

## A GESTÃO DA CADEIA DO FRIO: UMA ANÁLISE DE FATORES LOGÍSTICOS

**Gerson Brião da Silva**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Tecnologia.

**Orientadora:**

**Marina Rodrigues Brochado, D.Sc.**

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2010

## A GESTÃO DA CADEIA DO FRIO: UMA ANÁLISE DE FATORES LOGÍSTICOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Tecnologia.

Gerson Brião da Silva

Aprovada por:

---

Presidente, Prof<sup>a</sup>. Marina Rodrigues Brochado, D.Sc.

---

Prof. Jose Luiz Fernandes, D.Sc.

---

Prof<sup>a</sup>. Stella Regina Reis da Costa, D.Sc. (UFRRJ)

---

Prof. Lincoln de Camargo Neves Filho, M.Sc. (UNICAMP)

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2010

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

S586

Silva, Gerson Brião

A gestão da cadeia do frio : uma análise de fatores logísticos /  
Gerson Brião Silva.—2010.

xii, 149f. + Anexos : il. , tabs. ; enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação  
Tecnológica Celso Suckow da Fonseca , 2010.

Bibliografia : f.121-128

Orientadora : Marina Rodrigues Brochado.

Inclui apêndices.

1.Logística 2.Produtos perecíveis – Transporte – Controle de  
temperatura 3. Produtos perecíveis – Flutuações térmicas I.Brochado,  
Marina Rodrigues (orient.) II.Título.

CDD 658.5

## RESUMO

### A GESTÃO DA CADEIA DO FRIO: UMA ANÁLISE DE FATORES LOGÍSTICOS

Gerson Brião Da Silva

Orientadora:

Marina Rodrigues Brochado, D.Sc.

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Tecnologia.

O escoamento de produtos perecíveis, sensíveis à temperatura, em um cenário de mercado globalizado, constitui um grande desafio para a gestão da cadeia do frio. A preocupação com a qualidade do produto e com a segurança alimentar vai além da administração dos indicadores logísticos de eficiência. O problema reside na manutenção de produtos perecíveis dentro de padrões seguros de temperatura ao longo do processo de distribuição física. Assim, diante da necessidade de controle e monitoramento da variável temperatura para os produtos e ambientes em todas as etapas da distribuição física, este trabalho considera a hipótese de que a estabilidade térmica na cadeia do frio depende diretamente da eficiência da gestão logística. Investiga os fatores logísticos que causam flutuações térmicas em produtos alimentícios congelados entre os pontos de pós-produção e os pontos de consumo de uma indústria de alimentos congelados sediada na cidade do Rio de Janeiro. São monitoradas as flutuações térmicas dos produtos durante 5 dias em rotas urbanas de, no máximo, 150 km, ou tempo total de 8hs, e dos ambientes de armazenagem e transporte, entre a fase de pós-congelamento do produto até a disposição deste produto em um ponto de venda. Para a análise dos dados é utilizado um modelo de controle logístico que analisa as interfaces entre etapas do processo de distribuição física e as flutuações térmicas do produto, sendo identificada a influência de fatores logísticos que perturbam a estabilidade térmica do produto. O estudo demonstra que as flutuações térmicas aumentam à medida que o produto se aproxima do ponto de consumo final.

Palavras-chave: Cadeia do frio; Distribuição física; Temperatura

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2010

## ABSTRACT

### COLD CHAIN MANAGEMENT: A LOGISTIC FACTORS ANALYSIS

Gerson Brião Da Silva

Advisor:

Marina Rodrigues Brochado, D.Sc.

Abstract of dissertation submitted to Programa de Pós-Graduação em Tecnologia do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Technology.

The flowing of perishables, temperature sensitive, in a globalized market scenario, is a major challenge for the management of cold chain. The concern with product quality and food safety goes beyond the logistic administration of the indicators of efficiency. The problem lies in the maintenance of perishable products within safe standards of temperature throughout the process of physical distribution. Thus, the need for control and monitoring of variable temperature for products and environments at all stages of physical distribution, this paper considers the hypothesis that the thermal stability in the cold chain depends directly on the efficiency of logistics management. It also investigates the logistics factors that cause temperature fluctuations in frozen food products between the post-production and consumption points of a frozen-food industry based in the city of Rio de Janeiro. Thermal fluctuations are monitored during 5 days of in urban routes of up to 150 km, or total time of 8 hours, and also applied in environments for storage and transport between the post-freezing stages to the disposal of this product to the end-consumer. For the data analysis is used a model that examines the logistics control interfaces between stages of physical distribution and the thermal fluctuations of the product, identified the influence of logistical factors which affect the thermal stability of the product. The study shows that the thermal fluctuations increase as the product nears the point of final consumption.

Keywords: Cold chain; Physical distribution; Temperature

Rio de Janeiro  
December, 2010

## Sumário

<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
Declaração do problema .....	2
Objetivos do trabalho .....	2
Objetivo geral .....	2
Objetivos específicos .....	2
Metodologia .....	2
Estrutura do trabalho.....	5
<b>Capítulo I – A cadeia do frio .....</b>	<b>7</b>
I.1 Sistemas de refrigeração.....	9
I.2 Mercado e tendência de consumo .....	11
I.3 Conceituação.....	12
I.4 Produtos da cadeia do frio .....	13
I.4.1 A cadeia do frio de alimentos .....	15
I.4.1.1 Alimentos resfriados.....	15
I.4.1.2 Alimentos congelados .....	17
I.4.1.3 Segurança alimentar, temperatura e umidade.....	18
I.4.2 Cadeia do frio de produtos farmacêuticos .....	18
I.4.3 Outros produtos sensíveis à temperatura .....	19
I.5 Cadeia logística do frio .....	20
I.5.1 Desafios logísticos na cadeia do frio .....	21
I.5.2 Integração, sincronização e sensibilidade na cadeia do frio .....	21
I.5.3 Cadeia de suprimentos em ambiente frio .....	23
I.6 Normas, regulamentação e legislação.....	24
I.6.1 Regulamentação para produtos alimentícios .....	24
<b>Capítulo II – Infraestrutura de armazenagem e transporte da cadeia do frio .....</b>	<b>30</b>
II.1 Armazéns frigorificados .....	31
II.1.1 Controle de estoques.....	33
II.2 Transportes frigorificados.....	34
II.2.1 Transporte rodoviário na cadeia do frio.....	35
II.2.1.1 Aspectos construtivos.....	36
II.2.1.2 Isolamento térmico .....	40
II.2.1.3 Sistemas de refrigeração.....	41
II.2.1.4 Perfil da frota de veículos refrigerados no Brasil.....	43
II.2.2 Outros modais de transportes frigoríficos .....	44
II.3 Contêiner isotérmico e refrigerado .....	47

II.4 Embalagens.....	49
II.5 A refrigeração no ponto de venda .....	50
II.6 Tecnologia de monitoramento.....	51
II.6.1 Aplicações de monitoramento na cadeia do frio.....	51
II.6.2 Monitoramento através de rádio frequência .....	53
II.6.3 TTI – <i>Time-temperature integrators</i> .....	56
<b>Capítulo III – A gestão da cadeia do frio.....</b>	<b>58</b>
III.1 Análise de informações e tratamento de dados.....	58
III.2 Temperatura média cinética.....	60
III.3 A gestão do binômio tempo-temperatura .....	61
III.4 Recursos humanos na cadeia do frio .....	62
III.5 Colaboração na cadeia do frio .....	64
III.6 Boas práticas na cadeia do frio .....	66
III.7 APPCC – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle .....	68
III.8 Controle da data de validade .....	70
III.9 Método de rotação de estoque.....	72
<b>Capítulo IV Estudo de Caso de Controle e Monitoramento de Processos</b>	
<b>Logísticos de Alimentos Congelados</b>	<b>75</b>
IV.1 O modelo de controle e monitoramento de atividades logísticas .....	75
IV.1.1 Modelagem adotada para análise, controle e monitoramento .....	75
IV.2 Metodologia da pesquisa de campo .....	78
IV.2.1 A seleção da configuração da cadeia do frio.....	79
IV.2.2 Organização selecionada – características .....	80
IV.2.3 Diagnóstico da operação.....	80
IV.2.3.1 Descrição de processos.....	80
IV.2.3.2 Turnos, horários e responsáveis .....	81
IV.2.3.3 Seleção dos itens alvos da pesquisa .....	82
IV.2.3.4 Seleção dos instrumentos e sistema de tratamento dos registros.....	83
IV.2.3.5 Seleção do perfil de rotas e do canal de distribuição .....	87
IV.2.3.6 Definição do tamanho da amostra .....	87
IV.2.3.7 Cronograma das atividades de coletas de dados.....	88
IV.2.3.8 Leiaute das áreas e localização dos termógrafos .....	89
IV.2.4 <i>Modus operandi</i> detalhado.....	92
IV.3 Tratamento dos dados coletados .....	97
<b>Capítulo V – Análise dos resultados.....</b>	<b>99</b>
V.1 Análise das variáveis tempo e temperatura no processo.....	99
V.2 Análise das interfaces e considerações sobre a hipótese formulada.....	100

V.3 Análise gráfica das flutuações térmicas por etapa da distribuição física.....	103
V.4 Fatores logísticos .....	114
V.4.1 Análise das medidas de dispersão.....	114
V.4.2 Identificação dos fatores logísticos .....	116
<b>Conclusões .....</b>	<b>118</b>
Cumprimento dos objetivos .....	118
Considerações finais .....	119
<b>Referências bibliográficas .....</b>	<b>121</b>
<b>Apêndice A - Volume de vendas .....</b>	<b>129</b>
<b>Apêndice B - Fluxograma de processos.....</b>	<b>133</b>
<b>Apêndice C - Indicadores usados na distribuição física .....</b>	<b>137</b>
<b>Apêndice D - Formulários de registros de dados .....</b>	<b>138</b>
<b>Apêndice E - Planilha Result-Produt.....</b>	<b>141</b>
<b>Apêndice F - Formulário para entrevista .....</b>	<b>142</b>
<b>Anexo I.A - Recomendações para armazenagem de frutas – resfriados.....</b>	<b>150</b>
<b>Anexo I.B - Recomendações para armazenagem de vegetais – resfriados .....</b>	<b>153</b>
<b>Anexo I.C - Recomendações para armazenagem de carnes e ovos – resfriados ....</b>	<b>156</b>
<b>Anexo I.D - Recomendações para armazenagem de pescados – resfriados .....</b>	<b>158</b>
<b>Anexo I.E - Recomendações para armazenagem de laticínios e itens diversos</b>	
<b>- resfriados .....</b>	<b>159</b>
<b>Anexo I.F - Recomendações para armazenagem de itens diversos - congelados ..</b>	<b>162</b>
<b>Anexo II - Certificado internacional de validação – SENSITECH .....</b>	<b>165</b>
<b>Anexo III - Certificados de Calibração – Instrumentos cedidos pelo CEFET- RJ....</b>	<b>167</b>

## **Lista de Figuras**

Figura Introdução.1: Abrangência e desdobramento temático da cadeia do frio.....	3
Figura Introdução.2: Estrutura do trabalho de pesquisa e construção da dissertação .	5
Figura I.1: Participação segmentada do mercado de refrigeração comercial.....	11
Figura I.2: Estrutura da cadeia do frio.....	13
Figura I.3: Efeito da variação de temperatura sobre o tempo remanescente de vida de vaso de flores cortadas. ....	20
Figura II.1: Exemplo de semirreboque com carroceria frigorífica e unidade de refrigeração .....	38
Figura II.2: Sistema de distribuição de ar para carga compacta paletizada em um semirreboque.....	38
Figura II.3: Carroceria de transporte rodoviário multicompartmentado.....	39
Figura II.4: Carroceria de transporte de cargas refrigeradas e congeladas com sistema multitemperatura .....	39
Figura II.5: Fontes de calor e transferência de massa atuantes em transporte refrigerado .....	40
Figura II.6: Exemplo de equipamento de refrigeração instalado em carroceria para transporte rodoviário.....	41
Figura II.7: Exemplo de sistema de refrigeração criogênico-mecânico .....	42
Figura II.8: Equipamento de refrigeração eutética em carroceria baú.....	43
Figura II.9:Exemplo de aplicação de tecnologia de monitoramento em contêiner isotérmico refrigerado.....	48
Figura II.10:Arquitetura de Monitoramento Global Inteligente .....	55
Figura II.11:Aplicações do RFID para prevenção de perdas ao longo da cadeia de suprimentos do varejo .....	56
Figura II.12:Exemplos de etiquetas TTI .....	57
Figura III.1:Análise de desempenho baseado na media de um perfil de temperaturas coletadas .....	58
Figura III.2:Analise pontual (exceção) versus análise do histórico .....	59
Figura III.3:Visões sobre o tratamento operacional para faixa de temperatura aceitável .....	60
Figura III.4:Representação matemática da temperatura média cinética .....	61
Figura III.5:Distribuição da qualidade de produtos de salada russa, ao longo de uma vida útil de 60 dias .....	74
Figura IV.1 Sistema genérico .....	76
Figura IV.2 Modelo adaptado para controle e monitoramento de atividades	

logísticas na cadeia do frio .....	77
Figura IV.3 Perfil típico de comportamento da variável temperatura na cadeia do frio .....	78
Figura IV.4: Configuração do fluxo físico da operação pesquisada .....	81
Figura IV.5: Termógrafo tipo <i>data logger</i> e característica do visor,.....	83
Figura IV.6: Termógrafo tipo dual com sensor para ambiente e sonda para produto.....	85
Figura IV.7: Tela do sistema TTMD 6.0 da Sensitech.....	86
Figura IV.8: Visão das áreas operacionais, sequência de atividades e representação das variáveis de tempo e temperatura .....	90
Figura IV.9: Visão do leiaute das áreas operacionais do centro de distribuição incluindo localização dos medidores de temperatura.....	91
Figura IV.10 Ciclo horário das atividades da distribuição física do centro de distribuição.....	91
Figura IV.11: Características e dimensões do palete e posição da sonda para medição .....	93
Figura IV.12: Caixa contendo o item investigado e posição da sonda tipo Haste adotada no experimento .....	94
Figura IV.13: Configuração da carroceria e localização do palete alvo e de Sensores de temperatura.....	96
Figura V.1: Perfil das temperaturas (valores médios) para todas as etapas da distribuição física .....	99
Figura V.2: Análise de fatores envolvidos na interface entre etapas da distribuição física .....	101
Figura V.3: Variação de temperatura do ar na antecâmara da recepção.....	103
Figura V.4: Variação de temperatura de produto Ta e Tb, dentro da antecâmara da recepção.....	104
Figura V.5: Proporção de registros na recepção com temperatura acima do valor recomendado.....	105
Figura V.6: Variação de temperatura do ar na câmara frigorífica.....	106
Figura V.7: Variação de temperatura de produto Tc e Tc', dentro da câmara frigorífica .	106
Figura V.8: Variação de temperatura do ar na antecâmara de expedição .....	107
Figura V.9: Variação da temperatura de produto Td e Te, dentro da antecâmara de expedição.....	108
Figura V.10: Distribuição das diferenças entre Td e Te na expedição .....	108
Figura V.11: Perfil da temperatura de produto e ambiente durante entregas. Dia 1.....	110
Figura V.12: Perfil da temperatura de produto e ambiente durante entregas. Dia 2.....	111
Figura V.13: Perfil da temperatura de produto e ambiente durante entregas. Dia 3.....	112

Figura V.14: Perfil da temperatura de produto e ambiente durante entregas. Dia 4.....112

Figura V.15: Perfil da temperatura de produto e ambiente durante entregas. Dia 5.....114

## **Lista de Tabelas**

Tabela I.1: Resumo de aplicações para a refrigeração.....	10
Tabela I.2: Fatores chave relacionados ao desempenho da distribuição física na cadeia do frio .....	23
Tabela I.3: Resumo das principais medidas para regulamentação da cadeia do frio....	24
Tabela II.1: Participação dos modais de transporte de carga no Brasil .....	43
Tabela II.2: Modais de transporte das exportações brasileiras, de 1996 a 2007.....	45
Tabela II.3: Tarifas de frete IATA de Guarulhos para Amsterdam, ref. Abril/2005.....	45
Tabela II.4: Produtos agrupados de acordo com faixas de temperaturas recomendadas.....	49
Tabela II.5: Sequência de etapas de uma cadeia do frio ideal para frutas e vegetais frescos industrialmente processados.....	52
Tabela III.1 Deficiências associadas às Boas Práticas de Distribuição no Reino Unido em 2003/2004 .....	67
Tabela IV.1: Especificações técnicas do termógrafo <i>data logger</i> .....	84
Tabela IV.2: Especificações técnicas do termógrafo dual com sonda externa .....	85
Tabela IV.3 Cálculo do tamanho da amostra utilizado para os itens pesquisados .....	88
Tabela IV.4 Cronograma previsto para a fase de coleta de dados.....	89
Tabela IV.5 Configuração de cargas previstas – matriz de possibilidades.....	91
Tabela IV.6 Aplicação dos medidores de temperatura.....	92
Tabela V.1: Medidas do grau de dispersão da variável temperatura de ambientes pesquisados .....	115
Tabela V.2 : Comparação entre características relevantes para a logística e para a cadeia do frio de alimentos .....	117

## Introdução

A crescente demanda mundial do comércio, impulsionado por programas de estímulo à redução de tarifas alfandegárias, melhoria da infraestrutura logística e introdução de políticas e diretrizes para o livre comércio por órgãos supranacionais, como a OMC – Organização Mundial do Comércio, tem forçado a implementação de melhorias na gestão do transporte, armazenagem, manuseio, embalagem, distribuição e sistema de informações.

A globalização intensificou a capacidade do comércio através de novos canais de distribuição, conectando mercados em diferentes regiões do mundo. Entretanto, a separação física entre essas regiões continua sendo um desafio importante para embarcadores e operadores logísticos. Quanto maior a distância entre essas regiões (de origem e destino), maior o risco de danos à carga, principalmente para cargas perecíveis (RODRIGUE e CRAIG, 2010). Neste caso, a cadeia do frio representa uma fase especializada de uma complexa cadeia de suprimentos, onde a natureza do produto determina o nível de rigor no controle de integridade desse produto (BOGATAJ, BOGATAJ e VODOPIVEC, 2005).

Por outro lado, o nível de especialização de produtos e serviços oferecidos, aliados aos novos patamares de qualidade impostos pelo mercado, obriga a busca de soluções inovadoras e implementação de melhores práticas na gestão logística (BOWERSON, CLOSS e COOPER, 2002).

Hoje se coloca como desafio a gestão da cadeia do frio que pode ser definida como o processo de planejar, implementar e controlar de forma eficiente, efetiva e sistemática, fluxos e estoques de produtos perecíveis, utilizando serviços e informações de um ou mais pontos de origem aos pontos de produção, distribuição e consumo, atendendo às necessidades do consumidor em escala mundial (BOGATAJ, BOGATAJ e VODOPIVEC, 2005).

Este desafio logístico pode ser caracterizado pela oferta de níveis de serviços adequados aos clientes através de operações economicamente viáveis (TAYLOR, 2005). O alinhamento desses desafios específicos para produtos perecíveis exige mais recursos da gestão logística, uma vez que adiciona o impacto de perdas por deterioração, exposição de itens não conformes e agrava custos adicionais para controle e monitoramento, logística reversa e equipe especializada.

Por outro lado a gestão da cadeia do frio é caracterizada pelas atividades de manuseio, transporte, armazenagem, embalagem, movimentação e manutenção das propriedades qualitativas de produtos sensíveis à temperatura, sendo dependente da infraestrutura e da gestão da informação (MONTANARI, 2008). Assim, a cadeia do frio não é apenas parte de uma cadeia de suprimentos, pois é particularmente complexa ao agregar outras competências como a refrigeração, a segurança alimentar, a manutenção industrial e a tecnologia de controle de temperatura e umidade.

## **Declaração do problema**

A preocupação com o escoamento eficiente de produtos perecíveis entre a indústria e o mercado consumidor, associado às técnicas de manutenção das características de qualidade do produto, resulta em grande esforço intelectual, alocação de recursos tecnológicos e de capital. A maior parte desse investimento na cadeia do frio está associada a fatores relacionados à gestão logística

O problema reside em aperfeiçoar o sistema de gestão de forma a utilizar os recursos eficientemente para manter uma variedade de produtos dentro dos padrões de temperatura em toda a cadeia do frio, minimizando perdas e custos de acordo com os conceitos de gestão da cadeia de suprimentos.

Consolidada a importância da gestão logística sobre o comando de operações envolvendo produtos perecíveis cabe investigar os fatores logísticos que causam as flutuações térmicas de produtos alimentícios congelados, desde os pontos de pós-produção até os pontos de consumo, em uma operação de distribuição física.

Com abordagem pouco explorada no Brasil, este estudo avalia os fatores logísticos fundamentais que afetam qualitativamente a cadeia do frio, apresentando a hipótese de que a estabilidade térmica de um produto durante a distribuição física depende da eficiência da gestão logística.

## **Objetivos do trabalho**

### **Objetivo geral**

Analisar a gestão da cadeia logística do frio, a partir de um estudo de uma operação de distribuição física em uma empresa produtora e distribuidora de alimentos congelados no Brasil.

### **Objetivos específicos**

- Investigar a forma de organização e de estrutura da cadeia do frio;
- Analisar flutuações térmicas de um produto alimentício congelado ao longo das etapas da distribuição, baseado em coleta e levantamento de dados de temperatura em uma empresa atuante no Estado do Rio de Janeiro.
- Identificar e analisar os fatores logísticos que afetam a integridade do produto pesquisado na cadeia do frio.

## **Metodologia**

A partir da definição dos objetivos são construídos os métodos de elaboração da pesquisa, tendo duas diretrizes interligadas:

- a) Pesquisa Descritiva: através de revisões bibliográficas estruturadas, com o objetivo assentamento dos conceitos que serão discutidos ao longo do trabalho;
- b) Pesquisa Empírica: através de estudo de caso, com fase de coleta de dados, desenvolvido em uma organização industrial, de destacada posição no mercado de produtos perecíveis. Esta etapa objetiva o teste das variáveis-chave do sistema de gestão e da eficiência logístico-operacional da cadeia do frio.

A pesquisa descritiva foi predominantemente executada através de mecanismos de busca pela Internet, visando os temas descritos na figura Introdução.1, principalmente através das bases do CAPES, UFRJ (COPPEAD), ABI, EBSCO, Emerald e Science Direct (Elsevier).

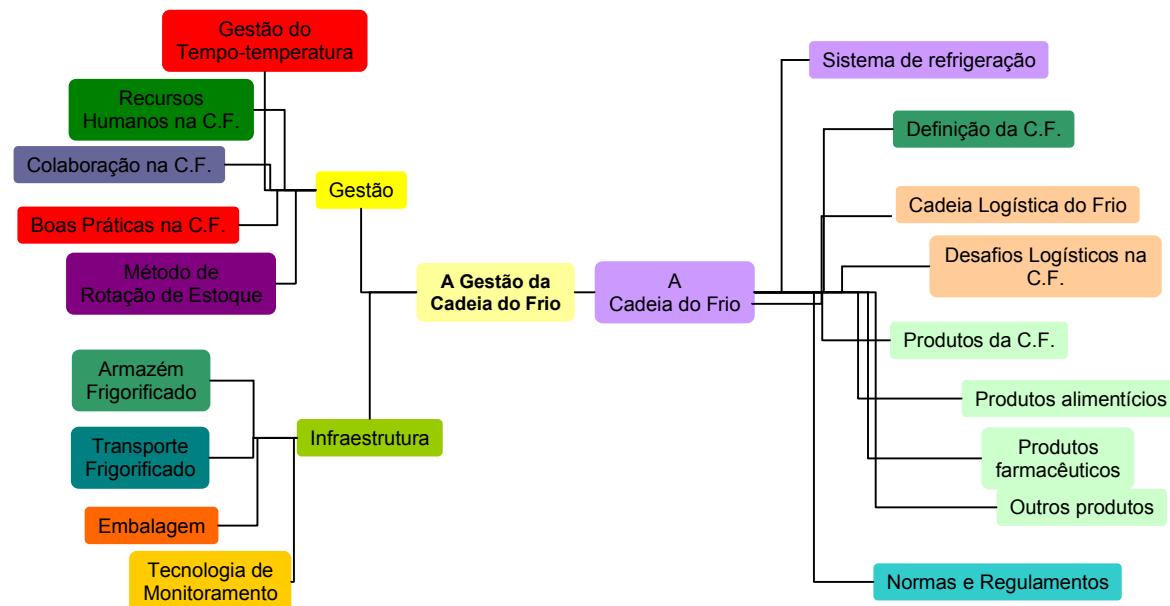


Figura Introdução.1: Abrangência e desdobramento temático da cadeia do frio

A revisão bibliográfica conta, ainda, com a consideração de manuais, procedimentos e de mapas operacionais obtidos a partir de visitas técnicas em entidades especializadas do setor e em organizações particulares e governamentais. A revisão teve o auxílio de levantamento das normas técnicas aplicáveis no âmbito operacional, mercadológico e regional referentes ao tema.

Após a primeira fase de coleta bruta das publicações através de mecanismo de busca de acordo com as bases que compõem a pesquisa descritiva, gerando centenas de artigos e citações, inicia-se o processo de análise com a leitura do abstract e filtragem de inclusão ou exclusão de referências. O processo de filtragem de literaturas se deu através dos seguintes critérios:

- *Relevância do tema:* Embora o trabalho seja abrangente em termos de desenvolvimento de conceitos da gestão da cadeia do frio, o enfoque para alimentos perecíveis foi priorizado. A logística de produtos farmacêuticos, de vacina e soro, de órgãos para transplantes, de flores e plantas vivas estão relativamente reconhecidas dentro de padrões específicos de cada segmento, com níveis mais toleráveis de flutuação de temperatura e umidade. As literaturas desses segmentos contendo alto teor técnico e específico foram excluídas. Entretanto, outros artigos cuja abordagem considera produtos perecíveis não alimentícios para formulação de modelos genéricos para o estudo da cadeia do frio foram incluídos;
- *Nível de reconhecimento de revista, jornal ou livro:* As publicações encontradas sejam acadêmicas (ligadas à indústria, comércio e economia), sejam técnicas (como refrigeração ou tecnologia de alimentos), foram testadas utilizando referências cruzadas e citações em textos importantes, de reconhecido valor. Apenas àqueles textos não citados em outras publicações foram excluídos (exceto no caso de artigos muito recentes que não ingressaram ainda no rol de referências de outras obras).
- *Publicações em línguas diferentes do português ou inglês:* As obras mais significativas desse tema são publicadas em inglês. Em parte porque os Estados Unidos e a Grã Bretanha constituem juntos praticamente 78% das fontes de grandes bases de dados (ZHANG, 2007). Em parte, também consequência da questão anterior, causada pela maior exposição do trabalho em inglês para a comunidade acadêmica e economias dominantes que fazem dessa língua, senão o idioma nativo, a segunda língua. Foi considerado como um critério de exclusão toda obra sobre o tema escrito em língua diferente do inglês ou português.

A pesquisa empírica, do tipo levantamento, foi realizada na primeira fase, através de entrevistas semiestruturadas com profissionais do ramo, utilizando formulários pré-definidos, para obtenção de padrões para o modelo operacional. As entrevistas têm como finalidade o entendimento mais geral de um modelo operacional vigente através da visão de processo dos agentes em cada setor da organização. As entrevistas com base em questionário dirigido oferecem uma representação do pensamento tático e operacional, a visão do relacionamento com os clientes e com a alta administração, o ambiente, o perfil tecnológico e tendências.

A coleta de dados, diretamente obtida de uma organização ativa, inserida no segmento com razoável participação em volume de produtos distribuídos, é um mapeamento do modelo operacional com coleta de dados de tempo e temperatura visando avaliar a desempenho da cadeia logística do frio diante das exigências contratuais, mercadológicas e do nível de serviço logístico.

## Estrutura do trabalho

As áreas abrangidas por essa dissertação, dentro da gestão da cadeia do frio, são representadas pela figura 2, a seguir. Basicamente, após as definições conceituais dos temas gestão da cadeia do frio e princípios da gestão logística ou da cadeia de suprimentos, consideram-se duas grandes vertentes de discussão do tema: a infraestrutura da cadeia do frio e a gestão da cadeia do frio. Essas duas vertentes temáticas concentram a maioria dos esforços para estudo da cadeia do frio.

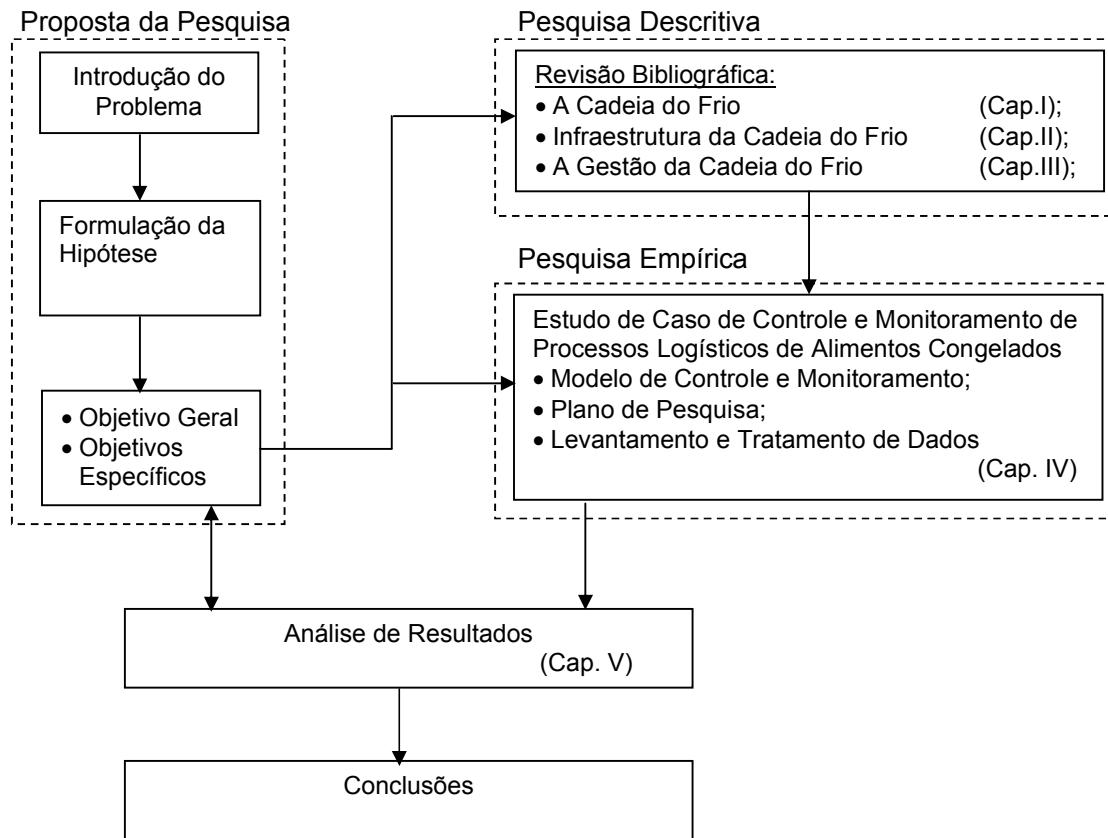


Figura 2: Estrutura do trabalho de pesquisa e construção da dissertação

A análise de cada uma das duas vertentes, atualizadas através de recentes pesquisas em cada segmento, é imprescindível para contextualizar e justificar o problema, fundamentar os objetivos e reconhecer a necessidade da pesquisa experimental. A introdução apresenta os elementos motivadores do trabalho, a justificativa, a declaração do problema, a questão de investigação, hipótese, objetivos, metodologia e organização da dissertação. Logo após, no Capítulo I, o tema é explorado para melhor entendimento do conceito e de sua contextualização dentro das necessidades emergentes do mundo globalizado. Nesse capítulo, destacam-se as características do produto perecível, de temperatura controlada, definição de

cadeia do frio, normas e regulamentações do segmento e aspectos relacionados ao desempenho da cadeia do frio do ponto de vista logístico.

Em função do grande número de atores envolvidos com esse tema, o processo de busca de referências relevantes em artigos e livros ficou restrito a dois grandes grupos de interesse: A Infraestrutura de Armazenagem e Transporte da Cadeia do Frio e a Gestão da Cadeia do Frio. Cada um desses dois grupos foi desdobrado da seguinte maneira:

- Capítulo II – Infraestrutura de Armazenagem e Transporte da Cadeia do Frio, abordando a aplicação de tecnologias para a armazenagem, transporte, controle e monitoramento, sistemas de informação e sistemas inteligentes integrados (em rede).
- Capítulo III - Gestão da Cadeia do Frio, apresentando problemas referentes à deficiência de conhecimento específico, a importância da temperatura média cinética, relacionamentos e colaboração, boas práticas e o programa de controle e prevenção de patógenos e métodos de rotação de estoques e de controle de prazo de validade para os produtos da cadeia do frio.

O capítulo IV aborda a modelagem adotada para fundamentar a pesquisa deste trabalho bem como a metodologia envolvendo a pesquisa empírica realizada em uma organização produtora de alimentos congelados.

O capítulo V traz as principais descobertas e resultados advindos da fase de pesquisa experimental, a partir do tratamento e análise dos resultados de dados coletados nas etapas operacionais da distribuição física de um Centro de Distribuição especializado em alimentos congelados.

Na seção Conclusões, são discutidas as consequências principais decorrentes dos resultados de pesquisa empírica com foco nos fatores logísticos que envolvem o tema.

A seguir, no capítulo 1, o termo cadeia do frio é introduzido e contextualizado, incluindo classes de produtos típicas e normas reguladoras para o segmento.

## Capítulo I – A cadeia do frio

O presente capítulo conduz a apresentação dos principais elementos constitutivos da cadeia do frio e suas funções, a contextualização do tema, a aplicabilidade em função da variedade de produtos e os desafios na parte de gestão e na parte de infraestrutura. A cadeia do frio não é assunto novo e as práticas contidas nesse título são conhecidas desde o domínio da refrigeração e de técnicas de controle da temperatura para beneficiamento e conservação de produtos. É de fundamental importância o entendimento das bases da cadeia do frio, sendo o controle da temperatura de produtos refrigerados e congelados o aspecto dominante desse assunto. Na verdade, a cadeia do frio é vertente da cadeia de suprimentos e da refrigeração, pois agrega, de um lado, a gestão logística e suas funções de controle, monitoramento e de rede colaborativa, e de outro, os recursos técnicos da engenharia de refrigeração a serviço de inúmeras necessidades do mundo globalizado.

Após a colheita de vegetais, abatimento de animais ou armazenagem de matéria-prima sensível à temperatura, observa-se, à temperatura ambiente, rápido processo de transformação química, de característica putrefativa, com consequente perda das propriedades qualitativas do produto (NEVES FILHO, 1997). O processo de conservação de produtos, sobretudo alimentos, remonta experiências realizadas pelo homem pré-histórico ao lidar com os alimentos coletados ou caçados, seja no transporte ou na armazenagem de comida. Nesse caso, era utilizado gelo natural ou neve para a manutenção da temperatura dos alimentos estocados em épocas de escassez (USDA, 2010).

A partir do advento do microscópio, no século XVII, os cientistas estudaram o comportamento de microrganismos em condições térmicas diversas, comprovando a rápida multiplicação de bactérias em alimentos sob elevada temperatura, resultando em deterioração desses alimentos. As baixas temperaturas (menores do que 10 °C) reduziam as atividades e o crescimento desses microrganismos e logo ficou claro que a vida útil de alimentos estava ligada ao controle do crescimento de culturas de bactérias deteriorantes, o qual estava relacionado diretamente ao controle da temperatura (LITWAK, 1999). Essas conclusões conduziram a uma corrida ao gelo natural motivada pela facilidade de obtenção após o congelamento de áreas alagadas, rios e lagos. A logística de distribuição de alimentos já considerava o gelo natural um insumo do transporte e da armazenagem na cadeia de alimentos. Em 1883, produtores de carne bovina do meio-oeste americano, num esforço de preservar as condições dos cortes destinados ao mercado na costa leste dos Estados Unidos, criaram o primeiro vagão frigorífico utilizando o gelo natural. A engenhosidade contava também com pontos de apoio em estações ao longo do caminho que faziam a reposição do gelo derretido (REES, 2009). As quantidades, condições de higiene e durabilidade do gelo natural eram bastante limitadas e, no final do século XIX, com a invenção da refrigeração mecânica, a

produção e comércio de gelo artificial dominou os mercados destinados a controle de temperatura e preservação de alimentos. Antes do domínio da refrigeração, o gado era abatido em pequenas quantidades próximo aos locais que seriam oferecidos. Apenas uma parte da carne era oferecida fresca, sendo que a maior parte passava por processos de defumação e tratado com sal antes de expor à venda (HOROWITZ, 2006).

À medida que a refrigeração avança e fica acessível aos consumidores com a chegada dos primeiros refrigeradores domésticos em 1930, o mercado de produtos perecíveis, notadamente alimentos de origem vegetal e animal *in natura*, é potencializado, alcançando grande impulso e conquistando territórios na Europa e nas grandes cidades do leste americano. Essa expansão se dá também devido aos avanços logísticos, principalmente em infraestrutura ferroviária onde se estabelecem as grandes rotas de abastecimento de mercadorias para os grandes centros, e de lá para os mercados locais e regionais. A demanda por produtos perecíveis alavancou as técnicas de escoamento de produção e de estratégia de negócios, com a criação de grandes companhias atuando como atacadistas de carnes, pescados, derivados de leite, frutas e hortaliças. Essas empresas basicamente traziam os alimentos das áreas rurais e abasteciam os açougues e mercados populares dos grandes centros (HOROWITZ, 2006). Essa técnica de escoamento da produção (que ainda se pratica até os dias de hoje) contratava a logística disponível nos modais existentes e estava limitado pelas suas capacidades de transporte.

As relações entre demanda, capacidade de produção e capacidade logística em atmosfera de temperatura controlada, contribuíram para o refinamento da qualidade dos produtos e redução de preços diretos ao consumidor, além da expansão dos mercados que passam a competir internacionalmente. Novos modelos de gestão passaram a considerar as organizações como elos de cadeias produtivas que podem ser tão longas quanto complexas. Cada elo dessa cadeia produtiva tem papel comercial e logístico idênticos, sujeitos à perecibilidade dos produtos que devem ser escoados até o consumidor, passando por várias fases da cadeia. A essência da preocupação da moderna gestão logística perante o desafio de escoar produtos para o mercado situa-se na forma mais econômica, eficiente e com a menor perda possível das propriedades qualitativas dos produtos perecíveis. Mais do que uma preocupação com a qualidade, a cadeia do frio de alimentos constitui uma preocupação com a segurança alimentar. Associado ao escoamento de grandes volumes de alimentos perecíveis observa-se o papel das autoridades governamentais em regulamentar as atividades, fixar limites térmicos aos produtos, padronizar critérios de avaliação, estabelecer normas construtivas de equipamentos, materiais e condições sanitárias para manipulação de produtos (NEVES FILHO, 1997).

A cadeia do frio surgiu com a necessidade de reunir a especialização da gestão de produtos perecíveis, sensíveis à temperatura, com as técnicas avançadas da matriz logística a

serviço de uma cadeia de suprimentos. Dentro desse sistema logístico, o controle e monitoramento de temperatura (do ambiente e do produto) passam a ser de fundamental importância para sustentar as operações e definir novas estratégias de escoamento em um mundo globalizado, devendo ser mais eficientes, mais rápidas, mais econômicas e mais seguras.

### I.1 Sistemas de refrigeração

Sabe-se que há muitas técnicas para conservação de alimentos, a saber: pelo calor, pelo frio, pelo uso do açúcar, pelo uso do sal, através de processo de defumação, por desidratação e por aplicação de reações químicas (LOPES, 2007). Entretanto, com o desenvolvimento dos equipamentos de refrigeração, a utilização do frio para conservação de produtos perecíveis tornou-se dominante, razoavelmente acessível, barato, de fácil instalação, controle e manutenção. Refrigeração se refere ao processo de remoção de calor de um objeto, provocando um desequilíbrio térmico entre a temperatura do objeto e o meio ambiente (SILVA, 2003). Entre os séculos 19 e 20, desenvolvimentos na área de termodinâmica e em engenharia mecânica, conduziram a descoberta dos sistemas de compressão a vapor e sistemas de ciclo de gases. A invenção do compressor para gases e pesquisas do comportamento de substâncias como o cloreto de metila, amônia, dióxido de carbono e baseado em hidrocarbonetos fluorados (R22, R12) levaram a utilização desses gases como refrigerantes em aplicações de refrigeração comercial no início da década de 1930 (DUMINIL, 2003). Com o domínio e aplicação da tecnologia de refrigeração, cresce o comércio de produtos perecíveis no âmbito regional, inicialmente em pequena escala devido a limitações de porte dos equipamentos (DUMINIL, 2003).

Em 1924, Clarence Birdseye fez duas contribuições para o segmento de alimentos perecíveis: a) a ideia de que um produto poderia ser congelado com a embalagem comercial e assim seguir diretamente para o ponto de venda, e b) o conceito de congelamento rápido. Uma vez que os métodos de congelamento levavam 18 horas ou mais, com a perda de características como o sabor, aparência e textura, o congelamento rápido proposto por Birdseye representava uma revolucionária técnica cuja aplicação comercial posterior possibilitou mudanças de hábitos alimentares e impulsionou o comércio de alimentos perecíveis (ENTREPRENEUR, 2010).

A principal aplicação da refrigeração é a preservação de alimentos de origem animal: carnes bovinas, suínas e de aves, derivados do leite, peixes e frutos do mar. Entretanto, a refrigeração também é utilizada para congelar ou resfriar alimentos de origem vegetal. Em qualquer caso, o propósito é estender a vida útil do produto e manter o seu frescor e qualidade, além de garantir a segurança evitando doenças causadas por alimentos deteriorados (BILLIARD, 2003).

A tabela I.1 apresenta as principais características de sistemas de refrigeração de acordo com cada aplicação e necessidade.

Tabela I.1: Resumo de aplicações para a refrigeração, adaptado de SILVA (2003)

Tipo de Aplicação	Características e Temperaturas Predominantes
Doméstico	Abrange a fabricação de refrigeradores domésticos e freezers. A capacidade varia de -8 °C a -18 °C para congelados e entre +2 °C e +7 °C para resfriados.
Comerciais	Abrange os refrigeradores especiais ou de grande porte usados em restaurantes, sorveterias, bares, açouques, laboratórios etc. Temperaturas de estocagem e congelamento ficam entre -5 °C e -30 °C.
Industriais	Os equipamentos industriais são maiores do que os comerciais em tamanho e tem como característica marcante o fato de requererem um operador de serviço. Os exemplos de refrigeração industriais típicos são as fábricas de gelo, grandes instalações de empacotamento de gêneros alimentícios (carnes, peixes, aves), cervejarias, fábricas de laticínios, de processamento de bebidas concentradas e outros.
Transporte	Refere-se a unidades de refrigeração destinada a manutenção da temperatura de produtos embarcados, seja no modal rodoviário, ferroviário, marítimo e até aéreo, onde tal transporte representa (na maioria dos casos) um elo entre dois pontos de estocagem de mercados distantes ou, no caso de distribuição final, o último deslocamento do produto antes do ponto de consumo final.
Condicionamento de ar	Representa um mercado relacionado à alteração de temperatura de ambientes fechados para diversos fins: domésticos, comerciais, industriais, segmento hospitalar, automotivo, laboratórios, pesquisa etc. Geralmente está ligado ao conforto ou a necessidades específicas de alteração de ambientes fechados.

Uma pesquisa encomendada pela Metalfrio, fabricante de equipamentos de refrigeração, conforme figura I.1, referente ao mercado de refrigeração comercial global em 2007, revela maior concentração de demanda para o mercado de bebidas prontas não alcoólicas, gaseificadas ou não gaseificadas, sorvetes, alimentos resfriados e congelados e cervejas. Esses produtos são disponibilizados em expositores comerciais refrigerados, equipamentos cada vez mais presentes nos pontos de venda. Outra importante participação nesse mercado é do segmento de câmaras frigoríficas para estabelecimentos comerciais, embora haja uma tendência do comércio explorar a eficiência logística dos fornecedores, reduzindo assim parte do custo com manutenção de estoques.

A cadeia do frio está permeando essas tendências e avanços em equipamentos refrigerados. O aumento da consciência do consumidor referente à regulamentação para a comercialização de produtos perecíveis e exigência de padrões de qualidade superiores constitui papel relevante para o desenvolvimento de tecnologias voltadas para a garantia das

condições higiênicas na exposição de produtos em pontos de venda através de ilhas refrigeradas, balcões frigoríficos e refrigeradores tipo *display*.



Figura I.1: Participação segmentada do mercado de refrigeração comercial a nível global.

Fonte: METALFRIO (2010)

## I.2 Mercado e tendências de consumo

Mudanças nos padrões de consumo nas últimas décadas afetaram a forma de produzir, comercializar e distribuir produtos, principalmente gêneros alimentícios (GELHLAR e COYLE, 2001). Os hábitos de consumo sofreram alterações graduais, principalmente devido ao aumento do poder aquisitivo, melhoria dos sistemas de transporte, incentivo ao livre comércio internacional, aumento da participação da mulher na força de trabalho e crescente preferência do consumidor a produtos e serviços de qualidade elevada e procedência identificada (REGMI, 2001, CYRILLO, SAES e BRAGA 1997). Fatores que ensejaram a globalização a partir do final da década de 1980, como o aperfeiçoamento da eficiência da produção agropecuária, infraestrutura logística e redução de barreiras comerciais também contaram com a ajuda de fenômenos comportamentais e sociais relacionados ao consumo como a procura por alimentos de rápido preparo e mudanças na estrutura familiar. Com o aumento da capacidade de comercializar e distribuir qualquer produto para o mercado global, incluindo os perecíveis, intensificam-se os esforços para aperfeiçoar e inovar a cadeia do frio (SAHIN *et al*, 2007). Avanços na área de tecnologia de alimentos, de sistemas de qualidade e o advento de legislação específica para a regulamentação do comércio, exposição, distribuição e manipulação de produtos com temperatura controlada, ensejaram a explosão do consumo de

alimentos processados, congelados, resfriados ou frescos a partir dos anos de 1990 (CYRILLO *et al*, 2003; LAVINAS, 1998).

Progressos em tecnologia de transportes possibilitaram a oferta de produtos perecíveis, incluindo medicamentos a preços competitivos, com perdas desprezíveis de qualidade e frescor. Da mesma forma, inovações no desenvolvimento de embalagens resultaram em aumento da vida útil do produto dentro da cadeia do frio, o que estimulou novos canais de marketing e abertura de mercados em regiões distantes da origem (COYLE, HALL e BALLENGER, 2001). Atualmente, é possível encontrar no supermercado de bairro, uvas do Chile, maçãs da Argentina, carne bovina da Austrália, pastas congeladas da França, frango do Brasil e uma variedade de produtos elaborados como alimentos embutidos (salsichas, linguiças, presuntos etc), massas resfriadas, alimentos lácteos diversos e processados oriundos de produtores regionais.

### I.3 Conceituação

O termo cadeia do frio é relativamente novo – tem cerca de três décadas - e envolve basicamente os conceitos de integração e coesão como elos de uma cadeia e a ideia de operar em ambiente frio, refrigerado e climatizado. Esse conceito evoluiu a partir dos princípios gerais da cadeia de suprimentos e logística integrada. Consideremos abaixo algumas definições mais recentes:

- A cadeia do frio é um termo usado para descrever uma série de operações interdependentes na produção, distribuição, armazenagem e comercialização de produtos sensíveis à temperatura (LIKAR e JEVSNIK, 2006);
- A cadeia do frio é considerada como a cadeia de transporte e armazenagem entre a produção inicial e o consumidor final relativo a produtos perecíveis, de temperatura controlada (HEAP, 2006);
- Segundo BILLIARD (2003), a cadeia do frio integra a terceira regra básica da refrigeração, a qual é definida como o meio sucessivamente empregado para assegurar a preservação do frio de alimentos perecíveis da produção à fase de consumo;
- Para SALIN e NAYGA (2002), equipamentos e processos usados para proteger alimentos resfriados e congelados estão associados ao termo “cadeia do frio”;
- Uma cadeia de suprimentos para produtos perecíveis é denominada cadeia do frio (JOSHI, THAKUR e SINGH, 2008);
- Um sistema de resfriamento que controla a temperatura à qual o produto é exposto, desde a colheita ou logo após o abate do animal, até o consumo final (LOPES, 2007).

As definições acima destacam um ponto comum: a fluidez, a dinâmica de produtos sendo movimentados entre origem e destino. A cadeia do frio pressupõe a existência de dois fatores importantes: um ambiente adequado às necessidades de preservação de produtos

sensíveis às variações térmicas e o controle sobre as variáveis desse ambiente que influenciam a qualidade desses produtos.

Pesquisas envolvendo a cadeia do frio concentram o foco sobre a gestão e a infraestrutura. Inserida como parte da gestão, temos a regulamentação do setor pelos órgãos de controle governamentais, a preocupação com a segurança alimentar e implantação de padrões e parâmetros que sejam obedecidos e adotados nas relações de comércio regional e internacional.

Estruturalmente a cadeia do frio, dentro de um conceito logístico possui dois grandes tópicos concentradores: gestão e infraestrutura. A visão dessa estrutura e de suas derivações pode ser visualizada na Figura I.2.

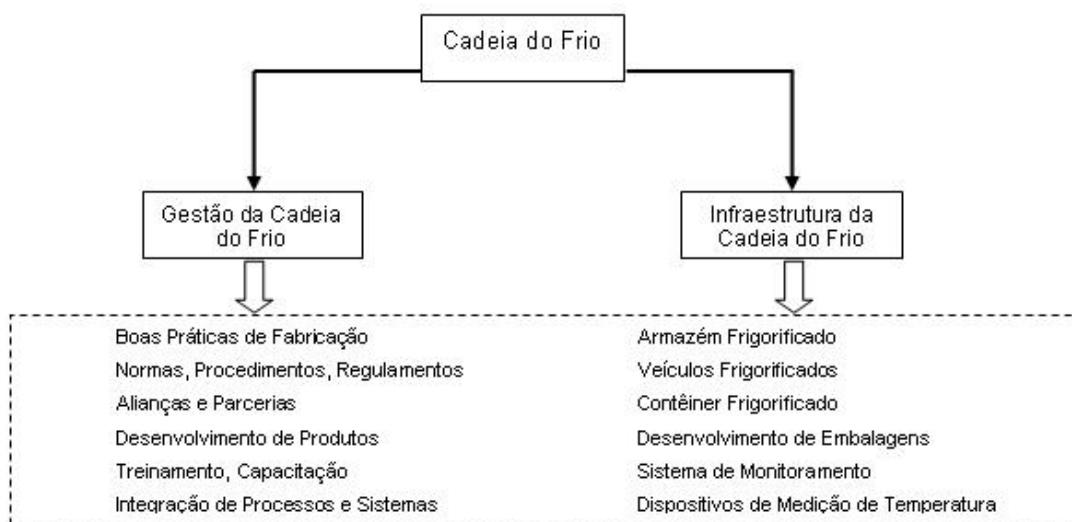


Figura I.2: Estrutura da cadeia do frio

Enquanto a gestão da cadeia do frio preocupa-se com processos, normas, relacionamentos e pessoas no âmbito do controle e das ações táticas e operacionais, a parte de infraestrutura (*hardware*) contempla os equipamentos de refrigeração, os sistemas de monitoramento, de rastreamento; os instrumentos de medição fixos ou móveis.

#### I.4 Produtos da cadeia do frio

A gestão da cadeia do frio submete-se às características do produto e suas propriedades, iniciando com a fase de produção, manufatura ou montagem, quando esse produto passa por um resfriamento ou congelamento, até o destino final, geralmente o consumidor. A cadeia do frio representa todas as etapas desde a retirada do calor até a disposição final desse produto. O conhecimento das propriedades do produto movimentado e a identificação de suas características dentro da cadeia do frio são fatores críticos associados ao

controle e manutenção da qualidade desse produto (ZHANG, 2007). Temperaturas baixas são utilizadas para retardar as reações químicas, atividades enzimáticas e inibir o crescimento dos microrganismos nos alimentos (GAVA, 1984; NEVES FILHO, 1997; LOPES, 2007).

O resfriamento também é uma técnica utilizada para preservar produtos que perecem em temperatura ambiente. Nem todos os produtos perecíveis são sensíveis a temperatura, mas todos os produtos cujo calor foi reduzido, seja resfriados, congelados ou mesmo climatizados, estão no rol dos itens perecíveis. Geralmente a taxa de degradação do produto cresce com o tempo e a temperatura, mas a umidade relativa e a luz (grau de luminosidade) são também fatores depreciativos da qualidade. Ambiente com baixa umidade relativa pode desidratar o alimento, ao passo que se a umidade for muito alta, facilitará o crescimento microbiano (GAVA, 1984).

Para o estudo da cadeia do frio da indústria de alimentos, podem-se classificar os produtos como resfriados ou congelados. Os produtos resfriados são conservados a temperaturas entre 0 °C e 2 °C e congelados entre -18 °C e -25 °C. FERNIE e SPARKS (2004) utilizam a seguinte categorização para identificar os níveis de resfriamento de produtos:

- Congelados: -25 °C para sorvetes e -18 °C para outros produtos alimentícios e ingredientes;
- Resfriamento pleno: entre 0 °C e 1 °C para carne bovina fresca e carne de frango, insumos cárneos, a maioria dos vegetais e algumas frutas;
- Resfriamento mediano: 5 °C - produtos pastosos e a maioria dos derivados do leite (queijos e manteigas);
- Resfriamento exótico / climatização: entre 10 °C e 15 °C, para batata, ovos, frutas exóticas e bananas.

Além da escala de temperaturas para produtos alimentícios, os medicamentos, insumos hospitalares e outras classes de produtos como flores, por exemplo, também recebem cuidados especiais na cadeia do frio.

#### I.4.1 A cadeia do frio de alimentos

A cadeia do frio de alimentos constitui um conjunto de atividades relacionado ao controle, monitoramento e gestão do fluxo de alimentos dentro de ambiente com temperatura reduzida e controlada, que segue da etapa de beneficiamento térmico nas unidades de origem e produção até a disposição final nas unidades de consumo. O beneficiamento térmico é a atividade que agrupa valor ao alimento através de método de resfriamento ou congelamento. Esse beneficiamento por meio da redução da temperatura tem como objetivo preservar as propriedades originais dos alimentos. Com a redução da temperatura, inibe-se o crescimento

de culturas de microrganismos, a atividade de enzimas e reações químicas, responsáveis pela deterioração dos tecidos de origem animal e vegetal (NEVES FILHO, 1997).

O processo de deterioração de alimentos perecíveis está associado às causas listadas abaixo e cujas propriedades qualitativas são fortemente afetadas:

- **Origem física:** produzidas por agentes como a luz, o calor, a umidade e ações mecânicas;
- **Origem química:** produzidas por agentes como o oxigênio, gás carbônico e contaminantes anômalos;
- **Origem biológica:** produzidas por agentes como enzimas, microrganismos, insetos e outros parasitos (NEVES FILHO, 1997).

Dos microrganismos que suportam baixas temperaturas podemos citar os gêneros *E. coli* O157 que podem crescer a -6,5°C (HEAP, 2007), *Penicillium* e *Monilia* (-4°C), bactérias psicrófilas do gênero *Pseudomonas* *Achromabacter* e *Micrococcus* que podem viver em temperaturas entre -4°C e -7°C. Conforme a temperatura desejada é possível lançar mão da refrigeração ou do congelamento (GAVA, 1984).

#### I.4.1.1 Alimentos resfriados

Os sistemas de refrigeração são utilizados principalmente para armazenar alimentos a baixas temperaturas inibindo assim a ação de bactérias, das reações de fermentação e o aparecimento do bolor provocado pela multiplicação de fungos (LOPES, 2007). O tempo de resfriamento deve ser o mais curto possível, com exceção da carne de animal recém abatido, onde há o risco de endurecimento do tecido muscular. No caso de pescados, crustáceos e moluscos, o tempo de resfriamento não pode ser maior do que 10 horas, por exemplo, (ABIAF, 2008).

A produção e distribuição de alimentos na condição resfriados representam vantagem competitiva, em termos de estratégia de marketing e comercialização, mas também constitui alto risco de perdas causadas por diversos fatores, como ineficiência logística, ineficiência do controle e monitoramento da temperatura, infraestrutura de equipamentos de refrigeração deficiente, desequilíbrio do nível dos parceiros na cadeia do frio etc.

O armazenamento de produtos perecíveis resfriados normalmente é feito à temperatura entre -1,5°C e +10°C. Para algumas frutas e vegetais, entretanto, é recomendada temperatura mais elevada. O maior risco na armazenagem diz respeito as flutuações da temperatura, por isso a temperatura de armazenagem deve ser mantida o mais constante possível (NEVES FILHO, 1997; ABIAF, 2008). Por exemplo, a vida de estocagem de pêras Willians à -1°C é quase o dobro do que seria a +1°C e a vida de estocagem de muitas variedades de maçãs, pêssegos e ameixas são 25% maior a uma temperatura de +0,5°C do que a +1,5°C (ABIAF,

2008). Flutuações na temperatura em período de armazenagem, principalmente para frutas, provocam aparecimento de vapor de água e vestígios de condensação. Essa umidade favorece o desenvolvimento de microrganismos, mofos e outras reações deteriorantes (NEVES FILHO, 1997).

As frutas e vegetais são gêneros alimentícios muito especiais em termos de cuidados com acondicionamento e estocagem em temperatura resfriada. Isso se dá porque tais alimentos estão vivos e respiram mesmo após a colheita. O processo de amadurecimento continua assim como o envelhecimento dos tecidos, e a velocidade desse fenômeno mudam de uma espécie para outra (ABIAF, 2008). Conforme detalhadamente demonstrado nos anexos I.A e I.B, a vida útil de frutas e de vegetais depende da temperatura e da umidade relativa do ar.

Considerando o caso do morango - veja anexo I.A - produto de alta perecibilidade, cujo tempo máximo de conservação a 1°C é de 2 a 10 dias, deve-se prever um sistema de controle e logística de escoamento de produção bastante eficiente para minimizar as perdas desde a colheita até a disposição para o consumo final. As temperaturas de refrigeração são selecionadas em função do produto, do tempo e das condições de armazenagem. Para o mamão, por exemplo, cujas temperaturas de armazenamento ficam entre 8°C e 12°C, observa-se várias alterações metabólicas como mudanças na taxa respiratória, no conteúdo de clorofila e carotenoides na casca, firmeza de polpa e perda de massa (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Mantida em temperatura resfriada (entre 1,5 °C e 5,0 °C), a carne adquire aumento gradual de maciez, em processo denominado maturação. Esse processo pode levar algumas horas para frangos e vários dias para carne bovina. (ABIAF, 2008). O tipo de embalagem (acondicionamento) e temperatura determinam a vida útil de armazenamento de produtos cárneos, conforme o anexo I.C.

A ação dos microrganismos é intensificada nos pescados, crustáceos e moluscos, revelando efeito deteriorante através de uma série de odores desagradáveis e compostos de paladar (ABIAF, 2008). Os microrganismos são geralmente os principais deteriorantes dos pescados resfriados. Eles estão presentes nas superfícies e nas guelras de onde eles invadem e se multiplicam na carne. Pescados e crustáceos quando armazenados resfriados tendem a perder peso por gotejamento; perda que pode chegar a 5% e ocasionalmente até 10% em cerca de 10 dias, e pode também ocorrer o lixiviamento da proteína solúvel e componente dos aromas. Caso particular de deterioração de pescado "gordo", resfriado, parcialmente desidratado ou salgado é o "ranço" (ABIAF, 2008). O anexo I.D identifica a vida útil em temperaturas ideais de armazenamento para pescados.

O anexo I.E apresenta as melhores condições de temperatura e umidade para o armazenamento de laticínios, chocolate, café e gêneros diversos.

Para alguns alimentos perecíveis como o morango, a cereja e o pêssego, o resfriamento imediato logo após a colheita, antes da estocagem e do transporte, reduz a perda de peso em viagem, aumenta o período de armazenagem e permite o atraso da colheita caso necessário (ABIAF, 2008).

#### I.4.1.2 Alimentos congelados

Alimentos congelados passam por processo de congelamento onde são submetidos, por determinado período de tempo, a reduzidas temperaturas – normalmente entre -18°C e -25°C, transformando mais de 80% da água livre em cristais de gelo (ABIAF, 2008; NEVES FILHO, 1997). Quanto mais lento o congelamento, maior o risco de danos à estrutura celular dos alimentos visto que a formação de grandes cristais de gelo destrói os tecidos e membranas afetando assim propriedades qualitativas como cheiro, cor e paladar (NEVES FILHO, 1997). Uma das mais severas consequências durante a estocagem de alimentos congelados é a perda de umidade que pode ser atenuada com a adoção de embalagens herméticas que impedem a passagem de água e vapores para o ambiente (ABIAF, 2008). Outro desafio para a manutenção das propriedades qualitativas dos alimentos congelados na cadeia do frio é o controle das flutuações de temperatura, o que provoca aumento do tamanho dos cristais de gelo e consequente destruição da estrutura celular do alimento (PHAM e MAWSON, 1997).

Os fatores que mais influenciam a qualidade de produtos congelados depois de determinado período são:

- a) A natureza e qualidade do produto ao iniciar o congelamento;
- b) O tipo de processo utilizado para o congelamento;
- c) Tipo de embalagem;
- d) A temperatura de armazenamento, de movimentação e transporte e suas flutuações;
- e) O tempo de armazenamento.

A vida útil de estocagem depende da temperatura a que será mantido o alimento. Desta forma, a definição da validade de um determinado produto, considerando a cadeia do frio, pode não ser tarefa simples, pois além da influência dos fatores listados da seção I.4.2.2, também será necessário avaliar as perdas qualitativas referentes às várias etapas na cadeia de suprimentos, considerando, ainda, o desempenho e contribuição de cada um dos atores participantes nesta cadeia e até do mercado consumidor. As tabelas dos anexos I.F representam as vidas úteis em meses para três níveis de temperatura para cada produto em sua categoria, a saber: frutas, vegetais, carnes, peixes, laticínios e itens diversos.

#### I.4.1.3 Segurança alimentar, temperatura e umidade

O pré-resfriamento ou refrigeração prévia é uma tendência nos estágios de pós-colheita, produção e processamento de alimentos, pois reduz o intervalo de tempo entre colheita, coleta, abate, ordenha (leite) e resfriamento. Esse procedimento contribui para reduzir a perda de água e prevenir a multiplicação de microrganismos. Neste caso, sob condições propícias, uma única bactéria pode se dividir a cada 20 minutos. Em 8 horas, sob condições ótimas de temperatura, uma única bactéria terá gerado acima de 16 milhões de descendentes. Isso confirma que a temperatura é fator fundamental no controle de risco microbiano (BILLIARD, 2003).

Baixas temperaturas são a chave para manter a qualidade de bens perecíveis, mas não é a única condição suficiente necessária. O controle adequado de temperatura e umidade nas etapas de armazenagem e transporte representa um desafio operacional cujo desempenho implica diretamente na qualidade do produto. Temperaturas muito baixas, por exemplo, podem causar queimaduras do tecido da superfície do produto. Temperaturas muito altas resultam em apodrecimento e degradação. Umidade muito baixa causaria séria perda de massa do alimento. Alta umidade resultaria em desenvolvimento de bolores.

#### I.4.2 Cadeia do frio de produtos farmacêuticos

A cadeia de suprimentos farmacêutica possui inúmeros regulamentos editados por órgãos respeitados no mundo inteiro e que convenciona as atividades de manuseio, armazenagem, embalagem, rotulagem, transporte e distribuição de produtos sensíveis à temperatura. Dos produtos farmacêuticos, aqueles de natureza biológica são sensíveis à temperatura, representando cerca de 10% do total, ou algo em torno de 41 bilhões de dólares em 2003. Entretanto, os biofarmacêuticos tem crescido a taxas de 21% ao ano, ampliando a importância da cadeia do frio em relação a cadeia de suprimentos nesse segmento (BISHARA, 2006).

Com a globalização, diretrizes e estudos de agências reguladoras e normativas como as norte-americanas FDA – *Food and Drug Administration* e USP – *United States Pharmacopeia* passaram a ser adotados como referência para padronização de procedimentos, motivados e patrocinados pelos principais laboratórios multinacionais presentes em todos os continentes. Essas diretrizes comandam a forma de estocar, manusear, transportar, embalar, remover, movimentar, embarcar e distribuir produtos farmacêuticos, sensíveis à temperatura. Além do pacote regulatório, a gestão da cadeia do frio farmacêutica concentra esforços na gestão da qualidade, avaliação de fatores de risco e monitoramento da temperatura (BISHARA, 2006; LUCAS, BISHARA e SEEVERS, 2004).

#### I.4.3 Outros produtos sensíveis à temperatura

Diversos itens podem ser classificados como perecíveis devido à ação da temperatura e umidade, além de alimentos e produtos medicinais (incluindo medicamentos e vacinas e até órgãos para transplante). Os segmentos listados abaixo também fazem parte da categoria sensível à temperatura e umidade:

- Cosméticos;
- Películas fotográficas e de filmes;
- Obras de arte e produtos relacionados ao patrimônio cultural;
- Flores;
- Produtos químicos.

Muitos cosméticos e produtos do setor de beleza são enquadrados dentro da cadeia do frio devido a influência da temperatura e da umidade para a vida útil e para o risco de danos à saúde humana. A preocupação com a data de validade apresentada em local visível na embalagem comercial mostra que as agências reguladoras governamentais já detectaram e confirmaram risco à saúde humana relacionado ao desrespeito a cadeia do frio (PANOZZO e CORTELLA, 2008).

Cosméticos normalmente toleram temperaturas mais altas do que alimentos ou produtos medicinais. Batom, por exemplo, amolecem a 37°C, mas a uma temperatura de 40°C, há riscos decorrentes da perda das propriedades químicas e qualitativas, incluindo aparecimento de fungos (PANOZZO e CORTELLA, 2008).

A composição dos materiais fotográficos e películas de filmes são sensíveis à temperatura e umidade. Segundo KHALIL (2004), uma sala apropriada para armazenar tais materiais deve ser mantida a temperatura de 3°C e umidade relativa de 30%. O correto armazenamento e transporte de patrimônio fotográfico e correlato é uma das maiores preocupações de curadores de museus e estudiosos da preservação de patrimônios culturais.

Obras de arte e outros produtos relacionados ao patrimônio cultural, objetos antigos feito de materiais orgânicos, como pinturas e esculturas em madeira, assim como livros e outros artefatos ligados à escrita de povos antigos como o papiro, são acervos históricos de valor incalculável. Esse patrimônio tem sido considerado como a principal motivação para pesquisas de microclima, onde se busca a ótima condição ambiental, incluindo o constante monitoramento da atmosfera confinada e das variações térmicas e higroscópicas (PANOZZO e CORTELLA, 2008).

A participação econômica de flores vivas ou cortadas aumentou em importância e preocupação no comércio mundial de bens perecíveis (PANOZZO e MINOTTO, 2003). Rosas, por exemplo, são extremamente delicadas e sensíveis a variações de temperatura. Qualquer flutuação térmica pode causar danos e reduzir a vida útil de vaso (ZHANG, 2007).

Um estudo de 12 meses envolvendo amostras de flores cortadas de 57 produtores demonstrou que nenhuma se encontrava dentro da faixa de temperatura correta: 81% das amostras estavam acima de 3°C do máximo permitido e 19% das amostras estavam acima de 8°C do máximo permitido (HEAP, 2006). Os efeitos da variação de temperatura são devastadores para o tempo de vida de vaso como mostra a figura I.3.

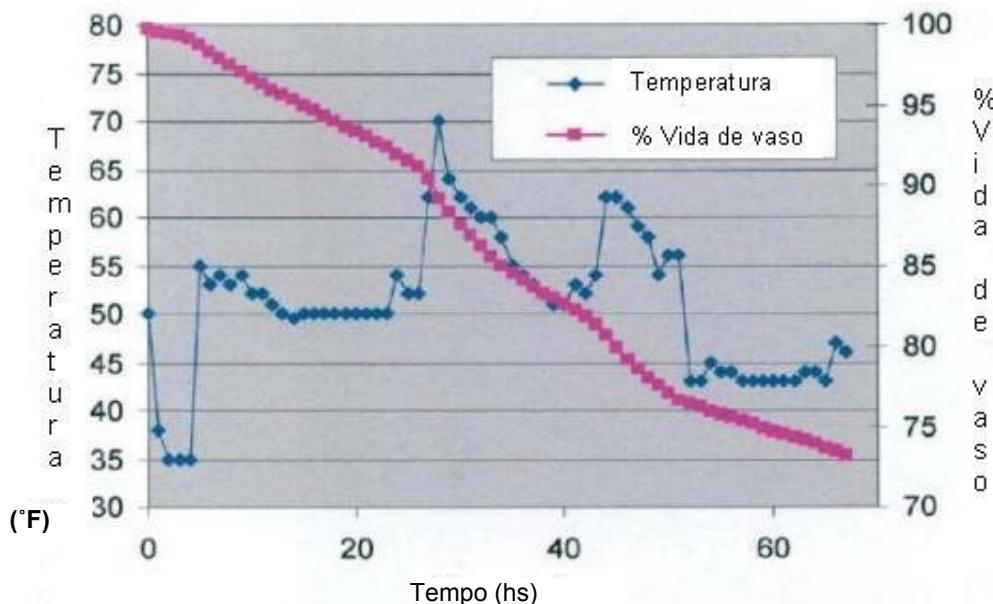


Figura I.3: Efeito da variação de temperatura sobre o tempo remanescente de vida de vaso de flores cortadas. Adaptado de HEAP (2006).

A faixa de temperatura recomendada para armazenagem e transporte de flores (principalmente rosas) é entre 0,5°C e 2,5°C, desde a colheita até os pontos de exposição comercial (ZHANG, 2007).

### I.5 Cadeia logística do frio

A necessidade de aprimorar a infraestrutura e a gestão para atender demandas crescentes na cadeia do frio tem sido identificada pelos atores participantes da cadeia de suprimentos de bens perecíveis. Por outro lado, a elevação do nível de conscientização do consumidor em relação à qualidade e segurança, contribui para definição de novos marcos regulatórios, tendências de padronização e melhoria das condições de qualidade de produtos e serviços relacionados a perecíveis, de temperatura controlada.

Para produtores e fabricantes, o desafio é ainda maior porque assumem a responsabilidade sobre o produto mesmo que não tenham participação direta sobre algumas etapas da cadeia do frio. Uma vez que tempo e temperatura são fatores críticos de controle nesta cadeia, a otimização da gestão e dos recursos logísticos torna-se fundamental para reduzir perdas, aumentar eficiência e potencializar a competitividade.

### I.5.1 Desafios logísticos na cadeia do frio

Enquanto uma significativa parcela de estudos sobre a cadeia do frio preocupa-se com as consequências e efeitos da ação de determinados patógenos em ambientes operacionais, através de pesquisas de modelo de crescimento de populações de microrganismos, outro grupo de estudos, entretanto, concentra-se nos seguintes pontos relacionados a logística:

- **Controle e monitoramento**
  - Tecnologia de monitoramento de vida útil, utilizando microtags ou TTI – *Time Temperature Integrators* (LABUZA, BELINA e DIEZ, 2003; IIR, 2004);
  - Tecnologia de monitoramento de atmosfera, através de dispositivos como RFID, compartilhamento de informações através de redes e acordos de parceria para rastreamento de produtos na cadeia do frio (MONTANARI, 2008; KÄRKKÄINEN, 2003).
- **Gestão, método e infraestrutura**
  - Programas de boas práticas de fabricação, de armazenagem e de distribuição, incluindo APPCC, aconselhado pela Organização Mundial de Saúde (BISHARA, 2006; GORMLEY, BRENNAN e BUTLER, 2000);
  - Gestão logística, incluindo conceitos ligados a redução do *lead-time* e dos níveis de estoque, além da administração de indicadores de desempenho (BALLOU, 2006).
  - Otimização da cadeia de suprimentos total, através da definição de acordos de colaboração e compromisso entre membros desta cadeia com o estabelecimento de metas, indicadores e responsabilidades (BOGATAJ, BOGATAJ e VODOPIVEC, 2005; VERBIC, 2006);
  - Gestão da infraestrutura – integração e atualização dos recursos (equipamentos) de armazéns, de transporte, de monitoramento e controle (SALIN e NAYGA, 2003; FERNIE e SPARKS, 2004).

Considerando que as perdas de produtos perecíveis são relevantes e que o produto absorve valor ao longo desta cadeia, são justificáveis os crescentes investimentos em controle, tecnologias de monitoramento, gestão e infraestrutura (COATES, 2003).

### I.5.2 Integração, sincronização e visibilidade na cadeia do frio

O acesso a produtos e bens produzidos no mundo inteiro com custo e qualidade satisfatórios se deve, entre outros fatores, aos avanços da logística. Produtos altamente perecíveis, sensíveis a temperatura, alcançam mercados longínquos, obedecendo a rígidos

padrões de qualidade e às legislações locais (COYLE, HALL & BALLENGER, 2001). Através de cada vez mais sofisticadas cadeias de suprimentos, o comércio global aproxima mercados de diferentes países, estabelecendo fluxos regulares de abastecimento para atender demandas locais e regionais (SMITH e SPARKS, 2004).

O fluxo físico para comercialização é uma preocupação logística fundamental e crítica que desafia a gestão da cadeia do frio (BOGATAJ, BOGATAJ e VODOPIVEC, 2005). Trata-se de um conjunto de atividades que tem por objetivo atender o pedido de um cliente, fazendo chegar até ele o produto solicitado com qualidade, viabilidade econômica e no tempo certo (KAPOOR E KANSAL, 2003).

Para garantir a competitividade no mercado de produtos de temperatura controlada, principalmente congelados e resfriados, o controle, monitoramento e eficiência das ações logísticas são fundamentais (KÄRKKÄINEN, 2003).

A gestão eficaz da distribuição física, por exemplo, busca preservar o valor agregado do produto por meio das melhores práticas logísticas e de um eficiente controle de temperatura (MONTANARI, 2008; OVCA & JEVŠNIK, 2009). A temperatura é a variável dependente, de controle, que melhor representa o desempenho na cadeia do frio (TAOUKIS, 2001; BILLIARD, 2003).

A busca da estabilidade térmica dentro da cadeia do frio significa integridade das propriedades qualitativas do produto (BOGATAJ, BOGATAJ, VODOPIVEC, 2005).

Do ponto de vista logístico, um processo com baixa variabilidade representa desempenho de alto nível através da integração plena da cadeia de suprimentos, resultado de atividades operacionais coordenadas e sincronizadas (BOWERSOX, CLOSS E COOPER, 2002).

No processo de distribuição física, os fatores relacionados na tabela I.2 – de natureza logística - influenciam a temperatura do produto, sua qualidade e, portanto, o desempenho logístico como um todo.

A falta de integração entre membros de uma cadeia de suprimentos é um desafio constituído pelas restrições impostas principalmente pelas incertezas causadas pela falta de informação sobre as necessidades dos clientes (FREDENDALL e HILL, 2001). Essas incertezas geram grande variabilidade e instabilidade nos processos, resultando em aumento de estoques ou *lead-time* (SAMBANDAM, 2001; ENARSSON, 2006). A análise dos fatores logísticos que afetam a estabilidade da cadeia do frio será objeto de investigação e apresentada neste trabalho, baseado em pesquisa de campo.

Tabela I.2: Fatores chave relacionados ao desempenho da distribuição física na cadeia do frio.  
 Fonte: BROEKMEULEN (2001); BALLOU (2004); JAMES, JAMES e EVANS (2006); DUVEN e  
 BINARD (2002); HSU, HUNG E LI (2006); IIJIMA, KOMATSU & KATO (1996); LIKAR e  
 JEVŠNIK (2006); BILLIARD (2003); GIANNAKOUROU et al (2001)

#	Fator	Detalhamento
1	Histórico térmico	Apenas a temperatura medida em um ponto da cadeia do frio não reflete a inércia provocada pelas trocas de calor nos ambientes em que o produto passou.
2	Embalagem	Embalagens eficientes reduzem os efeitos da degradação por manuseio e trocas de calor em ambientes impróprios
3	Sistemas de refrigeração (Estoque)	Sistemas eficientes de refrigeração promovem rápida estabilização do padrão térmico do produto. Deve aliar custo e confiabilidade.
4	Método de manuseio	É um procedimento de ligação de um elo a outro da cadeia, portanto crítico.
5	Picking	A forma de se montar cargas e de embarcá-la pode reduzir a exposição do produto à atmosferas degradantes.
6	Sistema de identificação e endereçamento	Uma carga recebida perde valor qualitativo aguardando liberações, etiquetagem e endereçamento.
7	Roteirização	O planejamento de rotas de produtos perecíveis deve considerar uma sequência de paradas que minimize a perda do valor térmico.
8	Perfil do pedido	O nível de fracionamento da carga afeta a qualidade das operações de picking e de roteirização e, finalmente, a variável temperatura no final da cadeia.
9	Variação de demanda	Campanhas promocionais e sazonais causam aumento nos lotes escoados, incertezas e erros, portanto, afetam a temperatura do produto.
10	Aparelhamento da frota	Aparelhos de refrigeração e isolamento deficientes causam quebra da cadeia do frio
11	Força de trabalho	A falta de capacitação e motivação são responsáveis por perda de sincronização, erros, retrabalhos, atrasos e perda do padrão térmico
12	Previsão de demanda e gestão de estoques	Regras de giro de estoque, FIFO, vida de prateleira e lotes de reposição de estoques são determinantes na eficiência da distribuição física
13	Sistema de informação	A tomada de decisões a nível operacional e tático depende de informações básicas, exatas e disponíveis a todo instante.
14	Sistema ou estrutura de Armazenagem	As condições de armazenagem, layout, estruturas porta paletes e sistemas de movimentação são fundamentais para a manutenção da cadeia do frio

### I.5.3 Cadeia de suprimentos em ambiente frio

Até os anos 1990, mesmo com a globalização, a integração da cadeia de suprimentos, idealizada pelo CLM - *Council of Logistics Management*, órgão norte-americano responsável pela congregação e divulgação das principais correntes do pensamento logístico (atualmente CSCMP – *Council of Supply Chain Management Professional*), não havia saído do papel para a prática. Com a revolução informacional, consolidação da Internet em ambiente empresarial, a reestruturação organizacional e as grandes fusões e incorporações, iniciou-se o movimento de integrar não apenas parceiros do negócio principal, mas também aqueles atores que contribuíam para atividades de suporte e apoio, em operações terceirizadas, por exemplo.

A integração da cadeia de suprimentos representa o maior avanço em termos de conjunção de forças ou sinergia, perseguindo a tendência de apresentar diferencial competitivo para atender a segmentação de mercado, preferências de consumo e de serviços exclusivos (BOWERSOX, CLOSS e COOPER, 2002).

A cadeia de suprimentos “fria” segue esta condição de relacionamentos que agregam valor, com altíssimo nível de especialização (BOGATAJ, BOGATAJ, VODOPIVEC, 2005).

A cadeia do frio possui todos os desafios de uma cadeia logística “convencional” - de produtos secos - e ainda oferece desafios adicionais relacionados ao risco de perdas prematuras e custos mais elevados devido a manutenção do frio.

Outra característica logística da cadeia do frio, diferente de uma cadeia de suprimentos de produtos não sensíveis à temperatura é a variabilidade dos parâmetros de controle, com destaque para a temperatura.

Devido às incertezas e muitos dos fatores relacionados na tabela I.2, quanto mais próximo do ponto de consumo, maior a variabilidade do processo, maior o risco de perda das propriedades intrínsecas do produto e menor a visibilidade sobre esta operação (SILVA, 2010).

## I.6 Normas, regulamentação e legislação

### I.6.1 Regulamentação para produtos alimentícios

Muitos países, principalmente da União Europeia e os Estados Unidos, editaram normas para regulamentar os processos na cadeia do frio e garantir a qualidade de produtos perecíveis, de temperatura e umidade controladas, principalmente visando à segurança alimentar e de medicamentos.

A tabela I.3 representa os marcos regulatórios para o segmento de produtos perecíveis, principalmente alimentos e fármacos.

Tabela I.3: Resumo das principais medidas para regulamentação da cadeia do frio. Adaptado de ZHANG (2007)

Principais Medidas	Data de Implementação	Conteúdo Relevante
Resolução para transporte internacional de perecíveis e para equipamentos especiais usados nesses transportes (ATP)	Setembro de 1970, alterado para Abril de 2007	Equipamentos especiais para transporte de perecíveis – aspectos construtivos, desempenho e utilização
Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC)	Agosto de 1997	Um sistema de gestão no qual a segurança alimentar é atingida através da análise e controle dos riscos biológicos, químicos e físicos; da produção de matéria-prima, aquisição e manuseio até a fabricação, distribuição e consumo do produto final.
Normas do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos	Setembro de 2005	Estabelece padrões para garantir a qualidade de frutas, vegetais e demais ingredientes de refeições
Ato do Bioterrorismo	Junho de 2002	Aprimora a segurança geral do abastecimento de comida e medicamentos nos E.U.
Obrigatoriedade de identificação do país de origem no rótulo do produto.	Outubro de 2004	Obriga os varejistas a notificar os clientes da origem dos produtos.

As regulamentações visam especialmente garantir o controle de temperatura de atmosfera na cadeia do frio nas diversas etapas (câmaras frigoríficas, veículos e contêineres refrigerados, estágios da produção refrigerada e até refrigeradores comerciais). Essas normas também orientam e regulamentam a padronização de equipamentos utilizados na cadeia do frio, informações de rótulo para o consumidor – como a data de validade – e informações adicionais relacionados ao processo de produção – como no caso da pasteurização do leite, por exemplo.

Com exceção da norma ATP – *Agreements on the International Carriage of Perishable Food-stuffs*, um conjunto de normas técnicas que define e especifica desde materiais de isolamento, aspectos construtivos e de desempenho de aparelhos de refrigeração para carrocerias de caminhões e contêineres, sendo adotado por toda a União além dos Estados Unidos, publicada pelo UNECE – *United Nations Economic Commission for Europe*, as demais regulamentações partiram de iniciativa dos Estados Unidos, tornando esse país o mais regulamentado sistema de proteção de segurança alimentar (ZHANG, 2007).

No Brasil, há uma diversidade de leis e normas editadas por órgãos da esfera federal, estadual e até municipal. A ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ligada ao MS – Ministério da Saúde, além de fiscalizar instalações fabris e comerciais no segmento alimentício e farmacêutico, também cria e institui portarias e resoluções normativas. Segue abaixo as mais importantes para a cadeia do frio e controle higiênico-sanitário de forma geral:

- Portaria CVS-6, de 10-03-1999, editado pelo Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria de Saúde do Estado de São Paulo, é um regulamento técnico sob o título: "Parâmetros e Critérios para o Controle Higiênico-Sanitário em Estabelecimento de Alimentos". Esta norma identifica os alimentos congelados associados a temperatura de -18°C com tolerância até -12°C. Também define procedimentos para armazenagem, movimentação e transporte. Uma das principais características desta norma é a citação do sistema de giro de estoque baseado no conceito PEPS (Primeiro que Entra, Primeiro que Sai) ou PVPS (Primeiro que Vence, Primeiro que Sai). Para a distribuição, estabelece um tempo máximo de 4hs para exposição do alimento frio até 10°C, e apenas 2hs para faixas de temperatura entre 10°C e 21°C. Também estabelece tempo máximo de armazenagem para alimentos congelados e refrigerados em função de faixas de temperatura diferentes.
- Portaria 1428/MS, de 26 de novembro de 1996, do Ministério da Saúde que estabelece "Regulamento Técnico para Inspeção Sanitária de Alimentos", as "Diretrizes para o Estabelecimento de Boas Práticas de Produção e de Prestação de Serviços na Área de Alimentos", e o "Regulamento Técnico para o Estabelecimento de Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ's) para Serviços e Produtos na Área de Alimentos". Esse compilado normativo prevê a definição de parâmetros e formas de avaliação das inspeções em

indústrias e demais estabelecimentos produtores de alimentos. Também define os padrões que os estabelecimentos devem adotar dentro do conceito de APPCC, BPF e Padrão de Identidade e Qualidade. Apesar do conteúdo minucioso, o documento trata de alimento de uma forma geral e não apenas os perecíveis (sensíveis à temperatura).

- A Resolução ANVISA RDC 275, de 21 de outubro de 2002, chamado regulamento técnico de procedimentos operacionais padronizados (POPs), são aplicados aos estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. Essa resolução também define uma lista de itens que devem fazer parte da verificação, controle e monitoramento dos procedimentos implantados rotineiramente para cumprir os requisitos normativos referentes às condições higiênico-sanitárias para instalações produtoras de alimentos.
- A Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997, estabelece o Regulamento Técnico: "Condições Higiênico-Sanitária e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos". Essa portaria se preocupa em definir condições ideais para garantir qualidade higiênico-sanitária para o ciclo de produção, incluindo recomendações para armazenagem, movimentação e transporte, com foco também nas Boas Práticas de Fabricação (BPF), para alimentos em geral e não especificamente os perecíveis.

Também são significativas as regulamentações através das normas editadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Um exemplo é a aplicação da NBR 15457 que especifica os requisitos de desempenho térmico para carrocerias termicamente isoladas com ou sem aparelho de refrigeração, destinada ao transporte de produtos perecíveis por via terrestre. Para alimentos, no que se refere à normalização de procedimentos e padronização de critérios e parâmetros para o transporte, predomina a NBR 14701, também editada pela ABNT.

A NBR 14701, de 29/06/2001, abrange requisitos para itens congelados, resfriados e refrigerados abordando os seguintes tópicos da cadeia do frio:

- 1) Estocagem;
- 2) Deslocamento, carga, descarga e transporte;
- 3) Temperatura do produto;
- 4) Tomada de temperatura;
- 5) Equipamento de transporte e compartimento de carga;
- 6) Exigências no local de carregamento e descarregamento;
- 7) Inspeção;
- 8) Higiene;

- 9) Responsabilidades;
- 10) Embalagem e rotulagem

Além de estabelecer normas para cada um dos requisitos acima, a norma NBR 14701 também determina o padrão para medição de temperatura de alimentos em seu anexo A. Uma das características dessa norma é a fixação de temperatura para congelados em -18°C, sendo que durante o transporte é tolerada aumento até -15°C. A faixa de temperatura fixada para alimentos resfriados fica entre 0°C e 5°C, enquanto para itens refrigerados, a norma não estabelece valores, adotando-se a faixa recomendada pelo fabricante (ABNT, 2001).

A Comissão Interministerial de Saúde e Agricultura, em 31 de julho de 1984, publicou a resolução nº. 10 (CISA 10), que dispõe sobre instruções para conservação nas fases de transporte, comercialização e consumo dos alimentos perecíveis, industrializados ou beneficiados, acondicionados em embalagens. Entre outras definições, esta resolução regulamenta:

1. Temperatura típica para resfriados de 10°C e para congelados de -8°C. Esse parâmetro para congelado não atende às necessidades do mercado. Muitos fabricantes e operadores logísticos especializados trabalham com congelados a -12°C (NEVES FILHO, 2008);
2. Prazo de validade, formato e sugestão de dizeres utilizados em rótulos dos produtos;
3. Responsabilidade do produtor/fabricante sobre o produto ao ser encontrado impróprio para o consumo.

Outras regulamentações através de leis federais e estaduais, decretos lei, leis complementares, portarias e resoluções tanto do Ministério da Saúde quanto do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), contribuem de forma não integrada, mas fracionada, para regulamentar as várias etapas da cadeia do frio. Por exemplo, o Ministério da Saúde publicou a portaria 2535, de 24/10/2003, para subsidiar as ações da ANVISA aplicada às atividades de produção/fabricação, manipulação, fracionamento, armazenamento, distribuição, venda e transporte de produtos alimentícios e bebidos. Mais abrangente, essa portaria define a temperatura de congelados em -18°C com tolerância de até -12°C e, entre outras medidas, regulamenta e cria critérios de avaliação e parâmetros para:

1. Boas Práticas de Fabricação – BPF;
2. Responsabilidade Técnica;
3. Elaboração de POP – Procedimento Operacional Padrão;
4. Programa de Treinamento para Manipuladores;
5. Cuidados com Higiene Pessoal;
6. Tratamento da Água e do Gelo Usados Industrialmente;

7. Temperatura de Produtos Congelados, Resfriados e Carnes *in natura*, incluindo de pescados;
8. Cuidados com armazenamento, incluindo o sistema de giro de estoques (PEPS, PVPS);
9. Cuidado com o transporte, incluindo temperaturas recomendadas para congelados, resfriados e carnes *in natura*;
10. Controle de pragas;
11. Sistema de higienização, incluindo método e recomendação de produtos químicos para limpeza;
12. Controle de qualidade abrangente – com vistas a aderir às normas ISO.

Outro destaque importante para o enriquecimento regulatório da cadeia do frio se deu com o advento da CVS 15, uma portaria publicada pela Diretoria Técnica do Centro de Vigilância Sanitária, que dispõe com mais detalhes e rigor, padrões e normas para o transporte, bem como regulamenta o tipo de veículo específico para alimentos perecíveis. Esta portaria define uma temperatura mínima de -15°C para a atmosfera dentro da carroceria do caminhão, o que representa maior preocupação e conscientização, assumindo que o transporte é uma das etapas mais críticas da cadeia do frio. Embora mais adequado por demonstrar maior aderência às características climáticas e por considerar as perdas térmicas, a CVS 15 não recebeu adesão além da prática no Estado de São Paulo (NEVES FILHO, 2008).

Além da ANVISA, de papel mais fiscalizador, a ABNT através de NBR – Normas Brasileiras Regulamentadoras, e das Comissões de Estudo – CE, complementam essa matriz intrincada de normas para equipamentos de refrigeração e de procedimentos e parâmetros para a cadeia do frio. Deve-se destacar de fundamental importância, o apoio das associações de produtores de alimentos e fabricantes de equipamentos ligados à cadeia do frio, que captam, discutem, promovem e atualizam a base de conhecimento no assunto, estabelecendo parcerias com instituições acadêmicas como o ITAL – Instituto de Tecnologia de Alimentos, SBCTA – Sociedade Brasileira de Ciências e Tecnologia de Alimentos e FEA – Faculdade de Engenharia de Alimentos, da UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. Essas associações ajudam a consolidar as melhores práticas e aderência às regulamentações vigentes, provendo informações valiosas do impacto operacional dessas normas e gerando estatísticas para a busca de melhorias de acordo com as necessidades e tendências de consumo.

O capítulo II, a seguir, traz a preocupação com os artefatos relacionados à cadeia do frio. Retrata as características dos equipamentos principais destinados à conservação da carga térmica dos produtos, os meios de armazenagem e transportes, desafios para a ciência dos materiais para embalagem e isolamento térmico e apresenta o atual aparato tecnológico para

monitoramento e controle da cadeia do frio, como os sistemas de rastreamento e captura de dados através de RFID e redes de sensores integradas.

## Capítulo II – Infraestrutura de Armazenagem e Transporte da Cadeia do Frio

A segurança alimentar e integridade dos alimentos e de produtos perecíveis são algumas das maiores preocupações do gestor da cadeia do frio, das autoridades públicas locais e da comunidade internacional, das associações de fabricantes e entidades ligadas à defesa do consumidor. Com o aumento populacional, principalmente nos países em desenvolvimento, acentua-se a preocupação com o desequilíbrio em termos de acesso a tecnologias capazes de proteger a integridade das propriedades nutricionais dos alimentos, da potência de vacinas e da eficácia de remédios (ZHANG, 2007; HEAP, 2007).

De acordo com a FAO – *Food and Agriculture Organization* - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - em relatório publicado em 2009, a desnutrição atinge atualmente cerca de 1 bilhão de pessoas em todo o mundo (O GLOBO, 2009). Tanto a falta da comida quanto a perda das propriedades nutritivas dos alimentos, constitui causa de desnutrição. Similarmente, vacinas transportadas em atmosfera com grandes variações térmicas, de altas amplitudes acima dos níveis tolerados apresentam severa perda da potência terapêutica.

Conforme divulgado pelo Instituto Internacional de Refrigeração (IIR), de um total de 5.500 milhões de toneladas de alimentos produzidos mundialmente, apenas 400 milhões são refrigerados (resfriados ou congelados) e que cerca de 1.800 milhões de toneladas desse total produzidos seria mais bem beneficiado com a conservação pela refrigeração (HEAP, 2006). A ampliação do alcance da cadeia do frio, para alimentos perecíveis, principalmente em países com alto índice de desnutrição, pode contribuir para redução significativa de desperdício de comida e garantir a integridade nutricional mesmo sob condições climáticas tropicais. O potencial da cadeia do frio em países em desenvolvimento está baseado no novo cenário econômico e mercadológico, onde o domínio comercial passa dos grandes volumes extrativistas de matéria-prima, para pedidos de produtos manufaturados de alto valor agregado. Esse fenômeno cria condições de desenvolvimento de tecnologias para refrigeração e métodos de conservação de produtos perecíveis.

SALIN e NAYGA (2003) indicam que rodovias, portos, tecnologias da informação, sistema de energia elétrica confiável e leis e regulamentações estão no nível superior que determina o ambiente completo da cadeia do frio em um país. Contêineres refrigerados, instalações de armazenagem fria e veículos refrigerados são equipamentos usuais e obrigatórios na cadeia do frio cujo avanço tecnológico impõe um diferencial logístico na rede de distribuição. Instalações e infraestrutura na cadeia do frio representam um dos fatores que diferencia uma empresa e permite competir com outras companhias. É necessário para o profissional da cadeia do frio ter uma compreensão geral sobre como essas instalações funcionam para manter uma cadeia do frio eficiente e econômica.

## II.1 Armazéns frigorificados

Armazéns frigorificados são instalações providas de sistema de controle de temperatura ambiente, destinadas a receber, acondicionar, embalar, armazenar, manusear, preparar, paletizar, fracionar, unitizar, movimentar e embarcar produtos sensíveis a temperatura, seja congelado, resfriado ou fresco (carnes *in natura*, frutas e verduras). Esses prédios são divididos em câmaras frigoríficas, salas totalmente isoladas termicamente, dotadas de sistema de refrigeração dimensionado para o tamanho da sala e para a temperatura que se deseja manter. O Brasil possui algo em torno de 4,5 milhões de m<sup>2</sup> de câmaras destinadas para armazenagem frigorificadas, sendo que a 90% são dominados pela iniciativa privada (ABIAF, 2010).

O desenvolvimento dessas instalações se deu com a necessidade de fabricantes e produtores para armazenar grandes quantidades de produtos, sejam para atender o mercado em épocas de alta demanda, e com a mesma aplicação dos armazéns de carga seca, sejam para gerar mais equilíbrio entre os volumes da demanda e da produção, e até mesmo para criar um pulmão estratégico e especulativo, visando melhores preços na entressafra. Atualmente, com o domínio da rede varejista sobre a distribuição de perecíveis, os fabricantes passaram a operar a armazenagem através de serviço terceirizado especializado. O mesmo aconteceu com as redes varejistas que passaram a montar seus próprios *hubs* e localizá-los no baricentro de sua rede logística (YOUNG, 1997).

O armazenamento frigorífico de alimentos é necessário para prevenção ou retardamento de sua deterioração que pode ocorrer devido à ação microbiana e para manter sua conservação por um período de tempo maior. Deve apresentar local adequado para o armazenamento de alimentos perecíveis e não perecíveis., sendo que o cuidado no manuseio deve ser grande pois muitas vezes, como no caso de frutas, um manuseio indevido pode implicar em dano para o mesmo. Para cegntros de distribuição, deve haver uma flexibilidade para operar com múltiplas temperaturas. Nesse caso, essas câmaras devem estar preparadas para trabalhar com as seguintes capacidades térmicas: congelados a -25°C; refrigerado a 0°C; fresco a +5°C e na temperatura ambiente (YOUNG, 1997).

No Brasil, observa-se uma tendência de armazéns frigorificados com bom nível para operação multitemperatura, alto nível de mecanização da movimentação interna, utilizando empilhadeiras, paleteiras e transelevadores, controle automatizado e informatizado de endereçamento, alto índice de verticalização com estruturas porta-paletes. Essa tendência de uso da tecnologia para movimentar cargas de forma rápida e segura dentro do armazém é acompanhada pela necessidade da manutenção do rigor nos registros de entrada e saída em cada etapa do trânsito pelo armazém, o que requer recursos de sistemas especialistas de TI – Tecnologia da Informação.

O projeto de um sistema frigorífico tem por objetivo fornecer condições adequadas para o processamento ou estocagem do produto a determinada temperatura. Devido os altos custos para construção, manutenção e de capital, o projeto deve conceber o maior rendimento por m<sup>2</sup> possível, o que envolve condições ótimas para dimensionamento de corredores, verticalização, isolamento e área útil de armazenagem (NEVES FILHO, 1997).

Os armazéns frigoríficos possuem armazenagem frigorífica, para a qual toda a movimentação é mecanizada com a utilização de paletes e outros sistemas, onde as empresas operam as cargas e descargas em áreas climatizadas, pois muitas mercadorias são submetidas a processos de pré-resfriamento, congelamento ou de descongelamento controlado, recebendo também serviços adicionais como pesagens, vistorias, embalagem ou reembalagem, etiquetagens e controles de qualidade da mercadoria no recebimento e na expedição, sendo assim o produto que for enviado ao mercado interno e externo terá provavelmente excelente nível de qualidade.

Algumas instalações também prestam serviços às exportações como a preparação dos lotes, marcações, colocação em paletes *one-way*, vistorias, carregamento de contêineres, acompanhamento e supervisão de embarques. Os armazéns frigoríficos públicos, em geral, prestam serviços aditivos de fornecimento de energia elétrica a caminhões e contêineres reefers, assim como, vistorias, lavagem, desinfecção e forração de veículos.

A seguir, listamos alguns cuidados necessários para que o sistema de armazenagem seja considerado ideal:

- **Desinfecção do ar, paredes e tetos das câmaras.** Muitos produtos, principalmente os alimentícios são suscetíveis a bactérias de diversos tipos. Portanto é necessário cuidado com as câmaras nas quais estes serão armazenados.
- **Compatibilidade entre produtos.** Alguns produtos como peixes e frutas, por exemplo, expelem odores característicos próprios, que podem ser absorvidos facilmente por outros, portanto é necessário cuidados ao estocar diferentes produtos, ou grandes variedades do mesmo produto.
- **Queimadura pelo frio.** Para alimentos congelados o dano mais comum é a queimadura pelo frio, que consiste na degradação dos tecidos superficiais do produto, resultando na rejeição do produto pelo mercado consumidor, sendo necessário seu descarte.
- **Estocagem em atmosfera controlada.** No caso de algumas frutas e vegetais que continuam respirando após a colheita, o controle da atmosfera envolve o aumento da concentração de dióxido de carbono e redução dos níveis de oxigênio do ambiente, estendendo a vida útil desses produtos. Essa técnica desacelera o processo de

amadurecimento de frutas como a maçã, mantendo o frescor, coloração e consistência de tecidos por mais tempo.

- **Refrigeração prévia.** É importante ressaltar que um armazém frigorífico não serve para congelar ou resfriar um produto como acontece como uma geladeira doméstica, mas serve com o intuito de manter a temperatura necessária para acondicionamento do produto.
- **Empilhamento.** Nunca deve impedir a circulação do ar na câmara frigorífica, ou impedir o fácil acesso para a posterior verificação dos produtos, sendo que o produto nunca pode tocar as paredes, piso ou teto, no caso de se empilhar as mercadorias com volume maior que o comum, é necessário que haja uma refrigeração prévia a armazenagem.
- **Embalagem.** Na armazenagem frigorífica é necessário que as embalagens do produto sejam propícias para esse tipo de processo, para que não afete o produto por queimadura ou desconfiguração das suas propriedades de consumo. Uma boa embalagem não permite a desidratação do produto através da evaporação dos vapores produzidos pelo mesmo.
- **Risco de condensação das mercadorias na saída das câmaras frias.** É preciso tomar cuidado para que, na saída das câmaras frias, não se forme condensação na parte externa dos produtos. Essa condensação se dá pela diferença de temperatura entre o produto e o ar do ambiente em que o produto se encontra. Essa diferença entre temperaturas de ambientes por períodos prolongados, resultando em condensação nas paredes da embalagem do produto, constitui a chamada “quebra da cadeia do frio”, termo que sugere a perda das propriedades qualitativas do produto devido às características cumulativas e comutativas - mesmo que haja posterior redução da temperatura, os efeitos sobre o produto não são regenerados (NEVES FILHO, 1997).

#### **II.1.1 Controle de estoques**

Basicamente todas as funções de controle de estoques são similares ao de um armazém convencional, exceto por:

- a) **Método de rotação de estoque:** PEPS/FIFO (Primeiro a Entrar, Primeiro a Sair), PVPS/FEFO (Primeiro a Vencer, Primeiro a Sair), etc;
- b) **Controle de lote:** Garantindo a rastreabilidade, inventário segmentado e atendendo a normas de Boas Práticas de Armazenamento;

- c) **Controle de avaria e segregação de devolução:** Produtos perecíveis quando avariados ou devolvidos devem passar por tratamento especial, envolvendo avaliação e triagem no recebimento e destinação padronizada;
- d) **Controle de compatibilidade:** O sistema de controle de estoque deve ser capaz de bloquear possíveis combinações danosas entre produtos que absorvem odor de outros. Por exemplo, cebolas e alhos liberam odores que podem ser absorvidos pelo melão;
- e) **Controle de temperatura e umidade:** A maioria dos produtos, principalmente frutas e outros itens resfriados são muito sensíveis às variações de temperatura e umidade. Esses parâmetros devem ser controlados de forma sistemática.

As movimentações de entrada e saída devem ser controladas por sistema especialista e com o maior índice de aderência possível à realidade operacional a ser monitorada. Quando as condições de instalação são ideais, os modelos atuais assumem que a manutenção da qualidade é afetada pelas interações entre produtos e pelo manuseio. As interações entre produtos que exalam odores e liberam etileno devem ser cuidadosamente controladas, observando a densidade (em termos de ocupação de espaço) e o nível de ventilação. Altos níveis de etileno afetam fortemente a qualidade dos produtos. O manuseio causa choque e vibração, provocando estresse de produtos frescos. Morangos são muito suscetíveis a estresse por manuseio, por exemplo. A embalagem é um fator favorável à manutenção da qualidade, apresentando pelo menos quatro grandes vantagens para a manutenção da qualidade:

- Equilíbrio da umidade relativa;
- Escudo do produto contra odores e hormônios liberados no ambiente;
- Proteção contra contaminação por microrganismos;
- Redução do efeito do choque e da vibração durante manuseio.

O controle de estoque passa também pela análise de fatores externos como a sazonalidade. Os grandes lotes gerados em épocas sazonais reduzem o controle sobre fatores críticos como o nível de ocupação de uma câmara, quantidade e frequência de manuseio, quantidade e frequência de acidentes e avarias, aumento da variabilidade da temperatura das câmaras e relaxamento do rigor sobre condições de higiene e limpeza, aumentando a chance de contaminação física ou biológica.

## **II.2 Transportes frigorificados**

O transporte de produtos refrigerados ou congelados deve ser entendido como operações envolvendo o deslocamento de cargas perecíveis, de temperatura controlada, de um ponto de estoque para outro. A operação envolve uma cadeia de eventos na qual o

deslocamento de mercadorias, através de carrocerias baús em veículos rodoviários, contêiner de uso intermodal, vagão ferroviário, navio ou aeronave é somente uma etapa dessa cadeia. A manutenção da temperatura através de todas as etapas da cadeia é fundamental para o sucesso e o equipamento mais eficiente de refrigeração no transporte não compensa perdas durante manuseio no carregamento, má qualidade do processo de resfriamento e embalagem inadequada. Os maiores riscos para segurança dos produtos perecíveis ocorrem durante as interfaces entre fases de transporte e os pontos de entrega em função da falta ou da sobreposição de responsabilidades (HEAP, 2007).

O próprio termo “transporte de produtos refrigerados” pode ser corrigido para transporte de produtos de temperatura controlada. Durante o inverno em muitas regiões, baixas temperaturas podem danificar o produto, havendo a necessidade de ativar equipamento de aquecimento para prevenir danos de refrigeração a determinados produtos como a maioria das frutas tropicais. Bananas, por exemplo, não deve ser permitido resfriamento abaixo de 13°C.

Em geral, unidades de refrigeração no transporte são usadas para manter a temperatura e não para resfriamento da carga. Por isso, é particularmente importante que a carga esteja na temperatura correta antes do embarque. Práticas de pré-resfriamento de baús de caminhões e de contêineres são cada vez mais indicadas para reduzir o impacto da troca de calor nessas interfaces.

### **II.2.1 Transporte rodoviário na cadeia do frio**

A necessidade de transporte refrigerado é extremamente variada e diversificada. Cada vez mais produtos perecíveis são introduzidos na cadeia do frio e, em função disso, a utilização de veículos providos de unidades de refrigeração para o transporte é crescente e intensa. As mercadorias perecíveis transportadas são normalmente produtos alimentícios ou não alimentícios como flores, medicamentos e vacinas e produtos químicos. O Brasil possui uma concentração muito grande do transporte sobre o modal rodoviário, em função da pouca disponibilidade de outras modalidades de transportes (NOVAES, 2004). Nesse caso, o transporte rodoviário alcança praticamente todo o território nacional. O transporte refrigerado rodoviário na cadeia do frio geralmente está associado a pelo menos duas fases:

- 1) **Transferência para estoque (Full Truck Load – Iotação completa):** geralmente em grandes volumes e distantes do ponto de destino, essas cargas são embarcadas após a produção e processo de congelamento ou resfriamento. Esse tipo de transporte também é praticado para abastecimento dos estoques de grandes varejistas e atacadistas, a partir de um centro de distribuição ou da própria unidade de produção. Seguem em carretas de grande porte, de capacidade acima de 20 toneladas. Essa etapa, por ter característica ponto-a ponto, possui mais facilidade de rastreamento e a

temperatura durante a viagem não sofre a influência de trocas de calor devido abertura de portas. Há pelo menos três vantagens nesse tipo de transporte: a) o veículo em geral é maior com custo por unidade transportada mais baixa; b) por ser mais homogênea, a carga é melhor arrumada dentro do caminhão, com melhor aproveitamento do espaço, reduzindo assim o custo unitário e c) eliminam-se inúmeras operações intermediárias como o manuseio que altera as propriedades físicas e, portanto, qualitativas do produto (NOVAES, 2004);

- 2) **Distribuição (Less Than Truck Load – cargas fracionadas):** Normalmente atuando em escala local, com baixa quilometragem entre origem e destino. É uma etapa crítica para o controle da temperatura devido grande influência de fatores de diversas naturezas, especialmente logísticos. Essa técnica envolve duas exigências do mercado: reduzir o estoque dos clientes (o que significa entregas mais frequentes) e a pulverização dos pontos de destino, com lotes de pedido cada vez menores (NOVAES, 2004). Geralmente esse transporte é executado por veículos tipo caminhões médios e pequenos, vans e utilitários com capacidade de carga limitada a 8 toneladas. O principal atributo desse tipo de entrega é a rapidez e confiabilidade, visto que o cliente passa a trabalhar com o estoque do fornecedor.

#### **II.2.1.1 Aspectos construtivos**

Mais pesados do que os veículos convencionais e consumindo mais combustível para suportar o peso extra, os veículos refrigerados representam o principal equipamento para transportar produtos perecíveis, de temperatura controlada, principalmente em áreas urbanas e densamente habitada, alcançando os pontos de consumo em vários canais de distribuição. Para o projeto de um veículo refrigerado três fatores devem ser considerados: custo, produtividade e eficiência. Para que o projeto seja econômico, inovações estruturais utilizando materiais como o alumínio, ao invés do aço, tem sido progressivamente desenvolvidas. Além disso, o isolamento térmico é projetado de acordo com a necessidade da aplicação (MOUREH e FLICK, 2004).

Em termos de especificação e padronização são significativas as contribuições da ATP – *Agreements on the International Carriage of Perishable Food-stuffs* e da Norma NBR 15457 (Norma Brasileira Regulamentadora), que especifica parâmetros necessários para desempenho de carrocerias termicamente isoladas.

Na sua forma mais simples, o baú isolado termicamente poderia conter gelo para resfriar o ar confinado do interior e na forma mais complexa, uma unidade de refrigeração auto gerenciável, baseada em placa eutética ou sistema criogênico, de reduzido impacto ao meio ambiente, capaz de manter a estabilidade térmica e o controle da atmosfera mesmo para

grandes distâncias e variações da temperatura ambiente, suportada por tecnologia de monitoramento remoto com atualização de registros de tempo e temperatura *online* (IIR, 2003).

A maioria das novas unidades de refrigeração para transporte usa o sistema de refrigeração por compressão de vapor, através de gases refrigerantes tipo HFC. Unidades de refrigeração para veículos rodoviários podem operar independente do motor do veículo ou podem operar acoplados ao motor do caminhão, durante a fase de deslocamento do veículo. Também na fase estática do veículo, a unidade de refrigeração pode operar por meio de energia elétrica, enquanto aguarda para descarregar (IIR, 2003).

Segundo NEVES FILHO (2006), para obter o melhor desempenho do transporte de produtos congelados e resfriados, os fatores abaixo devem ser considerados:

- Adequação do porte do equipamento de refrigeração com as dimensões da carroceria, temperatura desejada e tipo de produtos transportados;
- Pré-resfriamento da atmosfera da carroceria para reduzir o impacto da diferença de temperatura entre produtos e do meio ambiente, conforme norma NBR14701;
- A carga não pode bloquear o fluxo de ar, tanto das paredes quanto do piso. É importante manter um vão livre entre paredes de um baú para que o ar quente retorne para o evaporador. Nesse sentido é importante o papel do palete e do piso com canaletas próprias para o escoamento e distribuição do ar;
- A utilização de um duto para conduzir o ar insuflado por ventilador é também um aspecto construtivo relevante;
- O sistema de vedação das portas;
- Utilização de cortinas reduz a quantidade de ar quente do meio externo para o interior da carroceria;
- O desligamento do aparelho de refrigeração enquanto as portas estiverem abertas;
- Utilização de divisórias para entregas com múltiplas temperaturas;
- A utilização de prateleiras reduz avarias provocadas por vibrações e choques quando a carga não é paletizada e muito fracionada.

Muitos fatores estão envolvidos em um projeto de unidade de transporte refrigerado: condições climáticas extremas, acabamento do interior da carroceria, propriedade de isolamento, infiltração de ar, efeito compensatório (*trade-off*) entre custo da operação e da construção e deterioração física por choques e vibrações (TASSOU, DE-LILLE, GE, 2009). Normalmente, uma carroceria do tipo baú, usada para o transporte refrigerado, é construída com isolamento de poliuretano expandido ou extrudado, revestido com placas de fibra de vidro laminadas ou chapas de alumínio – ver figura II.1. A primeira característica medida em termos de veículos refrigerados ou frigoríficos é a qualidade isotérmica da carroceria que pode ser normal (0,7 W/m<sup>2</sup>.K) ou reforçada, com condutividade térmica de 0,4W/m<sup>2</sup>.K.



Figura II.1: Exemplo de semirreboque com baú frigorífico e unidade de refrigeração

A figura II.2 ilustra um sistema de distribuição de ar dentro de um semirreboque frigorífico. O ventilador à frente do evaporador insufla o ar frio através de um duto no teto. O ar infiltra pelas paredes, pelo piso, entre os vãos dos paletes e entre as caixas da carga retirando o calor, conduzindo o ar quente de volta para o evaporador, recomeçando o ciclo. Para cargas resfriadas como frutas e verduras, o fluxo de ar deve passar por embalagens vazadas e conduzir o calor da respiração que representa uma importante parcela do calor da carga (TASSOU, DE-LILLE, GE, 2009).

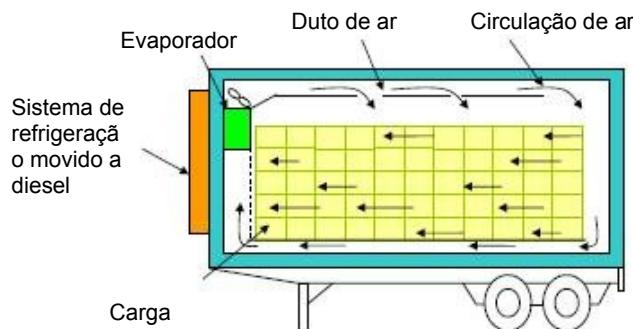


Figura II.2: Sistema de distribuição de ar para carga compacta paletizada em um semirreboque

Adaptado de TASSOU, DE-LILLE, GE (2009)

Outro desenvolvimento importante no transporte refrigerado refere-se ao uso de múltiplos compartimentos em um baú frigorífico. A demanda por produtos resfriados e congelados em um único pedido (no caso de alimentos) requer flexibilidade no transporte refrigerado com a utilização de painéis móveis isolados termicamente (JAMES, JAMES, EVANS, 2006). Essas divisórias móveis possibilitam a separação de produtos de diferentes temperaturas durante o transporte. Apesar de vantajoso para o cliente e, portanto representar um diferencial competitivo, o uso de baú multitemperatura resulta em maior complexidade de

procedimentos para o arranjo da carga, portanto envolvendo maiores custos, além da necessidade de maior treinamento dos entregadores (ZHANG, 2007). Também podem confinar a carga em espaço reduzido (no caso de carga menor do que a capacidade) resultando em redução de energia para a manutenção do frio interior (KLIE, 2005). A figura II.3 e II.4 ilustram carrocerias multicompartmentadas graças a ação de evaporadores específicos para cada espaço independente (compartimento), alimentado por uma única unidade de condensação. O projeto de ambientes multitemperatura para o transporte rodoviário é complexo, pois envolve a combinação de muitos fatores, como a taxa de transferência de calor entre os ambientes, eficiência do material de isolamento (divisórias), capacidade da unidade de refrigeração com múltiplos evaporadores etc (TASSOU, DE-LILLE, GE, 2009).

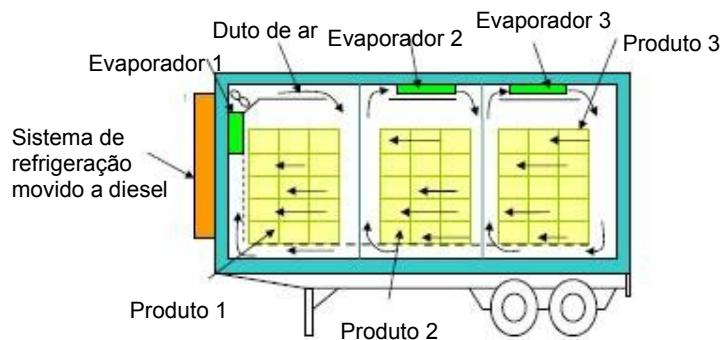


Figura II.3: Carroceria de transporte rodoviário multicompartmentado. Adaptado de TASSOU, DE-LILLE, GE (2009)



Figura II.4: Baú de transporte de cargas refrigeradas e congeladas com sistema multitemperatura

### II.2.1.2 Isolamento térmico

As principais fontes de calor e transferência de massa atuantes sobre uma carroceria isolada termicamente são ilustradas na figura II.5:

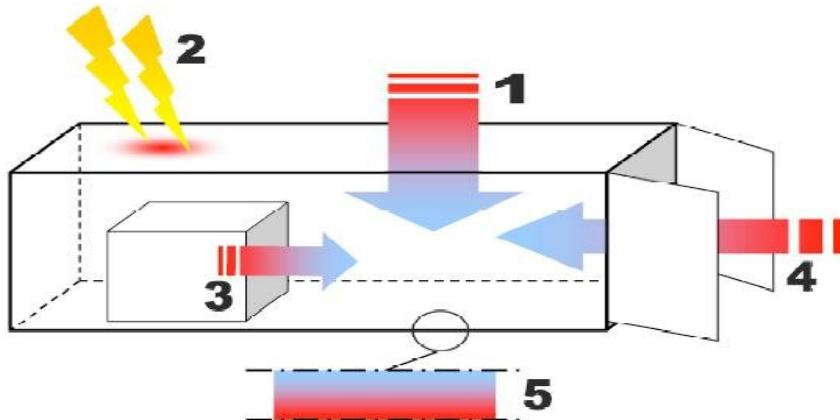


Figura II.5: Fontes de calor e transferência de massa atuantes em transporte refrigerado Fonte:  
TASSOU *et al*, (2008)

As principais fontes de calor são:

1. Calor transferido para dentro do espaço refrigerado através de sua superfície;
2. Carga de radiação solar;
3. Carga do produto, resultante do calor produzido pelos produtos embarcados e mantido em espaço refrigerado;
4. Carga de ar infiltrado, o qual é o ganho de calor associado à entrada de ar no espaço refrigerado (devido à abertura de portas);
5. Carga do pré-resfriamento, devido a retirada de temperatura do ar confinado dentro do espaço refrigerado (TASSOU *et al*, 2008)

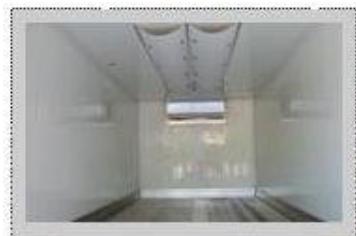
O poliuretano é o mais utilizado isolante térmico de baús frigoríficos, com espessuras entre 50mm e 100mm, de acordo com a aplicação. A limitação da espessura está relacionada com a restrição das dimensões externas e internas da largura da carroceria, regulamentada por lei para veículos de carga. O desempenho do material de isolamento cai a base de 3% a 5% ao ano, o que resulta em considerável aumento da condutividade térmica. Após 9 anos de operação, a perda de isolamento pode acarretar aumento de 50% em consumo de energia e CO<sub>2</sub> (TASSOU, DE-LILLE, GE, 2009). Se for considerada a grande quantidade de veículos e contêineres refrigerados mundialmente, a perda das propriedades de isolamento torna-se bastante relevantes.

### II.2.1.3 Sistemas de refrigeração

O sistema de refrigeração por compressão de vapor é o mais comum utilizado atualmente pela frota de veículos dedicados ao transporte frigorífico. Entretanto, há outras formas de obtenção de frio para o transporte. As unidades de refrigeração podem ser classificadas da seguinte maneira:

- Movida a motor diesel;
- Movida a motor elétrico;
- Acoplada ao motor do caminhão;
- Criogenia;
- Placas eutéticas

As unidades de refrigeração movidas a motor diesel e a motor elétrico operam autônomas, ou seja, funcionam independentes do veículo (HEAP, 2007) Enquanto a unidade movida a motor diesel é mais aplicada para veículos de médio e grande porte para jornadas de longo curso, a unidade movida a motor elétrico funciona estacionária. A unidade acoplada ao motor do caminhão opera exclusivamente conectada ao veículo e sua aplicação é comum em vans e pequenos caminhões, de excursão urbana local com turnos de entregas de curta duração. Os três primeiros sistemas de refrigeração são obtidos a partir da compressão de vapor, o mesmo princípio de um refrigerador doméstico comum, utilizando um fluido refrigerante. Combinações desses três sistemas de refrigeração e outros arranjos híbridos tem sido cada vez mais demandadas pela necessidade diversificada do mercado. A figura II.6 exemplifica uma unidade de refrigeração.



(a)



(b)

Figura II.6: Exemplo de equipamento de refrigeração instalado em baú para transporte rodoviário. Visão interna, do evaporador com duto de ar (a) e sem duto de ar (b).

A unidade de refrigeração criogênica baseia-se na utilização de gás, normalmente CO<sub>2</sub> na forma líquida, armazenado em um tanque a vácuo, a cerca de -190°C. Esse gás segue para um evaporador, onde se expande, resfriando a serpentina do evaporador que por sua vez

recebe ventilação forçada, insuflando o ar frio para o ambiente que se deseja resfriar. Por sua vez, ao transferir toda a energia para a atmosfera, o gás se esgota. É também chamado de sistema de perda total, devido a completa exaustão do gás. Esse sistema, com vantagem de rápida queda de temperatura e de baixo ruído, se aplica ao transporte de produtos de grande valor agregado, pois apresenta alto custo (TASSOU *et al*, 2008).



Figura II.7: Exemplo de sistema de refrigeração criogênico-mecânico.

Adaptado de TASSOU *et al* (2008)

Não é economicamente viável para transporte de longo curso, mas é considerado uma alternativa híbrida de sistema de refrigeração criogênico-mecânica – veja figura II.7.

Outro importante sistema de refrigeração largamente utilizado no transporte de produtos congelados, principalmente para sorvetes e produtos que exigem temperaturas muito baixas na distribuição física, é o eutético. Fisicamente, o sistema eutético consiste em uma estrutura de tubos ou placas com cavidades internas, construídas com material de boa condutividade térmica – ver figura II.8. O princípio de funcionamento é o seguinte:

1. Com o veículo vazio (geralmente à noite) um fluido ou gás refrigerante é injetado (ou expandido) por um motocompressor movido por motor elétrico para o circuito de serpentinas das placas eutéticas;
2. Através da propagação por convecção, a solução eutética (salmoura, por exemplo) congela, podendo chegar a -40°C;
3. No espaço confinado da carroceria, a carga e o sistema eutético trocam calor resultando em temperatura estabilizada por volta de -25°C.

O sistema de refrigeração através de placas eutéticas tem a vantagem do funcionamento silencioso, de prover frio por um período de 10 a 20 horas, dependendo da intensidade da troca de calor, baixo risco de contaminação e custo razoável. O projeto e dimensionamento de placas, tipo e volume de solução eutética deve considerar a aplicação. Aplicações comuns para esse sistema são transportes e distribuição urbana de sorvetes e outros alimentos com múltiplas entregas. Normalmente, associa-se o sistema de refrigeração eutético a um sistema de compressão de vapor, buscando prolongar as condições ótimas de operação, compensando as perdas por trocas de calor através de abertura de portas, efeito de calor externo extremo e viagens de longa duração (TASSOU, DE-LILLE, GE, 2009).

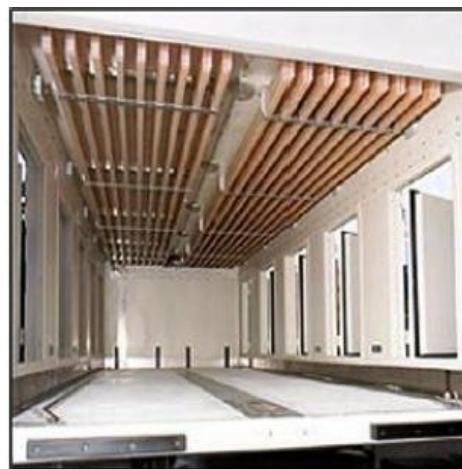


Figura II.8: Equipamento de refrigeração eutética em carroceria baú.

#### II.2.1.4 Perfil da frota de veículos refrigerados no Brasil

O Brasil possui cerca de 1,4 milhões de caminhões, segundo a ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. Desses, 38% são de empresas e 62% são de autônomos. A frota de caminhões dotados de carrocerias baús frigorificadas representam 1,6% do total (ANTT, 2009). O modal rodoviário é o mais importante no Brasil, com cerca de 62% de participação, conforme tabela II.1.

Tabela II.1: Participação dos modais de transporte de carga no Brasil. Fonte GEIPOT (2009)

<b><i>Matriz de transportes no Brasil – cargas (%)</i></b>		
<b>Modal</b>	<b>1993</b>	<b>1999</b>
Rodoviário	61,74	61,72
Ferroviário	22,61	19,46
Aquaviário	11,15	13,83
Dutoviário	4,24	4,58
Aerooviário	0,29	0,31

Segundo a ANFIR – Associação Nacional dos Fabricantes de Implementos Rodoviários, o mercado de baús frigoríficos sofreu uma retração nas vendas desde 2007, quando foram emplacadas 1996 unidades. Em 2008 foram emplacadas 1434 unidades, cerca de 30% menor. Já em 2009, a retração das vendas de baús frigoríficos atinge 21%, com vendas de 1129 unidades (ANFIR, 2010). Em função das características construtivas desses implementos que incentiva reformas estruturais, o mercado de baús usados está aquecido. Outra importante análise desse segmento fica por conta do nível de adequação da carroceria em função da aplicação do transporte. Ainda é prática comum no Brasil o transporte de produtos refrigerados e até congelados em baús inadequados em termos de isolamento ou em termos de unidade de refrigeração.

### **II.2.2 Outros modais de transporte frigoríficos**

A utilização de modal ferroviário para escoamento de produtos perecíveis, de temperatura controlada, principalmente alimentos é prática recente no Brasil. Entretanto, há relatos de transporte de morangos, de Chicago para Nova Iorque, em 1869, através de vagões frigoríficos (SHACHTMAN, 1999). No Brasil, a iniciativa de dois provedores de serviços logísticos selou operação inédita de movimentação de carga de alimentos congelados de pontos de origem produtiva para terminais portuários de carga através de vagões frigoríficos. Enquanto a ALL – América Latina Logística entrou com o transporte ferroviário, com vagões dotados de isolamento térmico e unidade de refrigeração, reativando uma malha que já existia, a Standard ficou responsável pelo manuseio e estocagem dos produtos em seus terminais multimodais. Essa inovação logística já conta com um movimento mensal de 500 contêineres reefers (denominação para contêiner dotado de isolamento térmico e unidade de refrigeração) para exportação de alimentos industrializados e produtos derivados de carnes bovinas, suínas e de aves pelos portos de Paranaguá (PR) e Rio Grande (RS) (REVISTA PORTUÁRIA, 2009).

Muitos produtos perecíveis são transportados via aérea, como flores, medicamentos e vacinas, órgãos para transplante e alimentos. De acordo com uma pesquisa do portal GUIALOG, o modal aéreo, apesar de apresentar limitações para o transporte de grandes cargas é uma importante e estratégica via para o comércio exterior, conforme tabela II.2, apresentando dados comparativos entre as diversas opções de transporte para exportações entre 1996 e 2007 (NASCIMENTO, 2007). O modal aéreo, apesar de mais rápido, também é o mais caro. Sendo assim, é comum a aplicação desse modal para produtos de alto valor agregado como medicamentos, obras de arte, flores e produtos perecíveis alimentícios, como o mamão (TOZZI, 2005).

Tabela II.2: Modais de transporte das exportações brasileiras, de 1996 a 2007.

Fonte: NASCIMENTO (2007)

Código da Via	Descrição da Via de Transporte	Kg Líquido	US\$
0	LINHA DE TRANSMISSAO	276.527.415,00	1.933.419.510,00
1	MARITIMA	3.169.743.641.665,00	671.072.639.376,00
2	FLUVIAL	97.836.984.482,00	8.641.327.270,00
3	LACUSTRE	9.573.203,00	2.654.112,00
4	AEREA	4.681.202.051,00	59.370.679.939,00
5	POSTAL	107.093.989,00	86.881.169,00
6	FERROVIARIA	4.216.433.760,00	2.257.129.897,00
7	RODOVIARIA	43.787.574.296,00	67.136.595.838,00
9	MEIOS PROPRIOS	17.709.879.760,00	35.902.775.346,00

Em relação ao frete aéreo, regulado pela IATA – *International Air Transport Association*, uma associação de empresas aéreas que definem valores referenciais máximos para as tarifas cobradas para o transporte de cargas de acordo com os destinos. A composição das taxas de frete considera o valor dos produtos e a quantidade mínima a ser transportada (TOZZI, 2005).

Tabela II.3: Tarifas de frete IATA de Guarulhos para Amsterdã. Fonte: TOZZI (2005)

Item	Peso	Taxa	Moeda	Identificação do Item
7	1000	1.74	USD	Frutas e vegetais
6	500	1.95	USD	Bebidas, molhos e alimentos
9702	500	2.27	USD	Artigos de enfermagem; artigos florais, bulbos, sementes, plantas e flores.
9703	500	2.46	USD	Tecidos, acessórios de vestuário, fibras e couro.
9710	300	2.53	USD	Papeis fotográficos, e foto-sensíveis.
9725	300	2.53	USD	Veículos, acessórios, máquinas, ferramentas, cutelaria, motores e peças.
9706	300	2.72	USD	Equipamentos elétricos, eletro-domésticos, fitas.
9712	300	2.72	USD	Brinquedos, jogos e artigos esportivos.
9705	300	2.77	USD	Equipamento p/ processamento de dados, equipamento p/ escritório, e acessórios.
9709	300	2.77	USD	Produtos químicos, drogas, cosméticos, farmacêuticos, e artigos de toilet.
9713	300	2.85	USD	Instrumentos musicais.
9722	500	2.91	USD	Minerais - excluindo ligas preciosas.
9727	300	2.91	USD	Equipamentos ópticos, acessórios; instrumentos científicos, equipamentos de laboratório.
9716	300	2.96	USD	Artigos pessoais - não para revenda.
9717	300	2.96	USD	Esculturas, cristais, bijuterias, e ornamentos não preciosos.
7127	100	4.09	USD	Livros, cartões postais.
9720	500	4.59	USD	Artigos para aquário, peixes vivos.

A tabela II.3 exemplifica valores de frete para diversos grupos de produtos, fixados origem em Guarulhos (Brasil) e destino Amsterdã (Holanda). Há considerável diferença de

tarifa do grupo de frutas, vegetais, bebidas e alimentos em relação aos demais. Os valores de tarifa são expressos em dólares norte-americanos. O grupo frutas, além de possuir uma taxa de frete mais baixa, participa com uma quantidade mínima maior (1000kg) do que os demais. Aparentemente, esse desequilíbrio entre taxa e quantidade em peso transportado do grupo de frutas e vegetais evidencia uma baixa rentabilidade para as empresas aéreas.

A padronização da carga aérea é feita a partir de paletes específicos ou ULD – *Unit Load Device*, que tem as seguintes configurações:

- P1P com dimensões externas: 3180mm x 2240mm x 1625mm (altura);
- PMC com dimensões externas: 3180mm x 2438mm x 1625mm (altura);
- P6P com dimensões externas: 3180mm x 2438mm x 2438mm (altura).

A utilização do transporte aéreo para produtos perecíveis, no Brasil, ainda demanda aprimoramentos principalmente em procedimentos e infraestrutura. Por exemplo, o comércio internacional de flores cortadas possui escalas de armazenagem climatizadas, transporte rodoviário e uma fase de transporte aéreo. Embora esse modal seja fundamental para preservar a qualidade de flores cortadas, o segmento ainda conta com muitos gargalos operacionais, incluindo a ausência de câmaras frias nos terminais aeroportuários para melhor acondicionamento das flores (ANEFALOS e CAIXETA FILHO, 2007).

A temperatura nos compartimentos de carga pressurizados pode ser controlada. As aeronaves têm capacidade de manter temperaturas entre 7°C e 25°C. A renovação do ar também pode ser feita com muita eficiência nesses locais, tornando o transporte aéreo mais recomendado do ponto de vista técnico (TOZZI, 2005).

Historicamente, o desafio de transportar alimentos frescos para mercados longínquos através do mar, intensificou os esforços para o desenvolvimento da engenharia mecânica e de avanços da refrigeração. Recentes descobertas no controle de temperatura, confiabilidade dos equipamentos, tecnologia de embalagens e controle de atmosfera promoveram uma escalada em volume de transportes de produtos sensíveis à temperatura através do modal marítimo (JAMES, JAMES e EVANS, 2006). O modal marítimo é a principal via de escoamento das exportações brasileiras (NASCIMENTO, 2007). A principal vantagem desse tipo de transporte está relacionada à aplicação de um dos principais conceitos da gestão logística: a consolidação e unitização de cargas. As grandes embarcações, com autonomia para viagens de longo curso, possuem capacidade de carga e possibilidade para embarques de produtos diversos. Um dos grandes desafios para o desenvolvimento desse meio de transporte é o contínuo aprimoramento dos acessos e da infraestrutura de portos como a utilização de técnicas de

multimodalidade e atualização tecnológica dos recursos de movimentação de cargas (NASCIMENTO, 2007).

### **II.3 Contêiner isotérmico e refrigerado**

A invenção e início de seu uso se deram na Inglaterra em 1830, após a construção dos primeiros trechos das ferrovias. Usado como um padrão de unitização e consolidação de cargas, através das normas ISO – *International Standardization Organization*, o contêiner é transportado em todos os modais (rodoviário, aquaviário, marítimo, aéreo e ferroviário). Para o transporte de produtos perecíveis em longas distâncias, utilizam-se contêineres isotérmicos e refrigerados (MENDONÇA, 2002). O contêiner isotérmico é utilizado para transportar cargas sensíveis a variações bruscas de temperatura e danos por condensação (umidade), como o alho, café, cebola, tabaco etc, possuindo aberturas para ventilação. O contêiner refrigerado é uma caixa, de 6 ou 12 metros de comprimento, isolada termicamente e dotada de equipamento de refrigeração.

A figura II.9 exemplifica um contêiner dotado de equipamento para o controle de atmosfera e de monitoramento. Para o controle da atmosfera e da integridade da carga, dispõe de sensores de CO<sub>2</sub> e de O<sub>2</sub>, de temperatura, de vibração, de abertura de portas e de umidade, conectados a uma unidade local microprocessada. Em termos de monitoramento, o contêiner conta com uma unidade de comunicação integrada, incluindo GPS – *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global), telefonia baseada em rádio, possibilidade de comunicação local telefonia celular e módulo de acesso por satélite via GPS. Toda essa funcionalidade fornece dados primários para um módulo local que possui algumas instruções residentes e também se comunica com um sistema central de monitoramento.

A maioria dos produtos perecíveis, transportados por via marítima, são acondicionados em contêineres refrigerados ou isotérmicos. No navio, esses contêineres são posicionados em local próprio, geralmente coberto, longe do convés, protegido da ação dos raios solares e de condições climáticas extremas (JAMES, JAMES, EVANS, 2006). A unidade de refrigeração do contêiner pode ser energizada em uma fonte de energia dentro de um terminal de cargas, no navio e a partir de um gerador adaptado a um semirreboque, na fase de transporte terrestre desse contêiner. O sistema de refrigeração para contêineres não pode reduzir a temperatura dos produtos, mas apenas mantê-las. Por isso, é fundamental que ambos, contêiner e carga estejam na mesma temperatura antes do carregamento (JAMES, JAMES, EVANS, 206).

Devido às longas durações envolvendo o transporte de contêineres, além do controle da temperatura, o desenvolvimento da tecnologia de atmosfera controlada permitiu preservar o frescor de produtos que tem características de respiração e que continuam amadurecendo após a colheita.

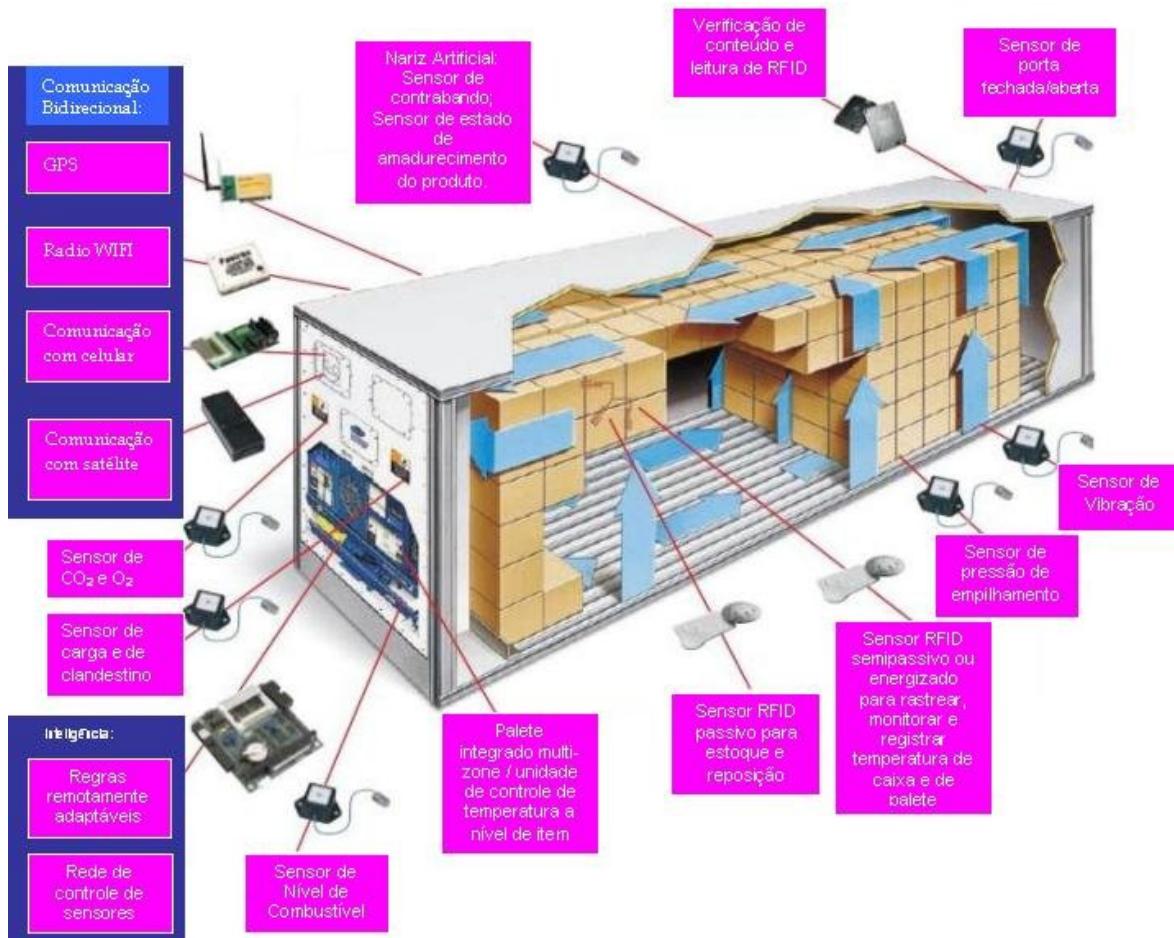


Figura II.9: Exemplo de aplicação de tecnologia de monitoramento em contêiner refrigerado.

Adaptado de DELOITTE (2006)

O sistema mantém uma atmosfera equilibrada em relação aos níveis de oxigênio, nitrogênio e gás carbônico, além de outros gases, minimizando os efeitos danosos da respiração. Além disso, essa tecnologia pode evitar o ataque de insetos, perda de água e de peso (SOWINSKI, 1999). A temperatura interna do contêiner depende do tipo do produto, considerando o tempo que estará confinado e compatibilidade com outros produtos em função da respiração – ver tabela II.4.

Tabela II.4: Produtos agrupados de acordo com faixas de temperaturas recomendadas.

Fonte: MENDONÇA (2002).

Grupo	Temperatura (°C)	Produtos
1	0-1.1	Maçãs, damascos, cerejas, nectarinas, pêssegos, peras, caquis, ameixas, ameixas passas, romãs, marmelo, uvas.
2	13.3-15.6	Mangas, mamões, tomates verdes (maduros).
3	2.2-5.0	Lichias, laranjas <sup>3</sup> .
4	10.0	Abacates, berinjelas, melões, tomates, abacaxis, (não com abacates), melancias.
5	4.4-12.8	Favos, berinjelas, limões verdes, laranjas, batatas, abóboras, sucos, melancias, castanhas.
6 <sup>1</sup>	1-1.1	Alcachofras, espargos, beterrabas, cenouras, escarolas, uvas <sup>2</sup> , alfaces, cogumelos, ervilhas, espinafres, milho doce, agrião.
7 <sup>1</sup>	0-1.1	Brócolis, couves de Bruxelas, couves, couves-flores, aipos, rabanetes, nabos, alhos-porós, cebola, nabos suecos.
8	12.8-15.6	Gengibre, batatas doces.

<sup>1</sup> compatível com grupo + 7 (ou 6) exceto uvas e champignon<sup>2</sup> Se as uvas forem tratadas com dióxido de sulfureto, não podem ficar com outros produtos<sup>3</sup> Se as laranjas forem tratadas com bifemel, não são copatíveis com outro produtos

## II.4 Embalagens

Embalagens protegem o produto contra vibrações, choques, umidade, ameaças químicas e biológicas e variações térmicas. Embalagens também têm funções logísticas e mercadológicas importantes relacionadas a unitização, identificação, padronização de produtos e cargas e estética. Avanços na área de embalagens dependem muito do desenvolvimento da tecnologia de materiais. A espuma de poliuretano tem sido usada pela indústria de refrigeração há 30 anos e as versões mais recentes são livres de CFC (Clorofluorcarbono) e recicláveis (WARD, 1996). Para suportar movimentações em longas cadeias do frio com bom isolamento térmico, resistência mecânica e baixos custos, os painéis isolados a vácuo são mais apropriados, com capacidade de isolamento dez vez maior do que os materiais a base de poliuretano e poliestireno expandido (JENNINGS, 2003).

O gelo seco é também uma opção econômica para manter temperatura em trânsito, para rotas urbanas curtas (CURFS, 2003). Pesquisas em embalagens concentram-se em modelos para determinar eficiência de caixas e outras embalagens durante a fase de transporte (EAST, SMALE e KANG, 2009). Na cadeia do frio farmacêutica, é comum a utilização de gel isolante para preencher espaços em embalagens individuais de produtos de alto valor agregado. Também no segmento farmacêutico, uma combinação de embalagens de última geração em termos de troca de calor, permitindo acomodar indicadores de violação de

temperatura e de risco biológico e acessibilidade para identificação a distância são uma tendência recente (FORCINIO e WRIGHT, 2005).

## **II.5 A refrigeração no ponto de venda**

A refrigeração está presente em mais de 50% dos gêneros alimentícios controlada pela cadeia do frio de países desenvolvidos. Nos países em desenvolvimento, apenas uma pequena parcela de alimentos perecíveis constitui uma cadeia do frio confiável. Na distribuição de produtos alimentícios congelados e resfriados, a cadeia do frio, responsável pela integridade e segurança dos produtos, através da otimização de armazéns frigoríficos, frota de veículos refrigerados e gestão de processos, preocupa-se também com as condições de exposição desses produtos nos pontos de venda (MOUREH e DERENS, 2000).

Os expositores de produtos congelados e resfriados, balcões frigoríficos e ilhas de resfriados e congelados, presentes nos supermercados e no varejo em geral são conhecidos por representar um dos elos mais fracos da cadeia do frio. Essa afirmação possui as seguintes possibilidades de investigação:

- Temperatura inadequada ou variação extrema e imprópria;
- Condições de higiene insatisfatórias;
- Lotação maior do que a capacidade do expositor.

A portaria CVS-06/99 que estabelece o regulamento técnico sobre parâmetros e critérios para o controle higiênico-sanitário em estabelecimentos de alimentos, classifica os perecíveis sensíveis a temperatura da seguinte maneira:

- Congelados: -18°C, com tolerância até -12°C;
- Resfriados: de 6°C a 10°C, de acordo com as especificações do fabricante;
- Refrigerados: até 6°C com tolerância até 7°C.

Normalmente, a estrutura utilizada para acondicionamento, movimentação, armazenagem e comercialização de produtos no varejo ou ponto de venda envolve câmaras de congelados, câmaras de resfriados, expositores verticais e horizontais para congelados e refrigerados e balcões climatizados para frutas e verduras. Outros expositores para itens resfriados vão sendo agregados para bebidas, por exemplo, principalmente em lojas de conveniência e supermercados. A norma editada pela ABNT, NBR ISO 23953, estipula os requisitos para a construção, as características e o desempenho de expositores frigoríficos utilizados na venda e exposição de produtos alimentícios. Estipula ainda as condições de

ensaio e os métodos para verificar o cumprimento dos requisitos, assim como a classificação dos expositores, a etiquetagem e a lista das características a serem informadas pelo fabricante.

Na ponta da cadeia do frio, diante dos olhos dos consumidores, muitos produtos perecíveis não apresentam indícios de estar impróprio, seja pela coloração ou pelo odor, embora tenham sofrido muitas flutuações de temperatura em várias etapas do processo. Os esforços de muitos cientistas ligados a pesquisa sobre crescimento microbiano estão ajudando a desenvolver formas de alertar o consumidor sobre os perigos potenciais na escolha dos alimentos perecíveis. As etiquetas denominadas TTI – *Time Temperature Integrators*, que será visto adiante, já estão em uso em muitos países e buscam consolidar presença mercadológica e regulamentação governamental. Muitos avanços relacionados às condições de acondicionamento, instalações e manutenção da temperatura no varejo devem ser creditados ao aumento da consciência do consumidor.

## **II.6 Tecnologias de monitoramento**

A cadeia do frio possui muitas etapas, assim como uma cadeia de suprimentos de itens convencionais. Com o desenvolvimento da especialização do trabalho e diversificação dos segmentos, uma cadeia antes verticalizada e concentrada na organização produtora passou a ser responsabilidade compartilhada com outras organizações de acordo com a especialidade e a segmentação, com ganhos econômicos, de produtividade e eficiência. Somado a esse fenômeno, é significativa a crescente conscientização dos direitos do consumidor e a preocupação governamental em reduzir as doenças transmitidas por alimentos (DTA), emitindo normas e regulamentações.

Mudanças nos hábitos dos consumidores e avanços na área de logística, reduzindo os estoques dos clientes e os tempos de atendimento do ciclo do pedido, resultaram em aumento do controle e monitoramento do fluxo de produtos, desde as unidades produtoras até o destino nos pontos de consumo. O monitoramento da cadeia do frio envolve o conhecimento das propriedades do produto, a aplicação de recursos e práticas relacionados ao suporte a decisão, onde o mapeamento dos pontos críticos e dos elos mais fracos ou gargalos possam reduzir sua influência no desempenho da gestão da cadeia do frio.

### **II.6.1 Aplicações de monitoramento na cadeia do frio**

Basicamente, o monitoramento na cadeia do frio é aplicado para dar visibilidade às informações mais críticas ligadas à preservação da integridade do produto. A temperatura é a variável mais importante para monitoramento, uma vez que a cadeia do frio pode ser vista idealmente como um sistema fechado com temperatura constante.

Variações da temperatura ao longo das etapas na cadeia do frio provocam a quebra do sistema fechado ideal, com consequências irreversíveis para os produtos. Desencadeia

aumento da população microbiana nos alimentos e reduz a potência das vacinas, por exemplo. A vacina da polio deve ser estocada a uma temperatura de -20°C, e o remédio cloranfenicol, um antibiótico de amplo espectro, deve ser mantido dentro de uma faixa de temperatura, de 2°C a 8°C (SOOKSRIWONG e BUSSAPAROEK, 2009). A complexidade da cadeia do frio baseada principalmente nas características do produto pode ser observada como na tabela II.5, referente a uma sequência de atividades, faixas de temperatura e tempo máximo de exposição.

Tabela II.5: Sequência de etapas de uma cadeia do frio ideal para frutas e vegetais frescos industrialmente processados. Adaptado de HEAP (2007).

Processo	Temperatura	Tempo
Colheita – remoção do calor	De 20°C ou 30°C para 10°C	De 2 a 4 horas
Transporte para a fábrica	10°C	1 hora
Produção na fábrica (ambiente)	10°C (máximo)	
Armazenagem na fábrica	4°C	Até 24 horas
Transporte para sala de embalagem	5°C	Até 2 horas
Armazenagem na sala de embalagem	10°C	16 horas
Transporte para o cliente	5°C (máximo)	2 horas
Armazenagem no cliente	10°C	8 horas
Exposição no balcão climatizado da loja	De 7°C a 12°C	Até 48 horas
Transporte para a casa do consumidor	Acima de 20°C	Até 2 horas
Na geladeira do consumidor	De 7°C a 10°C	Talvez por 48 horas

Neste exemplo, conforme tabela II.5, o produto é resfriado 5 vezes, transportado 4 vezes e mantido em ambiente de temperatura controlada por 6 vezes. Muitos recursos de refrigeração, tecnologia da informação, mão de obra e obediência às leis, procedimentos e regulamentos foram necessários para completar essa trajetória de forma eficaz. Práticas e tecnologias através da cadeia determinam o desempenho e, particularmente na cadeia do frio, as práticas e tecnologias empregadas concentram-se na manutenção da temperatura (SMOLA e BEAR, 1999).

O rastreamento do fluxo físico e processos operacionais da cadeia do frio devem estar sob monitoramento estruturado, desde a produção onde o produto ingressa a cadeia do frio até o ponto de consumo. Essa preocupação está associada à integridade do produto e por sua vez à reputação da marca (SMOLA e BEAR, 1999). Devido a importantes fatores que agregam valor na sequência de etapas da cadeia do frio, o monitoramento do fluxo físico torna-se uma atividade suporte obrigatória.

Regulamentações alimentares recentemente estabelecidas em diferentes países, tais como a diretiva EU 178/2002 (EUROPEAN PARLIAMENT, 2002) definem responsabilidades individuais de produtores, empresas processadoras e varejistas para garantir a segurança e

qualidade de produtos. A rastreabilidade para controle da segurança alimentar foi selecionada como uma área onde mais vigilância e transparência devem ser requeridas.

Dentre as muitas definições para rastreabilidade, destaca-se “a habilidade de seguir o movimento de um alimento através de estágios específicos da produção, processamento e distribuição” (CODEX ALIMENTARIUS, 1976). Outra definição importante vem da ISO – *International Standardization Organization*, que associa a rastreabilidade à origem de materiais e insumos, à história dos processos e distribuição, além da localização dos produtos após a entrega. A regulamentação 178/2002 da União descreve rastreabilidade como a habilidade de rastrear e seguir um alimento, insumo alimentar ou matéria-prima para a composição de produtos alimentícios através de todos os estágios da produção, processamento e distribuição (ABAD, et al, 2009).

## **II.6.2 Monitoramento através de rádio frequênciа**

Segundo BALLOU (2006), o circuito crítico de serviço ao cliente compreende a fase de atendimento físico final do pedido, do ponto de armazenagem até o ponto de exposição do produto ou consumo final, passado por pelo menos uma etapa de transporte. A tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*) permite a visibilidade do *status* do produto no plano operacional durante o fluxo físico (RIZZOTTO e WOLFRAM, 2002; FORCINIO e WRIGHT, 2005; WHITE, 2007). Trata-se de um microchip com funções de recebimento, armazenamento disponibilização de dados através de leitor baseado em identificação de ondas eletromagnéticas. Esses dispositivos são resistentes a temperatura, armazenam uma quantidade de dados muito superior ao código de barras, podem ser lidos à distâncias consideráveis e o custo total de implantação que envolve o conceito de rede está caindo ano após ano, tornando-se uma tecnologia razoavelmente acessível para o setor de produtos perecíveis (d'HONT e FRIEDEN, 2000; GOULD, 2000; DEJONG, 1998).

A representação de sistemas de rastreabilidade pode representar um alto investimento, apesar das inúmeras vantagens que podem ser obtidas com a sua utilização, principalmente como vantagem competitiva no que se refere a eficiência operacional e estratégia de marketing, (MONTANARI, 2008).

A tecnologia RFID baseia-se na aplicação de uma etiqueta ou *tag* que tem função de identificação automática com transmissão de dados através de ondas de rádio. Uma etiqueta RFID é um *transponder* que contém um microchip e antenas que permite responder a sinais de rádio a partir de uma base transmissora.

As *tags* passivas apenas recebem sinal da unidade transmissora e não possuem fonte de energia própria. Essas etiquetas são mais baratas, quase descartáveis e podem ser lidas de uma distância até 6 metros. Devido ao baixo custo, podem ser aplicadas na identificação de produtos de baixo valor agregado. Para sensibilizar o circuito, os *tags* passivos despendem, da

energia transferida pelo leitor da base graças a fortes sinais de rádio frequência. Para responder, o *transponder* emite sinais de baixa intensidade devido à limitada energia disponível. A comunicação será tanto melhor quanto mais próximo estiverem o *transponder* e o leitor.

O *tag* semipassivo RFID possui uma bateria que permite monitorar o ambiente e rastrear temperatura, por exemplo. O princípio de energizar o circuito através de sinais RF é idêntico ao modelo passivo embora tenha alcance de sinal maior, podendo ser alcançado por antenas mais distantes.

*Tags* ativos possuem bateria própria que fornece energia continuamente ao circuito de comunicação. Pode receber sinais de intensidade extremamente baixos e emitir resposta em nível de RF mais altos, o que permite comunicação a longas distâncias. São mais caros e geralmente utilizados em itens de alto valor agregado ou de risco elevado.

Na cadeia de produtos sensíveis à temperatura, o monitoramento baseado na tecnologia RFID recebe dados de tempo e temperatura automaticamente à medida que os produtos embarcados passam pelos leitores RFID (WHITE, 2007). Esses dados, tratados, integrados ao sistema de gestão da cadeia do frio tornam-se informações para a tomada de decisão gerencial.

Outros dados relevantes como a umidade, podem ser inseridos através de novos sensores acoplados a infraestrutura de monitoramento. A configuração de uma rede de dispositivos interconectados, submetida a um sistema gerenciador central, constitui uma arquitetura inteligente de monitoramento (Figura II.10).

A gestão da cadeia do frio está orientada para os processos que se dá dentro das unidades fabris e de armazenagem, do transporte direto e reverso em seus vários modais e nas instalações comerciais de seus clientes e do pós-venda. Mas também está fortemente dependente dos sistemas de informações e de coleta on-line de dados.

A obtenção de dados de cargas em tempo real, incluindo as informações qualitativas sobre os produtos, possibilita grande visibilidade para a rede de distribuição, contribuindo com a estabilidade dos processos de controle, com o aumento da expectativa de qualidade do produto e, em última análise, aumenta a vantagem competitiva da organização. Essa visão refinada da gestão integrada de processos logísticos e infraestrutura de monitoramento da cadeia do frio deve, entretanto, contar com pessoal capacitado e com um modelo operacional adequado.

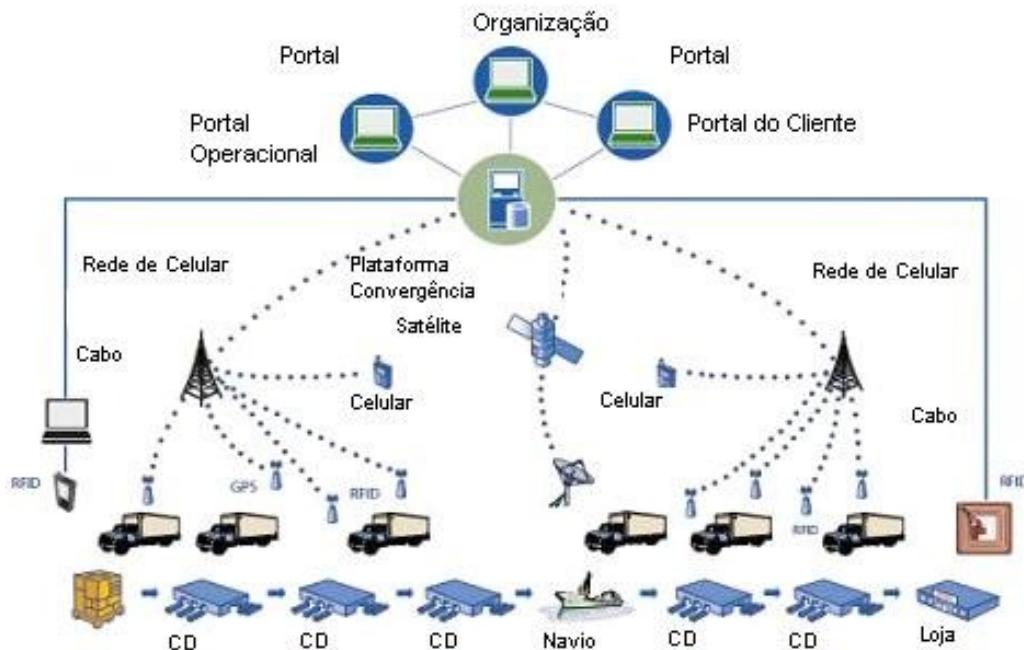


Figura II.10: Arquitetura de Monitoramento Global Inteligente.

Adaptado de DELOITTE (2006)

A tecnologia RFID é conhecida desde 1970, mas os preços proibitivos impediram o uso em longa escala. Originalmente, os tags RFID eram usados em itens grandes como carros, vagões, bagagem de transporte aéreo e no rastreamento do gado.

O funcionamento do RFID é baseado no princípio do campo de indução. Os primeiros tags RFID tinham capacidade de armazenar 96 bits em um chip de silicone de 3mm. Atualmente os chips podem armazenar até 2 kbytes de dados. A seguir, um resumo do funcionamento básico de RFID:

- Dados armazenados dentro de um microchip RFID esperam para ser lido;
- A antena do tag recebe energia eletromagnética de uma antena do leitor RFID;
- Usando energia de sua bateria ou energia coletada do campo eletromagnético do leitor, o tag envia ondas de radio para o leitor;
- O leitor coleta as ondas de radio do tag e interpreta as frequências como dados significativos.

Aplicações mais comuns para o RFID avançaram para níveis de controle mais integrado conforme ilustrado pela figura II.11:

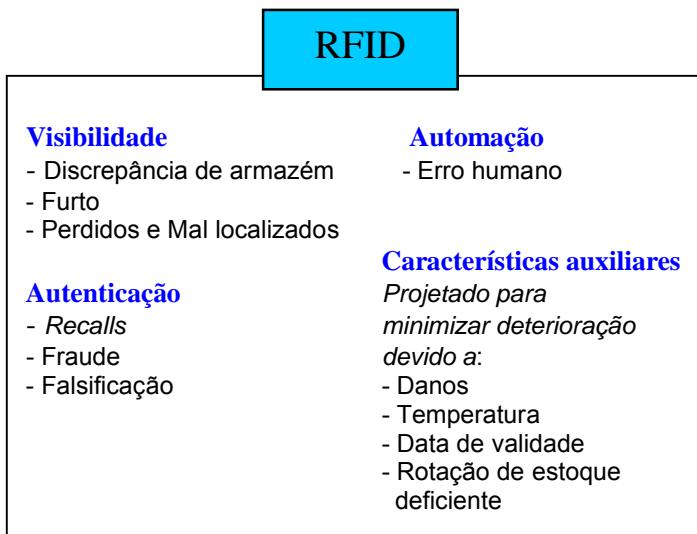


Figura II.11: Aplicações do RFID para prevenção de perdas ao longo da cadeia de suprimentos do varejo. Adaptado de HUBER e MICHAEL, 2007.

O coração do sistema de rastreamento RFID é um *tag* inteligente e um módulo de leitura e escrita. O *tag* anexado ao produto que será rastreado pode agregar sensor de luz, umidade e temperatura, um microcontrolador, um chip de memória, componentes eletrônicos de baixa potência, uma antena para comunicação com capacidade para leitura e escrita e uma bateria.

Outro fator que influencia o custo de *tags* RFID é a capacidade de armazenar dados. Há três tipos de *tags*: leitura e escrita, somente leitura e WORM - *write once, read many* – escrever uma vez, ler muitas.

As maioria dos *tags* RFID passivos custam entre 7 a 20 centavos de dólar cada, o que já permite empregá-lo em muitos produtos da cadeia do frio. A indústria farmacêutica já faz uso intenso das etiquetas RFID, principalmente no fluxo físico de circuito fechado, que envolve a cadeia produtiva.

### II.6.3 TTI – *Time-temperature integrators*

TTI ou *Time-temperature Integrators* são *tags* minúsculos colocados sobre a embalagem dos alimentos para medir a história da temperatura e indicar uma mudança definitiva referente ao final de vida de prateleira, através da “integração” dos efeitos de tempo e temperatura sobre o alimento. Na prática, a maioria dos TTI indica validade através de mudança de coloração em etiquetas especiais (LABUZA, BELINA e DIEZ, 2003).

Esses indicadores de final de vida de prateleira são poderosos parâmetros para proteger o consumidor contra violação da cadeia do frio com danos biológicos permanentes ao produto. São etiquetas que acompanham o produto desde a fabricação, fixados em embalagens industriais, resultando em eficiente sistema de controle porque nem todos os

produtos em um lote recebem manuseio uniforme e estão sujeitos aos mesmos efeitos do binômio tempo-temperatura na distribuição (LABUZA, BELINA e DIEZ, 2003).

E termos de gestão, os indicadores TTI podem melhorar a eficiência de controles na distribuição, com refinamentos das práticas de rotação de estoques de alimentos perecíveis no varejo e, principalmente como uma ferramenta segura para definir a escolha do produto pelo consumidor.

As principais contribuições na literatura sobre TTI são desenvolvidas por microbiologistas e pesquisadores da ciência e tecnologia de alimentos, estudando as características de TTI e sua aplicabilidade para monitorar e rastrear validade e frescor de produtos em diferentes setores (SAHIN et al, 2007). Atualmente, a prática dominante para checar o frescor e integridade de produtos é através da data de validade declarada pelo fabricante, visto que a tecnologia TTI ainda não atingiu a popularidade e o custo adequado para adesão em grande escala.

O princípio da tecnologia TTI está baseado em reações mecânicas, químicas, eletroquímicas ou enzimática que sensibilizam de forma permanente e irreversível o mecanismo de indicação da etiqueta TTI, normalmente apresentando essas mudanças em forma de graduação de cores, ver figura II.13 (SAHIN et al, 2007; MENDOZA et al, ).

A tecnologia TTI parece ter boa aplicabilidade em produtos farmacêuticos e alimentícios. Em termos de conformidade as normas e regulamentações, uma vez que a tendência da legislação mundial concentra a responsabilidade sobre produtos, processadores e fabricantes, haverá um alinhamento de interesses com a tecnologia TTI, visto que a mesma apresenta conceitos de transparência diretamente associada à escolha do consumidor.



Figura II.12: Exemplos de etiquetas TTI. Fonte MENDOZA et al, (2004)

No capítulo III, a seguir, o autor fornece as principais características de sistemas, recursos e tendências tecnológicas associadas a infraestrutura de execução, controle e monitoramento na cadeia do frio.

## Capítulo III – A gestão da cadeia do frio

### III.1 Análise de informações e tratamento de dados

Em termos de gestão de processos, fatores como a falta de cuidado, conhecimento insuficiente e atividades mal organizadas contribuem em muito para deterioração ou perda de produtos, resultando no final em considerável perda financeira. Apesar de a temperatura representar o indicador mais importante para medição de desempenho próprio e de provedores logísticos, erros acontecem no processo operacional (ZHANG, 2007).

Um dos erros conceituais refere-se à maneira de medir, tratar e analisar dados coletados sobre o comportamento térmico na cadeia do frio. Na figura III.1, dois fornecedores são avaliados em termos de temperatura média. Para este parâmetro, aparentemente há melhor desempenho do fornecedor B, visto que está mais próximo do valor médio entre os extremos tolerados de temperatura. Entretanto, ao utilizar outra visão da mesma informação, com o parâmetro desvio padrão surge uma revelação: a distribuição de temperaturas referente ao fornecedor A indica grande concentração próxima à média, enquanto no fornecedor B há muita dispersão representada por um desvio padrão maior. Em última análise, essa visualização permite identificar falhas no modelo de controle de tempo e temperatura a cargo do provedor logístico.

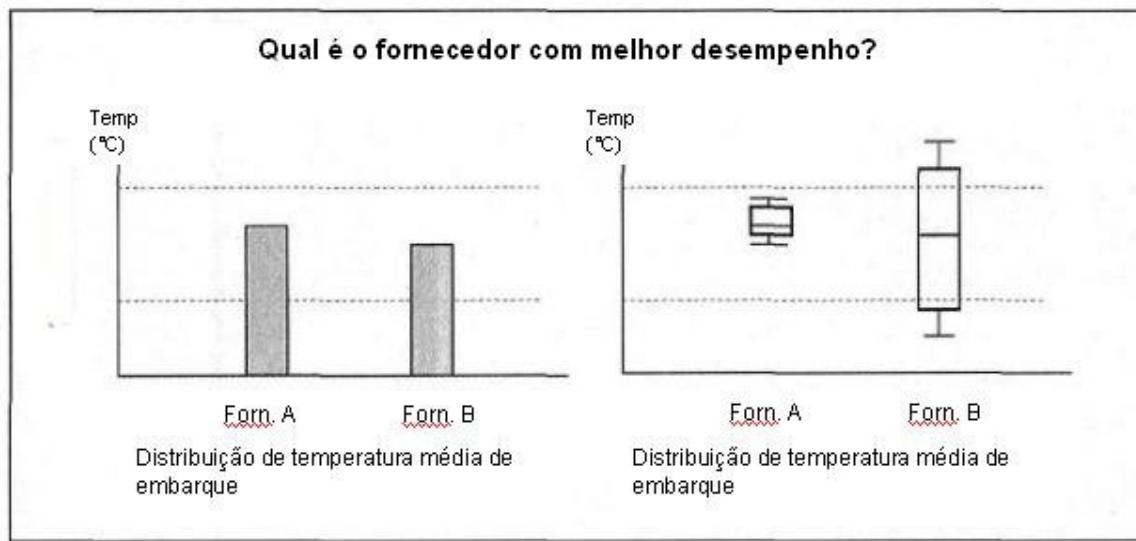


Figura III.1: Análise de desempenho baseado na media de um perfil de temperaturas coletadas.

Adaptado de SCHMIDTBURG (2006).

Tratamento corretivo através de relatório por exceção pode se tornar uma armadilha pelo mesmo motivo anteriormente citado quando a análise não considerar um histórico de comportamento.

Ao analisar apenas os pontos fora da curva, pode-se incorrer em erro grave, conforme representado na figura III.2.

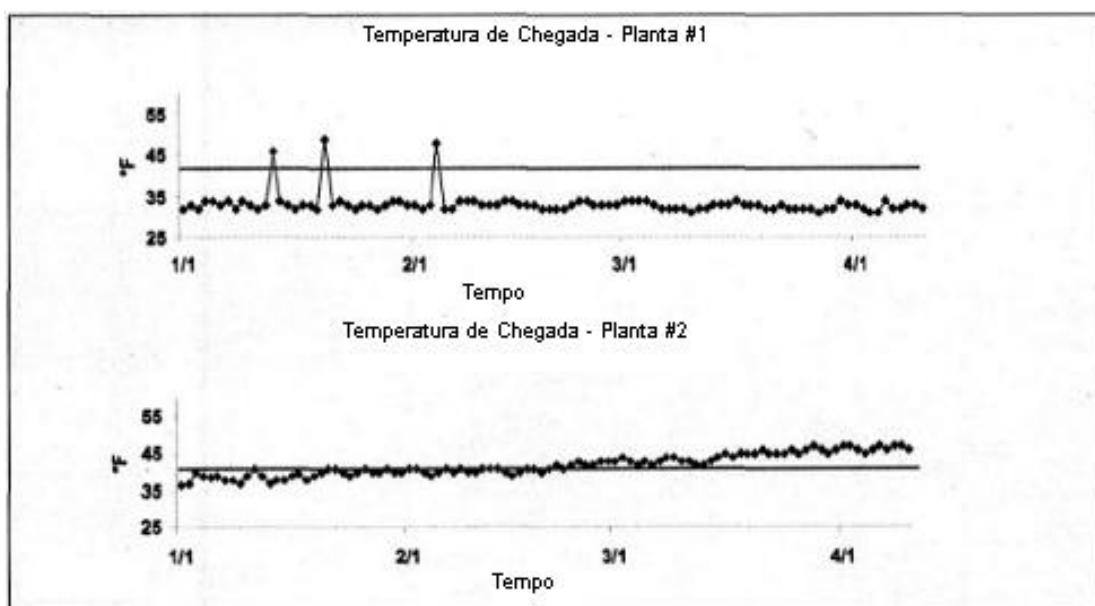


Figura III.2: Analise pontual (exceção) versus análise do histórico. Adaptado de SCHMIDTBERG (2006).

Embora a planta #1 tenha registrado 3 eventos de quebra da cadeia do frio, o comportamento histórico é estável, significando que os eventos são derivados de causas pontuais, de rápida correção. O perfil de comportamento térmico representado no gráfico da planta #2 revela uma tendência mais perigosa, assintomática, de previsão de quebra de cadeia do frio causada por fatores mais importantes.

A faixa de temperatura aceitável para o recebimento de produtos acaba sendo cruel em termos de rejeição e constitui um dos fatores que mais contribui para perdas na cadeia do frio. Em grande parte, essas perdas podem ser revertidas se a carga embarcada for corretamente monitorada, dentro da faixa de temperatura, conforme representado na figura III.3.

Análise do histórico térmico aliado às boas práticas de distribuição pode evitar perdas com devoluções. O resfriamento prévio de baús e contêineres, por exemplo, e o treinamento especializado para entregadores e operadores de carga são práticas preciosas para a manutenção da estabilidade na cadeia do frio.

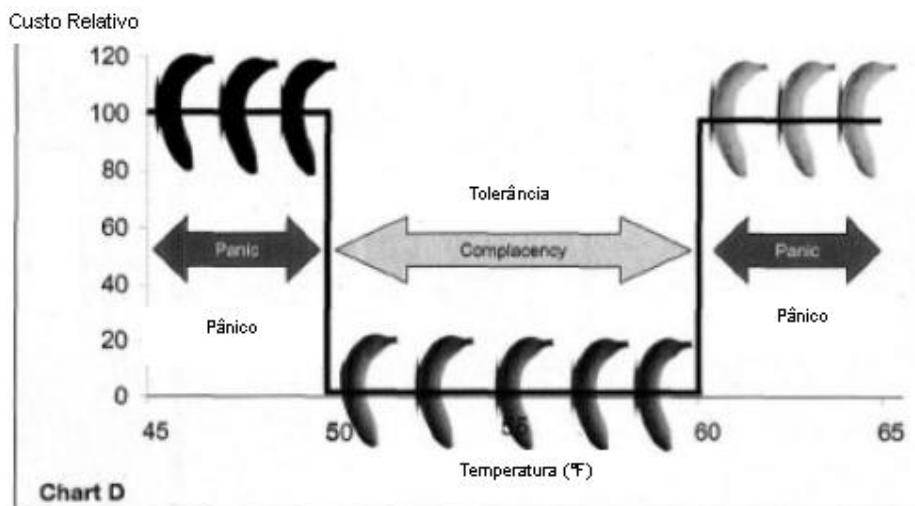
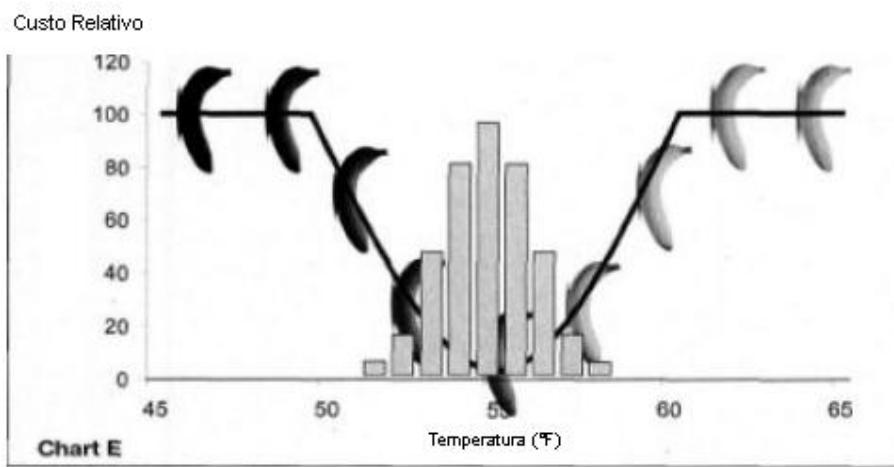
**Abordagem Alternativa**

Figura III.3: Visões sobre o tratamento operacional para faixa de temperatura aceitável.

Adaptado de SCHMIDTBURG (2006).

### III.2 Temperatura Média Cinética

Temperatura média cinética é uma maneira simplificada de expressar os efeitos gerais de flutuações térmicas durante a estocagem ou transporte de produtos perecíveis. Considere o exemplo a seguir:

Para uma dúzia de ovos, analise as seguintes condições:

- Em uma câmara a 20°C por duas horas;
- Em uma geladeira a 2°C por 4 horas;
- Em uma doca de carregamento a 25°C por 1 hora.

Usando o cálculo de média cinética, calcula-se o perfil de temperatura dos ovos termicamente equivalente a mantê-los a 15,7°C por 7 horas. A temperatura média cinética não é uma simples média aritmética. O cálculo da média cinética considera peso maior para as temperaturas mais altas ao computar a média, comparado a uma simples média aritmética.

Esta ponderação é determinada por uma transformação geométrica graças ao logaritmo natural de temperaturas absolutas, conforme figura III.4.

MKT é expresso como:

$$\frac{\Delta H/R}{-\ln \left( \frac{e^{-\Delta H/RT_1} + e^{-\Delta H/RT_2} + \dots + e^{-\Delta H/RT_n}}{n} \right)}$$

Onde:

$\Delta H$  = energia de ativação (tipicamente entre 60 e 100 kJ/mol para líquidos e sólidos;

$R = 8,314472 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$  (constante universal dos gases);

$T$  = temperatura em graus Kelvin;

$n$  = o número de períodos amostrais no qual os dados são coletados.

Obs:  $\ln$  é o logaritmo natural e "e" é a base natural do logaritmo neperiano

Figura III.4: Representação matemática da temperatura média cinética.

Adaptado de Monarch Instruments (2010)

A história e introdução da média cinética para representar variações térmicas na cadeia do frio são creditadas ao segmento farmacêutico e mais especificamente aos marcos regulatórios submetidos pela USP (*United States Pharmacopeia*), desde 1995 (O' DONNELL, 2008). É definido pela USP como a “temperatura calculada na qual a quantidade total de degradação referente a um período é igual a soma das degradações individuais que ocorreriam a várias temperaturas” (O' DONNELL, 2008).

### III.3 A gestão do binômio tempo-temperatura

Tempo e temperatura na cadeia do frio são dois fundamentais agentes relacionados à deterioração do produto. Embora a umidade e até a luminosidade sejam fatores que afetam a qualidade de produtos perecíveis, a temperatura é o parâmetro central para a manutenção da integridade e qualidade na cadeia do frio (SHISTER, 2004; LIGHT, 2003). Três comportamentos são impactantes ao se considerar o controle e monitoramento da temperatura: a variação, a máxima e a mínima temperatura (BOGATAJ, BOGATAJ e VODOPIVEC 2005; MIMI e LABUZA, 1992; REED, 2005; SMYRLIS, 2007).

O tempo é variável relacionada ao ciclo do pedido e a vida útil do produto na cadeia do frio. As organizações produtoras encaram desafios mercadológicos com lotes menores e mais diversificados, limitando a margem de erro (envolvendo perdas por prazos e de vida de prateleira dos produtos) a níveis mínimos (SAHIN, et al, 2007). Com a necessidade de atender prazos menores, a velocidade operacional é um diferencial logístico, uma vez que o desempenho total deve contemplar a qualidade, a segurança e o custo, além da eficiência e eficácia do atendimento.

Um dos casos mais importantes relacionados ao controle do binômio tempo-temperatura é relatado através da experiência da ASDA, uma rede varejista do Reino Unido que estabeleceu a regra dos 20 minutos, segundo a qual os produtos não podem ficar fora da cadeia do frio por mais do que 20 minutos nas transações operacionais tais como embarque, desembarque, transbordo de veículos ou o transporte de um centro de distribuição para uma loja do grupo. Caso contrário, o produto é classificado como obsoleto e não é colocado a venda (ZHANG, 2007).

Eficiência operacional passa por considerar obrigatoriamente os parâmetros tempo e temperatura em cada aspecto da cadeia do frio. Esta gestão otimizada requer visibilidade, o que envolve, ainda, participação colaborativa dentro da cadeia do frio (ver seção I.5).

#### **III.4 Recursos humanos na cadeia do frio**

Muitos investimentos tem sido captados para o desenvolvimento de equipamentos e tecnologia relacionados a infraestrutura da cadeia do frio nas últimas décadas. A preocupação com o consumo de energia, emissão de gases nocivos à atmosfera, segurança alimentar e qualidade dos produtos e automação do setor varejista, conduziu o segmento a uma corrida tecnológica sem precedentes. Entretanto, há de se considerar o papel das pessoas, dos profissionais, da força da equipe, ou seja, dos recursos humanos, concentrando o foco nos seguintes aspectos:

- Treinamento e capacitação de mão de obra direcionada para operar equipamentos e sistemas;
- Liderança e comando;
- Desenvolvimento de relacionamentos em trabalho colaborativo;
- Boas Práticas de Fabricação e Distribuição: desenvolvimento de pessoas para implementação de sistemas de controle de qualidade e especialista (APPCC), serviço de apoio ao cliente e pós-venda (relacionada às condições higiênico-sanitárias), metodologia e procedimentos para atividades críticas para a cadeia do frio como recebimento, movimentação, estocagem e embalagem.

A filosofia de trabalho que permeia a cadeia do frio e define a forma como as pessoas realizam tarefas e tomam decisões está relacionado com a disciplina, o conhecimento das características do produto e com o domínio de técnicas eficazes para manter a qualidade e integridade no curso do fluxo físico logístico.

Motoristas e entregadores, por exemplo, devem receber treinamento para executar as atividades de manuseio, identificação, movimentação, conferência, operação de unidade de

refrigeração, monitoramento de temperatura, cuidados com itens devolvidos e cuidados com embalagem, entre outras.

Outra competência importante em recursos humanos deve-se a liderança. Todos os indicadores para uma boa liderança, válidos em uma cadeia de suprimentos de itens não perecíveis, também valem para a cadeia do frio, uma vez que é constatado um índice de absenteísmo alto em ambientes frigoríficos, muito relacionados com horários incompatíveis ou desgastantes, dificuldade de acesso e fatores ligados à política de benefícios e de comunicação interna da empresa.

O comando, apoiado por procedimentos estruturados, desempenhado por um líder preparado é fundamental em uma área onde as relações com os clientes são extremamente frágeis. A liderança é crucial para dar sustentação na fase de implantação de mudanças, de implementação de sistemas e inovações.

Por sua vez, o trabalho colaborativo envolve intensa troca de informações em ambiente compartilhado. A utilização de capital intelectual em empreitadas de longa duração (como um contrato de fornecimento de materiais ou produtos acabados), com objetivos, tarefas e responsabilidades definidas, contempla um planejamento de recursos humanos para o mapeamento e identificação de colaboradores preparados para “viver” esta experiência, absorvendo o máximo de conhecimento.

Na cadeia do frio, é comum a existência da figura do 3PL (provedor terceirizado de serviços logísticos) e até o 4PL – uma figura em posição central de comando de operações logísticas terceirizadas, incluindo ações táticas cujas atribuições foram previamente alinhadas com a organização contratante. O trabalho colaborativo é uma realidade nessas relações, onde um analista de controle da qualidade, atuando em um Centro de Distribuição multimarcas, compartilha suas informações referentes ao perfil térmico de determinado produto ou ambiente com o gestor de manutenção das instalações do centro de distribuição, que por sua vez, utiliza o perfil coletado pelo analista para enriquecer a sua base de dados, analisando necessidade de atuar corretivamente.

Análogo a cadeia de suprimentos não perecível, uma das maiores contribuições da área de recursos humanos é relacionada ao planejamento e implementação de projetos e sistemas cujos impactos afetam diretamente o produto ou serviço fim da empresa. A perspectiva de programas como o APPCC – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle considera processos estáveis, segurança no nível de rigor para parâmetros como a temperatura, por exemplo, confiabilidade sobre avaliação técnica e sobre os instrumentos usados para inspeção, habilidade em negociar com gestores de diversas áreas e demonstrar disciplina para registrar e documentar eventos.

O sucesso de projetos como a implementação de um sistema APPCC, que afeta a organização produtora (detentora da marca) e se estende para muitos parceiros da cadeia do

frio, está intimamente ligado a “quem” será responsável, mais do que “qual” equipamento será usado.

Em toda a extensão da cadeia do frio, seja para garantir a higiene ou reduzir o risco de contaminação em uma fábrica, seja para renovar a validade de produtos em prateleiras de um supermercado, o papel do profissional, do fator humano, da necessidade de relacionamentos positivos e duráveis, faz de recursos humanos, uma prioridade em termos de importância para investimentos e para a sustentabilidade de processos.

### **III.5 Colaboração na cadeia do frio**

A colaboração é um dos mais importantes fatores relacionados à visibilidade na cadeia de suprimentos. Uma grande variedade de pesquisas a respeito do impacto do aumento da visibilidade sobre a demanda tem apresentado resultados positivos sobre o desempenho da cadeia de suprimentos (THON, NAGY e WASSAN, 2007). A falta de informação qualificada tem sido identificada por vários estudos como a principal causa de ineficiências e atrasos na programação de produção e distribuição (THON, NAGY e WASSAN, 2007). Outras investigações, mais detalhadas, chegam a conclusão que o efeito do aumento de visibilidade sobre a demanda através de informações compartilhadas entre todas as escalas de uma cadeia de suprimentos pode diminuir essas ineficiências (LAMBERT e COOPER, 2000).

Na cadeia do frio, diferentes atores participantes e responsáveis por diferentes etapas da cadeia, compartilham a preocupação em manter a temperatura em níveis toleráveis, utilizando tecnologia de monitoramento, plataforma de sistemas integrados para garantir as propriedades qualitativas da cadeia, da origem ao ponto de consumo (BOGATAJ, BOGATAJ e VODOPIVEC , 2005; VERBIC, 2006).

Em termos de sistema de ressuprimento, muitas organizações apostaram em ferramentas do trabalho colaborativo, baseado em informações enriquecidas pelos membros especialistas da cadeia, principalmente fornecendo informações para a previsão de demanda (SIMCHI-LEVI, KAMINSKY e SIMCHI-LEVI, 2003). Há muitos estudos disponíveis que revelam benefícios progressivos do trabalho colaborativo em ambientes do mundo real, levando muitas organizações a empreender esforços significativos para implementação de tal filosofia.

Apesar das vantagens óbvias, muitas questões são consideradas recorrentes, segundo THRON, NAGY E WASSAN (2007):

- Dificuldade de implementação;
- Demasiada dependência da tecnologia para a implementação;
- Medo do abandono de controles estabelecidos;
- Falta de confiança entre parceiros comerciais;
- Falta de clareza na definição sobre “para quem”, “com o que” e “em que” colaborar.

Alguns fatores envolvendo a cadeia de suprimentos de bens perecíveis no campo colaborativo diferenciam e destacam essa característica do produto, de outros bens não perecíveis, segundo THRON, NAGY E WASSAN (2007):

- Nível de inventário de segurança mantido, caso seja aumentado, implica em idade média do produto alterada para cima, conduzindo diretamente a mais quantidades de produtos expirados (validade vencida);
- Método de rotação de estoque como FIFO/PEPS (*First In First Out / Primeiro a Entrar, Primeiro a Sair*), FPFO/PPPS(*First Produced First Out / Primeiro Produzido, Primeiro a Sair*), FDFO/PRPS (*First Delivery First Out / Primeiro Recebido, Primeiro a Sair*), SIRO/ESSA (*Sequential In Random Out / Entrada Seqüencial, Saída Aleatória*) ou LIFO/UEPS (*Last In First Out, Último a Entrar, Primeiro a Sair*) tem forte influência na quantidade de perdas por obsolescência;
- Estratégia associada à validade de produtos personalizados, definindo o tempo e lugares mais prováveis de ocorrência da quebra da cadeia do frio;
- A frequência dos lotes de ressuprimento associada aos locais de controle de validade como os estoques do fabricante, centros de distribuição ou o próprio varejista determina a existência do fluxo de informação para o monitoramento de validade de produtos que abastece a tomada de decisão na distribuição e no processo de previsão de produção.

Há pelo menos dois aspectos importantes associados à rede colaborativa necessária na cadeia do frio. A primeira referente à complexidade crescente envolvendo mais etapas no comércio da cadeia global do frio. Adicionalmente, uma vez que mais produtos perecíveis ingressam na faixa de controle e monitoramento da cadeia do frio, com crescente rigor da regulamentação e da consciência do consumidor, o desenvolvimento deste segmento para o atendimento adequado envolve um nível maior de colaboração (ZHANG, 2007).

A falta de comunicação ou de transparência no relacionamento pode causar perdas relevantes na cadeia do frio. O transporte de plasma sanguíneo envolve o controle de temperatura e altitude. Por isso, não é viável através do modal aéreo, embora seja mais eficiente do ponto de vista puramente logístico (ZHANG, 2007).

Colaboração na cadeia do frio é um tema que compreende as seguintes premissas, segundo REED (2005):

- 1) Compartilhamento de informação sobre o produto – inclui características, especificações de manuseio e melhores condições para monitoramento e rastreamento (temperatura, umidade, luminosidade etc);

- 2) Seleção e treinamento de provedores através da cadeia do frio – refere-se a parceria estratégica e a seleção de provedores de serviços logísticos e outras empresas terceirizadas;
- 3) Monitoramento de tempo-temperatura e efetivação da rede de informação para compartilhamento de dados em tempo real – esta premissa tática resulta em visibilidade operacional que é crucial para o desempenho da gestão da cadeia do frio.

Por envolver mais investimentos do que uma cadeia de suprimentos convencional (não perecível), a cadeia do frio constitui uma rede de organizações especialistas em torno da produção e escoamento de um produto. Há, em função deste alto investimento, crescente oferta no mercado de provedores logísticos especializados em transporte e armazenagem frigorificados ou refrigerados, seja na fase pós-produção, seja na fase importação e exportação e, de forma mais concentrada, para os processos de distribuição em mercados locais e regionais.

Entretanto, na medida em que o segmento envolve maior verticalização e serviços terceirizados, essa movimentação requer mais relacionamentos colaborativos, maior comunicação entre os parceiros e mais desenvolvimento tecnológico, de acordo com as premissas citadas anteriormente.

### **III.6 Boas práticas na cadeia do frio**

As boas práticas no ambiente de temperatura controlada são exigidas por autoridades governamentais e incorporadas nas legislações, principalmente para produtos farmacêuticos e alimentícios. Baseado em experiências testadas e bem sucedidas dentro de um mesmo segmento ou a partir de adaptação de práticas consagradas em segmentos análogos, as boas práticas foram se consolidando e ganhando contornos de procedimentos sustentados por conceitos de Sistemas de Qualidade.

Atualmente, a indústria farmacêutica, por exemplo, promove Boas Práticas de Fabricação, Boas Práticas de Distribuição e Boas Práticas de Estocagem e Embarque, como recomendações emanadas de órgãos como a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2005) e USP – *United States Pharmacopeia* (BISHARA, 2006).

A tabela III.1 representa o conjunto de deficiências referente às Boas Práticas de Distribuição no Reino Unido em 2003/2004. Observa-se que há grande participação de deficiências envolvendo o controle e monitoramento de temperaturas na estocagem e na fase de transporte, a variabilidade de processos aumenta e a visibilidade operacional é reduzida.

Tabela III.1 Deficiências associadas às Boas Práticas de Distribuição no Reino Unido em 2003/2004, adaptado de BISHARA (2006)

Descrição	%
Estocagem geral – controle e monitoramento de temperatura	22.8
Procedimento escrito ausente ou inadequado	18.3
Premissas, equipamentos, calibração	15.1
Estocagem fria – controle e monitoramento de temperatura	8.9
Sistemas de qualidade e ocupação de líderes	8.9
Limpeza e conservação predial e controle de pragas	7.0
Retornos	4.4
Transporte na cadeia do frio	3.8
Rotação de estoque e controle	2.5
Inspeção interna	1.3

As Boas Práticas de Fabricação (BPF) são um conjunto de normas obrigatórias que estabelecem e padronizam procedimentos e conceitos de boa qualidade para produtos, processos e serviços, visando atender aos padrões mínimos estabelecidos por órgãos reguladores governamentais nacionais e internacionais (OHATA e MAENZAI, 2010).

No Brasil, as BPF passaram a ter efeito legal com a Portaria SVS/MS Nº 16, de 06 de março de 1995 e posteriormente atualizadas com a publicação da Resolução RDC 134, editada pela ANVISA em 2001. Segundo a RDC 134, as normas BPF devem ser obedecidas e sua inobservância pode resultar em penalidade para o infrator. Esta Resolução estabelece que a fabricação de medicamentos deve estar sujeita a um gerenciamento baseado nos conceitos de Garantia da Qualidade (OHATA e MAENZA, 2010).

Para alimentos, as Boas Práticas de Fabricação abrangem um conjunto de medidas que devem ser adotadas pelas indústrias a fim de garantir a qualidade sanitária e a conformidade dos produtos alimentícios com os regulamentos técnicos. As legislações abaixo regulamentam as medidas de caráter geral para as indústrias de alimentos (ANVISA, 2004):

- Resolução – RDC nº. 275, de 21 de outubro de 2002: é ato normativo complementar à Portaria SVS/MS nº. 326/97. Atualiza a legislação geral e introduz o controle contínuo das BPF e os Procedimentos Operacionais Padronizados (POP);
- Portaria SVS/MS nº. 326/97, de 30 de julho de 1997: Baseada no *Códex Alimentarius*, de 1985, esta Portaria estabelece os requisitos gerais sobre as condições higiênico-sanitárias e implementação das Boas Práticas de Fabricação para empresas produtoras de alimentos;

- Portaria MS nº. 1.428, de 26 de novembro de 1993: É pioneira na introdução desse tema. Define diretrizes para a implementação de Boas Práticas de Produção e Prestação de Serviços.

Analogamente, o setor de alimentos, cada vez mais regulamentado, tem aderido às BPF, principalmente as indústrias de transformação e processamento de carnes, com maior verticalização e cadeia produtiva mais extensa. As Boas Práticas de Fabricação tem compartilhado êxitos em conjunto com o sistema APPCC. Em muitos casos, Boas Práticas de Fabricação e APPCC estão combinadas e sujeitas a um Sistema de Gestão da Qualidade, baseado na ISO série 9000 E 22000 (DUIVEN e BINARD, 2002). Independente do formato adotado, as BPF são procedimentos universais, padronizados, de baixo investimento, embora com alta dependência da participação de funcionários, mas apresenta rápido e surpreendente resultado, incluindo vantagens com a harmonização dos procedimentos da cadeia do frio.

### **III.7 APPCC – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle**

O sistema APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) foi desenvolvido pela empresa Pillsbury Company em resposta à demanda por “alimentos espaciais” requeridos pela NASA, em 1959, na ocasião da corrida espacial. A NASA buscava resolver duas questões:

- 1) Partículas de alimentos que poderiam ficar em suspensão (devido gravidade zero) e interferir nos painéis eletrônicos e demais componentes da nave;
- 2) Inocuidade dos alimentos consumidos pelos astronautas, evitando assim qualquer possibilidade de contaminação por microrganismos patógenos.

A questão 1 foi resolvida com a adoção de embalagens especiais. Entretanto, para atingir a meta da questão 2 foi necessário quebrar um paradigma. A evidência estatística através do dimensionamento de amostra não se mostrou eficaz porque admitia, mesmo com baixíssimas probabilidades, a existência de alimentos contaminados. Essa condição deveria ser eliminada. O programa APPCC baseou-se na prevenção, através de um mapeamento estruturado dos pontos de perigos potenciais.

Para cada perigo associado a determinada área, setor, atividade ou processo deve ser relacionado aos fatores de risco físico, químico e biológico. Em uma organização produtora de alimentos, o programa APPCC é um sistema ativo desenvolvido para monitorar a matéria-prima, insumos de produção, pessoas e demais atores envolvidos na cadeia produtiva e de distribuição.

Na prática, o APPCC consiste em etapas sequenciais para identificar, avaliar e controlar perigos de contaminação de alimentos, da produção até o consumidor. Os objetivos do programa APPCC são prevenir, reduzir ou minimizar os perigos associados ao consumo de alimentos, definindo os programas de controle. O sistema APPCC deve envolver toda a organização, tendo como base a identificação dos perigos potenciais para a inocuidade do alimento para então definir as medidas preventivas para neutralizar as causas dos tais perigos.

O sistema APPCC demonstra ser um avanço sobre os programas de qualidade tradicionais que se baseiam no conceito de aferição final pós-produção, estações de inspeções com o único propósito de encontrar erros, pois tais processos admitiam parcela de erros implícitos, como algo inerente e comum.

Na filosofia do APPCC, a premissa dominante é a possibilidade de identificar o perigo potencial e eliminar sua ação através de medidas preventivas, antes, durante e depois do processo produtivo ou de transformação do produto. O sistema APPCC é o modelo de inocuidade alimentar mais respeitado e recomendado por órgãos representativos da comunidade internacional (FERMAM, 2010)

Em termos de funcionalidade, o sistema APPCC compreende sete princípios (BOGH-SORENSEN, 2006):

- 1) Análise de perigo – identificação de perigos e avaliação da severidade desses perigos;
- 2) Determinar os pontos críticos de controle (PCC) no processo;
- 3) Estabelecer limites críticos para cada PCC;
- 4) Estabelecer procedimento para monitorar cada PCC;
- 5) Estabelecer ações corretivas;
- 6) Verificação da operacionalidade do APPCC;
- 7) Documentação de procedimentos e registros.

O APPCC é um sistema prático, direcionado para a indústria de alimentos, em nível de fábrica, onde a análise de risco é uma preocupação compartilhada com as autoridades públicas de saúde. O sistema APPCC possui a seguinte cronologia em termos de reconhecimento:

- O FDA (*Food and Drug Administration*) adotou o APPCC para alimentos enlatados de baixa acidez. O FDA exige APPCC para produtos pesqueiros (desde 1995) e para carnes e aves (desde 1996). Desde 2001, o FDA exige que os produtores de suco – nacionais ou estrangeiros – utilizem o sistema APPCC em seus processos industriais;
- No Brasil, com a publicação da portaria do Ministério da Saúde nº. 1428/93, ficou definido que todos os estabelecimentos que trabalham com alimentos são obrigados a adotar o sistema APPCC, vigorando a partir de 1994;

- Na União Europeia, o sistema APPCC foi recomendado através da Diretoria do Conselho 93/43/CEE, relativa à higiene e segurança alimentar;
- O Canadá introduziu, em 1993, o sistema APPCC com o Programa de Gestão da Qualidade, desenhado para a indústria pesqueira, tornando-se o primeiro programa com inspeção obrigatória baseado no padrão APPCC;
- Também a OMC através dos acordos TBT – *Technical Barriers to Trade* (Acordos de Barreiras Técnicas ao Comércio) e do SPS – *Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures* (Medidas Sanitárias e Fitosanitárias), submeteu o sistema APPCC à análise com a finalidade de homologar o padrão desde que legitimado por órgãos ou instituições de normalização internacional como a ISO (*International Standardization Organization*), a Comissão do Códex Alimentarius e outras.

### **III.8 Controle da data de validade**

Uma pesquisa nos Estados Unidos reportou que cerca de 900 milhões de dólares são perdidos em produtos com data de validade vencida apenas em 2001 (SAHIN *et al* , 2007). Segundo LABUZA, BELINA e DIEZ (2003), uma data de validade fixada pode ser útil para garantir que um alimento refrigerado não será consumido após uma data na qual ele se tornará inseguro enquanto estiver na fase de distribuição da cadeia do frio.

Para os produtores e fabricantes de alimentos processados, a data usada no alimento geralmente representa o tempo no qual a perda da qualidade desejada ocorre, baseado na porcentagem de consumidores que ficarão insatisfeitos para um dado lote produzido e distribuído. Para o varejista de alimentos a data representa uma ferramenta pela qual flexibilizam práticas de acordo com o quanto rápido movimentam o produto para o lar do consumidor antes que haja deterioração.

Muitas informações de data de validade em rótulos de produtos são complementadas por informações referentes a melhores condições de armazenagem, incluindo cuidados com iluminação e faixas de temperaturas recomendadas. Ainda de acordo com LABUZA, BELINA e DIEZ (2003), um alimento se não mantido em condições apropriadas de temperatura na distribuição para se enquadrar na legalidade da data declarada (no rótulo) representa uma fraude e uma ameaça visto que a população de patógenos é suficiente para causar danos à saúde, se consumido. Neste caso, a data de validade é uma mentira.

As mensagens de rótulo referente à data de validade não são padronizadas, mas alguns tipos são reproduzidos abaixo, de acordo com LABUZA, BELINA e DIEZ (2003).

- a) **Melhor consumir em \_\_\_\_ dias/meses.** Sugere que o prazo seja a partir da data de fabricação. O consumidor deve comparar datas e prazos;

- b) **Data de fabricação:** identifica o quanto velho é o produto sem o conhecimento da vida de prateleira;
- c) **Melhor usado até \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_:** uma data é declarada após esta frase, este rótulo representa progresso sobre os itens anteriores;
- d) **Usar até \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_:** a data após esta frase indica que além da mesma o produto não é mais comestível. Usado na maioria em perecíveis e produtos do grupo “prontos para comer”.

A ideia de imprimir a data da validade sobre a embalagem de alimentos foi desenvolvida nos anos 1920, para atender a indústria de laticínios. A consolidação desta prática, em termos de regulamentação baseada no desejo do consumidor em obter informações confiáveis sobre a qualidade e segurança de alimentos no ato da compra, remonta a década de 1970.

O formato mais comum e facilmente reconhecido para declaração da validade é através do código DD/MM/AA, onde DD é indicação do dia; MM indica o mês e AA indica o ano. Essa indicação de data para explicar a validade representa para o consumidor o limite além do qual o alimento se torna impróprio para o consumo (SAHIN et al, 2007; LABUZA, BELINA E DIEZ, 2003).

Tecnicamente, a determinação da data de validade pode ser obtida através de métodos experimentais tais como teste de idade, modelo de crescimento e microbiologia preventiva, os quais adotam e estudam o comportamento de microrganismos em diferentes condições experimentais.

As condições experimentais utilizadas para calcular a data de validade não são suficientes para enquadrar todas as possibilidades de quebra da cadeia do frio em um fluxo físico real na fase de distribuição. Por este motivo, uma vez que a data de validade foi declarada e impressa na embalagem de um produto, a cadeia do frio assume, através de seus atores, uma parcela de perda devido à proximidade de expirar a data declarada antes do produto ser vendido.

De fato, para o fabricante do produto, o compromisso com a data de validade tem implicações na área de logística que deve ser mais eficiente para identificar e escoar rapidamente no método do FIFO/PEPS, por exemplo, e na área de marketing e vendas que devem rever a estratégia mercadológica de acordo com as limitações técnicas para consumo. A utilização de datas fixas e declaradas para validade de produtos perecíveis enfrenta duas questões, de acordo com SAHIN et al (2007).

1. Produtos podem experimentar muitas flutuações de temperatura resultando em grande variabilidade térmica, afetando, em última instância, a vida útil real e integridade do produto. Esses eventos danosos não são capturados ou considerados no

- dimensionamento da data de validade, o que torna esta data no mínimo duvidosa e pouco confiável para representar o tempo de vida restante;
2. À medida que o método da data declarada não considera condições de quebra da cadeia do frio, produtores tendem a ser conservadores no ajuste dos prazos declarados para cada lote produzido. Essa medida resulta, na maioria das vezes, em vida útil real maior do que as datas de face de embalagem.

### **III.9 Método de rotação de estoque**

O método de rotação de estoques baseado no conceito FIFO/PEPS – *First In First Out* - primeiro a entrar, primeiro a sair, é largamente utilizado na cadeia do frio, particularmente para produtos alimentícios. A política de estoque adotada em uma organização é o conjunto de diretrizes e práticas padronizadas dimensionadas para comandar as ações táticas e operacionais relacionadas ao controle de estoques. Normalmente, políticas de estoque compreendem as seguintes diretrizes:

- Procedimentos de recebimento e controle de qualidade na recepção de materiais, incluindo aferição de temperatura, identificação, rotulagem e amostragem;
- Método de movimentação e manuseio de materiais: definição de equipes, turnos, equipamentos, prevenção de perdas e avarias, sinalização, leiaute, segurança do trabalho, cuidados com higiene e ergonomia; padrões de paletização e arrumação de cargas;
- Método de rotação de estoques: define a forma de renovação de estoques. O método FIFO/PEPS, por exemplo, prioriza a saída de itens mais velhos;
- Sistema gerenciador de estoques: sistemas do tipo WMS (*Warehouse Management System* – Sistema de Gerenciamento de Armazém), especialista no controle e registro de movimentação física de itens armazenados;
- Infraestrutura de informação: define o nível de informatização para coleta e transação de dados, para alimentar um sistema integrado como WMS. Geralmente funciona como meio de entrada (*input*) e saída (*output*) de dados. Por exemplo: coletor/leitor de código de barras ou etiqueta RFID, sensores de temperatura sem fio em rede, termógrafos estáticos dedicados e integrados à rede ou monitorado através de *web-service* (aplicações específicas e dedicadas através de interface via Internet) etc;
- Método de *picking* (separação de itens obedecendo a uma ordem específica) e expedição: define a forma de carregamento, *check-out* para baixa física no estoque, padrão de arrumação e de conformidade técnica (como temperatura, embalagens, especiais, rotulagem e identificações personalizadas);

- Inventário: define periodicidade de inventários, procedimento para execução, ajustes e consolidação de saldos;
- Capacidade estática: definição de espaço físico disponível de acordo com o padrão de unitização de carga. Por exemplo: quantidade de posições-paleta ou capacidade volumétrica ( $m^3$ ). Está relacionado com o tipo de estrutura física de armazenagem escolhida;
- Método de localização/endereçamento: define critério para coletar ou estocar o estocar um produto, incluindo a composição de endereço. Pode ser endereço fixo (cada item associado a uma localização fixa), aleatório (sem associação entre um item e localização – endereçamento é comandado pela disponibilidade controlada pelo sistema) e semialeatório (baseado em zoneamento por afinidade ou por categoria/agrupamento de itens).

Devido à idade de produtos mantidos em estoque representar importante posição dentro de um quadro de bens perecíveis, o fluxo de produtos e estratégias de reposição são absolutamente cruciais e merecem consideração mais abrangente (THRON, NAGY e WASSAN, 2007).

Diversas políticas de estoque podem ser aplicadas em diferentes situações. Fluxos de saída guiados pelo item mais velho (FIFO), pelo mais novo (LIFO) e até aleatoriamente (SIRO – *Sequential In Random Out*) são praticados de acordo com a característica do produto e necessidade mercadológica. Obviamente, a abordagem FIFO é mais indicada para tratar produtos que possuem tempo de vida limitado. Além disso, devido a popularização desse método, a maioria dos sistemas de gerenciamento de armazéns trabalham com este conceito.

Um sistema de rotação de estoque denominado LSFO (*Least Shelf-Life First Out* – menor vida útil, primeiro a sair) está sendo considerado um avanço sobre o método FIFO, quando implementado com dispositivos TTI (LABUZA, BELINA e DIEZ, 2003). Uma vez que a rotação de estoques baseada no FIFO requer a fixação e identificação de datas referentes à validade dos produtos e, sendo esta prática incompatível com a realidade da logística de distribuição (conforme visto na seção III.8 – Controle de data de validade), é razoável prever perdas de estoque decorrente da perigosa proximidade da data de expirar validade, considerando a vida de prateleira (TAOUKIS, 2001).

O método de rotação de estoques baseado na vida útil remanescente do produto é mais eficaz porque considera modelagem de crescimento de patógenos, relacionado ao binômio tempo-temperatura, incluindo também as condições circunstanciais de tratamento térmico inicial. Experiências demonstram que aplicações do método FIFO reduzem a porcentagem de produtos inaceitáveis para menos de 5% comparado com a abordagem FIFO, conforme representado na figura III.5 (TAOUKIS, 2001).

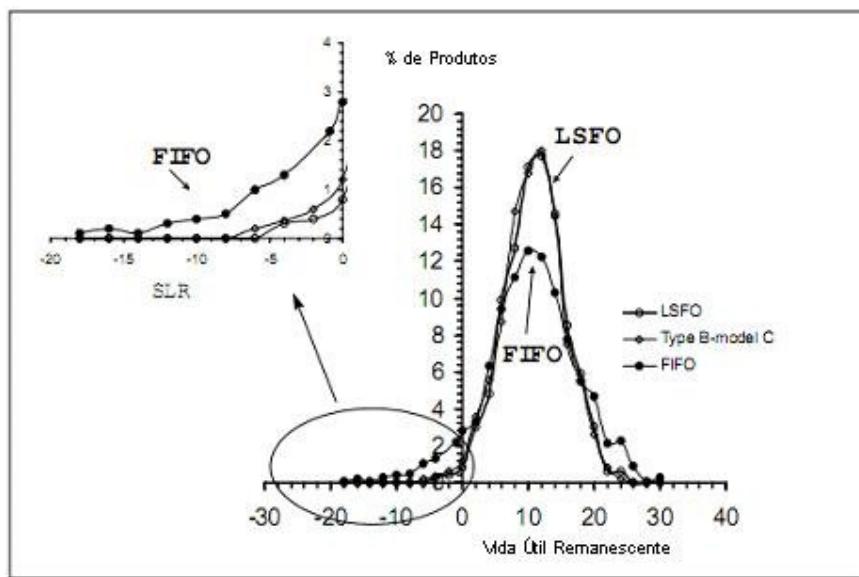


Figura III.5: Distribuição da qualidade de produtos de salada russa, ao longo de uma vida útil de 60 dias (compreendendo a armazenagem inicial, transporte para ponto de venda e fase pós-venda). LABUZA, BELINA E DIEZ (2003)

No capítulo seguinte, apresenta-se um estudo de caso de controle e monitoramento para os processos logísticos de uma empresa localizada no estado do Rio de Janeiro. O estudo tem o objetivo de identificar as flutuações de temperatura que também causam grande variabilidade dos indicadores de desempenho da operação, introduzindo melhorias sustentáveis sobre o processo.

## **Capítulo IV – Estudo de Caso de Controle e Monitoramento de Processos Logísticos de Alimentos Congelados**

Neste capítulo, é apresentada a metodologia que o pesquisador adotou para conduzir o levantamento de dados em uma operação de distribuição física real. O planejamento do experimento é ressaltado considerando as dificuldades envolvidas para retratar de maneira fiel e isenta a realidade operacional de uma organização. O levantamento de dados envolve observações, medições, programação de instrumentos, treinamento de operadores / funcionários da empresa investigada e entrevistas com líderes do comando logístico em todos os turnos pesquisados.

A metodologia define a empresa, o produto, o mapeamento do fluxo físico e demais características da operação, os instrumentos de medição, a forma e locais de medição, o tamanho da amostra, o cronograma para a fase de levantamento de dados e o *modus operandi* de forma detalhada.

### **IV.1 O modelo de controle e monitoramento de atividades logísticas**

O propósito da cadeia do frio é a manutenção da integridade dos produtos. Manter a integridade pode ser entendido como a preservação das características qualitativas do produto, incluindo aquelas adquiridas para agregar valor e estender a vida útil, como o processo de refrigeração. Essa abordagem envolve alocação de recursos operacionais e táticos de controle e monitoramento desses produtos, desde sua origem até o consumo. Esse trabalho contempla a adoção de uma modelagem para melhor representar o processo crítico de controle e monitoramento de produtos da cadeia do frio. Foi adotado um modelo composto de dois conceitos relacionados com o fluxo físico, a saber:

- Teoria das restrições – TR, (DETTMER, 1997; COX e GOLDRATT, 1986; GOLDRATT, 2006);
- Sistema de Controle de Processos – Operações Logísticas (BALLOU, 2006).

#### **IV.1.1 Modelagem adotada para análise, controle e monitoramento**

As seguintes premissas foram consideradas como fundamentais para justificar a adoção e montagem do modelo:

- a) Falta de integração entre etapas dos processos logísticos e entre membros da cadeia de suprimentos;
- b) Necessidade de preservar a integridade do produto dentro da cadeia do frio, através de ferramentas de controle e de monitoramento de processos e de produtos, da origem aos pontos de consumo;

- c) Necessidade de utilização de ferramenta para análise estruturada da dinâmica do processo, identificando e isolando os gargalos, e permitindo melhorar a tomada de decisão considerando todas as variáveis envolvidas.

O modelo estudado é uma evolução de uma representação simples de processo transformador, da teoria de sistemas de BERTALANFFY (1968), com entrada, saída unidade de processamento da atividade, operação ou produto e uma possibilidade de retroalimentação, conforme figura IV.1.

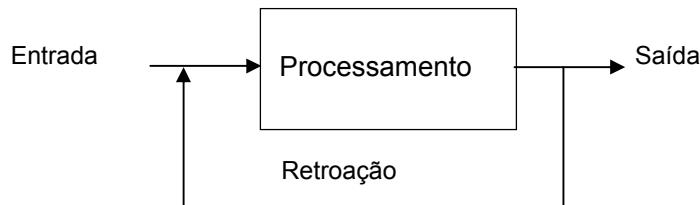


Figura IV.1: Sistema genérico. Fonte: BERTALANFFY (1968)

Baseado na representação genérica de sistema de acordo com a figura IV.1, pode-se determinar os elementos constituintes do sistema de controle e monitoramento, bem como algumas de suas características:

- Sistema aberto:** com conexões amplas de entrada e saída de dados com o mundo externo, utilizando tecnologias de captação e transmissão de dados remotos e sensores interligados em rede;
- Probabilístico:** baseado em dados e análise estatística;
- Retroação dinâmica:** considera retroalimentação positiva ou negativa em relação aos parâmetros e indicadores;

De acordo com a afirmação de BERTALANFFY (1968), de que um sistema de variáveis mutuamente independentes pode representar uma organização, como um sistema aberto, onde o comportamento é regido pela interação dinâmica entre múltiplas variáveis, o modelo de BALLOU (2006) é apresentado para controle e monitoramento de processos logísticos.

Ao modelo de Ballou, o autor incorpora aplicação de conceitos da Teoria das Restrições (TR), de GOLDRATT (1986) e DETTMER (1998), para dar refinamento à tomada de decisão e estimular a melhoria contínua. Esta contribuição da TR é particularmente justificável considerando as seguintes características comuns da logística e da cadeia do frio:

- Existência de atividades restritivas ou gargalos;
- Presença de grande dinamismo e necessidade de manutenção do ritmo operacional;
- Variabilidade – grande dispersão do comportamento da variável em relação aos parâmetros ou limites (inferiores ou superiores) de controle;
- Interdependência entre atividades de cada etapa da cadeia.

Na prática, a TR busca melhorias contínuas para atingir a otimização de processos (GOLDRATT, 2006). Aplicado à logística, um sistema passa a ser tratado como cadeia, e suas restrições análogas aos gargalos existentes nesta cadeia, identificada como elos frágeis. Baseada na lógica de causa e efeito, a TR é indicada para integrar o modelo de controle e monitoramento da cadeia do frio, identificando a restrição, decidindo como explorar essa restrição, subordinando todos os outros processos a esta decisão, executando mudanças necessárias para quebrar a restrição e eliminando possibilidades de resquícios iniciais da restrição (COX e GOLDRATT, 1986). Esta sequência de ações, aplicada em interações sucessivas no modelo híbrido BALLOU-GOLDRATT, gera refinamentos sustentáveis para o controle e monitoramento da cadeia do frio, conforme figura IV.2.

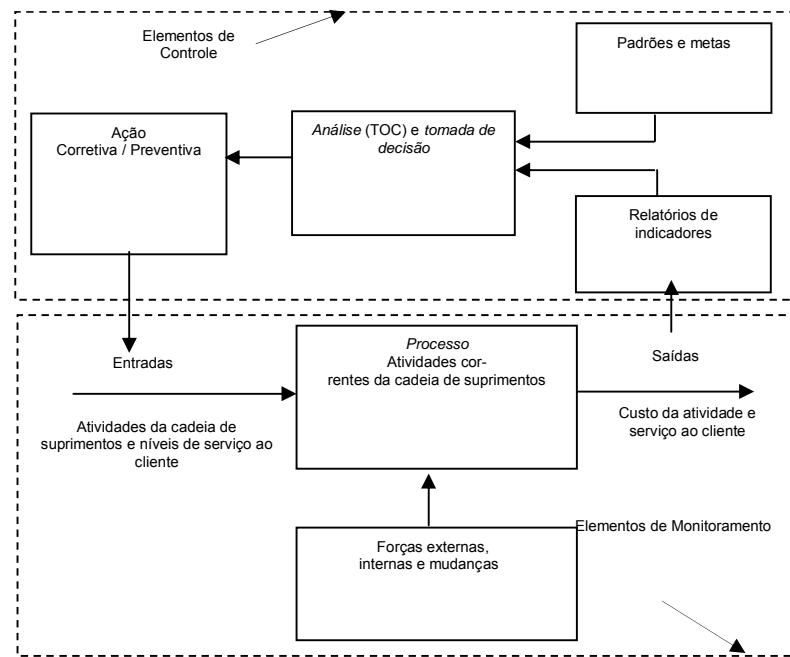


Figura IV.2: Modelo adaptado para controle e monitoramento de atividades logísticas na cadeia do frio. Fonte: Adaptação de BALLOU (2006), COX e GOLDRATT (1986)

Neste modelo, a saída é identificada como o desempenho real que é comparado com o desempenho desejado (padrões ou metas). Os gargalos são identificados e estabelecem novas prioridades de controle. O resultado da análise de desempenho diante de padrões estabelecidos (como uma temperatura esperada para um produto, por exemplo), é a tomada de decisão que implica em uma ação corretiva e até preventiva (reduzir o efeito da troca de calor em uma etapa da operação, por exemplo). Esta ação corretiva em conjunto com as forças internas e externas dinamiza e influencia a atividade corrente que passa por nova transformação, resultando em efeitos observados novamente na fase saída. Reiniciando o

ciclo, uma nova análise é feita para confirmar se a tomada de decisão e a ação corretiva foram eficazes.

A tecnologia da informação contribui com o monitoramento do fluxo físico através da captação de dados com RF, RFID, TTI, Termógrafos *Data Logger* (MONTANARI, 2008; JEDERMANN, RUIZ-GARCIA E LANG, 2009) e com controle através do processamento de dados utilizando sistemas especialistas. A TR contribui para identificação dos gargalos da cadeia do frio e otimização dos recursos para redução da variabilidade da resposta do sistema. A atenuação da variabilidade da resposta do sistema, aproximando o desempenho real das metas estabelecidas, implica em redução das incertezas ao longo da cadeia de suprimentos e aumento da visibilidade sobre a operação.

A estabilidade do processo atingida pelo método de filtros sucessivos deste modelo representa, na cadeia do frio, enquadrar a variação de temperatura dentro de limites mínimos e máximos toleráveis e em regime de controle sustentável, de acordo com a ilustração da figura IV.3. O comportamento típico da variável temperatura (para o produto) em uma operação de distribuição física é notável devida perigosa variação entre limites inferiores e superiores e tangenciamento desses limites nas interfaces entre etapas.

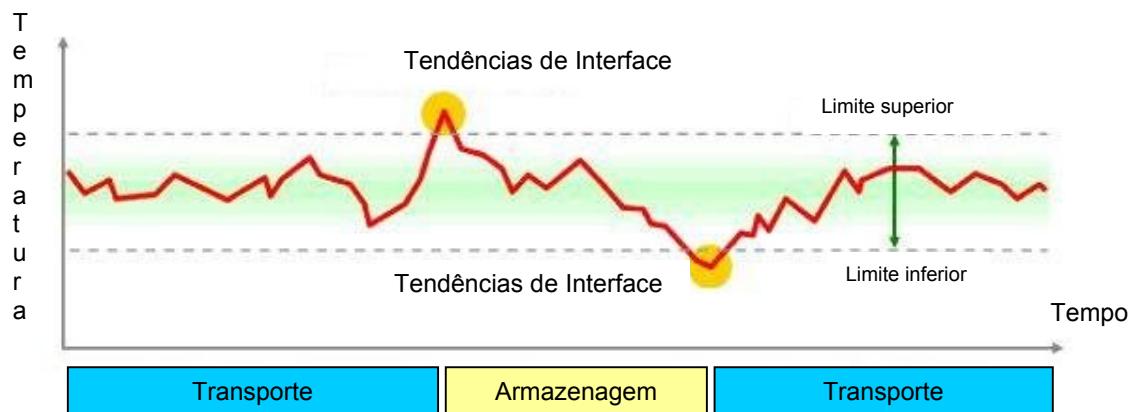


Figura IV.3: Perfil típico de comportamento da variável temperatura na cadeia do frio. Adaptado de RODRIGUE e CRAIG (2010).

#### IV.2 Metodologia da pesquisa de campo

O modelo híbrido de controle e monitoramento é particularmente aplicável para testar melhorias nas interfaces das etapas de transporte e armazenagem e nas interfaces de eventos consecutivos, onde ocorrem as maiores violações da cadeia do frio. O autor investiga uma cadeia do frio real, em uma organização produtora e distribuidora de bens perecíveis, de temperatura controlada, visando confirmar o comportamento previsto da variável temperatura (conforme figura IV.3 – de RODRIGUE e CRAIG) e, assim, comprovar o aumento da variabilidade de processos logísticos na direção dos pontos de consumo.

Em conformidade com esse modelo de controle e monitoramento, que tem por objetivo identificar e minimizar a influência dos elos fracos da cadeia do frio, reduzindo a variabilidade dessas atividades através da variável temperatura, o autor realiza investigação na cadeia do frio de uma distribuição física, através de uma pesquisa empírica, adotando procedimento técnico de levantamento de dados.

Além da fase de medição de temperatura dentro da pesquisa empírica, o autor realizou entrevistas, visitas técnicas e palestras como a primeira parte de um trabalho de estudo de caso:

- Entrevistas com Sr. Olavo Braido, membro do Comitê da Cadeia do Frio, da NTC & Logística que solicitou o envio de um questionário por e-mail, esclarecendo dúvidas sobre o panorama atual da logística do frio no Brasil e perspectivas futuras;
- Visita a Marfrig – empresa produtora de gêneros alimentícios processados, congelados e resfriados, líder de mercado no Brasil, na unidade de Santo André, onde houve oportunidade de acompanhar operações de um grande centro de distribuição frigorificado, incluindo entrevista com o gestor operacional Sr. João Luis Ubeda. A visita a Marfrig teve o objetivo de observar as iniciativas de aplicação de novas tecnologias para o controle e monitoramento da cadeia do frio;
- Participação em palestra na UNICAMP, proferida pelo Sr. Lincoln de Camargo Neves Filho, professor da Faculdade de Engenharia de Alimentos, da UNICAMP e assessor do IBF – Instituto Brasileiro do Frio;
- Participação como palestrante no congresso internacional */V Cold Chain Management*, na cidade de Bonn, Alemanha. Este evento foi especialmente importante, pois reuniu os grandes expoentes do tema cadeia logística do frio de alimentos. O autor apresentou artigo *“Evaluating the logistics key factors in physical distribution of cold chain”*, trabalho resultante do estudo de caso objeto dessa dissertação.

#### **IV.2.1 A seleção da configuração da cadeia do frio**

De acordo com a necessidade da fase empírica deste trabalho, a seleção da cadeia do frio passa pela análise dos seguintes fatores:

- A operação deve ser capaz de conter etapas suficientes para configurar um conjunto de atividades típicas da cadeia de suprimentos de produtos perecíveis;
- A cadeia do frio deve ser capaz de apresentar etapas operacionais relacionadas a armazenagem, transporte, manuseio, identificação do produto, movimentação, fracionamento e agrupamento, executados pela própria organização ou por empresas contratadas;
- A cadeia do frio deve conter etapas onde há fluxo de produtos transitando obrigatoriamente por armazéns frigorificados;

- A cadeia do frio deve conter etapas onde haja transporte de produtos fracionados (pedidos menores do que a capacidade do caminhão), congelados e /ou resfriados;
- A operação de distribuição física deve conter pedidos e cargas para grandes, médios e pequenos clientes varejistas, configurando canais de distribuição distintos;

#### **IV.2.2 Organização selecionada – características:**

A organização alvo desta pesquisa é líder em produção e comercialização de carnes suína, bovina e de aves. Esta organização produz e distribui para o mercado interno e externo, utilizando parcerias logísticas para alcançar tais mercados, formando uma extensa cadeia do frio. A unidade escolhida foi um grande centro de distribuição (centro de distribuição) ou *hub* logístico, localizado na zona norte do Rio de Janeiro.

Atendendo às diretrizes de Relações Públicas e regras de divulgação de informações da empresa, o autor concordou em preservar toda e qualquer menção direta ou indireta ao nome de produtos, da própria empresa, logomarcas e outras formas de identificação da companhia.

#### **IV.2.3 Diagnóstico da operação**

O diagnóstico tem por objetivo definir os seguintes requisitos:

- a) Descrição de processos;
- b) Turnos, horários e responsáveis por cada setor;
- c) Seleção dos itens alvo da pesquisa;
- d) Seleção dos instrumentos de medição de temperatura;
- e) Seleção do perfil de rotas e do canal de distribuição;
- f) Definição do tamanho da amostra.
- g) Cronograma das atividades de coleta de dados.
- h) Leiaute das áreas e localização dos termógrafos

##### **IV.2.3.1 Descrição de processos**

Com mais de 30 mil m<sup>2</sup>, o centro de distribuição possui cerca de 10 mil posições paletes para produtos perecíveis.

A produção inicia na área rural, onde os animais são criados em granjas de engorda até atingir peso e característica ideal para o abate, sendo então transportados para as unidades de abate e processamento. Após o abate, inicia a cadeia do frio, já com redução de temperatura nas salas de produção, desde a evisceração e corte até embalagem. A carcaça passa por uma redução de temperatura e os itens de corte recebem embalagens e seguem para o processamento ou para o túnel de resfriamento/congelamento.

O produto acabado segue em lotes paletizados, identificados, acondicionados em embalagens comerciais com código de barras direcionados para uma área de armazenagem

dentro da unidade de produção e, de lá, são transportados para os centros de distribuição de acordo com programação comercial. Veja figura IV.4.

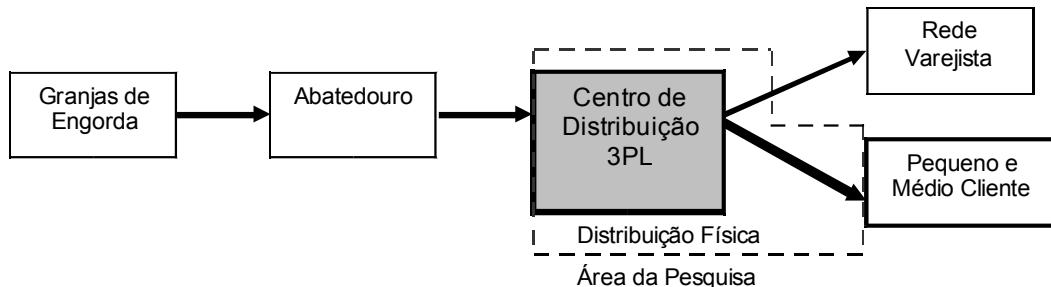


Figura IV.4: Configuração do fluxo físico da operação pesquisada

A empresa comercializa várias linhas de produtos de origem animal. As linhas disponíveis para o pequeno e médio varejo podem ser divididas da seguinte maneira:

- Carnes *in natura*: carcaças e cortes de frango, porco e boi embaladas. Resfriados até 5°C, Congelados a -12°C;
- Industrializados: alimentos prontos e semiprontos a base de carnes processadas, de rápido preparo. Temperatura geralmente de congelados: -12°C;
- Embutidos: salsichas, linguiças, mortadelas, salames etc. Temperaturas variam de 8°C (mortadelas, linguiças frescas e salsichas e embutidos prontos) a -12°C (linguiças congeladas).

#### IV.2.3.2 Turnos, horários e responsáveis

Através de entrevistas com gestores e responsáveis pelas operações, conforme modelo de formulário do apêndice F, foi possível desenhar o modelo operacional vigente. A partir dessas reuniões foram definidas as bases para execução da pesquisa, regras de acesso, horários, responsabilidades e confidencialidade. Os levantamentos, efetuados a partir das entrevistas, foram autorizados e ratificados pelo gerente de logística da unidade pesquisada. As entrevistas definiram e esclareceram o seguinte:

- a) Horários para executar as coletas de dados, instalação de instrumentos e visitas de observação – **Ver quadro da figura IV.2.**
- b) Horários dos turnos pesquisados – **São três turnos: de 06:00-1400hs; de 14:00-22:00hs e de 22:00-06:00hs**
- c) Nomes e atribuições dos supervisores, encarregados e demais responsáveis por cada setor e turno investigados pela pesquisa:

**Houve a apresentação dos supervisores e encarregados com a divulgação da pesquisa. Cada supervisor de turno ficou responsável pelo acompanhamento da coleta de dados e pela instalação dos instrumentos de medição fixos.**

- d) Liberação de acessos à portaria, salas de controle, câmaras e antecâmaras de armazenagem, trânsito pelos corredores e pátio, sanitários e demais dependências operacionais:

**Os acessos para as áreas operacionais, de armazenagem, de recepção e expedição, pátio de manobra e setor administrativo foram liberados para o pesquisador, sem restrição.**

- e) Estatística das vendas mensais dos produtos. Histórico em toneladas:  
**O movimento de vendas foi disponibilizado para a pesquisa. Ver Apêndice A**
- f) Escolha dos produtos alvo, baseado no movimento de vendas dos últimos seis meses:  
**Os itens foram selecionados baseado no critério de representatividade e característica. Inerentes ao produto. Ver seção Seleção dos itens alvo da pesquisa.**
- g) Apresentação do *modus operandi* da pesquisa, incluindo modo de captação de registros e instrumentos utilizados:  
**Esse detalhamento faz parte da seção *Modus operandi*.**
- h) Declaração de confidencialidade e validação dos dados obtidos:  
**A pedido da empresa, o pesquisador se comprometeu a não divulgar informações comerciais da organização, incluindo o nome, razão social, nome de funcionários, de marcas registradas desta empresa ou de outras do grupo e nem mesmo de qualquer produto associado.**
- i) Apresentação do cálculo da amostra inicial para dimensionamento do tempo total da fase de coleta de dados:  
**Ver a seção Definição do tamanho da amostra**
- j) Cálculo do tempo total para coleta de dados:  
**Especificado na seção Cronograma das atividades de coleta de dados.**
- k) Uniforme e EPI:  
**Equipamentos de proteção individual – foram fornecidos pela empresa.**

#### **IV.2.3.3 Seleção dos itens alvo da pesquisa**

- Prioridade para o grupo “Congelados”, com temperatura de exposição comercial entre -12 °C e -18 °C. A escolha desse grupo se dá pelo grande consumo desses itens nos pequenos, médios e grandes mercados varejistas;
- Itens “A” e “B”, da curva ABC de demanda, para justificar a representatividade em volume de produção e consumo para a pesquisa;

- Evitar itens similares. Por exemplo; Pizza xxx congelada grande e Pizza xxx congelada média. Para a medição de temperatura, itens similares com o mesmo tipo de embalagem, com variação apenas de dimensão (peso ou tamanho), apresentam propriedades térmicas semelhantes;
- Itens devem ter o mesmo processo de congelamento. Esse princípio deve ser respeitado para que haja uma base inicial unificada para o comportamento dos produtos após ingressarem na cadeia do frio;

Os itens alvo selecionados após análise dos critérios e com base na listagem de itens com maior participação em volume de vendas: **linguiça congelada de frango e linguiça congelada de pernil, acondicionadas em caixas de 12kg, com embalagem primária plástica de 3kg.**

#### IV.2.3.4 Seleção dos instrumentos e sistema de tratamento dos registros

A medição de temperatura nas etapas críticas da distribuição física envolve duas entidades: ambiente e produto. Para o ambiente, a variável temperatura é contínua e o melhor instrumento é aquele capaz de registrar as variações térmicas em intervalos regulares e com maior frequência possível. Em função dessa especificidade, o *data logger* é mais indicado. Os ambientes: antecâmara da recepção, câmara de congelados e antecâmara de expedição receberam um aparelho tipo *data logger* cada, instalado na parede oposta à interface com o ambiente externo.

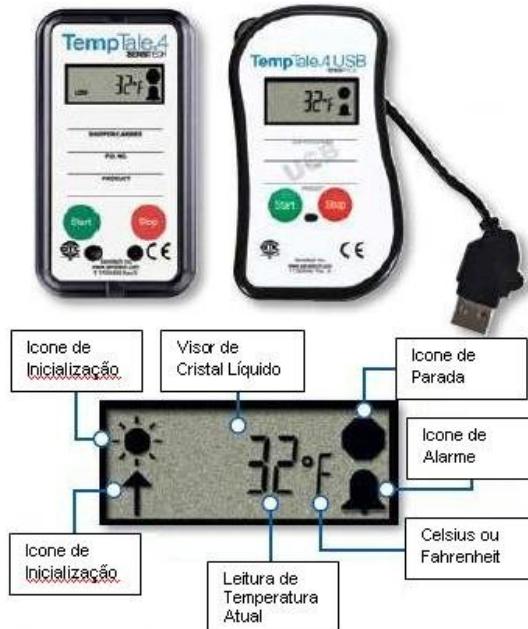


Figura IV.5: Termógrafo tipo data logger e características do visor

Atualmente, é possível encontrar uma grande variedade de termógrafo tipo *data logger*, registrador de eventos, de temperatura e umidade. Esses aparelhos medem a temperatura do ar ambiente das proximidades em que se encontra, registrando ou armazenando cada temperatura instantânea e associando esse valor a um instante de tempo. Dessa forma, teremos sempre um registro com duas informações: tempo e temperatura (para cada evento).

A figura IV.5 apresenta o modelo usado nessa experiência. As especificações técnicas do termógrafo estão descritas na tabela IV.1. Todas as funcionalidades programáveis podem ser acessadas através de um programa que ajusta e define parâmetros para melhor ajuste às necessidades do experimento.

Tabela IV.1: Especificações técnicas do termógrafo utilizado no experimento

Item	Especificação
Faixa de medição de temperatura	-30°C a 70°C
Faixa de acuracidade de temperatura	±1,1°C: de -30°C a -18°C ±0,55°C: de -18°C a 50°C ±1,1°C: de 50°C a 70°C
Resolução de leitura	0,1°C sobre a faixa completa de medição de temperatura
Tipo de memória	Não volátil de 2K ou 16K EEPROM
Capacidade de armazenagem de dados	1920 ou 16000 pontos de dados (registros)
Vida útil / Tipo de bateria	1 ano / 3.0v bateria lítio
Intervalo entre registros de dados	Programável, de 10seg a no máximo 2hs
Resistência a água	Padrão NEMA 16
Atraso de inicialização	Mínimo zero seg. até máximo 194 dias
Opções programáveis do visor	Leitura de temperatura atual em °C ou °F. Habilitedo valores iconográficos de início, parada e alarme
Opções de inicialização	Inicialização automática ou manual (botão)
Funções de alarme	Possível programar limites inferior e superior; alarme é disparado quando temperatura excede limites ajustados
Dimensões típicas	9,2cm (C) x 5,1cm (L) x 1,7cm (e)
Peso	45,4 gramas
Certificado de Garantia de Qualidade	CE Mark por TUV; rastreável para NIST ( <i>National Institute of Standards and Technology</i> )
Interface de programa / Computador	Programa Temp Tale Manager Desktop; Interface Plus Reader

O certificado de aferição (validação da precisão do mecanismo de medição do instrumento) foi emitido pelos laboratórios do fornecedor Sensitech Inc. submetido às normas no *NIST – National Institute of Standards and Technology*, dos Estados Unidos. Para maiores detalhes, ver o anexo II.

Para a fase de transportes, um aparelho *data logger* com dupla função medidora foi aplicado, sendo uma sonda para o item ou carga específica e a outra, um sensor capaz de medir a temperatura do ar do ambiente confinado da carroceria do caminhão. Essa solução é bastante adequada, uma vez que não houve permissão para o pesquisador acompanhar as entregas com os entregadores. A figura IV.6 apresenta o modelo de termógrafo utilizado para a medição de temperatura do ar e do produto investigado na fase de transporte da operação. Esse instrumento apresenta as especificações técnicas conforme a tabela IV.2.



Figura IV.6: Termógrafo tipo dual com sensor para ambiente e sonda para produto.

Tabela IV.2: Especificação do termógrafo tipo dual com sonda externa

Item	Especificação
Sensor de temperatura externo	Sonda de aço inoxidável ou sonda flexível de 12,7cm
Faixa de medição de temperatura	-30°C a 70°C
Faixa de acuracidade de temperatura dos sensores internos e externos	±1,1°C: de -30°C a -18°C ±0,55°C: de -18°C a 50°C ±1,1°C: de 50°C a 70°C
Resolução de leitura	0,1°C sobre a faixa completa de medição de temperatura
Tipo de memória	Não volátil 16K EEPROM
Capacidade de armazenagem de dados	Máximo de 16000 pontos de dados (registros)
Vida útil / Tipo de bateria	1 ano / 3.0v bateria lítio
Intervalo entre registros de dados	Programável, de 10seg a no máximo 2hs
Visor (de cristal líquido)	Visualização de dados de temperatura máxima e mínima e dados de registros fora de faixas programáveis
Atraso de inicialização	Mínimo zero segundo até máximo 194 dias
Opções programáveis do visor	Visualiza dados de temperatura instantânea medida através da sonda externa
Opções de inicialização	Inicialização automática ou manual (botão)
Funções de alarme	Eventos simples ou cumulativos com programação acima ou abaixo da faixa ideal
Dimensões típicas	10,2cm (C) x 5,1cm (L) x 2,5cm (e)
Peso	99,2 gramas, incluindo a sonda
Certificado de Garantia de Qualidade	CE Mark por TUV; rastreável para NIST ( <i>National Institute of Standards and Technology</i> )
Interface de programa / Computador	Programa Temp Tale Manager Desktop; Interface Plus Reader

Para as medições dos produtos durante a fase de movimentação dentro do centro de distribuição: recebimento, armazenagem e separação (montagem de carga), o pesquisador utilizou um termógrafo com sensor com haste de aço inoxidável de 127mm. Apesar das medições com esse sensor ser registradas e armazenadas, como um *data logger*, o pesquisador registrou manualmente todas as medições, apontando-as em formulário próprio, conforme apêndice D, devido a necessidade de estabilização da temperatura a cada nova medição.

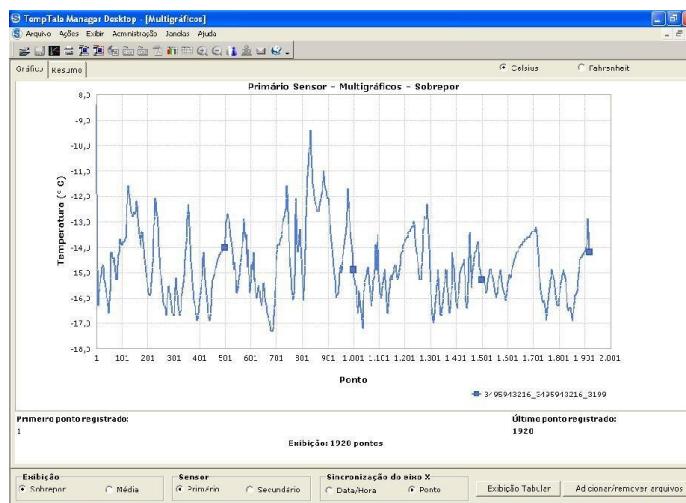


Figura IV.7: Tela do sistema TTMD 6.0 da Sensitech, usado para tratamento inicial dos dados coletados pelos instrumentos de registro e armazenagem automáticos (*data loggers*)

Os aparelhos de medição de temperatura usados foram cedidos exclusivamente para a pesquisa experimental pela Sensitech Inc., empresa especializada em soluções de controle e monitoramento da cadeia do frio. A leitura desses instrumentos foi feita através de *download* do arquivo dos registros de um período programado, através de uma interface do instrumento para o computador via entrada USB. O arquivo baixado para o computador é identificado pelo sistema *Temp Tale Manager Desktop 6.0*, específico da Sensitech para tratar os dados lidos, conforme figura IV.7. Esta interface também possibilita visualizar os registros de forma tabular ou graficamente, seja em unidade Celsius ou Fahrenheit e permite ainda exportar os dados para uma planilha eletrônica, como o Microsoft EXCEL.

Além dos aparelhos da Sensitech, o pesquisador utilizou os seguintes instrumentos cedidos pelo CEFET-RJ:

- Termógrafo Data Logger AK-275, programável, capaz de registrar até 16.000 eventos;
- Termômetro (Instrutherm TE-400) com sonda tipo haste de aço inoxidável, digital, a prova d'água;

Esses instrumentos também estavam aptos para a pesquisa, embora com precisão inferior comparado com os aparelhos da Sensitech. Os aparelhos do laboratório do CEFET-RJ

também apresentam Certificado de Calibração de acordo com os padrões de rastreabilidade metrológica definido pela RBC – Rede Brasileira de Calibração, competência associada ao INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – ver anexo III. A opção majorada pelos instrumentos da Sensitech se deu pela excelente interface gráfica e tabular, o que facilitou o tratamento posterior dos dados.

#### **IV.2.3.5 Seleção do perfil de rotas e do canal de distribuição**

- Rotas urbanas de no máximo 150km ou tempo total de 8hs. Essa carga espaço-temporal cobre a maior parte do território urbano, estabelecendo um raio a partir do centro de distribuição (ponto de partida das rotas);
- Máximo de 18 e mínimo de 6 entregas. Esses parâmetros são limites para estabelecer e respeitar a condição de rota urbana. Associados a esses parâmetros seguem as variáveis de ocupação da carroceria (volume ou peso). O modelo para reproduzir a distribuição física em rotas urbanas com um perfil de pedido (peso/volume) médio adequado, deve ter uma quantidade mínima de entregas que exija programação baseada nas restrições de atendimento e de tempo;
- Cargas equivalentes à capacidade de caminhões leves, tocos e trucks. Para veículos leves, convencionam-se carrocerias baús leves com capacidade entre 2,0 e 4,0 ton; tocos com capacidade entre 4,5 e 7,5 ton e truck, com capacidade de carga líquida entre 7,5 e 11,0 ton;
- Cargas multitemperaturas. As cargas pesquisadas são constituídas de produtos cujas temperaturas variam entre -25 °C e +12 °C, abrangendo as classificações: congelado (-25 °C a -18 °C), resfriados (-2 °C a +8 °C) e frescos (0 °C a +12). Esses itens de diferentes temperaturas podem constituir um pedido e essa condição de multitemperatura se dará em todas as etapas da pesquisa;
- Utilização de veículos com o mesmo padrão de estrutura (externa e interna – prateleiras, cortinas, divisórias, paletizados, plataforma etc), isolamento e sistema de refrigeração. A escolha prévia do tipo de veículo é uma premissa para a pesquisa, pois se adota o princípio de que a carroceria baú é um sistema fechado, com condições satisfatórias de isolamento térmico com o meio ambiente externo;

#### **IV.2.3.6 Definição do tamanho da amostra**

Após a seleção dos dois itens, alvos da pesquisa, foram consideradas as quantidades médias de unidades de peso (quilos) vendidas no período típico. A definição da amostragem é baseada em seleção de amostra aleatória simples irrestrita com representação probabilística, referente à população relevante calculada com base em média semanal de quantidade vendida em quilos.

A amostragem foi dimensionada com base em uma população semanal média de movimentação e o cálculo através do método de variável média aritmética conforme demonstrado nas fórmulas a seguir, considerando erro amostral  $e = 5\%$ , com intervalo de confiança de 95%  $\rightarrow z=1,96$ . Estimando o desvio padrão  $\delta$  como  $N/6$ , teremos o tamanho da amostra ( $n$ ) equivalente a  $z^2 \cdot \delta^2/e^2$  (MALHOTRA, 2004; COOPER E SCHINDLER, 2003). Para os dois itens estudados, o tamanho da amostra para cada etapa da distribuição é o mesmo – cerca de 384 kg aproximadamente, conforme demonstrado na tabela IV.3. Na prática, para cada etapa de mensuração de temperatura, o tamanho mínimo amostral necessário para representar a população será de 384 kg, coletados aleatoriamente ao longo do período programado para a fase de coleta.

Tabela IV.3: Cálculo do tamanho da amostra utilizado para os itens pesquisados. Fonte:  
MALHOTRA (2004); COOPER E SCHINDLER (2003)

	Linguiça Frango (kg)	Linguiça Porco (kg)
N	140.000	120.000
$\delta$	23.333	20.000
e	2333	2000
n	384	383

$$n = (z^2 \cdot \delta^2) / e^2 \quad \text{sendo} \quad z(95\%) \rightarrow \text{normal} \rightarrow 1,96 \text{ (valor tabelado)}$$

onde:

n: tamanho da amostra; N: tamanho da população (média semanal em kg);

$\delta$ : Desvio padrão da população – estimado em  $N/6$

e: erro estimado;

O tamanho mínimo da amostra (em quilos) nesta pesquisa foi apenas uma referência para o pesquisador, uma vez que os quantitativos medidos de cada produto totalizaram cerca de 2000 kg (para todas as etapas). Seria possível até mesmo utilizar um Intervalo de Confiança (I.C.) de 99%, fixando o erro amostral em 5%, ou mesmo aumentar a precisão com erro de 3% e I.C. de 99% para obter uma amostra de 1820 kg, ainda assim abaixo do lote medido durante a realização da coleta de dados. O aspecto contínuo da produção não é significativo para considerar indeterminada a população, visto que é possível definir o corte baseado em um período do exercício operacional.

#### IV.2.3.7 Cronograma das atividades de coleta de dados

O cronograma para a fase de coleta e levantamento de dados, representando pela tabela IV.4, foi programado com base na disponibilidade de horários para a organização e o dimensionamento do tempo de medição é função do tamanho da amostra calculada e

expectativa de volume movimentado no período. As medições programadas para os termógrafos fixos ( $e_1, e_2, e_3$ ) durou 6 dias e para a fase de transporte, 5 dias.

Tabelal IV.4: Cronograma previsto para a fase de coleta de dados

Atividades	Locais	D <sub>i</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Levantamento Operacional	Todos															
Medição (coleta de temperaturas)	$e_1$															
	$e_1$															
	$e_3$															
Medição (coleta de temperaturas)	$e_0$															
	$e_4$															

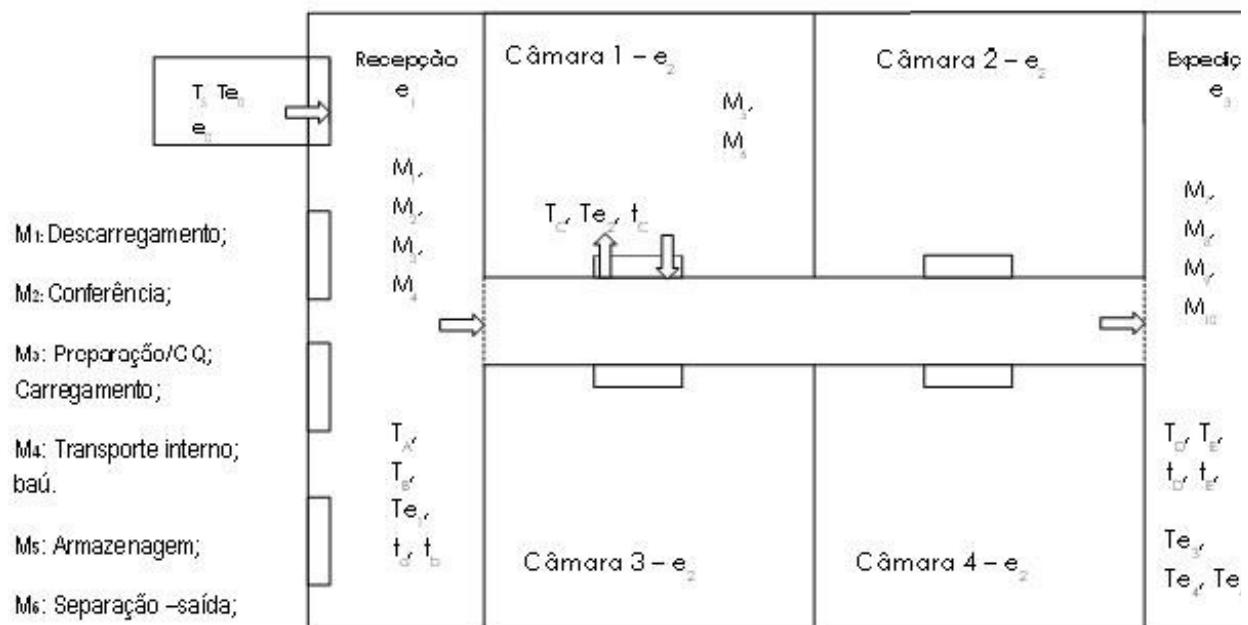
Houve a possibilidade de prolongar o período de observação (remota) para alguns ambientes com objetivo de consolidar o comportamento operacional na ausência de medição. Neste caso, foi previsto o monitoramento livre para o transporte de entrada e de saída de produtos.

#### IV.2.3.8 Leiaute das áreas e localização dos termógrafos

Os leiautes a seguir têm o propósito de esclarecer o entendimento sobre o ciclo operacional dentro das instalações com temperatura controlada. A movimentação de cargas dentro do Centro de Distribuição ocorre com suporte dos seguintes recursos:

- Empilhadeira lateral elétrica, com mastro estendido para alcance de 7,5 metros;
- Paleteiras manuais, elétricas e transpaleteiras;
- Carrinhos-rack para itens desagregados ou fora de embalagem;
- Coletor-leitor de código de barras.

Nesses leiautes é possível visualizar as principais atividades, os locais de acesso e salas climatizadas e frigorificadas e o caminho por onde escoa os produtos. Veja figuras IV.8 e IV.9.



Parâmetros e (ambiente), T (temperatura) e t (tempo),

$T_A$  – Temperatura do produto recebido em  $e_0$  e tempo  $t_A$ antes da conferência;

$T_B$  – Temperatura do produto em  $e_1$  antes de ser movimentado para a câmara ( $e_2$ ), no tempo  $t_B$ ;

$T_C$  – Temperatura do produto no tempo  $t_C$  antes de sair da câmara ( $e_2$ );

$T_D$  – Temperatura do produto no tempo  $t_D$ ao chegar na expedição ( $e_3$ );

$T_E$  – Temperatura do produto no tempo  $t_E$ antes de embarcar no ambiente ( $e_4$ );

$T_S$  – Temperatura (modo semi contínuo) do baú ( $e_4$ ) da origem até o ambiente  $e_1$ ;

$T_R$  – Temperatura (modo semi contínuo) do baú ( $e_4$ ) a partir do instante  $t_R$ ao longo de uma rota de entrega urbana e em cada;

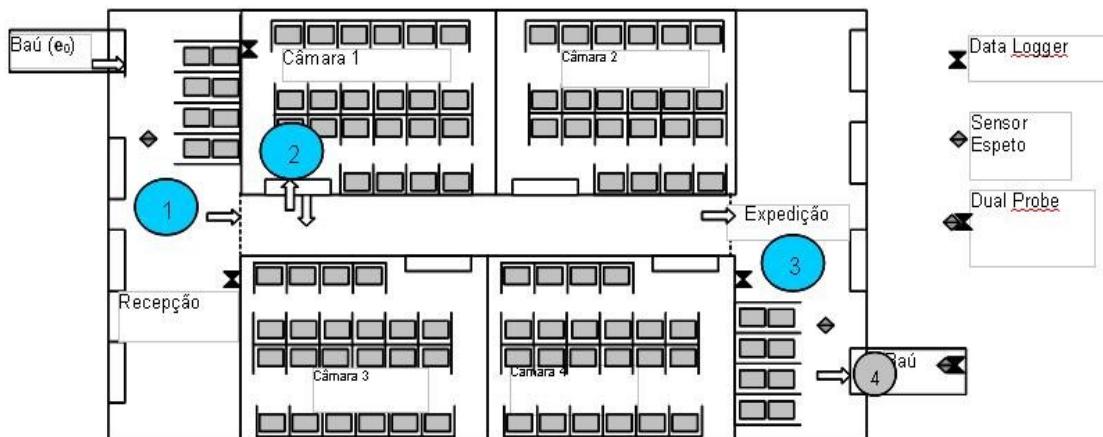
$T_{E4}$  – Temperatura do baú ( $e_4$ ) no momento da chegada para carregamento na expedição ( $e_3$ );

$T_{E4}'$  – Temperatura do baú ( $e_4$ ) imediatamente após carregamento (antes de ser lacrado);

$T_{e0}$  – Temperatura do baú ( $e_0$ ) imediatamente após encostar na doca de recepção – tornada com termômetro infravermelho;

$T_{e1}, T_{e2}, T_{e3}$  – Temperaturas (modo semi contínuo) dos ambientes  $e_0, e_1, e_2, e_3$ , respectivamente;

Figura IV.8: Visão das áreas operacionais, sequência de atividades e representação das variáveis de tempo e temperatura.



Atividades mapeadas: 1. Identificação/Conferência, Endereçamento, Arrumação; 2. Movimentação e Separação; 3. Montagem de carga, Conferência, Arrumação; 4. Carregamento/Arrumação

Figura IV.9: Visão do leiaute das áreas operacionais do centro de distribuição incluindo localização dos medidores de temperatura

- 1a [08:00-14:00] Chegada do produto no centro de distribuição, vindo das unidades industriais e abatedouros;
- 1b [09:00-17:00] Após descarregado, a carga é acomodada na antecâmara para ser conferida e identificada (colocação de etiquetas próprias para movimentação de acordo com parâmetros de sistema WMS);
- 2a [09:00-17:00] Com a definição de endereço para cada paletes da carga, os produtos são movimentados para câmara de congelados (-18 °C), estocados até que seja requisitado por pedido;
- 2b [22:00-06:00] Na separação de pedidos, um paletes inteiro é movimentado para que o separador colete os volumes para a formação da carga desejada (dentro da câmara);
- 3a [22:00-06:00] Os volumes separados são movimentados até área de expedição, conferidos e alinhados de acordo com a sequência da rota;
- 3b [22:00-06:00] Após finalização da montagem da carga, inicia-se o carregamento e acomodação dos volumes no baú do veículo;
- 4a [23:00-07:00] Dentro da carroceria, os volumes permanecem até o horário definido para a saída da rota;
- 4b [06:00-07:00] Início da fase de transporte e de entregas urbanas (partida), com alcance máximo de 300km (clientes de pequeno e médio porte);
- 4c [14:00-22:00] Retorno dos veículos à base para prestação de contas (devoluções, avarias, comprovantes de entrega);

Figura IV.10: Ciclo horário das atividades da distribuição física do Centro de Distribuição

A tabela IV.5 representa as possibilidades de configuração de cargas em função da paletização e da diversidade de itens.

Tabela IV.5: Configuração de cargas previstas –matriz de possibilidades

	Item Único	Multiproduto / temperaturas
Carga Paletizada	<b>Ideal</b>	<b>Criticidade Moderada</b>
Carga Batida	<b>Crítico</b>	<b>Muito crítico</b>

Tabela IV.6: Aplicação dos medidores de temperatura

Quantidade	Aparelho Medição	Freqüência	Grandezas	Local	Período
3	<i>Data Logger</i>	1 registro a cada 4 minutos	Temperatura/Umidade	e <sub>1</sub> , e <sub>2</sub> , e <sub>3</sub>	7 Dias
1	Termômetro Infravermelho	Não utilizado	Temperatura	e <sub>0</sub> , e <sub>4</sub>	7 Dias
1	Termômetro Tipo Espeto	Manual	Temperatura	e <sub>1</sub> , e <sub>2</sub> , e <sub>3</sub>	14 Dias
1	<i>Data Logger dual</i>	1 registro a cada 0,5 minutos	Temperatura	e <sub>4</sub> , e <sub>0</sub>	14 Dias

Os medidores de temperatura foram localizados conforme a figura IV.9, e a tabela IV.6 resume a aplicação desses instrumentos e o tempo de utilização de cada um. O termômetro infravermelho não foi utilizado devido baixa precisão e alta densidade de volumes nas áreas de medição, principalmente antecâmaras. No seu lugar foi utilizado um termógrafo com sensor dual (capaz de medir temperaturas de ambiente e produto). A tabela IV.6 define as frequências programadas para o registro dos *data loggers* fixos nas antecâmaras da recepção e expedição e na câmara de congelados. Nessas áreas foram utilizados 3 *data loggers* registrando um evento a cada 4 minutos, totalizando 1919 eventos ou cerca de 127 horas de registro em tempo contínuo. No caso do transporte, o *data logger dual* foi programado para cobrir um ciclo de entregas urbanas somado ao tempo de espera para a partida. As medições cobrem uma rota típica de jornada máxima de 16hs.

#### IV.2.4 *Modus Operandi* detalhado

Baseado no anexo A da NBR 14701 (ABNT, 2001), inicialmente o pesquisador realiza uma reunião com os principais envolvidos dos setores onde são definidos os objetivos, as abordagens, locais e horários de coletas de dados, instrumental utilizado para os levantamentos, acesso às áreas operacionais, acesso a dados históricos (se houver). Nessa reunião o pesquisador também define um resumo do modelo operacional da organização, recursos, infraestrutura logística e de refrigeração.

O modelo operacional também é representado por fluxogramas – ver Apêndice B - representando as atividades abordadas na pesquisa; um organograma simplificado com os principais colaboradores na linha de comando da gestão logística e áreas de suporte como manutenção e de informática e, dados quantitativos referentes à distribuição:

- Quantidade de itens totais ativos (*SKU – Store Keeping Units*) -coletar lista dos itens e categorizá-los em congelados, resfriados, frescos – ver Apêndice A;
- Volume de vendas por item (média dos últimos três meses) – ton/item/mês ou unidades/item/mês – ver Apêndice A;
- Quantidade média de rotas/dia – baseado em dados de entrevista;
- Quantidade média de entregas/dia/rota para rotas urbanas – baseado em dados de entrevista ;
- Quantidade de pedidos/clientes atendidos por dia – baseado em dados de entrevista;
- Corte do horário de pedidos – baseado em mapeamento do processo e entrevistas;
- Horário final da roteirização - baseado em mapeamento de processos e entrevistas;
- Horário inicial de expedição - baseado em mapeamento de processos e entrevistas;
- Horário final expedição - baseado em mapeamento de processos e entrevistas;
- Horário inicial saída de veículos para rotas - baseado em mapeamento de processos e entrevistas;
- Último horário de saída de veículos para rotas - baseado em mapeamento de processos e entrevistas;
- Descrever o método de controle de temperatura desde a chegada do produto até a entrega – ver fluxos no Apêndice B;
- Identificar ou confirmar os principais indicadores de desempenho das operações, desde a recepção até o serviço de entrega – levantamento através de entrevistas (ver quadro no Apêndice C).

A figura IV.11 indica a posição relativa no palete para as tomadas de temperatura de produto através da sonda tipo haste de aço inoxidável.

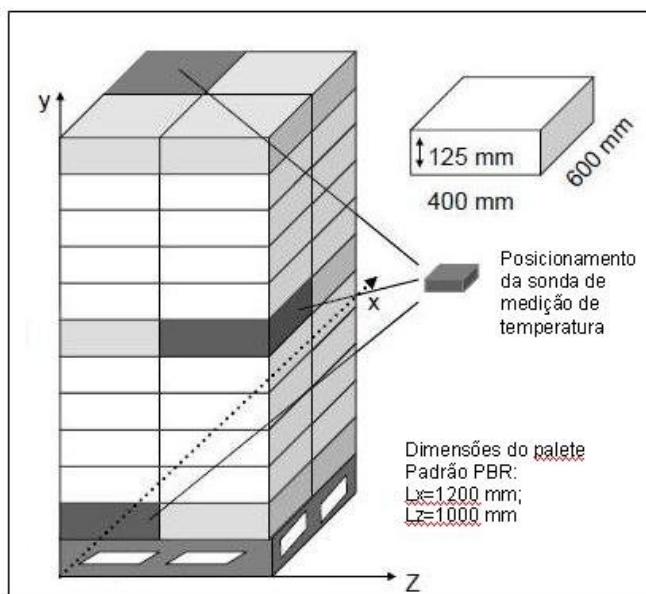


Figura IV.11: Características e dimensões do palete e posição da sonda para medição

Três tomadas são indicadas para um mesmo item em cada palete, variando a posição relativa à altura, uma vez que a troca de calor afeta o palete com diferentes intensidades em posições distintas (MOUREH *et al*, 2002).

O pesquisador iniciará os levantamentos seguindo o caminho físico, na recepção de produtos. O pesquisador escolherá uma carga aleatoriamente em concordância com a organização. Os itens a serem estudados – produtos congelados - escolhidos previamente em função da representatividade mercadológica devem estar contidos parcial ou integralmente na carga escolhida.

O pesquisador, ao acessar o local destinado à medição, deverá respeitar a utilização de uniformes, botas e sistema de higienização e EPI, incluindo luvas e máscaras. Também deverá estar de acordo com as normas internas de segurança, às regras de tráfego, operação e administração.

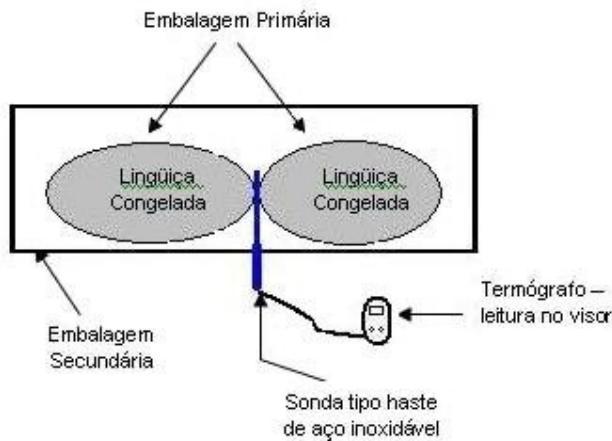


Figura IV:12 Caixa contendo o item investigado e posição da sonda tipo haste adotada no experimento.

**Recepção** - o pesquisador apresentou-se estar munido de um termógrafo do tipo sonda para medição de temperatura de superfície do produto, conforme indicado na figura IV.12 (RAAB *et al*, 2008). Nesse momento, o ar do ambiente estará sendo monitorado por um termógrafo tipo *data logger* com capacidade (autonomia) para 16000 eventos. Programado para registrar 1 evento/registro a cada 4 min em monitoramento contínuo. Fazer no máximo medição de três itens por carga.

Medir Ta: A) Iniciar a tomada de temperatura do primeiro item; B) Para cada item, três medições devem ser feitas (de locais diferentes no palete); C) Marcar o tempo após a terceira medição.

Passar para outro exemplar do mesmo item. Repetir A, B e C até que seja cumprida a cota de levantamentos de acordo com a amostra dimensionada; Medir Tb: Repetir A, B e C até a quantidade definida pelo tamanho da amostra.

**Câmara** - para esse levantamento, um *data logger* estará registrando as temperaturas do ambiente com configuração similar ao aplicado na recepção. A localização do aparelho não deve ser muito próxima da porta para evitar um resultado de variação térmica irreal. A temperatura do produto na câmara se dá com o procedimento de separação dos produtos para a formação do pedido. Após a coleta do palete da estante, deve-se medir a temperatura de um exemplar do item selecionado e devolver ao lote para prosseguir no fluxo de separação. Aguarda-se outra separação, em local de armazenagem diferente, efetua-se a medição, anota-se horários, número do pedido e libera o produto novamente, repetindo esses passos até que a amostragem do dia seja cumprida.

**Expedição** - para esse levantamento, um termógrafo tipo *data logger* estará registrando as temperaturas do ambiente com configuração similar ao aplicado na recepção. A localização do aparelho não deve ser muito próxima da porta para evitar um resultado de variação térmica irreal. Após a coleta do produto na câmara, medir a temperatura do exemplar ao chegar na área de expedição (temperatura  $T_D$  no tempo  $t_D$ ). Aguardar consolidação da carga e antes do embarque medir temperatura  $T_E$  no tempo  $t_E$ . Medir também a temperatura do ambiente da carroceria do veículo antes da lacração.

**Entregas** - para esse levantamento, um instrumento *data logger dual* estará registrando as temperaturas do ambiente. A configuração mais indicada é o registro de um evento a cada 30 segundos, capaz de captar as inflexões na distribuição semicontínua dessa variável. A localização do aparelho não deve ser muito próxima da porta para evitar um resultado de variação térmica irreal – ver figura IV.13. Devido à impossibilidade de acompanhar a rota, o pesquisador treinou as equipes de entrega para fazer o posicionamento do termógrafo dentro da carroceria, utilizando ambos os sensores. Ficou convencionado programar o termógrafo para registrar as variações de temperatura do ambiente da carroceria e dos produtos referente a 18<sup>a</sup> entrega, aplicável para todas as rotas e todos os dias pesquisados.

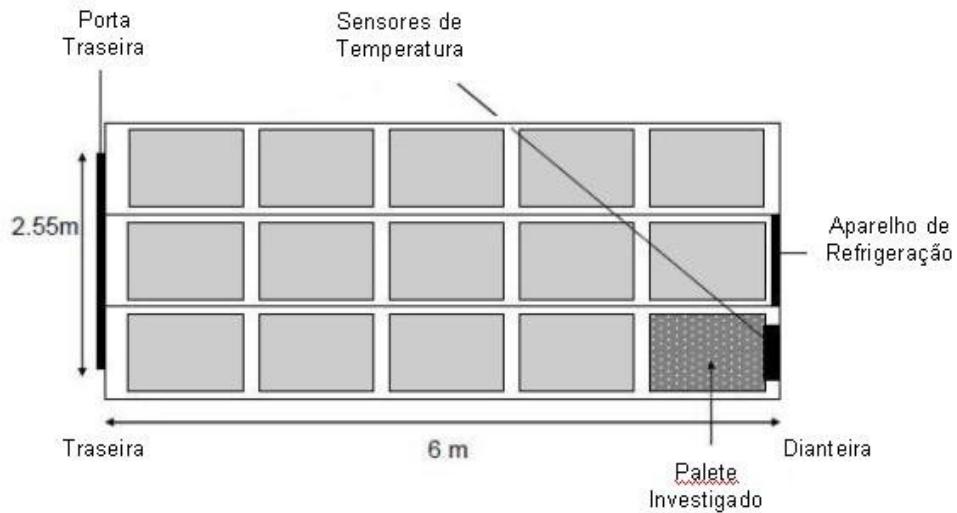


Figura IV.13: Configuração da carroceria e localização do palete-alvo e de sensores de temperatura (Vista de topo).

Premissas adotadas para a fase de coleta de dados

- Todos os dados coletados, medidos e apontados serão submetidos à aprovação do gestor da Empresa;
- O trabalho de levantamento de dados, coleta de temperatura/umidade, entrevistas e observações diretas ou remotas não deverá interferir no pleno funcionamento da operação. Este é um princípio fundamental (princípio da isenção) para que os indicadores logísticos não sejam influenciados pela própria metodologia da experiência ou presença do pesquisador – *Hawthorne Effect* (GRAY, 2004). Para evitar essa tendência, a coleta de dados em locais fixos terá observações não sistemáticas com horários aleatórios;
- Fazer três medições por item selecionado, respeitando simetria de forma e volume;
- Utilizar termômetro de contato para coletar temperatura de superfície do produto;
- Não considerar medições sobre embalagem de papelão plastificado (no caso de itens congelados), devido isolamento térmico dessas embalagens;
- Medir temperatura da superfície do produto, de preferência diretamente sobre a embalagem primária;
- Coletar e registrar medições para cada item separadamente;
- No caso de contato direto com a superfície do produto, aplicar sensor sempre sobre o mesmo local ou em equivalente se o mesmo for simétrico para todas as fases, de  $e_0$  a  $e_4$ ;
- No caso de medição de temperatura sobre a embalagem comercial, padronizar método, instrumento e local de aplicação do sensor para todas as fases, de  $e_0$  a  $e_4$  ;

- Efetuar as medições em sequência compatível com o ritmo operacional normal para que não haja interferência da medição sobre o desempenho operacional. A medição não deve causar atrasos ou transtornos no fluxo operacional;
- Antes de iniciar a medição observar:
  - Se os itens comuns pertencem ao mesmo lote, senão anotar cada lote nas medições;
  - Se as datas de validade para grupos e itens comuns são diferentes; em caso afirmativo, é necessário considerar apontamento das datas para cada medição;
- Reservar espaço para registro do indicador logístico correspondente ao desempenho em cada etapa do processo de distribuição (Recebimento, Separação, Expedição e Entrega). Caso não haja tais indicadores, mapear as necessidades junto ao gestor por meio de entrevista;
- Evitar os dias atípicos (sazonais ou de influência de feriados, p.ex.). Apenas realizar coletas de dados em dias atípicos no caso do ciclo das medições cobrir o período integral sazonal. Por exemplo, se a sazonalidade é mensal, esse traço deve ser incorporado se a medição abordar plenamente a característica até completar o período (de um mês).

#### **IV.3 Tratamento dos dados coletados**

O tratamento dos dados foi sendo efetuado em paralelo à fase de coleta, visto que o instrumento manual registrador de temperatura possui capacidade de armazenagem limitada (*data logger dual*) e, após as medições de cada turno foi necessário fazer o *download* das temperaturas, principalmente do transporte e reprogramar o aparelho para o dia seguinte.

A cada dia, os apontamentos decorrentes das medições de temperatura efetuada nos produtos são digitados em planilha eletrônica MS-EXCEL, de forma estruturada (ver Apêndice E). Essas planilhas com formato padronizado armazenam os registros de temperatura diários de cada etapa mensurada da cadeia do frio. Para cada sessão diária registrada em planilha, calcula-se a média aritmética dos valores medidos, desvio padrão da série e a variância através das fórmulas do próprio programa.

Todos os dados, tanto de registro contínuo quanto de medições manuais, foram tabulados em planilha MS-EXCEL para análise posterior. Os dados advindos de *data logger* fixo, responsável pelo registro de temperatura ambiente, foram exportados do programa TTMD 6.0, da Sensitech para o programa MS-EXCEL.

Para efeito de tratamento de dados, sendo da mesma natureza, os itens linguiça de frango e linguiça suína de pernil não foram separados e não foi detectada diferença relevante entre as características de ambos, seja embalagem, processo de fabricação, modo de

manuseio, tamanho de lotes, validade ou temperatura inicial (chegada do produto ao centro de distribuição).

No capítulo V, são apresentados os resultados obtidos com os dados após tratamento, tabulação e comparação com os padrões de temperatura normativos, comerciais e mercadológicos. Os resultados foram divididos da seguinte forma: geral e resumido (de ciclo completo) para produtos e ambientes; de ambiente (para cada uma das fases); de produto (para cada uma das fases). Além da representação dos resultados em formato gráfico, uma análise das interfaces é considerada.

Adicionalmente, é considerada uma revisão dos conceitos de dispersão, variabilidade, desvio-padrão e variância como forma de fundamentar e justificar o comportamento da variável temperatura ao longo dessas fases operacionais.

## Capítulo V – Resultados

A orientação dos resultados deste trabalho está concentrada nas seguintes premissas e condições:

- Mapear o comportamento da variável temperatura ambiente e de produtos em cada etapa da distribuição física na cadeia do frio, comparando as flutuações com os parâmetros regulamentares e normativos, de acordo com a Portaria 1428/MS, Resolução ANVISA RDC 275, Portaria SVS/MS 326 e Norma ABNT NBR 14701;
- Representar a variabilidade dos processos, baseado no comportamento da temperatura;
- Identificar os fatores logísticos que afetam a cadeia do frio e suas medidas de desempenho;
- Possibilitar a visão global sobre a integridade da cadeia do frio a partir do mapeamento de atividades-componentes com foco logístico.

A visão do ciclo completo da distribuição física com temperaturas mapeadas revela grande variação térmica, desde a recepção até a entrega do produto acabado. Essas variações significam quebra da cadeia do frio que ocorre com a excursão da temperatura acima dos limites máximos toleráveis para produtos congelados.

### V.1 Análise das variáveis tempo e temperatura no processo

No gráfico V.1, construído a partir de valores médios medidos, observa-se temperaturas iniciais e finais de cada etapa para produto e para ambiente relacionados a essas etapas.

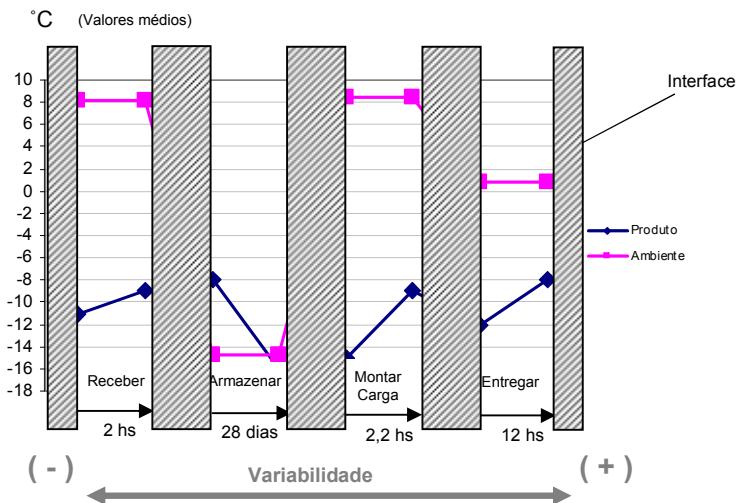


Figura V.1: Perfil das temperaturas (valores médios) para todas as etapas da distribuição física

Na curva referente a produto é possível observar as inclinações com grandes ângulos projetados para aumento de temperatura e, portanto, redução da qualidade e da integridade do produto. O gráfico também indica tempos médios referentes à permanência dos lotes de produtos em cada etapa. A análise do binômio tempo-temperatura ao longo do ciclo do pedido resulta na sequência de gráficos para a análise da gestão logística.

Para melhor ilustrar o impacto térmico sofrido por uma carga ao longo das etapas desta cadeia do frio, considere os pontos relevantes de registros por onde passam os produtos pesquisados:

- i. Uma carga é embarcada pela fábrica através de modal rodoviário, distante em média 500km do centro de distribuição, com temperatura média de -12°C;
- ii. Dentro da carroceria da carreta, a carga troca calor com o meio, com perda de valor térmico entre 1°C e 6°C;
- iii. Ao chegar no centro de distribuição, desprezando o tempo de espera para descarregar, a carga é movimentada para fora da carroceria, em ambiente cuja temperatura oscila entre 5°C e 10°, ficando em média duas horas nessa etapa;
- iv. A carga é endereçada nas câmaras de congelados cuja temperatura gira em torno de -14°C, embora varie entre -10°C e -18°C, permanecendo em média 28 dias dentro do centro de distribuição (média relacionada com os itens medidos nesta pesquisa). Este tempo de permanência possibilita uma redução de temperatura próxima daquela original, depois da saída do túnel de congelamento, da fábrica;
- v. Ao ser solicitado para formar um pedido, os produtos são agregados como carga, sendo movimentados para uma antecâmara de expedição sob temperaturas de 8°C por duas horas em média, aguardando para ser carregado em um caminhão baú de entrega;
- vi. A carga embarca em um baú com temperatura média de 22°C e ali permanece por cerca de 4 horas até iniciar a sequência de entregas. Nos casos de pré-resfriamento da carroceria, esta prática permite que a troca de calor seja menor em amplitude;
- vii. Para cada parada de entrega, a troca de calor com o meio externo, através da abertura de portas, provoca perdas térmicas na temperatura do ar interno e consequentemente dos produtos. Os itens, dependendo da ordem da parada, podem perder de 30 a 70% da carga térmica inicial, ao ingressar no baú.

## V.2 Análise das interfaces e considerações sobre a hipótese formulada

Essas atividades encadeadas a partir do centro de distribuição são retratadas na figura V.1. Ainda no gráfico V.1, observa-se um “degrau” da variável temperatura entre o final de uma etapa e o início da próxima, decorrente de variação na interface dessas etapas. A interface entre duas etapas normalmente representa uma atividade de ligação ou transição nos relacionamentos logísticos. Por exemplo, após a conferência da carga recebida na antecâmara,

a próxima etapa envolve atividades de tratamento sistêmico e comandos operacionais. Caso haja aumento da temperatura da carga entre o final da conferência e o início da movimentação para armazenagem, esse fenômeno é resultado da influência do gradiente de temperatura do ar ambiente da antecâmara por um período de tempo.

Medindo as temperaturas de produtos e atmosferas, do início e final de cada etapa da distribuição física, constata-se aumento real da temperatura do produto e grande dispersão dessa variável em relação aos valores médios. Os elos entre etapas, ou interfaces, conforme figura V.1, são preenchidos por movimentações de cargas e apresentam desníveis de temperatura. A permanência média do produto na área de armazenagem (28 dias) também revela que a organização produz para estoque.

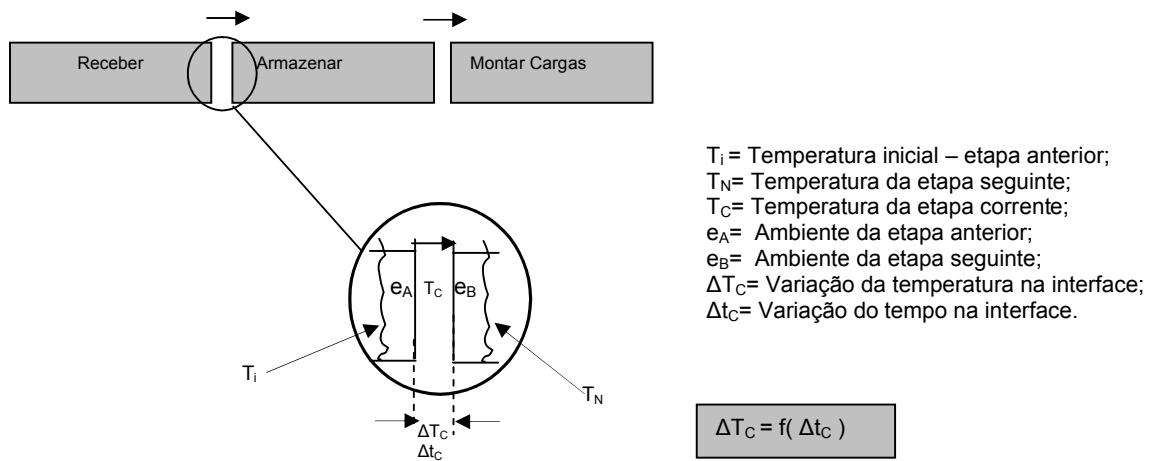


Figura V.2: Análise de fatores envolvidos na interface entre etapas da distribuição física

A prática de produzir para estoque significa que o método de rotação dos estoques e o controle de datas de validade estão sujeitos a um programa inflexível de previsão de demanda e, portanto, de manufatura. A pouca flexibilidade na reposição de lotes de produtos pode resultar em perdas de vida de prateleira e até a redução da capacidade de venda do produto devido proximidade do prazo limite de validade, embora se pratique o FIFO. Esse perigo ocorre em situações de incerteza na demanda, por exemplo, ocasionando aumento dos estoques ou do tempo de atendimento do pedido (*lead-time*).

O estudo da região de interface entre duas etapas consecutivas revela que, embora a temperatura do produto seja uma função da variação térmica do ar do ambiente na interface, a influência da temperatura inicial do produto (inércia térmica) e do tempo de exposição na interface são componentes que afetam diretamente a temperatura do produto durante a permanência na região de interface.

A análise das interfaces leva a considerar três forças envolvidas nesses elos (figura V.2): 1) histórico de temperatura ( $T_i$ ), 2) variação térmica relacionada à intensidade da troca de calor ( $\Delta T_c$ ), e 3) tempo de exposição nesse meio ( $\Delta t_c$ ). A variável tempo é um atributo de

controle no domínio da gestão logística, nesse caso associada ao lead-time (RUSHTON, CROUCHER e BAKER, 2006; ENARSSON, 2006). O aumento da variabilidade resulta em incerteza e reduz a visibilidade necessária para o comando logístico da operação (SAMBANDAM, 2001).

Este trabalho teve a seguinte hipótese declarada na seção introdutória: *A estabilidade térmica do produto durante a distribuição física depende da eficiência da gestão logística*

Esta hipótese, acerca da população em estudo, de alimentos congelados em um centro de distribuição, com base em levantamentos amostrais, embora tenha possibilidade de teste estatístico, será orientado para uma decisão dedutiva.

Inicialmente é necessário esclarecer o significado do termo *estabilidade térmica do produto*. Para a cadeia do frio, a estabilidade representa um perfil com pequenas ou mínimas flutuações de temperatura, tanto para o produto quanto para o ar que o envolve. O comportamento estável se contrapõe ao perfil de alta variabilidade que foi apresentado neste trabalho, envolvendo a distribuição física.

Através dos resultados apresentados, ficou evidente que a variável dependente, temperatura do produto, está relacionada com trocas de calor do meio onde se situa e essas trocas de calor apenas acontecem porque o produto está transitando por meios diferentes, desde a fonte produtora até os pontos de consumo, perturbando a estabilidade térmica em cada interface desses meios.

Baseado na definição da logística como sendo *todo e qualquer processo, recurso e método responsável pelo planejamento, operação e controle do fluxo de materiais de uma fonte produtora para um ponto de consumo, de forma econômica, eficiente e adequada ao cliente*, entendemos que o termo *eficiência da gestão logística* esteja associado aos atributos qualidade, economia e eficiência operacional. A qualidade afeta diretamente o produto que está sendo escoado. O parâmetro economia, que é um indicador restritivo para a logística, também afeta a cadeia do frio, uma vez que a logística realizada em ambiente de temperatura controlada é inherentemente mais dispendiosa.

Da mesma forma, o terceiro atributo que é a eficiência operacional, possui muitos desdobramentos de indicadores, uma vez que se comporta como um vetor de onde parte muitas possibilidades de gerar eficiências, sendo que para a cadeia do frio, o termo eficiência está intimamente relacionado com a grandeza tempo. Essa grandeza, como foi citada nesta seção, é um dos atributos primordiais da logística.

No caso de uma hipótese nula, antítese da hipótese original, a mesma poderia ser enunciada da seguinte forma: *a estabilidade térmica do produto durante a distribuição física não depende da eficiência da gestão logística*. Diante dessa nova forma de associar os elementos estabilidade térmica, desempenho e gestão logística, é seguro afirmar que a hipótese declarada não deve ser rejeitada, sob pena de negar um único fator logístico

responsável por influenciar a estabilidade térmica dos produtos para a cadeia do frio pesquisada.

### V.3: Análise gráfica das flutuações térmicas por etapa da distribuição física

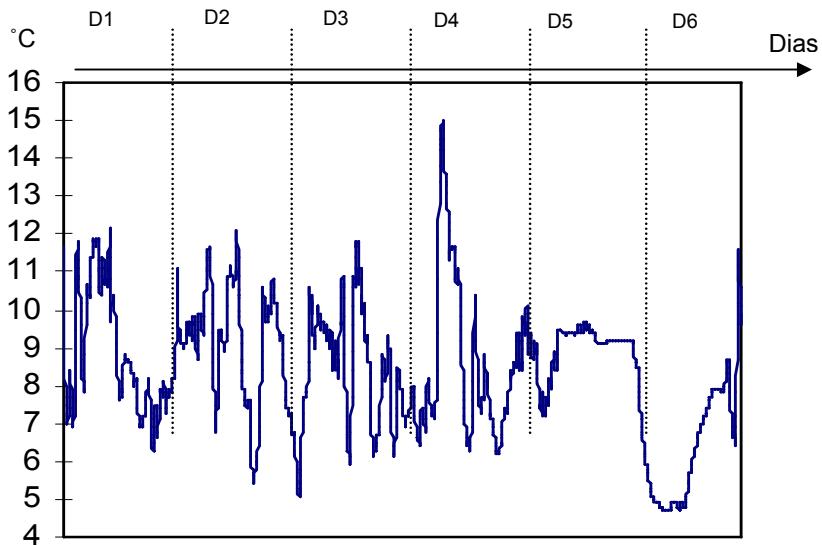
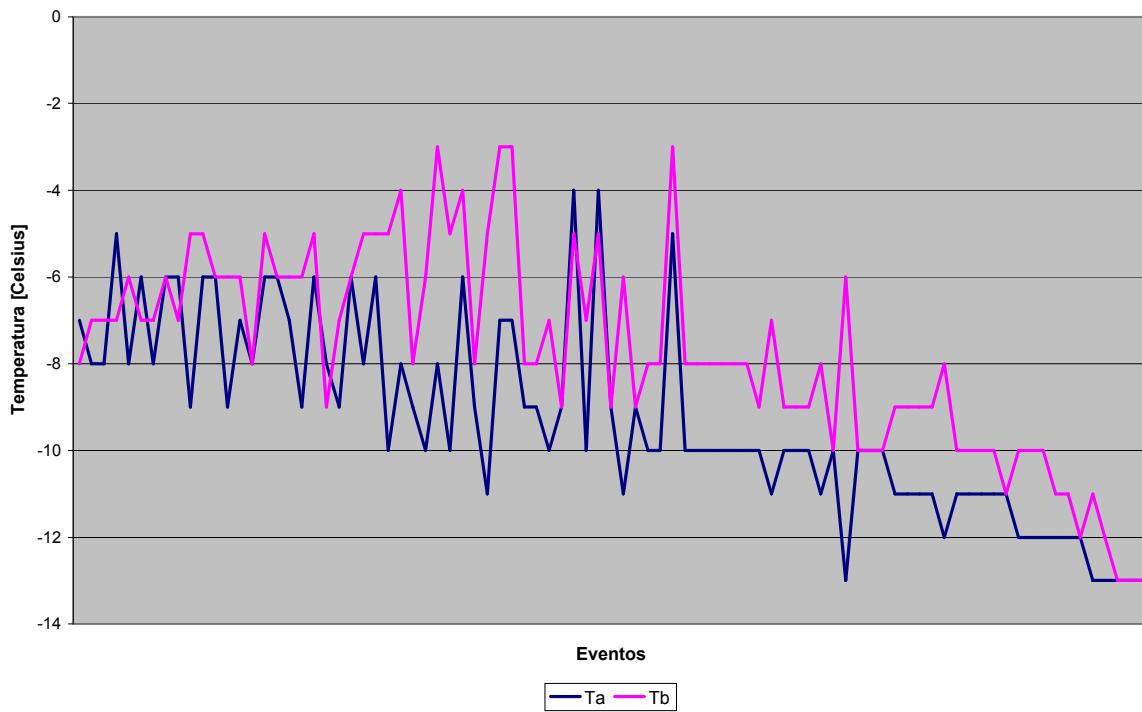


Figura V.3: Variação de temperatura do ar na antecâmara da recepção.

A partir de dados registrados por termógrafo tipo *data logger*, a figura V.3 representa o comportamento da variável temperatura do ar dentro da antecâmara de recebimento de produtos, junto às docas de estacionamento de caminhões. Essa região é crítica, visto que sofre grande influência da temperatura do meio externo, sendo exposta a altas temperaturas (de 25°C a 39°C). A abertura e fechamento das portas dotadas de material isolante térmico, embora controlada com rigor, é frequente e sujeita às condições operacionais. A grande variabilidade da temperatura do ar nesse ambiente, confirmada pelas amplitudes – entre 5°C e 15°C – deve ser analisada em conjunto com o tempo de permanência dos produtos.

A figura V.4 representa o comportamento da variável temperatura do produto medido para os dois itens pesquisados na etapa recebimento (ambos da mesma natureza em termos de processo de congelamento). Foram medidas as variáveis  $T_a$  e  $T_b$ , sendo  $T_a$  a temperatura do item no momento da descarga e  $T_b$  a temperatura do mesmo item momentos antes dessa etapa ser concluída. O tempo decorrido entre as medições de  $T_a$  e  $T_b$  constitui o tempo médio de recebimento de cargas definido na figura V.1. Essas grandezas foram registradas com um termômetro tipo espeto de contato com a superfície do produto sobre a embalagem primária. O eixo horizontal do gráfico representa os registros medidos ou eventos de medição, sendo que cada ponto é uma caixa e um evento medido e registrado em planilha para um determinado produto.



Ta – Temperatura do item medida no início do recebimento do produto na antecâmara

Tb – Temperatura do item medida no final da fase de recebimento de produtos na antecâmara

Figura V.4: Variação de temperatura de produto Ta e Tb, dentro da antecâmara da recepção.

A partir dos dados registrados com medidor de temperatura dotado de sensor tipo espeto para contato direto, a análise do gráfico da figura V.4 deve considerar o par de medidas (Ta, Tb) e a distância entre cada elemento desse par, sendo Ta a temperatura inicial e Tb a temperatura final do produto. Quanto maior à distância entre Ta e Tb, maior a variação térmica, maior a troca de calor com o meio e mais tempo de permanência no mesmo local. Análogo à variação da temperatura do ar na antecâmara de recebimento, observa-se uma grande variabilidade de Ta e Tb, com tendência para aumento térmico geral da carga recebida.

Uma vez que essa carga, após liberação da conferência, vai entrar em uma câmara frigorífica com sinais de degelo, incluindo o aparecimento de “suor” na embalagem externa ou no palete quando o mesmo está revestido de película de polietileno (filme *stretch*), significa que o mesmo perdeu água antes de entrar na câmara de congelado e esta água congelará durante o período de permanência da carga dentro da câmara frigorífica que opera em condições entre 14°C e -18°C. Embora não seja de conhecimento geral, esse fenômeno, de fácil observação, denuncia um processo de recongelamento ou quebra da cadeia do frio (com excursões térmicas acima do limite regulamentar de -12°C), reconhecido ao chegar em um estabelecimento comercial.

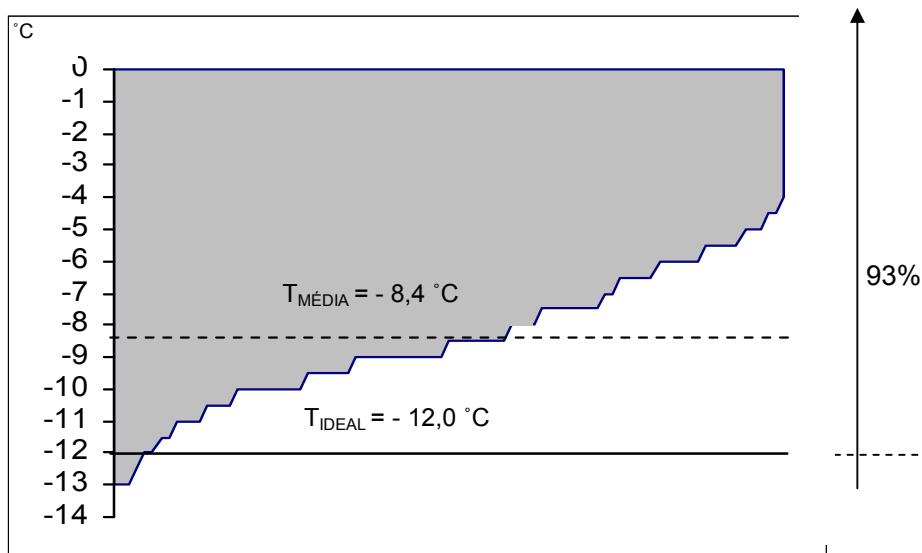


Figura V.5: Proporção de registros na recepção com temperatura acima do valor recomendado.

O gráfico da figura V.5 representa a participação de registros cujos valores estavam acima da temperatura indicada como ideal, de  $12^{\circ}\text{C}$ , para o estudo do comportamento térmico na fase de recebimento do produto. É constatado que 93% dos registros efetuados estão fora da temperatura adequada para a cadeia do frio e que a média desses registros fica bem longe do ideal:  $-8,4^{\circ}\text{C}$ . Uma característica de destaque desta fase é a influência da inércia térmica, relacionada à tendência de instabilidade térmica após violações e quebras da cadeia do frio em etapas anteriores. Por exemplo, durante a viagem, no caso de pane do veículo, com parada não programada e interrupção do funcionamento da unidade de refrigeração, toda a carga pode sofrer com o aumento da temperatura do ar interno da carroceria. Esse evento continua afetando a carga mesmo após a retomada da viagem e regularização do funcionamento do aparelho de refrigeração veicular, pois as trocas de calor não cessam imediatamente, gerando variações de amplitudes decrescentes.

As câmaras frigoríficas são salas destinadas a manter a temperatura de produtos congelados, trabalhando com ventilação forçada. A abertura de portas provoca trocas de calor com o meio externo, geralmente com temperaturas mais altas, resultando em perda da carga térmica agregada ao produto. O gráfico da figura V.6 demonstra que a temperatura do ar dentro da câmara frigorífica, medida por um registrador *data logger*, varia perigosamente com amplitudes máximas entre  $-17^{\circ}\text{C}$  e  $-10^{\circ}\text{C}$ . As atividades operacionais de controle logístico como movimentação, inventário, embalagem, arrumação de prateleira e remanejamento de paletes são críticas e afetam diretamente a integridade do produto provocando variação da temperatura do ar.

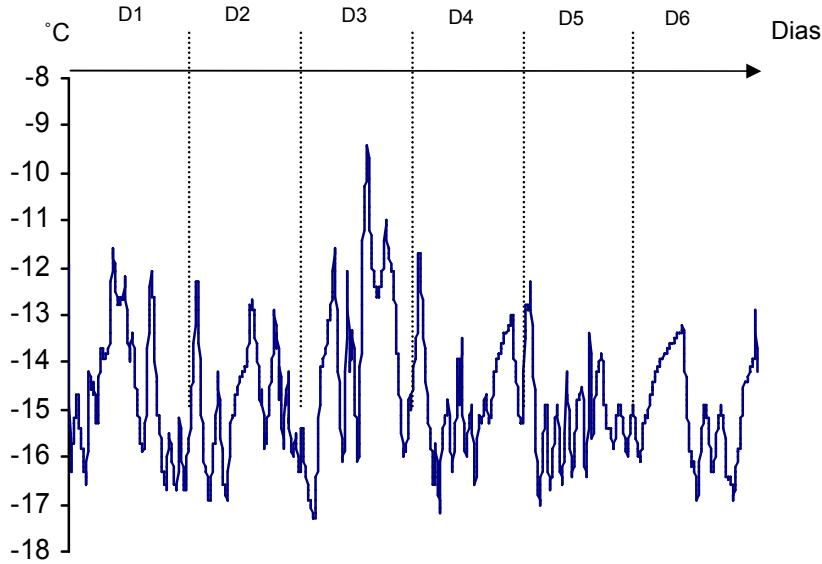
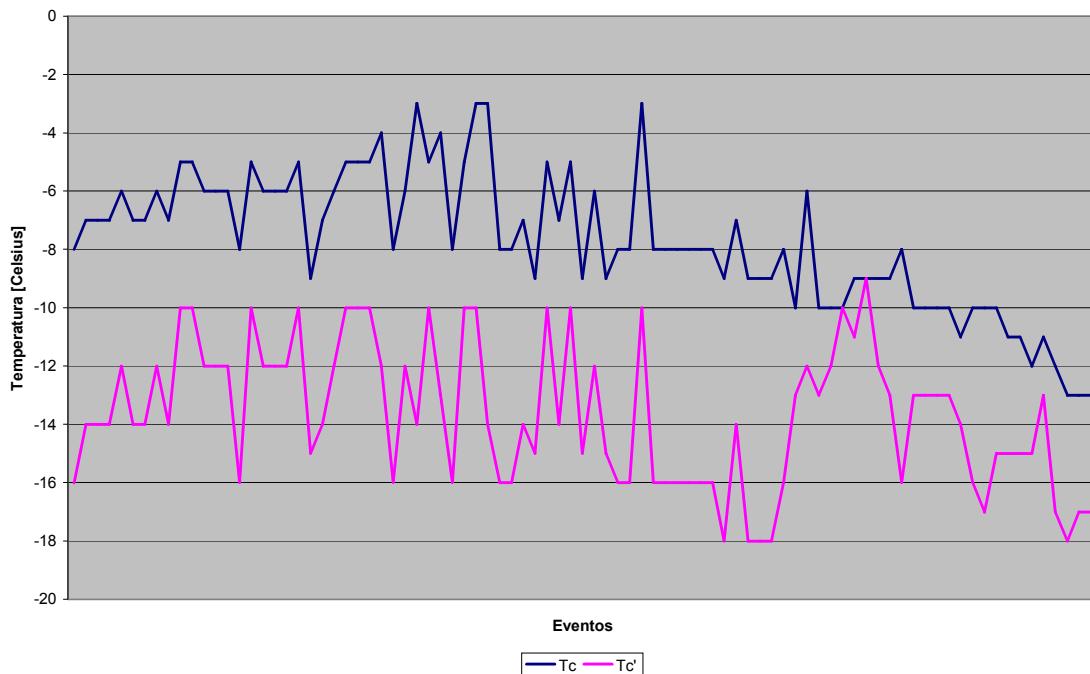


Figura V.6: Variação de temperatura do ar na câmara frigorífica.



Tc: temperatura do produto medida antes de ingressar na câmara frigorífica

Tc': temperatura do produto medida logo após a saída do produto da câmara frigorífica

Figura V.7: Variação de temperatura de produto Tc e Tc', dentro da câmara frigorífica

Dentro da câmara, a variação de temperatura do ar modela e controla a variação térmica dos produtos nesse ambiente. Conforme visualizado no gráfico da figura V.7, as temperaturas iniciais e finais dos produtos, Tc e Tc' respectivamente, apresentam grande

diferença relativa. Essa diferença entre temperatura de entrada e de saída está relacionada com o método de rotação de estoque, estratégia mercadológica, histórico de temperatura do produto, rendimento da unidade de refrigeração e ventilação e variação da temperatura dentro da câmara (provocada por frequentes trocas de calor). As medições foram feitas diretamente sobre a superfície da embalagem primária do produto em dois momentos, sendo a primeira, imediatamente antes da entrada do mesmo na câmara e a segunda, logo após a saída do produto da câmara com destino à expedição. Considerando que, em média os produtos dessa categoria (linguiça congelada) permanecem por cerca de 28 dias dentro da câmara, há redução drástica de temperatura do produto devido exposição por tempo prolongado.

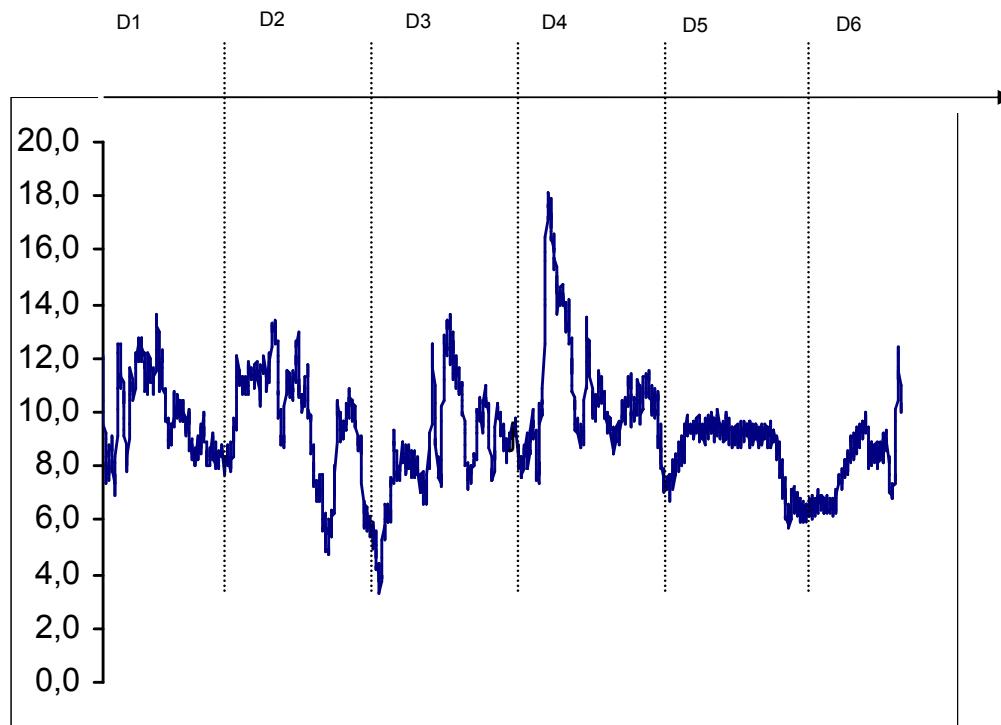
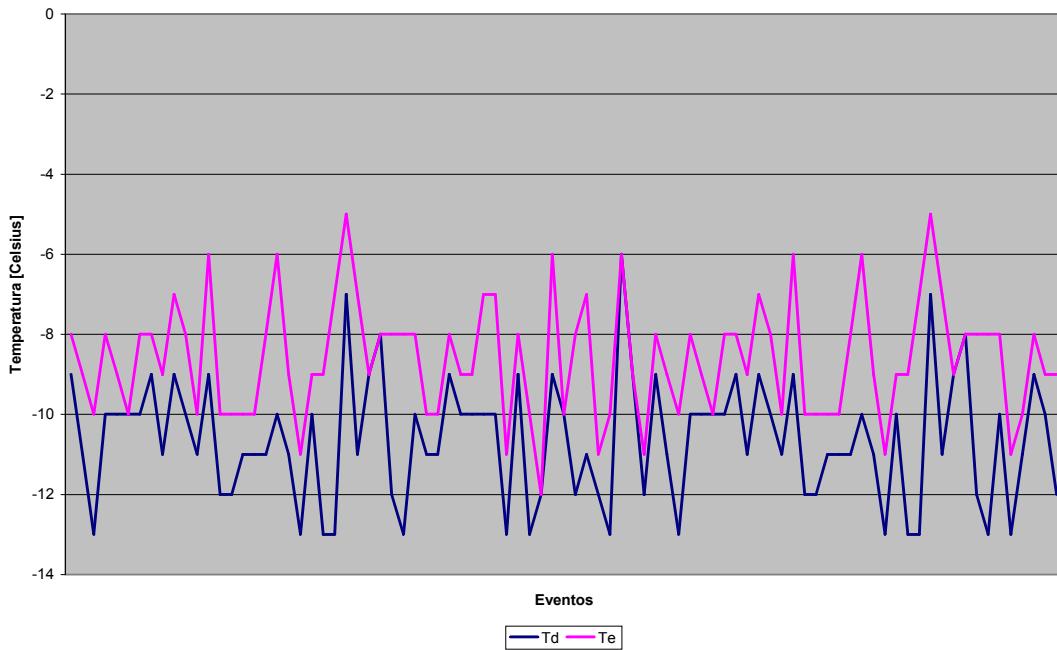


Figura V.8: Variação de temperatura do ar na antecâmara de expedição.

Através da figura V.8, observa-se grande variação da temperatura do ar no ambiente da antecâmara da expedição, ao longo de 6 dias de medição. Em função de anomalias operacionais, esse ambiente sofre com amplitudes térmicas que chegam a 18°C. A medição dessa variável foi efetuada através de um registrador data logger, com programação para 6 dias, executando um registro a cada quatro minutos. A antecâmara da expedição do Centro de Distribuição está próxima às docas que acessam os baús dos veículos, ficando exposta frequentemente à troca de calor, principalmente nos horários de picos de atividade de carregamento, com troca de veículo nas docas.



Td: temperatura do produto medida logo após chegada na área de expedição

Te: temperatura do produto medida pouco antes de embarcar no baú do veículo

Figura V.9: Variação da temperatura de produto Td e Te, dentro da antecâmara de expedição.

O gráfico da figura V.9 indica que o aumento da temperatura na interface entre as etapas armazenagem e separação/expedição afeta toda a série de dados, com amplitudes entre 0°C e 6°C.

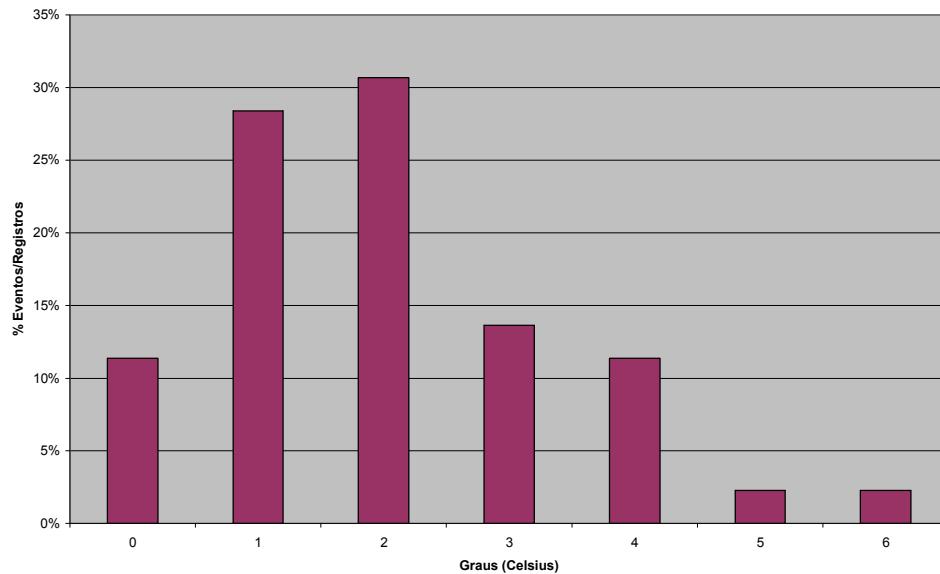


Figura V.10: Distribuição das diferenças entre Td e Te na expedição.

A variação brusca de temperatura em intervalo curto de tempo se dá devido à intensa troca de calor afetando a carga ao transitar, movimentar, manusear, empilhar, paletizar,

conferir e embalar, depois da saída da câmara de congelados. A atividade de separar e carregar cargas para entregas envolve também a abertura de portas, afetando diretamente o ar do ambiente. As diferenças entre temperatura inicial ( $T_d$ ) e final ( $T_e$ ) na etapa de separação e carregamento pode ser visualizada no gráfico da figura V.10. A diferença média dos eventos fica em torno de  $2^{\circ}\text{C}$ , sendo que foi registrado evento com até  $6^{\circ}\text{C}$  de diferença.

Importante ressaltar que essas temperaturas foram medidas com termômetro digital com sensor acoplado à haste de aço inoxidável através de contato com o produto. O mesmo produto foi medido duas vezes, sendo a primeira para resultar em  $T_d$ , ou a temperatura inicial da fase de expedição e  $T_e$ , ou temperatura final da fase de expedição. As diferenças entre essas medidas, para um mesmo produto, foram tabuladas em planilha e apresentadas na figura V.10.

A seguir, na fase de entrega dos pedidos, do Centro de Distribuição para o pequeno e médio varejo, os dados foram levantados a partir de medição com um aparelho registrador de temperatura *data logger dual*, com um sensor para o ambiente (baú do veículo) e outro para o produto. Os dados foram armazenados e baixados diariamente, gerando uma planilha para cada dia de entrega. Apenas uma rota por dia foi mapeada em função da limitação de recursos.

Após a tabulação dos dados, o levantamento dos gráficos para representar o comportamento da variável temperatura considerou os seguintes componentes:

- PR1, PR2, ...PR5 – Temperatura do Produto, Dia 1, Dia 2, ..., Dia 5
- AV1, AV2, ..., AV5 – Ambiente do Veículo, Dia 1, Dia 2, ..., Dia 5
- AP – Aguardando a Partida
- P - Partida
- E1, E2, ..., E18 – Entrega 1, Entrega 2, ..., Entrega 18

As curvas gráficas a seguir foram construídas através da temperatura instantânea no momento do evento (não é média) e a ligação entre dois pontos significa a semireta formada por duas temperaturas medidas pelos instrumentos no momento em que o evento ocorre.

A fase de transporte da distribuição física é bastante crítica devido à quantidade de fatores que concorrem para influenciar a estabilidade térmica e a dificuldade em monitorar o comportamento desses fatores. Para obter resultados realísticos e captar os dados com segurança e confiabilidade, foi necessário capacitar os entregadores a preservar o posicionamento do termógrafo após a instalação do mesmo. E após a 18<sup>a</sup>. entrega, o aparelho é desligado, recolhido e devolvido. Cada dia uma nova rota e uma nova equipe de entrega com outro veículo (embora padronizado em termos de capacidade de refrigeração e isolamento) foi alocado para colaborar com a pesquisa.

Todas as condições, métodos e procedimentos da empresa foram mantidos durante a pesquisa. O pré-resfriamento foi um procedimento que, embora já existente, afetou com diferente participação sobre o resultado. Obviamente, a qualidade e integridade de produtos

em rotas cujos veículos foram pré-resfriados são superiores, sendo apenas depreciadas caso não haja capacitação dos entregadores, outro fator importante relacionado à gestão logística. A temperatura média do ar externo, do ambiente aberto em agosto de 2010 na região norte do município do Rio de Janeiro ficou em 22°C, sendo que a máxima durante a pesquisa ficou em 28°C e a mínima em torno de 18°C, nos horários de medição da fase de transporte, ou seja entre 22:00hs e 17:00hs.

Embora a temperatura do ar externo, do ambiente aberto, seja uma variável importante para considerar na análise da troca de calor em uma parada programada da rota, essa é uma variável independente e cujo comportamento não foi incluído na pesquisa. Apenas a temperatura máxima, mínima e média do período de coleta de dados (5 dias) foi reportado. Efeitos mais contundentes e expressivos da temperatura ambiente no regime operacional de transporte durante o verão provavelmente causa redução da quantidade de entregas e de paradas.

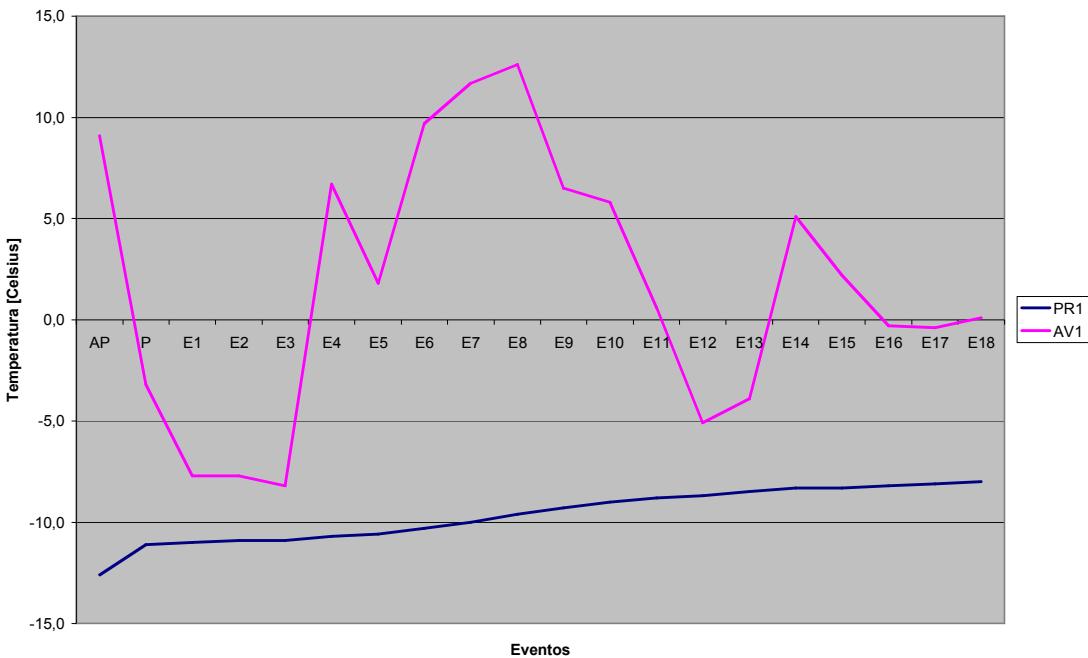


Figura V.11: Perfil da temperatura de produto e ambiente durante entregas. Dia 1.

Em função da temperatura inicial de embarque e das perdas com a troca de calor entre carga e ambiente, um grande degrau é identificado na rota do dia 1, entre os momentos AP e P, conforme figura V.11. Após essa perda com forte amplitude, a temperatura da carga continuou subindo de forma quase linear, apesar da temperatura do ar dentro da carroceria tenha excursionado a 12,6°C.

No gráfico da figura V.12, o perfil das curvas apresenta influência de um conjunto diferente de fatores. O aumento da temperatura do produto não está relacionado apenas a

variações de temperatura do ar do ambiente, mas também devido a troca de calor com o restante da carga e devido influência da inércia térmica, pois provavelmente parte da história de trocas de calor não retratado nesta fase afetou tais produtos catalisando o gradiente de temperaturas.

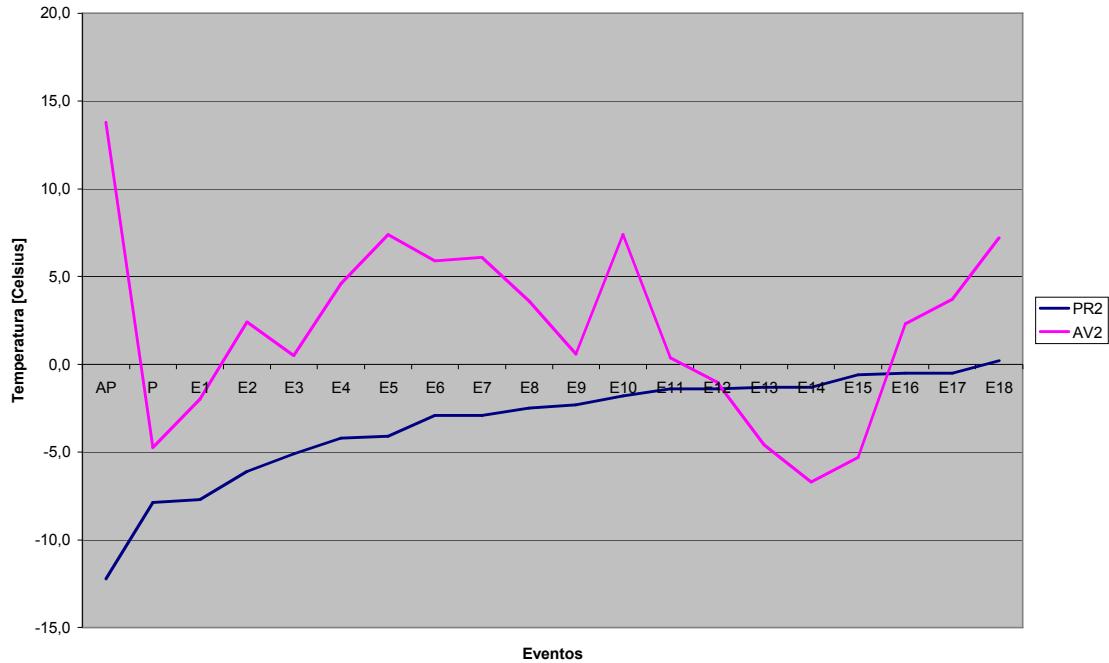


Figura V.12: Perfil da temperatura de produto e ambiente durante entregas. Dia 2.

Diferente do comportamento da temperatura do ambiente da carroceria no dia 2, o gráfico da figura V.13 apresenta uma excursão mais perigosa da temperatura da carroceria no dia 3 com um desempenho melhor de final de rota (fixando a temperatura final da entrega 18). Também, a partir desse perfil do dia 3, novos fatores podem ser considerados importantes e que não se destacaram nos dias anteriores. Ressalta-se a influência de fatores como a estrutura de recebimento do cliente, facilitando ou dificultando o procedimento de entrega, a otimização da rota referente a sequenciamento e prioridades, e o tamanho médio dos pedidos.

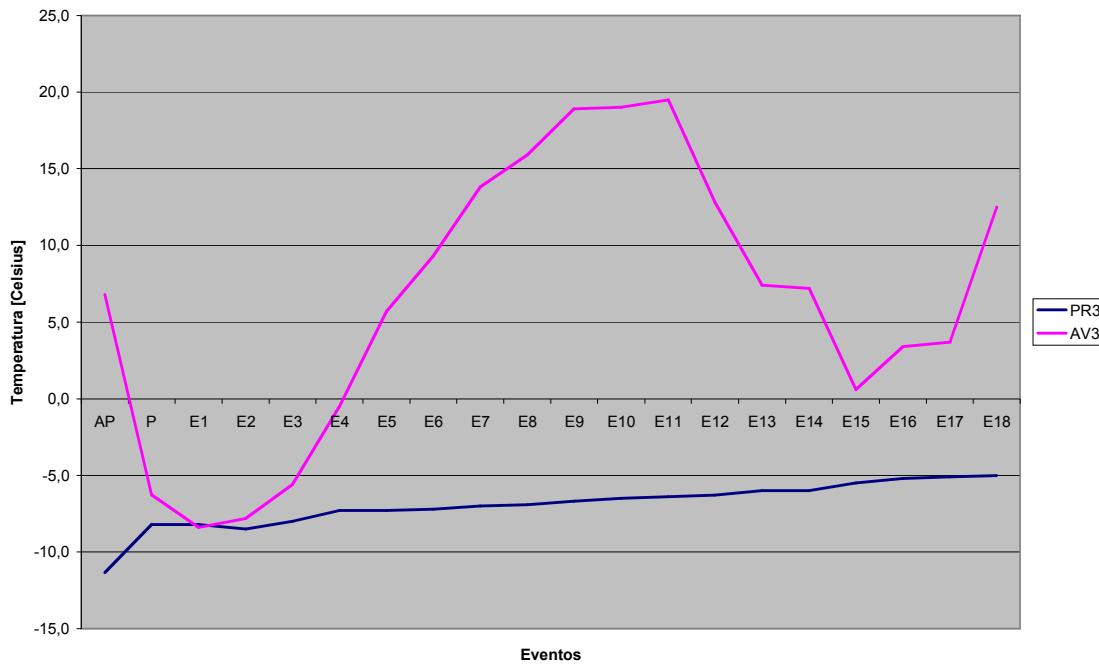


Figura V.13: Perfil da temperatura de produto e ambiente durante entregas. Dia 3

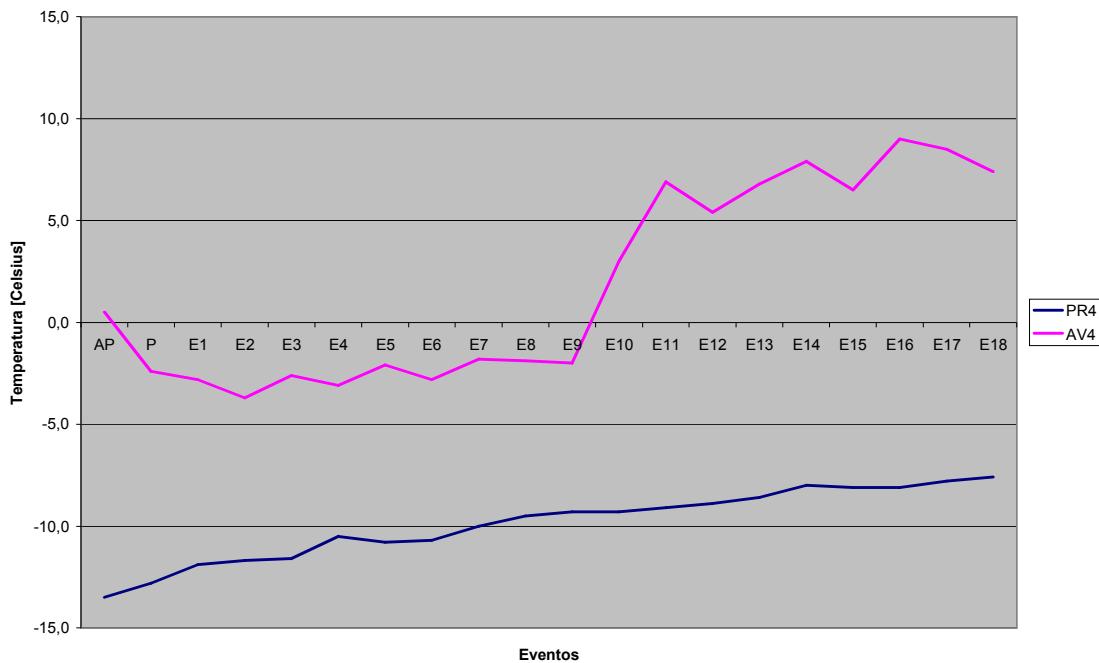


Figura V.14: Perfil da temperatura de produto e ambiente durante entregas. Dia 4

No comportamento da temperatura do ar da carroceria referente ao dia 4 (figura V.14), é significativo considerar a boa preparação do ambiente, com pré-resfriamento adequado e

operação do aparelho de refrigeração bastante disciplinado, pois até a entrega 9 (E9), a temperatura da carroceria é adequada. Esse perfil se deve a fatores relacionados às circunstâncias e parâmetros relacionados com o planejamento da rota, do roteirizador e do roteirista. Se uma única parada congrega várias entregas, então com uma única abertura de porta, mais de uma entrega poderá ser feita. Entretanto, caso haja pedido de tamanho maior, mais espaço vazio terá o baú, catalisando o aumento da temperatura no interior do mesmo devido efeito entálpico.

Finalmente, a análise do perfil de temperatura para a experiência do dia 5 resultou em considerar novamente o efeito nocivo da temperatura do ar no interior da carroceria que se manteve alta em grande parte da jornada de entrega (figura V.15). O comportamento da temperatura do produto é bastante linear, com inclinação praticamente constante e contínua desde a partida. A troca de calor sofrida com aberturas sucessivas de portas pode ser observada mais nitidamente no gráfico, entre as entregas E6 e E18. Entretanto, uma anomalia aconteceu na parada referente a entrega 6, com resultados irreversíveis. O degrau de E5 para E6 é bastante descontínuo e inclinado, denunciando um procedimento errado, falha humana de operação do aparelho de refrigeração, tempo excessivo com porta aberta exposta ao meio externo.

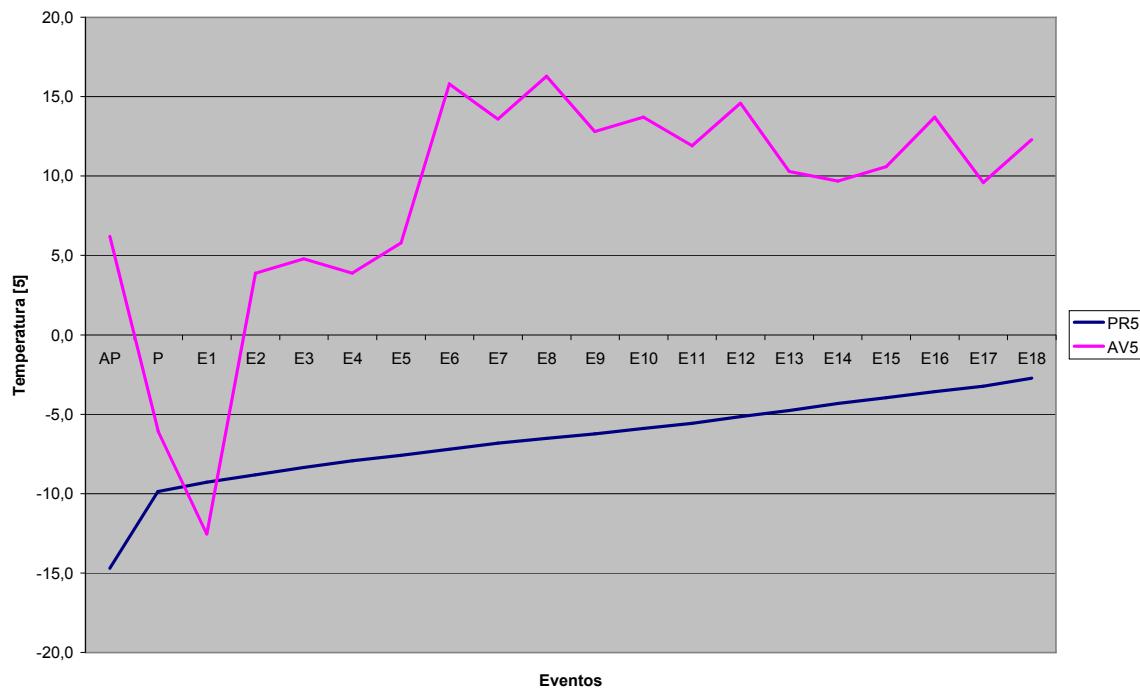


Figura V.15: Perfil da temperatura de produto e ambiente durante entregas. Dia 5

## V.4 Fatores Logísticos

### V.4.1 Análise das medidas de dispersão

Preliminarmente, é necessário fundamentar o conceito de variabilidade e dispersão associado a este experimento. Segundo FREUND (2006), “uma característica da maioria dos conjuntos de dados é que os valores não são todos iguais entre si; de fato, a extensão de sua diferença, dispersão ou variabilidade é de fundamental importância na Estatística”. Ainda segundo este autor: “A medida da variabilidade tem importância especial em inferência estatística”. Para explicar melhor o sentido de variabilidade, FREUND introduz o conceito de medida de dispersão, representado pelo desvio-padrão. Segundo COOPER e SCHINDLER (2003), “variabilidade é outro termo para medida de dispersão dentro de um conjunto de dados”. Para um conjunto de dados, a dispersão é pequena se os valores estão bem concentrados em torno da média e é grande se os valores estão muito espalhados em torno da média.

De acordo com MALHOTRA (2004), as medidas de dispersão, que quantificam a variabilidade de uma distribuição, são representadas pelo intervalo, intervalo interquartil, a variância (ou o desvio padrão) e coeficiente de variação. A definição de variância para este autor é “o desvio quadrático médio de todos os valores em relação à média”.

Para testar o grau de dispersão dos dados em relação à média calculada, são utilizadas as medidas de dispersão, a saber: o desvio-padrão e a variância. Para o experimento, os valores médios de temperatura, medidos em cada etapa através dos levantamentos manuais com o auxílio dos termógrafos, depois de tabulados, são calculados pela fórmula de média aritmética diretamente através de uma função interna da planilha eletrônica MS-EXCEL. O desvio-padrão e a variância foram igualmente calculados com o auxílio dessa ferramenta.

Considerando que o objetivo da cadeia do frio é a manutenção das propriedades térmicas dos produtos ao longo de uma sequência de atividades, considera-se um fator crítico para obtenção desse objetivo a diferença entre a média de temperatura calculada e o valor normativo para esta variável, segundo NBR 14701 ou outra legislação pertinente. Nesse caso, a referência normativa passa a ser o próprio padrão do mercado para esta classe de produtos, fixando a temperatura em toda a cadeia em -12°C.

A análise dos resultados deve considerar os indicadores de medidas de dispersão, atributos estatísticos importantes para retratar a variabilidade de um fenômeno, como o desvio padrão e a variância, usados para medir o grau de dispersão em relação a valores médios. Com base apenas nos dados referentes à temperatura do ar em cada ambiente pesquisado (antecâmara de recepção, sala de estoque congelado, antecâmara de expedição e baú do veículo), observa-se relevante e crescente dispersão desde a chegada dos produtos no centro

de distribuição, passando pelas câmaras, até chegar ao cliente através do transporte – ver tabela V.1.

Tabela V.1: Medidas do grau de dispersão da variável temperatura de ambientes pesquisados

Atividade	Local	Média	Desvio Padrão	Variância
Recebimento	Antecâmara Recepção	8,1	1,2	1,6
Armazenagem	Câmara Frigorífica	-14,7	1,4	1,9
Separação/Carregamento	Antecâmara Expedição	8,4	1,8	3,2
Transporte/Entregas	Rota Dia 1	0,7	5,4	29,8
	Rota Dia 2	0,9	8,2	67,1
	Rota Dia 3	1,9	10,8	116,3
	Rota Dia 4	1,7	8,6	74,7
	Rota Dia 5	2,8	13,5	181,5

A tabela V.1 foi construída a partir dos dados planilhados (ver Apêndice E) da amostra medida através dos instrumentos registradores fixos de temperatura (*data loggers*). O cálculo foi efetuado com auxílio da planilha eletrônica Excel, utilizando as formulas abaixo:

MÉDIA: Fórmula Excel → **MÉDIA(núm1;núm2; ...)**;  $\bar{x} = \sum(x_i)/n$

$$\text{DESVIO PADRÃO: Fórmula Excel → } \text{DESPAD}(núm1;núm2;...); \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

$$\text{VARIÂNCIA: Fórmula Excel → } \text{VAR}(núm1;núm2;...); \frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

Considerando que o valor normativo e comercial recomendado para os produtos congelados é fixo e igual a -12°C em toda a cadeia, os parâmetros apresentam dispersão crescente na direção do fluxo físico, ou seja, o desvio padrão para temperatura do ar no transporte é maior do que na separação/carregamento, que é maior do que na armazenagem, que é maior do que no recebimento dos produtos. Essa mesma lógica vale para a variância. A dispersão medida através da variável temperatura representa a variabilidade das atividades no

domínio da logística. Por exemplo, duas cargas semelhantes podem sofrer diferentes tratamentos no setor de recebimento, causando diferentes impactos no perfil térmico e, consequentemente, maior dispersão em termos de desempenho ou em termos de estabilidade térmica dos lotes recebidos.

#### **V.4.2 Identificação dos fatores logísticos**

Analizando a fase de recebimento, com uma duração média de 2 horas, foram observadas e identificadas as principais causas de permanência da carga sob ambiente impróprio, depois de descarregada. Essas causas são agentes geradores de gargalos logísticos no processo de escoamento físico e estão associados aos fatores logísticos descritos na tabela I.2, cap.I, pg.23. O autor observou as seguintes causas primárias relacionadas ao atraso do fluxo de produtos na área de recepção:

- Indisponibilidade de espaço para armazenagem – o sistema de endereçamento não é capaz de alocar o lote recebido. Essa causa está associada a gestão de estoques;
- Conflitos de conferência: códigos incompatíveis ou inexistentes, embalagem fora do padrão, quantidades, etiqueta de código de barras inutilizadas, etc;
- Encaminhamento / embalagem: necessidade de troca de embalagem ou de desmontagem / montagem de paletes, problemas de não-conformidade identificada pelo setor de qualidade; avarias no transporte, sinais de degelo e embalagem encharcada;
- Indisponibilidade de mão-de-obra - apesar da liberação do produto para a próxima etapa, a falta ou ineficiência de mão-de-obra para realizar o procedimento causa atraso significativo;
- Indisponibilidade de recursos – o dimensionamento de empilhadeiras e paleteiras causa impacto direto sobre a eficiência da operação e, por conseguinte, sobre a manutenção do frio;
- Também foram observadas algumas causas relacionadas a fatores mais pontuais, como picos de atendimento sem um plano de contingência, atraso ou falta de sincronia entre dois turnos consecutivos, problemas de falta de sincronia entre a saída de um veículo e entrada do próximo na doca etc.

É importante citar que a indisponibilidade de espaço para armazenagem está relacionada às incertezas em relação à previsão de demanda. Incertezas acarretam aumento de estoque (margem de segurança) próximo ao mercado de consumo, afetando a operação de distribuição física (BALLOU, 2004). Conflitos na conferência e geração de etiquetas podem estar relacionados ao projeto do sistema de controle orientado para a austeridade e baixa velocidade. Indisponibilidade de mão de obra e equipamentos estão relacionadas ao comando

tático e operacional das ações, baseado apenas na busca de produtividade, sem considerar fatores qualitativos, eficiência e eficácia na cadeia do frio.

Baseado na observação empírica e fundamento teórico, um quadro comparativo é desenvolvido, conforme representado pela tabela V.2 apresentando as características e princípios para a gestão da cadeia do frio e para a gestão logística.

Tabela V.2 : Comparação entre características relevantes para a Logística e para a Cadeia do Frio de Alimentos

<b>Características</b>	<b>Logística</b>	<b>Cadeia do Frio de Alimentos</b>
Fatores críticos de controle	Tempo x Espaço (distância)	Tempo x Temperatura
Orientação da gestão	Processo	Produto
Foco dos indicadores	Produtividade	Qualidade
Avaliação de desempenho	Custo e nível de serviço	Custo e integridade do alimento
Impacto da variabilidade	Estoque e Lead-time	Qualidade do Produto

Tais princípios devem ser utilizados pelo gerente de logística para construir e calibrar o proposto sistema de controle e monitoramento da cadeia do frio em operações que exigem velocidade e sincronização e, ao mesmo tempo, possuem interfaces críticas, onde atuam os fatores logísticos causadores de quebra da cadeia do frio, podendo ser identificados e tratados pelo conceito da Teoria das Restrições.

No capítulo seguinte, o autor verifica o cumprimento dos objetivos da atual pesquisa e apresenta um quadro comparativo entre a visão da gestão logística e a visão da gestão da cadeia do frio como se fossem independentes. O autor também faz as considerações finais para este trabalho.

## Conclusões

### **Cumprimento dos objetivos**

O autor conclui que o cumprimento do objetivo geral previsto para este trabalho foi atingido, uma vez que o tema cadeia do frio foi explorado com abordagem prática e teórica, enfatizando a gestão dos recursos e identificando, após análise dos resultados da pesquisa de campo, os principais fatores logísticos que afetam o desempenho da cadeia do frio.

O primeiro objetivo específico que é a investigação da forma de organização e de estrutura da cadeia do frio foi atingido, visto que o autor realizou uma pesquisa descritiva estruturada, baseada em revisão de literatura especializada referente ao desenvolvimento da cadeia do frio, suas formas de gestão e recursos tecnológicos, conforme descritos nos capítulos I, II e III.

Também o segundo objetivo específico foi atingido, pois o autor realizou medições e coleta de dados para estudar as flutuações térmicas do produto e do ambiente em cada etapa do processo de distribuição física de uma indústria de produtos alimentícios congelados sediada na cidade do Rio de Janeiro. Baseado na análise dos dados referente às flutuações térmicas durante as etapas operacionais da distribuição física, foi possível conhecer os principais desafios envolvidos na gestão logística da cadeia do frio e a necessidade de manter um sistema de controle e monitoramento eficiente e integrado.

Esse procedimento de análise foi dividido em duas vertentes: as flutuações de temperatura do ar do ambiente e as flutuações percebidas diretamente na superfície do produto investigado. Foi verificado que a influência das variações da temperatura do ar sobre o produto, embora seja preponderante, não é o único agente depreciativo para a variação térmica sofrida pelo produto ou para a manutenção das propriedades do mesmo. O histórico térmico de um produto possui propriedades iniciais que revelam as violações (quebra da cadeia do frio) em etapas anteriores àquela observada. A complexidade da interação de múltiplas variáveis envolvidas na formação de um valor térmico instantâneo também contribuiu para que seja consolidada a análise de um comportamento contínuo da variável temperatura (para o ar ambiente).

A análise das flutuações de temperatura em forma discreta - coleta de dados através de tomada de temperatura do produto, medido com termógrafo - considerou apenas relevante o grau de diferença entre temperaturas iniciais e finais para duas tomadas sequenciais. Esta premissa baseia-se na possibilidade de retratar o fato operacional no momento da sua realização captando a medida de eficiência da cadeia do frio que é a temperatura, associada à medida de eficiência logística que é o tempo. Ao analisar as flutuações de temperatura para uma determinada atividade ou local, as amplitudes registradas (fora da faixa de controle) confirmam a necessidade de utilização de um sistema de monitoramento e de controle capaz

de indicar o comportamento e a tendência de fatores logísticos que podem estar causando as anomalias. Essas flutuações também revelam o aspecto dinâmico da operação e a possibilidade de utilizar medidas de dispersão estatística como o desvio padrão e a variância para representação do grau de variabilidade do processo de distribuição física.

Quanto ao objetivo específico, referente à investigação dos fatores logísticos que afetam a integridade do produto pesquisado na cadeia do frio, a pesquisa demonstrou que o comando logístico das operações que envolvem o fluxo dos produtos possui fatores de crucial importância para a manutenção da temperatura desses alimentos. Na recepção, por exemplo, concorrem para preservar o produto, as atividades de otimização dos recursos de sistemas - principalmente as transações que emitem etiquetas e que fazem endereçamento de paletes.

Também deve merecer destaque a disciplina aos procedimentos e cuidados especiais ligados a detalhes como abertura parcial de portas de docas, pré-resfriamento de carroceria de caminhão, sincronização entre atividade de desembarque e alocação de equipes para movimentação, leitura rápida e precisa da temperatura inicial da carga, monitoramento de flutuações de temperatura no ambiente de recepção e padronização de práticas que envolvem trabalho operacional. Esses fatores influenciam a manutenção do frio e a integridade do produto, compondo a lista de responsabilidades logísticas em um processo de distribuição física. A identificação e análise das causas que mais comprometem a integridade térmica na cadeia do frio conduzem aos fatores relacionados na tabela I.2, ressaltando a complexidade do problema que envolve o controle e o monitoramento, a tomada de decisão, os métodos e a gestão dos recursos na cadeia do frio.

### **Considerações finais**

Inversamente análogo ao efeito “chicote” – *bullwhip effect* – associado à propagação da variação da demanda sobre cadeia de suprimentos no sentido *upstream*, foi demonstrado neste estudo a perturbação da temperatura propagando-se na direção do consumo (*downstream*), identificado neste trabalho como variabilidade. Apesar da variabilidade da cadeia do frio estar relacionada a diversos fatores logísticos (conforme apontado na tabela I.2), haverá maior ou menor visibilidade para a gestão dependendo do grau de adequação do sistema de controle e monitoramento às necessidades de desempenho.

A identificação dos fatores chave da logística relacionados com a variabilidade do processo, evidenciado pelo grau de dispersão da variável temperatura (em relação ao valor normativo padronizado), permite avaliar o modelo tático e operacional com ajustes imediatos em regiões de interface crítica. Por exemplo, o aumento da precisão de previsão de chegada de uma carga implica resulta na concentração de esforços visando a redução do tempo de espera em ambiente impróprio.

A estratégia mercadológica e logística, responsável pela permanência exagerada do produto em estoque, compensa a perda térmica nas etapas anteriores – comprovado pelas medições apresentadas no capítulo V - resultando, em contrapartida, em custo adicional com energia por kg vendido e menor disponibilidade de espaço.

Uma importante possibilidade de aplicação prática do modelo de sistema de controle e monitoramento da cadeia do frio deve ser explorada, incluindo a utilização de simuladores e ferramentas de análise de processos, com base no conceito logístico de visibilidade. Também são apreciáveis ações para promover a troca de informações entre os integrantes de uma cadeia de suprimentos, em ambiente de temperatura controlada, através do conceito de trabalho colaborativo. Esta importante prática promove a atualização e processamento desses dados captados em qualquer ponto de uma operação e pode ser compartilhado em uma base unificada por uma plataforma comum permitindo múltiplos acessos. A necessidade de integração dos membros de uma cadeia do frio que desejam melhorar a visibilidade sobre as operações reforça a utilidade do modelo de controle e monitoramento proposto.

Outras possibilidades de aprimoramento deste trabalho despontam naturalmente com a constatação das variedades de tendências mercadológicas, progressivo interesse pela segurança alimentar e aumento das potencialidades tecnológicas.

## Referências Bibliográficas

- ABAD, E. et al. "RFID smart tag for traceability and cold chain monitoring of foods: Demonstration in an intercontinental fresh fish logistic chain". *Journal of Food Engineering*, n.93, pp. 394-399, 2009.
- ABIAF, Associação Brasileira da Indústria de Armazenagem Frigorificada. Apostila técnica: alimentos congelados e resfriados, 2008. Disponível em: <[http://www.abiaf.org.br/?abiaf=\[artigos\]>](http://www.abiaf.org.br/?abiaf=[artigos]>). Acesso em: 16/05/2010.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR14701 - Transportes de produtos alimentícios refrigerados: procedimentos e critérios de temperatura. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Maio de 2001.
- AMES, Henry. "Authentication from a cold chain perspective". *Pharmaceutical Commerce*, Jul/Ago, 2006.
- ANEFALOS, Lílian Cristina; CAIXETA FILHO, José Vicente. "Avaliação do processo de exportação na cadeia de flores de corte utilizando modelo insumo-produto". *RBE Rio de Janeiro*, v.61 n.2 / pp. 153-173, Abril-Julho 2007.
- ANFIR, Associação Nacional Dos Fabricantes De Implementos Rodoviários. Estatísticas, 2010. Disponível em: <<http://www.anfir.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 17/09/2010.
- ANTT, Agência Nacional de Transportes Terrestres. A indústria de caminhões no Brasil. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/18395859>>. Acesso em 05/08/2010
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Cartilha sobre Boas Práticas para Serviços de Alimentação – Resolução -RDC nº 216/2004. 3. ed. Cap. 5. BRASÍLIA, 2004
- BALLOU, Ronald H. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial*. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BERTALANFFY, Ludwig von. *General System Theory: Foundations, Developments, Applications*. New York: George Braziller, 1968.
- BILLIARD, François. *New Developments in the Cold Chain: Specific Issues in Warm Countries*. EcoLibrium® Em: Indoor air quality conference, Sydney, Australia, 21August, 2003
- BISHARA, R. H. "Cold Chain Management-An Essential Component of the Global Pharmaceutical Supply Chain". *American Pharmaceutical Review*, January/February 2006.
- BOGATAJ, Marija.; BOGATAJ, Ludvik. e VODOPIVEC, Robert. "Stability of Perishable Goods in Cold Logistics Chains". *International Journal of Production Economics*, 93-94, pp.345-356, 2005.
- BOGH-SORENSEN, Leif. "Food Safety". *International Institute of Refrigeration Bulletin*, n. 6, 2006
- BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J; COOPER, M. Bixby. *Supply Chain Logistics Management*. New York: McGraw-Hill, 2002.

- BROEKMEULEN, R. A. C. M. Modelling the Management of Distribution Centres. In: Tijkskens, L.M.M., Hertog, M.L.A.T.M., Nicolaï, B.M., editors. *Food process modeling*. Washington DC: CRC Press. p. 432-447. Ch.20, 2001.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A.B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças*. Lavras, MG: Escola Superior de Agricultura de Lavras - FAEPE, 1990.
- COATES, J. D. "Cold Chain Challenge: Profit Potential in a "Chilly" New World" *World Trade*, 16(4), p.44, 2003.
- CODEX ALIMENTARIUS. Código internacional: Recomendações das práticas para a elaboração e manipulação dos alimentos congelados, 1976. 18 p. Disponível em: <[http://codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do?key=&cat=&type=&doctext=recomendaciones+de+las+praticas+de+la+congelaci%C3%83%C2%83%C3%82%C2%83%C3%82%C2%83%C3%82%C2%83%C2%82%C3%82%C2%82%C2%B3n&hitcount=10&com\\_txt=&titletext=&qlang=ES&hitfrom=10](http://codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do?key=&cat=&type=&doctext=recomendaciones+de+las+praticas+de+la+congelaci%C3%83%C2%83%C3%82%C2%83%C3%82%C2%83%C3%82%C2%83%C2%82%C3%82%C2%B3n&hitcount=10&com_txt=&titletext=&qlang=ES&hitfrom=10)> Acesso em: 18/09/2010
- COOPER, Donald R. e SCHINDLER, Pamela S. *Método de Pesquisa em Administração*, 7ª. Ed. São Paulo: Bookman, 2003.
- COYLE, William; HALL, William, BALLENGER, Nicole. Transportation technology and the rising share of U.S. perishable food trade. In: U.S. Department of Agriculture. *Changing Structure of Global Food Consumption and Trade*. Agriculture and Trade Report WRS-01. Washington, USA, 2001.
- COX, Jeff e GOLDRATT, Eliyahu M. *The Goal: A process of ongoing improvement*. New York: North River Press, 1986.
- CYRILLO, Denise Cavallin; SAES, Maria Sylvia Macchione e BRAGA, Márcio Bobik. "Tendências do consumo de alimentos e o plano real: uma avaliação para a grande São Paulo". *Planejamento e Políticas Públicas*, n. 16, Dezembro 1997.
- CURFS, R. Choosing the Right Service to Transport Pharmaceuticals, 2003 Disponível em: <<http://www.samedanltd.com/members/archives/PMPS/Summer2003/RogerCurfs.htm>>. Acesso em 02/07/2010.
- D'HONT, S. e FRIEDEN, D. *Radio Frequency ID – the digital link to improved logistics management*. Em: *Council of Logistics Management Annual Conference, Council of Logistics Management*, New Orleans, 2000.
- DEJONG, C. A. *Material Handling Turns In*. Automotive Manufacturing & Production, 110(7), pp. 66-69, 1998.
- DELOITTE DEVELOPMENT LLC. *Intelligent Cold Chain: capturing the value of pervasive computing for supply chain transformation*. Deloitte Touche Tohmatsu, Swiss (Consumer business report), 2006.
- DETTMER, William H. *Breaking the constraints to world-class performance*. Milwaukee: ASQ Quality Pres, 1998.
- DUMINIL, Maxime. "IIR Young Researches Awards: the scientists after whom these prizes are named. Brief History of their lives. Part II". *Bulletin of the IIR*, n. 2003-1, 2003

- DUIVEN, J. E. e BINARD, P. "Refrigerated storage: new developments". *International Institute of Refrigeration*. Bulletin of IIR 2002-2, 2002.
- EAST, A. R., SMALE, N. & KANG, S. A method for quantitative risk assessment of temperature control in insulated boxes. *International Journal of Refrigeration*, Vol.32, pp.1505-1513, 2009.
- ENARSSON, L. *Future Logistics Challenges*. Copenhagen Business School Press, Denmark, 2006..
- ENTREPRENEUR Clarence Birdseye: A chilling discover. Disponível em: <<http://www.entrepreneur.com/growyourbusiness/radicalsandvisionaries/article197546.html>>. Acesso em: 18/06/2010.
- EUROPEAN PARLIAMENT. Regulation (EC) No. 178/2002 of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Communities, pp. L31/1-L31/24, 2002.
- FERMAM, Ricardo Kropf S. HACCP e as Barreiras Técnicas. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas>>. Acesso em: 14/07/2010
- FERNIE, J. and SPARKS, L. *Logistics and retail management: insights into current practice and trends from leading experts* (2nd ed), Kogan Page Limited, UK and US, 2004.
- FORCINIO, H. & WRIGHT, C. "Cold Chain Concerns". *Pharmaceutical Technology*, 29(4), pp.44-50, 2005.
- FREDENDALL, L. D. e HILL, E. *Basics of Supply Chain Management*. St. Lucie Press/APICS Series on Resource Management), New York, NY: St. Lucie Press, 2001.
- FREUND, JOHN E. *Estatística Aplicada: Economia, Administração e Contabilidade*. São Paulo, ARTMED, 2006.
- GAVA, Altenir J. *Princípio de tecnologia de alimentos*. São Paulo: Nobel, 1984
- GEIPO, Empresa Brasileira de Planejamento dos Transportes. Sistema de Informações do Anuário Estatístico dos Transportes. Disponível em: <<http://www.geipot.gov.br/NovaWeb/IndexAnuario.htm>>. Acesso em: 11/112009.
- GEHLHAR, Mark e COYLE, William. Global food consumption and impacts on trade patterns. In: U.S. Department of Agriculture. *Changing Structure of Global Food Consumption and Trade*. Agriculture and Trade Report WRS-01. Washington, USA, 2001.
- GIANNAKOUROU, M. C., KOUTSOUMANIS, K., NYCHAS, G. J. E., TAOUKIS, P. S. "Development and assesment of intelligent shelf life decision system for quality optimization of food chill chain". *Journal of Food Protection*, 64 (7), pp. 1051-1057, 2001.
- GOLDRATT, Eliyahu M. *A Meta na prática*. São Paulo: Nobel, 2006
- GORMLEY R., BRENNAN M., BUTLER F., Upgrading the Cold Chain for Consumer Food Products, ISBN 1-84170-191-2 Teagasc Dublin 4, December 2000.
- GOULD, L.S. *What you need to know about RFID*. Automotive Manufacturing & Production, 112(2), pp.46-49, 2000.
- GRAY, Gregory E. *Concise Guide to Evidence-Based Psychiatry*, APPI, VA, USA, 2004

- HEAP, Robert. Cold chain performance issue now and in the future. *IIR Bulletin*, n. 2006-4, 2006.
- HEAP, Robert. Refrigeration and Food Safety. *IIR Bulletin*, n. 2007-6, 2007.
- HOROWITZ, Roger. *Putting meat on the american table*. Baltimore, Maryland, USA: John Hopkins University Press, 2006
- HSU, C. -I., HUNG, S. -F. and LI, H. -C. "Vehicle routing problem with time-windows for perishable food delivery". *Journal of Food Engineering* 80, pp. 465-475, 2007.
- HUBER, N e MICHAEL, K. Vendor Perceptions of How RFID can Minimize Product Shrinkage in the Retail Supply Chain, IEEE RFID Eurasia, Istanbul, Turkey, 5-6 September, 2007.
- IIJIMA, M., KOMATSU, S. and KATOH, S. "Hybrid just-in-time logistics systems and information networks for effective management in perishable food industries". *International Journal of Production Economics* 44, pp. 97-103, 1996.
- IIR, International Institute of Refrigeration. Refrigerated Transport: Progress Achieved and Challenges to be Met, IIR 16th Informatory Note on Refrigeration Technologies, Paris, France, 2003
- JAMES, S. J., JAMES, C. and EVANS, J. A. Modelling of a food transportation system – a review. *International Journal of Refrigeration*, 29, pp. 947-957, 2006.
- JENNINGS, T. Taking the Tribulations Out of the Trials – An Examination of the Role of the Validated Cold Chain Shipper in Clinical Trials, 2003. Disponível em: <<http://www.samedanltd.com/members/archives/PMPS/Spring2003/TimJennings.htm>>. Acesso em: 21/07/2010.
- JOSHI, K. THAKUR, J.S. e SINGH, A. *Knowledge and practice of oral polio vaccine vial monitor among health personnel in India*. Indian J Community Medicine; 32: pp. 283-285, 2008.
- KAPOOR, Satish K.; KANSAL, Purva. Basic of Distribution management: a logistical approach. New Delhi: Prentice Hall, 2003.
- KARKKAINEN, M. Increasing Efficiency in the Supply Chain for Short Shelf Life Goods Using RFID tagging. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 31(10), pp.529-538, 2003.
- KLIE, L. "Chill Challenge". *Frozen Food Age*, vol. 53(12), pp.29-31, 2005
- LAMBERT, D.M. e COOPER, M.C. "Issues in Supply Chain Management". *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 64, pp. 85-100, 2000.
- LABUZA, T., BELINA D. e DIEZ F. *Food Safety Management in the Cold Chain through "Expiration Dating"*. The 2002 Joint Industry Unsaleables Benchmark Survey. Department of Food Science and Nutrition, University of Minnesota, 2003.
- LAVINAS, Lena. "Acessibilidade alimentar e estabilização econômica no Brasil nos anos 90", IPEA, Rio de Janeiro, set. 1998, texto para discussão 591. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/pub/td/td0591.pdf>>. Acesso em 27/07/2010.
- LIGHT, E. "Stay cool". *NZ Business*, 17(7), p.46, 2003.
- LIKAR, K e JEVŠNIK, Mojca. "Cold Chain Maintaining in Food Trade". *Food Control*, v.17, pp. 108-113, 2006.

- LITWAK, David. "Cold as Its Weakest Link". *Supermarket Business*, n. 54(6), pp.119-123, 1999.
- LOPES, Regina Lucia Tinoco. Dossiê Técnico: Conservação de alimentos. Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas. Disponível em: < <http://www.sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MjEz>>. Acesso em: 21/08/2010.
- LUCAS, Teresa I.; BISHARA, Rafik, H.; SEEVERS, Robert H. A stability program for distribution drug products. *Pharmaceutical Technology*, Jul. 2004.
- MALHOTRA, Naresh K. *Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada*, 4<sup>a</sup>. Ed. São Paulo: Bookman, 2004.
- MENDONÇA, Jose Carlos V. de. "Cargas Perecíveis em Contêineres". *Revista Log&Man*, Outubro, 2002.
- MENDOZA, Tereza Flores. Kinetic parameter estimation of Time-temperature integrators intended for use with packaged Fresh seafood. MSc. Thesis, University of Florida, Florida, USA, 2003.
- METALFRIO. Mercado de refrigeração comercial .Disponível em: <[http://www.mzweb.com.br/metalfrio2008/web/default\\_pt.asp?idioma=0&conta=28&v=1](http://www.mzweb.com.br/metalfrio2008/web/default_pt.asp?idioma=0&conta=28&v=1)>. Acessado em: 13/10/2010.
- MIMI, S. e LABUZA, T. "Consumer Perceptions of Consumer Time-Temperature Indicators for Use on Refrigerated Dairy Foods". *Journal of Dairy Science*, Vol. 75, pp.3167-3176, 1992.
- MONARCH INSTRUMENTS. What is mean kinectic temperature? Disponível em: < <http://www.monarchserver.com/Mean%20Kinetic%20Temp.pdf>>. Acesso em 27/08/2010.
- MONTANARI, Roberto. "Cold chain tracking: a managerial perspective". *Trends in food science & technology*, n.19, pp. 425-431, 2008
- MOUREH, J e DERENS, E. "Numerical modelling of the temperature increase in frozen food packaged in pallets in the distribution chain". *International Journal of Refrigeration* 23 pp. 540-552, 2000.
- MOUREH, J e FLICK, D. "Airflow pattern and temperature distribution in a typical refrigerated truck configuration loaded with pallets", *International Journal of Refrigeration* 27 (5) pp. 464-474, 2004
- NEVES FILHO, Lincoln Camargo. *Refrigeração e Alimentos – Apostila do Curso Engenharia de Alimentos*. Universidade Estadual de Campinas. Campinas; SP; 1997.
- \_\_\_\_\_. Transporte, um elo vital na cadeia do frio. Jonhis On Line, 08/12/2006 –disponível em: [http://www.jonhis.com.br/ndigital/foods/montar.asp?ed\\_atual=2&montar\\_acao=2&id\\_artigo=31](http://www.jonhis.com.br/ndigital/foods/montar.asp?ed_atual=2&montar_acao=2&id_artigo=31). Acesso em: 30/06/2010
- \_\_\_\_\_. "Cadeia do frio mais forte com IBF". *Revista ABRAVA*, ed. 263, 2008
- NOVAES, A. G. *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação*. Ed. Elsevier. Rio de Janeiro, 2004.
- O'DONNELL, Kevin. "Mean Kinectic Temperature: Storage vs. Shipping and the Vagaries of Regulatory Requirements". *Contract Pharma*, July/august, pp. 26-27, 30, 2008

- O GLOBO. FAO: Crise econômica mundial provoca mais de um bilhão de desnutridos, 2009. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/mundo/mat/2009/06/19/fao-crise-economica-mundial-provoca-mais-de-1-bilhao-de-desnutridos-756416961.asp>. Acesso em: 17/05/2010.
- OHATA, Ana Paula Harumi Tanabes; MAENZA, Celso Fernando. Transporte de Remédios. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/articles/42511/1/Transporte-de-Remedios/pagina1.html>> . Acesso em: 12/09/2010
- OMS, Organização Mundial De Saúde, 2005. Disponível em: [www.who.int/foodsafety/en](http://www.who.int/foodsafety/en) . Acesso em: 20/12/2009
- OVCA, A., & JEVŠNIK, M. Maintaining a cold chain from purchase to the home and at home: Consumer opinions. *Food Control*, 20(2), 167–172, 2009.
- PANOZZO, G.; CORTELLA, G. Standards for transport o perishable goods are still adequate? Connections between standards and technologies in perishable foodstuffs transport. *Trends in Food Science and Technology*, n. 19, pp. 432-440, 2008.
- PANOZZO, G; MINOTTO, G. The refrigerated transport in warm countries. In: 21<sup>st</sup> International Congress of Refrigeration. Washington, DC, USA, Aug, 2003.
- PESTANA, José O. M. et al. Manual de Orientação em pesquisa clínica e farmacovigilância. ABTO (Associação Brasileira de Transplante de Órgãos), São Paulo, 2006.
- PHAM, Q. T.; MAWSON, R. F. Moisture migration and ice recrystallization in frozen foods. In: ERICKSON, Marilyn C.; HUNG, Yen-Con. New York: Chapman & Hall, 1997.
- RAAB, Verena, et al. Generic model for the prediction of remaining shelf life in support of cold chain management in pork and poultry supply chain. *Journal on Chain and Network Science*, n.8, pp 59-73, 2008.
- REED, C. "Cold Chain Are Hot! Mastering the Challenges of Temperature-Sensitive Distribution in the Supply Chain". *ChainLink Research 2002-2005*. Harvard Square Centre, U.S, 2005.
- REES, Jonathan. What's left at the bottom of the glass: The quest for purity and the development of the american ice industry. In: BELASCO, Warren e HOROWITZ, Roger. *Food Chains: From farmyard to shopping cart*. Pennsilvanya: University of Pennsilvanya Press, 2009, pp.108-125
- REGMI, Anita. Changing Structure of Global Food Consumption and Trade: An Introduction.In: USDA. *Changing Structure of Global Food Consumption and Trade*. Agriculture and Trade Report WRS-01. Washington, USA, 2001.
- REVISTA PORTUÁRIA. Standard Logística opera corredor intermodal, 2009. Disponível em: <<http://www.revistaportuaria.com.br/site/?home=noticias&n=zqCqT>>. Acesso em: 08/10/2010.
- RIZZOTTO, P. e WOLFRAM, G. *Intelligent Tagging – getting supply chain smart!*. Em: 2002 Official ECR Europe Conference, ECR Europe, Barcelona, Spain, 2002.

- RODRIGUE, Jean-Paul; CRAIG, Mathew. New York, Hofstra University Disponível em: <<http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch5en/app15en/ch5a5en.html>>. Acesso em: 21/09/2010.
- RUSHTON, A., CROUCHER, P. e BAKER, P. *The handbook of logistics and distribution management* (3<sup>rd</sup>). Kogan Page Limited, U.K. and U.S, 2006.
- SAHIN, Evren et al. "Ensuring supply chain safety through time temperature integrators". *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 18, pp. 102-124, 2007
- SALIN, V. & NAYGA, R. M. "A Cold Chain Network for Food Exports to Developing Countries". *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 33(9/10), pp.918-933, 2003
- SAMBANDAM, N. Managing uncertainty in supply chain operations. In: Radhakrishnan, P., Palaniswami, S., Mohanram, P. V. and Kanchana, J. 2001. *Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Conference on Logistics and Supply Chain Management*. Allied Publishers Ltd, New Delhi, India, 2001.
- SCHMIDTBERG, R. "Approach Perishables Proactively". *Food Logistics*, Vol. 83, pp.40-44, 2006.
- SENSITECH. <1079> Overview. Disponível em: [http://www.sensitech.com/coldchain\\_info/1079/1079\\_DataSheet.pdf](http://www.sensitech.com/coldchain_info/1079/1079_DataSheet.pdf). Acesso em: 21/08/2010.
- SHACHTMAN, Tom. *Absolute zero and the conquest of cold*. New York: First Mariner Books, 1999.
- SHISTER, N. "Managing the Global Cold Chain". *World Trade*, 17(9), pp.22-24, 2004.
- SIMCHI-LEVI; KAMINSKI, P. e SIMCHI-LEVI, E. *Supply Chain Management*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 2003.
- SILVA, Gerson Brião da. "Evaluating the logistics key factors in physical distribution of cold chain". In: *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Workshop Cold Chain Management*, Bonn, Germany, September 27-28, 2010.
- SILVA, Jesué Graciliano da. *Introdução à tecnologia da refrigeração e climatização*. São Paulo: Artliber, 2003.
- SMITH, D. and L. SPARKS, Temperature controlled supply chains. In: M.A. Bourlakis and P.W.H. Weightman (Eds.), *Food Supply Chain Management*. Blackwell Publishing, Oxford, pp.179-198, 2004.
- SMOLA, B. e BEAR, D. "Quality Control Is Crucial for Meat/Poultry Logistics". *Frozen Food Age*, 48(1), p. 48, 1999.
- SMYRLIS, L.. "Lean Practices Becoming in Pharma Logistics". *Canadian Transportation Logistics*, 110(5), pp.32-33, 2007.
- SOOKSRIWONG, Cha-oncin e BUSSAPAROEK, Woranut. Quality of Cold Storage Drugs Transportation and Delivery to Thai Hospitals. *Journal of Medical Association in Thailand*, ed.92 (12), pp. 1681-1685, 2009
- SOWINSKI, L. "Keep Your Big Deal From Melting Away: Shipping Perishables Call for Efficiency and Expertise". *World Trade*, 12(3), pp.70-72.

- TAOUKIS, P.S. *Modelling the use of time-temperature indicators in distribution and stock rotation.* Em: Tijkskens LMM, Hertog MLATM, Nicolaï BM, editors. Food process modeling. Washington DC: CRC Press. p. 402-432. Ch.19, 2001.
- TASSOU, S.A., et al. *Carbon Dioxide Cryogenic Transport Refrigeration Systems.* The Centre for Energy and Built Environment Research, Brunel University. England, 2008.
- TASSOU, S.A.; DE LILLE, G. e GE, Y.T. Food Transport Refrigeration – approaches to reduce energy consumption and environmental impact of road transport. *Appl Therm Eng*, 29 pp. 1467-1477, 2009.
- TAYLOR, David A. *Logística na cadeia de suprimentos: uma perspectiva gerencial.* São Paulo: Pearson Addison – Wesley, 2005
- THON, Thomas; NAGY, Ga’bor e WASSAN, Niaz. “Evaluating alternative supply chain structures for perishable products”. *The International Journal of Logistics Management* Vol. 18 No. 3, 2007 pp. 364-384
- TOZZI, Luis Antonio. Análise do transporte aéreo como modal exportador de produtos perecíveis termicamente sensíveis: aplicação ao caso do mamão papaia brasileiro. Dissertação de mestrado, ITA, Instituto Tecnológico da Aeronáutica, Rio de Janeiro, Brasil, 2005
- USDA, United States Department of Agriculture. History of Refrigeration. Disponível em: <[http://www.fsis.usda.gov/Fact\\_Sheets/\\_Refrigeration\\_&\\_Food\\_Safety/index.asp#1](http://www.fsis.usda.gov/Fact_Sheets/_Refrigeration_&_Food_Safety/index.asp#1)>. Acesso em: 12/10/2010.
- VERBIC, Miroslav. “Discussing the Parameters of Preservation of Perishable Goods in a Cold Logistic Chain Model”. *Applied Economics*, vol. 38, n. 2, 2006.
- WARD, B. “The Food Safety Imperative for Blast Chill”. *Foodservice Equipment & Supplies Specialist*, 49(7), p.46, 1996.
- WHITE, JOE. “How Cold Was It? Know the Whole Story”. *Frozen Food Age*, 56(3), pp.38-40, 2007.
- YOUNG, M. The cold storage chain. In: DELLINO, Clive V.J. *Cold and Chilled Storage Technology*, 2<sup>nd</sup>. edition. London: Chapman & Hall, 1997
- ZHANG, Lujie. *Cold chain management.* MSc Thesis. Cranfield University. Bedfordshire; England; 2007.

## APENDICE A – VOLUME DE VENDAS

Data: 20/07/2010 12:32:53

Página: 1

### Listagem de Lançamento de Saídas - Sintético

**Filtros:** Validez: Todas Depósito [03-DEPOSITO RIO DE JANEIRO ]

Cód. Cliente: 6366	Razão Social:	Unid.	Qt Emb	Qtd Prod.	Peso Liq.	Peso Bruto
001767	BISTECA SUINA CG 4KG	KG	271	1.084,0000	1.084,000	1.192,400
001933	CARRE SUINO CG MI	KG	494	9.880,0000	9.880,000	10.052,900
003115	COSTELA DE BARRIGA SUINO 18KG	KG	1.091	9.819,0000	9.819,000	10.287,640
003190	ORELHA / MASCARA SUINA	KG	793	7.930,0000	7.930,000	8.564,400
003220	PES SUINO SG	KG	887	8.870,0000	8.870,000	8.940,960
003468	MAX CROC TRADICIONAL 3KG	KG	1.581	4.743,0000	4.743,000	5.122,440
003492	STEAK FRANGO EMPANADO 3 KG	KG	8.632	24.169,6000	24.169,600	26.759,200
003522	RABO SI SUAN SUINO	KG	249	2.490,0000	2.490,000	2.701,630
003670	TIRINHAS DE FRANGO EMPANADA	KG	948	2.559,6000	2.559,600	2.796,600
003697	INGREDIENTES P/FEIJAOADA SACO 1KG	KG	299	2.990,0000	2.990,000	3.086,278
005029	LINGUICA CHURRASCO	KG	422	8.440,0000	8.440,000	8.623,680
005053	MORTADELA DE FRANGO	KG	162	3.126,2000	3.151,100	3.316,390
005061	LINGUICA PERNIL ESP	KG	6.014	120.280,0000	120.280,000	122.926,160
005070	SALAME ITALIANO	KG	545	3.000,0000	3.000,000	3.150,800
005134	LING T PAJO 4PC	KG	283	2.264,0000	2.264,000	2.329,090
005185	LINGUICA DE FRANGO	KG	7.049	140.980,0000	140.980,000	144.081,560
005207	MORTADELA SEARELA PQ	KG	230	2.760,0000	2.760,000	2.932,500
005223	LINGUICA FININHA DEF	KG	3.001	30.010,0000	30.010,000	32.410,800
005266	SALSICHA LONGUETTE RF	KG	880	8.800,0000	8.800,000	9.037,600
005380	SALSICHA CONGELADA	KG	845	15.210,0000	15.210,000	15.539,550
005401	MORTADELA SEARELA GD	KG	1.751	33.619,2000	33.619,200	34.056,950
005410	LINGUICA FININHA 500GR VAC	KG	820	8.200,0000	8.200,000	8.388,600
005444	HAMBURGUER BOVINO FAMILIAR	KG	16.939	34.047,3900	34.047,390	37.433,190
005487	SALSICHA HOT DOG 500GR RF	KG	1.160	10.440,0000	10.440,000	10.733,200
005495	LINGUICA PERNIL SUINO 500 GR	KG	625	5.000,0000	5.000,000	5.143,750
005533	SALAME ITALIANO PEQUENO	KG	94	704,1000	704,100	760,500
005530	MORTADELA SPLENDIDA	KG	571	5.308,7000	5.308,700	5.731,080
005665	HAMBURGUER BOVINO CART	KG	657	6.622,5600	6.622,560	6.852,510
005720	PEITO FGO MOLHO BCO CATUPIRY	KG	299	897,0000	897,000	968,760
005746	HAMBURGUER FRANGO CART	KG	319	3.215,5200	3.215,520	3.327,170
005762	HAMBURGUER FRANGO FAMILIAR	KG	3.339	6.711,3900	6.711,390	7.379,190
005789	FILE DE FRANGO A PARMEGIANA	KG	772	2.316,0000	2.316,000	2.501,280
005797	PERNIL SUINO AO MOLHO C/ VEG	KG	264	792,0000	792,000	853,360
005835	SALSICHA AVE CLASSY LIGHT	KG	884	7.956,0000	7.956,000	8.327,280
005878	LING-AVE CLASSY LIGHT 500 GR	KG	440	4.400,0000	4.400,000	4.501,200
005991	LOMBO AO MOLHO ORIENTAL	KG	148	444,0000	444,000	479,520
006025	BACON SUINO TABLETES SEM PELE	KG	219	1.732,0000	1.732,000	1.811,130
006211	BACON FATIAS 750GR	KG	135	1.620,0000	1.620,000	1.687,500
006220	LOMBO TIPO CANADENSE DEF	KG	2.244	14.002,1000	14.002,100	14.449,000
006234	BACON SUINO FATIAS DF	KG	619	5.571,0000	5.571,000	5.787,650
006300	PRESUNTO COZ MAGRO OVAL SEA	KG	2.982	40.882,9500	40.882,950	41.864,850
006408	SALAME MILANO 23 PC	KG	272	2.035,3000	2.035,300	2.198,030
006459	BACON SUINO ESP DEF	KG	1.335	18.680,0000	18.680,000	19.590,920

Data: 20/07/2010 12:32:53

Página: 2

## Listagem de Lançamento de Saidas - Sintético

**Filtra:** Validação: Todas Depósito [03-DEPOSITO RIO DE JANEIRO ]

006536	BACON SUINO ESP DEF EXTRA	KG	604	8.319,0000	8.319,000	8.903,200
006777	MORTADELA PQ	KG	972	4.665,6000	4.665,600	4.850,280
007056	APRESUNTADO RETANGULAR	KG	604	8.865,6000	8.865,600	9.054,150
007137	SEARALANCHE RETANGULAR	KG	458	6.847,0000	6.847,000	6.984,400
007307	PERNIL ESPECIAL TEMPERADO	KG	2	32,0000	32,000	33,400
007315	PICANHA SUINA TEMPERADA	KG	230	3.220,0000	3.220,000	3.335,000
007366	SEARALANCHE PULMANN	KG	33	506,7000	506,700	536,340
007714	LANCHE DE FRANGO	KG	9	132,8000	132,800	135,500
007978	STROGONOFF DE FRANGO	KG	757	2.271,0000	2.271,000	2.452,680
008010	BANHA SUINA REF IND 30KG	KG	129	3.870,0000	3.870,000	3.956,430
008338	PEITO AVE CLASSY LIGHT DF	KG	2.110	12.663,0000	12.663,000	13.152,272
008370	TUBELLE AVE CLASSY LIGHT	KG	1.950	14.622,1000	14.622,100	15.125,110
009164	MORTADELA AVE CLASSY 400GR.	KG	1.814	8.707,2000	8.707,200	9.055,484
009199	COSTELA SUINA SPECIAL LINE	KG	443	6.645,0000	6.645,000	7.176,600
009288	LINGUICA TOSCANA	KG	1.407	28.140,0000	28.140,000	28.739,080
009318	LING TIPO PAJO	KG	1.017	10.170,0000	10.170,000	10.719,180
009398	COSTELINHA SUINA TEMPERADA	KG	510	9.180,0000	9.180,000	9.384,000
009644	MORTADELA ITALLA	KG	2.471	24.710,0000	24.710,000	25.698,400
009687	LING CALABRESA RETA 3,0 KG	KG	819	8.190,0000	8.190,000	9.418,500
009741	LINGUICA CALABRESA CUR 2,5 KG	KG	7.089	70.890,0000	70.890,000	73.172,658
009865	LING CALABRESA 400GR.2PC	KG	1.147	9.176,0000	9.176,000	9.978,900
009890	SALSICHA LONGUETTE 500GR.RF	KG	1.158	10.422,0000	10.422,000	10.734,660
011290	COXA SICOXA INT	KG	138	2.070,0000	2.070,000	2.107,950
011380	COXA SICOXA S/O S/P ALM	KG	213	3.834,0000	3.834,000	3.897,900
011568	SAMBIQUIRA ALM	KG	354	6.372,0000	6.372,000	6.491,652
013188	SOBRECOXA FGO BDJ CG	KG	33	396,0000	396,000	412,500
013480	SOBRECOXA INT	KG	38	570,0000	570,000	580,450
013919	GALETO	KG	10	110,0000	110,000	114,040
014133	ASA FRANGO INT	KG	364	5.460,0000	5.460,000	5.560,100
014141	COXA SICOXA FRANGO INT CG	KG	127	1.905,0000	1.905,000	1.939,925
014168	FILE DE PEITO INT	KG	649	9.735,0000	9.735,000	9.913,475
014192	SOBRECOXA ALM	KG	93	1.674,0000	1.674,000	1.711,200
014290	MEIO ASA ALM	KG	111	1.998,0000	1.998,000	2.035,518
014540	COXA SICOXA S/O S/P INT	KG	46	690,0000	690,000	702,650
014367	FILEZINHO DE PEITO SASANU 3 X 6	KG	264	4.752,0000	4.752,000	4.824,600
015067	ASA FGO BDJ CG	KG	116	1.392,0000	1.392,000	1.450,000
015075	COXA E SOBRECOXA CONGBJ	KG	22	264,0000	264,000	275,000
015105	FILE DE PEITO BDJ CG	KG	375	4.500,0000	4.500,000	4.644,000
015199	FILEZINHO DE PEITO SASAMI ALM	KG	383	6.894,0000	6.894,000	7.023,454
015229	COXA FGO BDJ CG	KG	27	324,0000	324,000	337,500
015849	FILEZINHO FGO BDJ CG	KG	254	3.048,0000	3.048,000	3.175,000
016047	LINGUIÇA DEFUMADA	KG	263	2.630,0000	2.630,000	2.714,686
016055	LINGUIÇA FININHA 240GR.	KG	1.662	13.561,9200	13.561,920	13.960,800
018007	FRANGO CONGELADO	KG	178	3.560,0000	3.560,000	3.738,000
018163	CORAÇÃO FGO CG	KG	43	774,0000	774,000	788,134
018244	COXINHA DE ASA FGO CG	KG	490	8.820,0000	8.820,000	9.017,960

Data: 20/07/2010 12:32:53

Página: 3

## Listagem de Lançamento de Saidas - Sintético

Filtros: Validez: Todas Depósito [03-DEPOSITO RIO DE JANEIRO ]

018406	FILE DE PEITO FGO CG	KG	276	4.968,0000	4.968,000	5.061,288
066788	PES SUINOS SALG 10KG	KG	38	380,0000	380,000	402,800
066800	ORELHAS SALG CX 10KG	KG	10	100,0000	100,000	106,000
067113	BACON MABELLA CX 10KG	KG	1	10,0000	10,000	10,600
067632	LING TIPO CALAB MAB	KG	2	20,0000	20,000	21,400
067830	LING TIPO CALAB UNIAO	KG	4	80,0000	80,000	83,600
068071	LING SUINA MABELLA 5KG	KG	210	2.100,0000	2.100,000	2.268,000
068373	PRESUNTO COZ DAGRANJA	KG	3	20,4000	20,400	21,600
068500	LING SUINA MAB NANICA	KG	20	200,0000	200,000	216,000
070300	COSTELA APPLEBEE	KG	65	1.300,0000	1.300,000	1.358,300
070564	COSTELA C/MOLHO BARBECUE	KG	259	1.554,0000	1.554,000	1.605,800
070572	LOMBO AO MOLHO BARBECUE	KG	215	1.290,0000	1.290,000	1.399,650
070580	LINGUIÇA HOT DOG 2,50KG	KG	62	775,0000	775,000	799,800
070599	LASANHA DE FRANGO	KG	612	3.672,0000	3.672,000	3.898,440
070602	LASANHA DE CALABRESA	KG	403	2.418,0000	2.418,000	2.567,110
070963	PAO DE QJ COQUETEL 1KG	KG	43	450,0000	450,000	456,750
070971	PAO DE QJ TRADICIONAL 1KG	KG	36	360,0000	360,000	365,400
072290	SANDUICHE HOT HIT PICANHA	CX	656	1.141,4400	1.141,440	1.246,400
072303	SANDUICHE HOT HIT FRANGO	CX	143	248,8200	248,820	271,700
072354	LINGUIÇA SUINA 1KG	KG	666	11.988,0000	11.988,000	12.187,800
072435	LASANHA PRESUNTO/QJ C/ TOM	KG	217	1.302,0000	1.302,000	1.367,100
072451	LASANHA DE FGO PARISIENSE	KG	263	1.578,0000	1.578,000	1.656,900
080756	BACON SUINO SP. DEFUM.	KG	27	375,0000	375,000	405,000
081485	DIPPERS SABOR LIMAO 300 GRS	KG	252	1.134,0000	1.134,000	1.224,720
081493	HAMBURGUER BOV OVAL	CX	156	1.048,3200	1.048,320	1.131,000
081515	TIRINHAS DE FRANGO SABOR PIZZA	CX	574	1.549,8000	1.549,800	1.670,340
081639	STEAK SABOR QUEIJO 100 G	CX	3.920	10.976,0000	10.976,000	11.838,400
081710	LING TOSCANA 1 KG	KG	322	5.796,0000	5.796,000	6.182,400
081736	LINGUIÇA DE FRANGO 1 KG	KG	292	5.256,0000	5.256,000	5.676,480
082154	COPA LOMBO SUINA TEMPERADA	KG	19	266,0000	266,000	275,500
082162	LOMBO SUINO TEMPERADO CG	KG	6	84,0000	84,000	87,300
082570	FILE SUINO TEMPERADO CG	KG	48	723,0000	723,000	766,100
082686	PÃO DE QUEIJO TRADICIONAL	KG	145	1.450,0000	1.450,000	1.566,000
082708	LASANHA BOLONHESA	KG	1.064	6.384,0000	6.384,000	6.894,720
082724	LASANHA 4 QUEIJOS	KG	112	672,0000	672,000	725,760
082783	PÃO DE QUEIJO COQUETEL	KG	129	1.290,0000	1.290,000	1.393,200
082899	HBG TRAD 90G MEGA BURGER	KG	170	550,8000	550,800	595,000
083747	STEAK SABOR PIZZA 100G	KG	1.363	3.816,4000	3.816,400	4.007,220
083780	TIRINHAS DE FGO SABOR QUEIJO12	KG	338	912,6000	912,600	958,230
083798	MORTADELA SEARELA 400G	KG	454	2.217,6000	2.217,600	2.306,304
083844	SANDUICHE HOT HIT CHEDDAR	CX	1.131	1.967,9400	1.967,940	2.262,000
083860	SANDUICHE HOT HIT BARBECUE	KG	796	1.421,5800	1.421,580	1.519,264
083879	BATATA PALITO CG 400GR	KG	190	1.900,0000	1.900,000	2.042,500
083925	MAX PIZZA	KG	516	2.554,2000	2.554,200	2.678,040
083933	MAX QUEIJO	CX	600	2.970,0000	2.970,000	3.114,000

Data: 20/07/2010 12:32:53

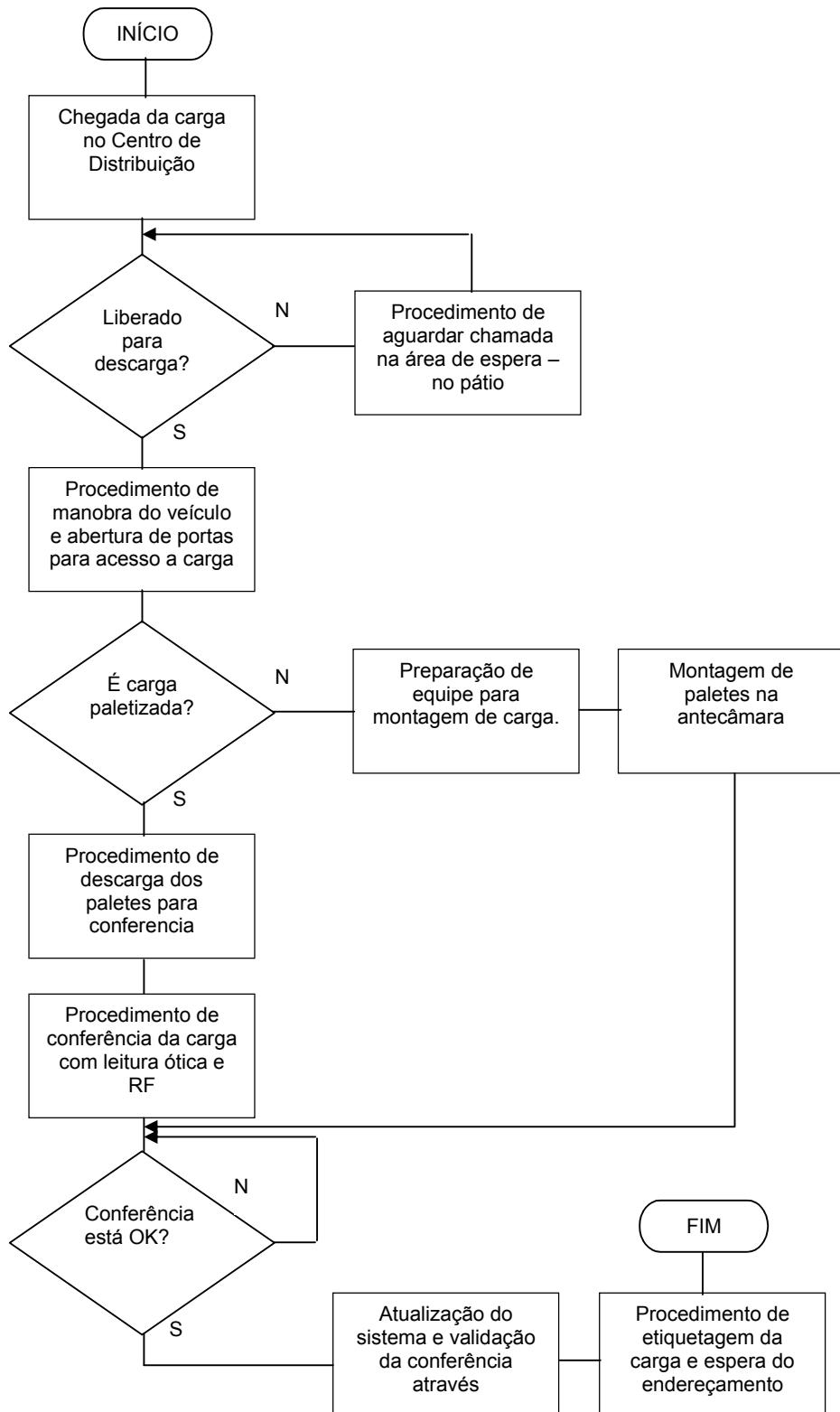
Página: 4

**Listagem de Lançamento de Saidas - Sintético****Filtra:** Validez: Todas Depósito [03-DEPOSITO RIO DE JANEIRO ]

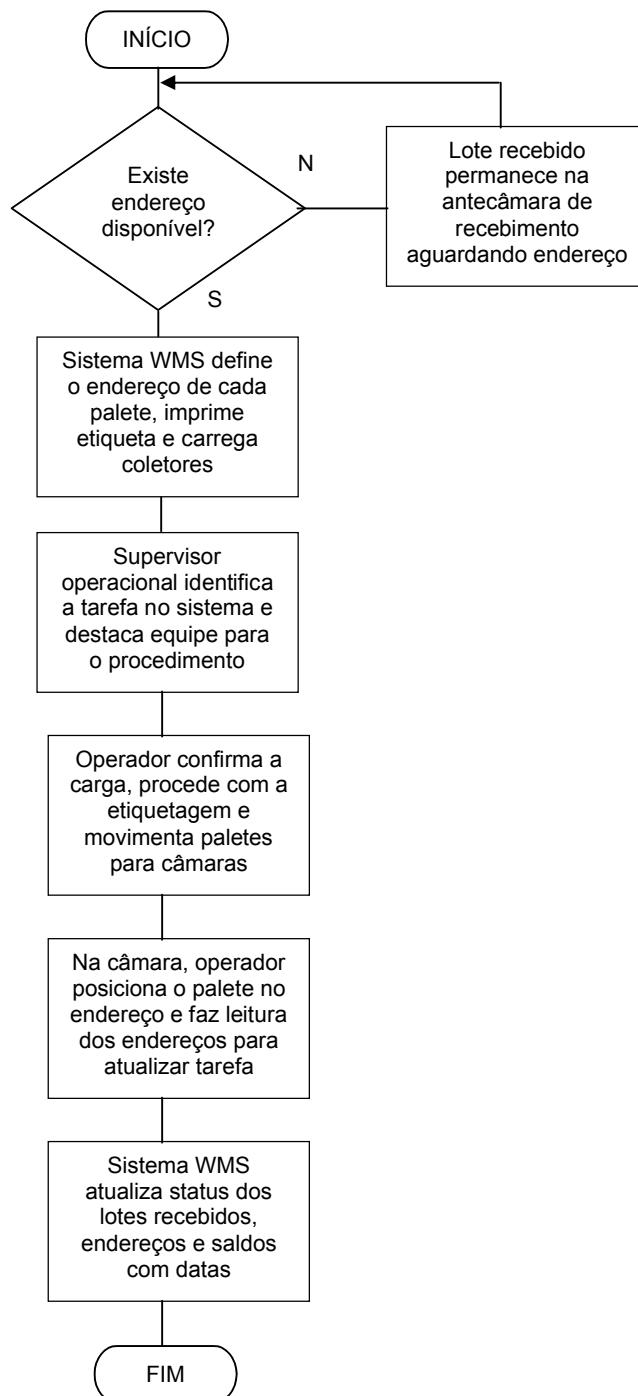
083976	BATATA PALITO CG 2,5KG	KG	15	150,0000	150,000	161,250
084220	LINGUICA SUINA CG	KG	5.991	119.820,0000	119.820,000	123.414,600
090735	DINO	KG	399	2.154,6000	2.154,600	2.294,250
196479	PIZZITAS - 1002	KG	3	10,8000	10,800	11,700
196487	CHIKENITOS QJ 12X300- 1008	KG	15	54,0000	54,000	58,500
196517	CHIKENITOS TRAD 12X300- 1014	KG	22	79,2000	79,200	83,800
196622	HAMBURGUER BOV 24X448G-1049	KG	1	10,7520	10,752	11,000
196657	ALMONDEGA BOV/FGO 1055	KG	2	9,6000	9,600	10,400
196703	KIBITOS FGO 1094	KG	6	21,6000	21,600	23,400
196711	CRUNCHS FGO TRAD 300G 1100	KG	1	3,6000	3,600	4,100
196720	CRUNCHS FGO\QJ 1101	KG	7	23,2000	23,200	27,300
196738	CRUNCHS FGO\CALAB 1102	KG	1	3,6000	3,600	4,100
196746	CRUNCHS FGO\BACON 1103	KG	3	10,8000	10,800	11,700
196754	CHIKENITOS PRESU.-1126	KG	18	64,8000	64,800	70,200
196789	STEAK FGO 100G- 1220	KG	5	15,0000	15,000	17,900
196983	FGO CAIPIRAS MIUDOS CG	KG	270	4.860,0000	4.860,000	5.103,000
276383	PEITO C/OSSO FGO CONG 18 - 147	KG	3	54,0000	54,000	56,700
81728	LING DE PERNIL 1 KG	KG	362	6.516,0000	6.516,000	7.037,280
<b>Total Cliente:</b>			128.670	1.193.107,982	1.193.132,882	1.239.666,232
<b>Total Geral:</b>			128.670	1.193.107,982	1.193.132,882	1.239.666,232

## APÊNDICE B – FLUXOGRAMA DE PROCESSOS

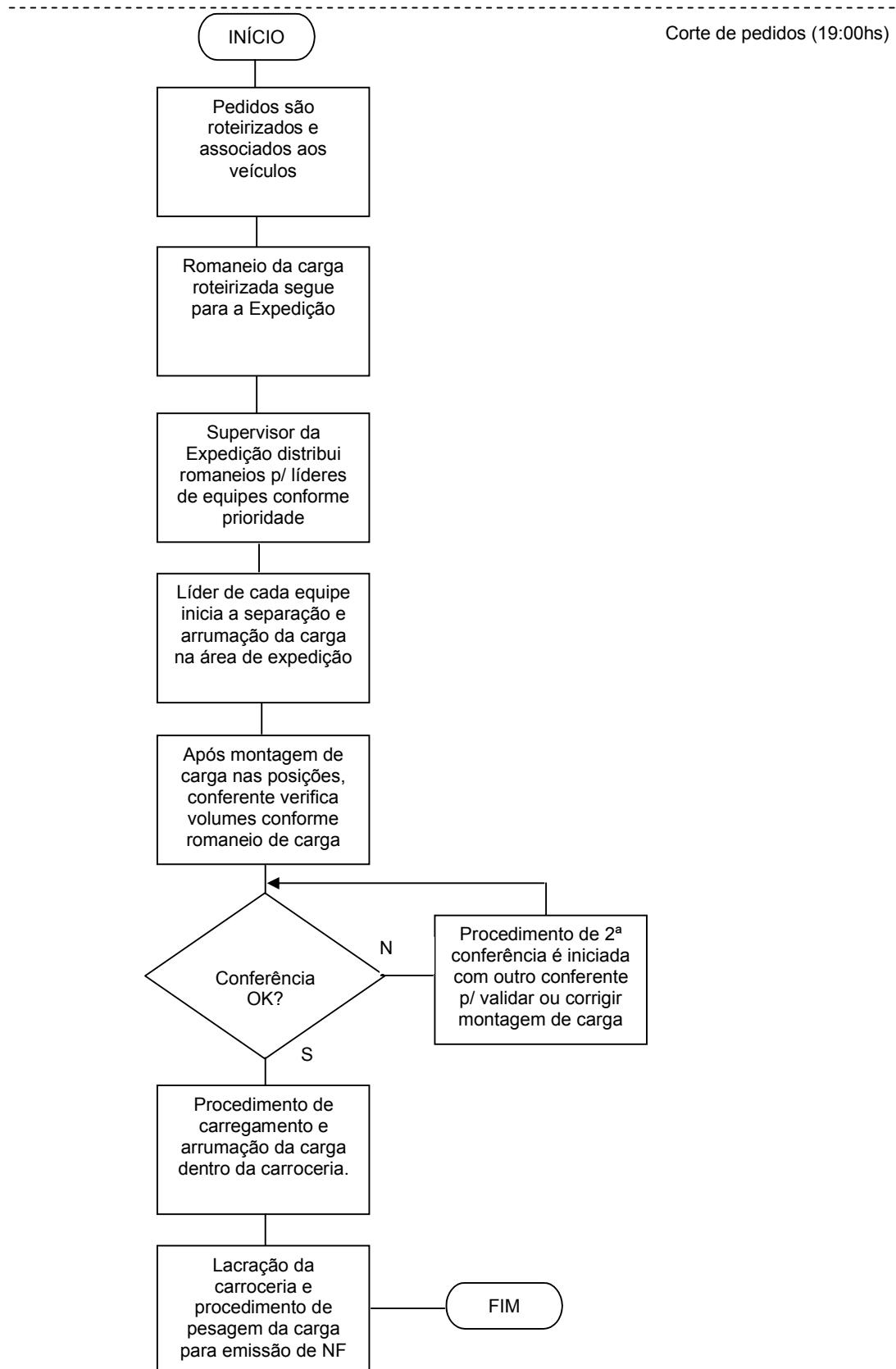
### Fluxograma: Processo de Recebimento de Produtos



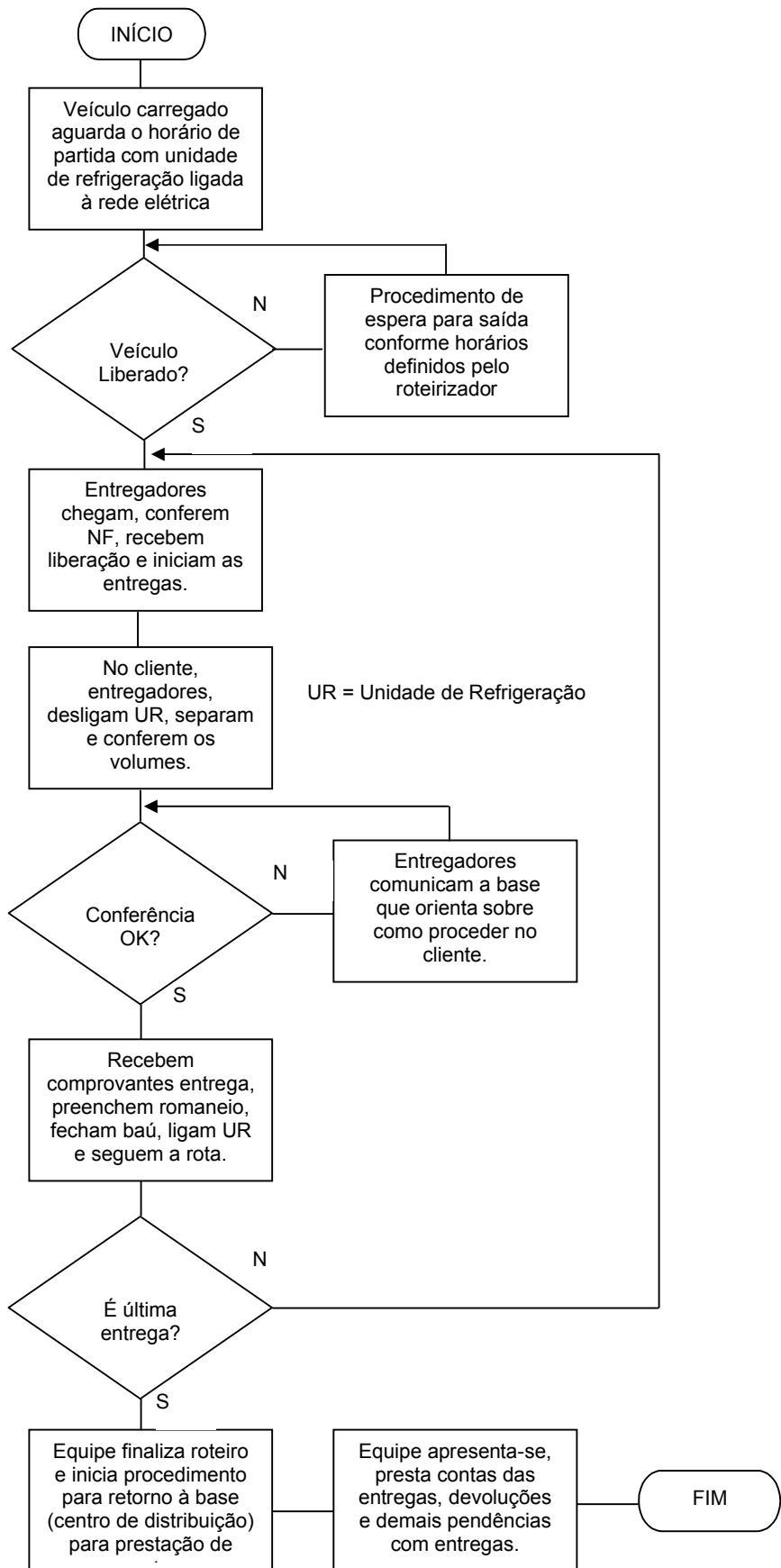
### Fluxograma: Endereçamento e Armazenagem dos Produtos Recebidos



### Fluxo: Separação (Picking) e Montagem de Carga de Pedidos para Entrega



### Fluxograma: Transporte de Pedidos de Produtos para Entrega



## APÊNDICE C

### INDICADORES USADOS NA DISTRIBUIÇÃO FÍSICA

Fonte: Entrevistas com gerente operacional

#### Setor Recebimento

<b>Indicador</b>	<b>Tipo de Valor</b>	<b>Fechamento</b>	<b>Periodicidade</b>	<b>Apresentação</b>	<b>Nível</b>
Tempo de descarga	Médio	Diário	Semanal	Gráfico e Tabular	Operacional
Volume descarregado	Absoluto	Diário	Semanal	Gráfico e Tabular	Operacional
Toneladas descarregadas por turno	Absoluto	Diário	Semanal	Gráfico e Tabular	Operacional
Veículos atendidos por turno	Absoluto	Diário	Semanal	Gráfico e Tabular	Operacional
Eficiência da equipe – turno (Ton/HH)	Absoluto	Semanal	Semanal	Gráfico e Tabular	Tático / Operacional

#### Setor Expedição

<b>Indicador</b>	<b>Tipo de Valor</b>	<b>Fechamento</b>	<b>Periodicidade</b>	<b>Apresentação</b>	<b>Nível</b>
Eficiência Carregamento (Ton/hora/veículo)	Absoluto	Diário	Semanal	Gráfico e Tabular	Operacional
Toneladas descarregadas por turno	Absoluto	Diário	Semanal	Gráfico e Tabular	Operacional
Veículos atendidos por turno	Absoluto	Diário	Semanal	Gráfico e Tabular	Operacional
Eficiência da equipe – turno (Ton/HH)	Absoluto	Semanal	Semanal	Gráfico e Tabular	Tático / Operacional

## **APÊNDICE D**

### **FORMULÁRIO DE REGISTRO DE DADOS – RECEPÇÃO**

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ Ambiente: RECEPÇÃO (ex) Data Logger:  Ativo Iniciado em:  
\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_; \_\_\_\_ : \_\_\_\_ hs Inativo

Placa: \_\_\_\_\_; Origem: \_\_\_\_\_; Te<sub>0</sub>: \_\_\_\_\_; Prod/Lote: \_\_\_\_\_;  
\_\_\_\_\_; Validade: \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Truck    Toco    Leve Peso: \_\_\_\_\_; Início M1:\_\_\_\_\_;

P1 _____ (T <sub>A</sub> )	M _____	t: _____						
P1 _____ (T <sub>B</sub> )	M _____	t: _____						
P2 _____ (T <sub>A</sub> )	M _____	t: _____						
P2 _____ (T <sub>B</sub> )	M _____	t: _____						
P3 _____ (T <sub>A</sub> )	M _____	t: _____						
P3 _____ (T <sub>B</sub> )	M _____	t: _____						

## **FORMULÁRIO DE REGISTRO DE DADOS – EXPEDIÇÃO**

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ Ambiente: EXPEDIÇÃO (ex) Data Logger:  Ativo Iniciado em:  
\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ ; \_\_\_\_ hs Inativo

Placa: \_\_\_\_\_; Destino/Rota: \_\_\_\_\_; Tel: \_\_\_\_\_; Qtde Entregas  
\_\_\_\_\_; Entregadores: \_\_\_\_\_

Truck    Toco    Leve Peso: \_\_\_\_\_ ; Início M<sub>5</sub>: \_\_\_\_\_ ; Final M<sub>6</sub>: \_\_\_\_\_ ;

P1 \_\_\_\_\_ M \_\_\_\_\_ t: \_\_\_\_\_  
(T<sub>E</sub>)

P2 \_\_\_\_\_ M \_\_\_\_\_ t: \_\_\_\_\_  
(T<sub>D</sub>)

P2 \_\_\_\_\_ M \_\_\_\_\_ t: \_\_\_\_\_  
(T<sub>E</sub>)

P3 \_\_\_\_\_ M \_\_\_\_\_ t: \_\_\_\_\_  
(T<sub>D</sub>)

P3 \_\_\_\_\_ M \_\_\_\_\_ t: \_\_\_\_\_  
(T<sub>E</sub>)

## APÊNDICE D - FORMULÁRIO DE CONSOLIDAÇÃO DE DADOS DAS ETAPAS INDOOR

## APÊNDICE E

### Planilha Result\_produto - Dados Tabulados dos Registros Medidos

**Microsoft Excel - Result\_produto**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
23																		
24																		
25		PR1	AV1	PR2	AV2	PR3	AV3			PR4	AV4	PR5	AV5					
26	AP	-12,6	9,1	-12,2	13,8	-11,4	6,8	-13,5	0,5	-14,7	6,2							
27	P	-11,1	-3,2	-7,9	-4,7	-8,2	-6,3	-12,8	-2,4	-9,9	-6,1							
28	E1	-11,0	-7,7	-7,7	-2,0	-8,2	-8,4	-11,9	-2,8	-9,3	-12,5							
29	E2	-10,9	-7,7	-6,1	2,4	-8,5	-7,8	-11,7	-3,7	-8,8	3,9							
30	E3	-10,9	-8,2	-5,1	0,5	-8,0	-5,6	-11,6	-2,6	-8,3	4,8							
31	E4	-10,7	6,7	-4,2	4,6	-7,3	-0,5	-10,5	-3,1	-7,9	3,9							
32	E5	-10,6	1,8	-4,1	7,4	-7,3	5,7	-10,8	-2,1	-7,6	5,8							
33	E6	-10,3	9,7	-2,9	5,9	-7,2	9,3	-10,7	-2,8	-7,2	15,8							
34	E7	-10	11,7	-2,9	6,1	-7,0	13,8	-10,0	-1,8	-6,8	13,6							
35	E8	-9,6	12,6	-2,5	3,6	-6,9	15,9	-9,5	-1,9	-6,5	16,3							
36	E9	-9,3	6,5	-2,3	0,6	-6,7	18,9	-9,3	-2,0	-6,2	12,8							
37	E10	-9,0	5,8	-1,8	7,4	-6,5	19,0	-9,3	3,0	-5,9	13,7							
38	E11	-8,8	0,6	-1,4	0,4	-6,4	19,5	-9,1	6,9	-5,6	11,9							
39	E12	-8,7	-5,1	-1,4	-1,0	-6,3	12,8	-8,9	5,4	-5,2	14,6							
40	E13	-8,5	-3,9	-1,3	-4,6	-6,0	7,4	-8,6	6,8	-4,8	10,3							
41	E14	-8,3	5,1	-1,3	-6,7	-6,0	7,2	-8,0	7,9	-4,3	9,7							
42	E15	-8,3	2,2	-0,6	-5,3	-5,5	0,6	-8,1	6,5	-4,0	10,6							
43	E16	-8,2	-0,3	-0,5	2,3	-5,2	3,4	-8,1	9,0	-3,6	13,7							
44	E17	-8,1	-0,4	-0,5	3,7	-5,1	3,7	-7,8	6,5	-3,2	9,6							
45	E18	-8,0	0,1	0,2	7,2	-5,0	12,5	-7,6	7,4	-2,7	12,3							
46																		

Gráf9\_Transp[3] Gráf10\_Transp[4] Gráf11\_Transp[5] Transp Timetable\_Rota

Desenhar AutoFormas Pronto MAIÚ

## **APENDICE F – FORMULÁRIO PARA ENTREVISTA**



**DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA (PPTEC)**

Pesquisa de Campo	
Órgão / Empresa	
Período	
Responsável	
Cargo / Posição	
Endereço	
Telefone / email	
Objetivos	
Metodologia	

 CEFET/RJ	PESQUISA DE CAMPO PARA DISSERTAÇÃO
---	------------------------------------

## 2 Fluxograma e Questionário

- 2.2 Recepção;
- 2.3 Endereçamento e Armazenagem;
- 2.4 Picking (separação);
- 2.5 Expedição e Carregamento;
- 2.6 Roteirização;
- 2.7 Distribuição e Transporte.

## 3 Perfil da Operação

- 3.2 Quantidade de Itens Armazenados (SKU);
  - 3.3 Empresas / Marcas Associadas;
  - 3.4 Quantidade de Toneladas Recebidas (sem/men);
  - 3.5 Quantidade de Toneladas Expedidas (sem/men);
  - 3.6 Jornada de Trabalho (por setor);
  - 3.7 Quantidade de Funcionários (por setor; por turno);
  - 3.8 Capacidades (Posição-Paleta; Ton/HH);
  - 3.9 Região de Atuação (comercial e distribuição);
  - 3.10 Regime de Fiscalização (SIF / DIPOA / ANVISA / SIPA);
  - 3.11 Legislação Pública Dominante (NBR 14701 / CVS 15);
  - 3.12 Contrato padrão ou operação customizada;
- 
- 
-

 <b>CEFET/RJ</b>	<b>PESQUISA DE CAMPO PARA DISSERTAÇÃO</b>
--	---

## Questionário

### 1. Recepção

- 2.3.1 Possui setor de Controle de Qualidade (CQ)?
  - 2.3.2 Retiram-se amostras do lote para inspeção?
  - 2.3.3 Faz inspeção da data de validade?
  - 2.3.4 Faz inspeção / teste de temperatura da carga recebida?
  - 2.3.5 Faz devolução por inconformidade na chegada?
  - 2.3.6 Registra os motivos da devolução?
  - 2.3.7 Utiliza nova embalagem / troca de embalagem?
  - 2.3.8 Alguma requisição p/ acondicionamento especial?
  - 2.3.9 Utiliza código de barras?
  - 2.3.10 Utiliza empilhadeira / paleteira?
  - 2.3.11 Utiliza registro de transação em sistema especializado (ERP/WMS)?
  - 2.3.12 Utiliza coletor RF ou batch?
  - 2.3.13 Utiliza WMS?
  - 2.3.14 Temperatura da carga fica (em média) dentro dos padrões?
  - 2.3.15 O ambiente de recepção é climatizado?
  - 2.3.16 Existe espera (fila) para atendimento da recepção (descarga)?
  - 2.3.17 Faz cross-docking?
  - 2.3.18 Produtos recebidos são padronizados?
  - 2.3.19 Faz pesagem da carga / conferência?
  - 2.3.20 Recebe devolução da distribuição?
  - 2.3.21 Quantidade recebida (Ton / semana / mês)
  
  - 2.3.22 Tempo médio de recepção de cargas
  
  - 2.3.23 Capacidade de recepção (Ton / dia / semana)
- 
- 
-

 CEFET/RJ	PESQUISA DE CAMPO PARA DISSERTAÇÃO
---	------------------------------------

## 2.4 Endereçamento e Armazenamento

- 2.4.1 O endereçamento é comandado por sistema?
  - 2.4.2 Utiliza verticalização em todas as câmaras?
  - 2.4.3 Utiliza palete aço / alumínio?
  - 2.4.4 Utiliza estrutura porta paleta?
  - 2.4.5 Utiliza empilhadeira elétrica?
  - 2.4.6 Endereço é fixo?
  - 2.4.7 Existe setor bloqueado para movimentação?
  - 2.4.8 Respeita o FIFO?
  - 2.4.9 Existe layout baseado em FIFO?
  - 2.4.10 Existe perda por data expirada?
  - 2.4.11 Existe regras p/ montagem de paleta (paleta padrão)?
  - 2.4.12 Existe controle de avarias?
  - 2.4.13 Área (M2) do armazém (por câmara).
  
  - 2.4.14 Quantidade de posição paleta total.
  
  - 2.4.15 Quantidade de movimentadores para endereçamento.
  
  - 2.4.16 Como se dá a arrumação para o FIFO.
- 
- 
-

 CEFET/RJ	PESQUISA DE CAMPO PARA DISSERTAÇÃO
---	------------------------------------

## 2.5 Picking (Separação)

- 2.5.1 O picking é comandado por sistema?
- 2.5.2 Utiliza coletor-leitor óptico / RF?
- 2.5.3 A carga é montada na área da expedição?
- 2.5.4 Sistema dá baixa em cada item separado?
- 2.5.5 O picking list determina o caminho de coleta?
- 2.5.6 Permite juntar itens de diferentes temperaturas?
- 2.5.7 Existe gargalo na etapa de picking?
- 2.5.8 Existe setor para separação de itens de varejo?
- 2.5.9 Existe reposição do estoque durante o picking?
- 2.5.10 Existe recepção de produtos durante o picking?
- 2.5.11 Os movimentadores de picking são agrupados por equipe?
- 2.5.12 Tem falta de produto no ato da separação (picking)?
- 2.5.13 Quantidade de movimentadores que atuam no picking.

2.5.14 Quantidade de empilhadeiras / paleteiras por picking.

2.5.15 Quantidade de pessoas por turno de picking.

2.5.16 Tempo médio para separação de uma carga completa.

---

---

---

 CEFET/RJ	PESQUISA DE CAMPO PARA DISSERTAÇÃO
---	------------------------------------

## 2.6 Expedição

- 2.6.1 A etapa de expedição é comandada por sistema?
- 2.6.2 A área da expedição é climatizada?
- 2.6.3 A carga é paletizada (para embarque)?
- 2.6.4 Existe montagem de palete na expedição?
- 2.6.5 Tem falta de caminhão para carregar?
- 2.6.6 Existe avaria durante expedição?
- 2.6.7 Utiliza sistema especialista do tipo TMS?
- 2.6.8 Existe recepção de produtos durante expedição?
- 2.6.9 Existe endereçamento/armazenamento durante carregamento?
- 2.6.10 Docas são isoladas?
- 2.6.11 Existe quebra de peso entre total carregado e soma pesos indiv.?
- 2.6.12 Toda expedição é roteirizada?
- 2.6.13 Após carregamento a carga é lacrada?
- 2.6.14 Após carregamento, veículo aciona eqpto refrigeração?
- 2.6.15 Qual a capacidade da expedição? Ton. por turnos de exped. (Média)

2.6.16 Qual a média de caminhões carregados por turno de exped. (Média)

2.6.17 Quantidade de pessoas envolvidas na expedição.

2.6.18 Jornada de trabalho da expedição.

2.6.19 Quantidade de docas para expedição.

---

---

---

 CEFET/RJ	PESQUISA DE CAMPO PARA DISSERTAÇÃO
---	------------------------------------

## 2.7 Roteirização

- 2.7.1 Existe sistema de roteirização eletrônica?
  - 2.7.2 O sistema está integrado com outros sistemas logísticos?
  - 2.7.3 Os veículos são alocados na roteirização?
  - 2.7.4 Existe necessidade de contratação de caminhão durante a roteirização?
  - 2.7.5 Existem rotas com quilometragem acima de 300km?
  - 2.7.6 Existe reclamações por motivo de roteirização?
  - 2.7.7 Existe sazonalidade na semana?
  - 2.7.8 A frota é 100% terceirizada?
  - 2.7.9 Veículo e equipamento de refrigeração estão sempre em boas condições?
  - 2.7.10 Existe comparação entre rota planejada e rota realizada?
  - 2.7.11 Entregadores são treinados ref. controle de temperatura?
  - 2.7.12 Romanismo de entrega é analisado diariamente?
  - 2.7.13 Qual a média de rotas construídas semanalmente?
- 2.7.14 Qual a quantidade de clientes atendidos semanalmente?
- 2.7.15 Quantas entregas em média por rota?
- 
- 
- 
-

 CEFET/RJ	PESQUISA DE CAMPO PARA DISSERTAÇÃO
---	------------------------------------

## 2.8 Transporte / Infraestrutura

- 2.8.1 Sistema de refrigeração de câmaras possui procedimentos contingenciais?
  - 2.8.2 Em caso de pane mecânica / elétrica ou falta de energia, o sistema possui possibilidade de funcionamento alternativo?
  - 2.8.3 Existe equipe de manutenção para casos de emergência?
  - 2.8.4 Os veículos são rastreados?
  - 2.8.5 O rastreador permite interação com os condutores?
  - 2.8.6 A temperatura da carga é monitorada?
  - 2.8.7 Há setor de inspeção / CQ responsável por auditoria ou por medições de desempenho quanto à manutenção do frio?
  - 2.8.8 Quais os principais indicadores para a distribuição?
- 
- 2.8.9 Como é feita a contratação de transportes?

---

---

---

---

---

---

## ANEXO I.A

### RECOMENDAÇÕES PARA ARMAZENAGEM DE FRUTAS - RESFRIADOS

Fonte: ABIAF (2010)

Frutas de clima temperado

PRODUTO	TEMPERATURA A °C - ±2,5	UMIDADE %	VIDA ÚTIL	OBSERVAÇÃO
Abricó	0,5	85 – 90	1 – 3 semanas	
Ameixa	1	85 – 90	3 – 5 semanas	
Amora	-0,5	90 – 95	2 – 6 dias	
Amora	0	85 – 95	7 – 10 dias	
Azeitona	1,5	85 – 90	4 – 6 semanas	
Caqui	-1	85 – 90	8 – 12 semanas	
Cerejas (doces)	0,5	90 – 95	2 – 3 semanas	
Cerejas (amargas)	0	85 – 95	1 – 3 semanas	
Damasco	-0,5	90	1 – 3 semanas	Depende do cultivar
Figo	-0,5	85	3 – 4 semanas	
Framboesa	0	90 – 95	1 – 7 dias	
Fruta Congelada	-19	80 – 90	6 – 12 meses	
Fruta Seca-não esp.	2,5	70	6 – 18 meses	
Grape Fruit	5	85 – 90	3 – 12 meses	
Groselha preta	-0,5	90 – 95	1 – 3 semanas	
Kiwi	-0,5	90 – 95	8 – 14 semanas	Atmosfera controlada
Maçãs	1,5	90 – 95	1 – 8 meses	Depende da variedade
Marmelo	1,5	90	8 – 16 semanas	
Mirtilo	-0,5	85 – 90	2 – 3 semanas	
Morangos	1	85 – 95	2 – 10 dias	

Pêras	-0,5	95	3 – 8 meses	Depende da variedade
Pêssegos	0,5	85 – 95	2 – 6 semanas	
Pinhão	6,5	75 – 80	2 – 4 meses	
Suco de Frutas	19	80 – 90	2 – 8 meses	
Suco de Maçã	2	85	3 meses	
Uva Passa	3	75 – 85	6 – 8 meses	
Uvas	-0,5	90 – 95	3 – 6 meses	Depende da variedade

### Frutas Cítricas

PRODUTO	TEMPERATURA °C ±2,5	UMIDADE %	VIDA ÚTIL	OBSERVAÇÃO
Laranja	7	85 – 90	2-17 semanas	
Limão (Siciliano)	12	85 – 90	2 – 5 meses	
Limão (Tati/Galego)	9	85 – 90	3-6 semanas	Rec: encerrada
Suco de Laranja	2	85	3 meses	
Tangerina	7	85 – 90	3-14 semanas	
Toronja (Grapefruit)	8	85 – 90	2-16 semanas	

### Frutas Tropicais

PRODUTO	TEMPERATURA °C ±2,5	UMIDADE %	VIDA ÚTIL	OBSERVAÇÃO
Abacates	8,5	85 – 90	1,5-6 semanas	Depende do cultivar
Abacaxi (50% maduro)	8,5	85 – 90	3 – 6 semanas	
Abacaxi (verde)	12	85 – 90	3 – 4 semanas	Perigo abaixo de 10°C
Atas	6	85 – 90	4 – 6 semanas	
Bananas	14	85 – 90	10 – 28 dias	Tratamento com fungicida
Cajus	0,5	85 – 90	5 semanas	
Goiaba	9	90	2 semanas	Depende do cultivar

Lichia	0,5	85 – 90	2 – 10 semanas	Emb. Polietileno
Mamão / Papaia	8,5	85 – 90	1 – 3 semanas	Frutos 10% maduros
Mangas	9	85 – 90	2 – 7 semanas	
Mangostão	4,5	85 – 90	6 – 7 semanas	
Maracujá	8,5	85 – 90	3 – 5 semanas	
Melancia	3	75 – 85	2 – 3 semanas	
Melão	4,5	80 – 90	1 – 8 semanas	
Pinhas	8,5	90	7 – 15 dias	Dep. maturação
Romã	1	85 – 90	11 – 15 semanas	
Sapotí	10,5	85 – 90	2-2,5 semanas	
Tâmaras	0	85	1 – 2 meses	

## ANEXO I.B

### RECOMENDAÇÕES PARA ARMAZENAGEM DE VEGETAIS - RESFRIADOS

PRODUTO	TEMPERATURA °C ±2,5	UMIDADE %	VIDA ÚTIL	OBSERVAÇÃO
Abóbora	11,5	50 – 75	2 – 5 meses	
Abobrinha	9	85 – 90	1 – 2 semanas	
Acelga	0	90 – 98	10 – 14 dias	
Agrião	0,5	90 – 95	3 – 4 dias	
Aipo	0	95	3 – 5 meses	
Alcachofra	-0,5	95	3 – 7 semanas	Polietileno perfurado
Alface	0,5	>95	2 – 3 semanas	
Alho (seco)	0	65 – 70	6 – 7 semanas	
Alho porró	0	>95	2 – 3 semanas	
Aspargos	1	95	2 – 3 semanas	Depende do cultivar
Batata (industrial)	8,5	90 – 95	2 – 5 meses	
Batata (precoce)	7	90 – 95	9 meses	
Batata (semente)	4,5	90 – 95	5 – 8 meses	
Batata doce	14,5	85 – 90	4 – 7 meses	
Berinjela	9,5	90 – 95	1 – 2 semanas	Sensível ao frio
Beterraba (c/ rama)	0	92 – 95	1 – 2 semanas	Polietileno
Beterraba (cozida)	0,5	92 – 95	1 – 2 semanas	
Beterraba (s/rama)	0	92 – 95	5 – 6 meses	
Brócolos	0	90 – 95	1 – 2 semanas	Polietileno
Cebola (seca)	-1,5	80	10 meses	Circulação de ar
Cebola (verde c/ folha)	0	92 – 95	1,5 – 3 semanas	Polietileno
Cebolinha	0	90 – 95	2 – 3 semanas	

Cenoura (c/rama)	0	95	10 – 14 dias	Depende do cultivar
Cenoura (precoce)	0,5	95	10 dias	
Cenoura (s/ rama)	0	>95	5 – 8 meses	Polietileno perfurado
Cercifí	0	95	2 – 4 meses	
Cogumelo (cultivado)	0	90 - 95	5 – 7 dias	
Cogumelo (nativo)	-0,5	85	Até 7 dias	
Couve	0	95	3 – 4 semanas	
Couve de Bruxelas	-1	90 – 95	2 – 5 semanas	Polietileno
Couve râbano	0	92 – 95	2 – 3 meses	
Couve-flor	0	95	2 – 4 semanas	Resfriamento vácuo
Endivia	0	95	2 – 3 semanas	
Endro	-1	95	1 semana	
Erva doce	0	95 – 98	2 – 4 meses	
Ervilhas (debulhada)	-0,5	95	1 – 3 semanas	
Espinafre	0	90 – 95	1 – 2 semanas	
Fava	0	92 – 95	2 – 3 semanas	
Gengibre (rizomas)	13	65	6 meses	
Inhame	16	85 – 90	3 – 6 meses	
Legumes Cong.	-27,0	85 – 90	6 – 12 meses	
Mandioca	0,5	80 – 90	5,5 – 6 meses	
Milho (doce)	0	95	1 semana	
Nabo	0	95	1 – 2 semanas	
Pastinaca	0	90 – 95	10 – 20 semanas	
Pepino	10	95	1, 5-2 semanas	Resfriamento rápido
Pimenta	5	60 – 70	6 meses	
Pimentão	7	90 – 95	1 – 3 semanas	Polietileno
Quiabo	8,5	90 – 95	12 semanas	
Rabanete	0	90 - 95	1 – 2 semanas	

Raiz forte	0,5	90 – 95	10 – 24 meses	Sensível á luz
Repolho (branco)	0	95	6 – 7 meses	
Repolho (precoce)	0	95	3 – 6 semanas	Depende cultivar
Repolho (tardio)	0	95	2 – 4 meses	
Repolho (verde)	-1	95	3 meses	
Repolho Chinês	0	90 – 95	4 – 10 semanas	
Ruibarbo	0	90 – 95	2 – 4 semanas	
Salsão (branqueado).	0,5	95	3 – 4 semanas	
Salsão (folhas)	0	>95	4 – 12 semanas	
Salsinha	-0,5	95	4 – 8 semanas	
Tomate (1/2 maduro).	13,5	85 – 90	2 – 3 semanas	
Tomate (maduro verde)	16,5	80 – 90	1 – 2 semanas	
Tomate (maduro)	10	85 – 90	1 – 2 semanas	
Vagem	2	95	5 – 14 semanas	
Vagem cortada	7,5	92 – 95	1 – 2 semanas	Sensível ao frio

## ANEXO I.C

### RECOMENDAÇÕES PARA ARMAZENAGEM PARA CARNES E OVOS - RESFRIADOS

<b>PRODUTO</b>	<b>TEMPERATURA °C±2,5</b>	<b>EMBALAGEM</b>	<b>VIDA ÚTIL</b>
Carcaça bovina	4	Estoquinetes	10-14 dias
Carcaça bovina	-0,5	Estoquinetes	3-5 semanas
Carne desossada	-0,5	A vácuo	12 semanas
Carne cortes varejo	4	Plástico	1-4 dias
Carne cortes varejo	4	A vácuo	14 dias
Carne Moída	4	Plástico	24 horas
Carne Moída	4	A vácuo	7-14 dias
Carcaça suína	4	Estoquinetes	8 dias
Carcaça suína	-0,5	Estoquinetes	3 semanas
Cortes	-0,5	A vácuo	3 semanas
Cortes varejo	4	Plástico	3 dias
Carne Moída	4	Plástico	24 horas
Curadas	4	Vácuo	3-6 semanas
Frango eviscerado	4	Plástico	7 dias
Frango eviscerado	-0,5	Plástico	2 semanas
Frango eviscerado	-1,5	Plástico	3 semanas
Banha Resfriada	0,5	80	6 meses
Banha Congelada	-18,0	90	12 meses
Carneiro Resfriado	0,5	80	10 dias
Carneiro Congelado	-15,0	80-85	3-8 meses
Cordeiro Resfriado	0,5	85-90	5-10 dias
Cordeiro Congelado	-18,0	80-90	10 meses
Coelho Resfriado	0,5	80-90	5-10 dias

Coelho Congelado	-18,0	80-90	6 meses
Derivados de Porco Salgado	5,0	80-85	4-6 meses
Fígado Congelado	-21,0	90-95	3-4 meses
Frango-Galinha Cong.	-22,0	80	3-12 meses
Leitão Limpo Inteiro Cong.	-20,0	80-85	8-10 meses
Peles – Casacos	-5,0	60-65	1 ano
Peru Fresco – Conserv.	0	80	1 semana
peru Congelado	-16,5	75	6 meses
Porco Congelado	-21,0	85-95	2-8 meses
Presunto Congelado	-21,0	85-90	6-8 meses
Presunto Def	-6,0	70	3 meses
Presunto Salgado	16,5	75-80	12 meses
Salsicha	4,5	85-90	2-3 semanas
Toucinho Cong.	-16,5	90-95	4-6 meses
Toucinho Def	16,5	60-65	6-8 meses
Toucinho Salgado	5,0	80-85	4-6 meses
Tripas	5,0	85-90	4-6 meses
Carcaça bovina	-21,0	85-95	3-12 meses
Vitela	0,5	90	5-10 dias
Vitela Cong.	-15,0	85-90	6-8 meses
Miúdos Cong.	-15,0	80	3 meses
Ovos com casca	-0,5		6-7 meses
Ovo em pó	17,5	Hermética	12 meses
Ovo Cong.	-18,0	80-85	1 ano
Gema em pó	0,5	80-85	3-4 anos
Gema Cong.	-13,0	85-90	3-4 anos
Ovo em pó integral	1,0	80-85	3-4 anos
Ovo integral Cong.	-13,0	85-90	3-4 anos
Ovo líquido	2		4-7 dias

## ANEXO I.D

### RECOMENDAÇÕES PARA ARMAZENAGEM DE PESCADOS - RESFRIADOS

PRODUTO	TEMPERATURA °C ±2,5	VIDA ÚTIL
Albacora ( <i>thunnus alalunga</i> )	-1	35 dias
Arenque/hering ( <i>clupea Harengus</i> )	0	3 dias
Bacalhau fresco	0	11 a 12 dias
Blue whiting ( <i>Micromesistius</i> )	0	6 a 7 dias
Catfish ( <i>Anarchichas</i> )	0	9 a 10 dias
Cavala ( <i>Scomber</i> )	0	10 dias
Eglefim/Haddock ( <i>Melanogrammus</i> )	0	10 a 11 dias
Hipoglosso/Hlibut ( <i>Hipoglossus</i> )	0	14 dias
Linguado ( <i>Glypocephalus</i> )	0	12 a 14 dias
Linguado ( <i>Pleuronectes</i> )	0	13 dias
Merlucio ( <i>Merluccius</i> )	0	11 a 12 dias
Salmon ( <i>Onocorhynchus</i> )	0	8 dias
Sardinha	0	10 dias
Sardinha Japonesa ( <i>Sardinops</i> )	0	9 dias
Savelha ( <i>Etmalosa dorsalis</i> )	0	16 dias
Solha ( <i>Limanda</i> )	0	11 dias
Solha ( <i>Microstomus</i> )	0	13 dias
Tilápia ( <i>Tilapia sp</i> )	0	21 dias
Truta ( <i>Salmo irideus</i> )	0	9 a 10 dias
Vermelho ( <i>Chrysophrys</i> )	0	7 a 9 dias

## ANEXO I.E

### RECOMENDAÇÕES PARA ARMAZENAGEM DE LATICÍCIOS E ITENS DIVERSOS - RESFRIADOS

<b>TIPO</b>	<b>TEMPERATURA °C ±2,5</b>	<b>UMIDADE %</b>	<b>VIDA ÚTIL</b>
Bel Paese	0	85 a 90	2 a 3 meses
Brie	1	82 a 85	2 meses
Camembert	1	90	
Cheddar	0	70 a 75	12 meses
Coalhada	0	85	1 mês
Creme de Leite	1,0	80	1 semana
Emmenthal	11	80	Vários meses
Gorgonzola	6	90	3 a 6 meses
Gruyère Comté	11	80 a 85	Vários meses
Leite	3,0	80 a 85	1 semana
Leite em Pó	1	75 – 80	1-6 meses
Manteiga	-11,0	80	6-8 meses
Parmesan	0	70 a 75	12 a 24 meses
Queijo Duro	11,0	60 – 65	4-8 meses
Queijo Mole	2,5	80	3-6 meses
Tilsitt	2	90	

## ANEXO I.E

### RECOMENDAÇÕES PARA ARMAZENAGEM DE LATICÍNIOS E ITENS DIVERSOS - RESFRIADOS

<b>PRODUTO</b>	<b>TEMPERATURA °C ±,5</b>	<b>UMIDADE %</b>	<b>VIDA ÚTIL</b>
Amêndoas de cacau	1	70 a 75	6 a 12 meses
Café em grão	-0,5	70 a 75	3 a 6 meses
Chocolate amargo	0	40 a 45	6 a 9 meses
Chocolate com leite	0	40 a 45	4 a 6 meses
Bolo de frutas	0	70 a 75	2 meses
Fermento fresco	-0,5	80 a 85	1 mês
Açúcar	8,5	>60	1-3 meses
Bicho da Seda – Hibernação	5,5	60-70	4-6 meses
Bulbo de Flores conf. Variedade	-1,0	75-80	2-4 meses
Cerveja	2,5	75	6 meses
Chocolate conf. Indus.	14,0	65-70	6 meses
Corn Flakes	1,7	65	6 meses
Essências	1,7	75	6 semanas
Fermento	0	75	2 semanas
Flores	0	80-85	2-4 semanas
Fumo	1,0	75	6 meses
Geléia	1,0	75	6 meses
Groselha	0	75-85	2 semanas
Manteiga de Cacau	9,0	65-70	6 meses
Margarina	0,5	80	6 meses
Mel	1,0	75	6 meses
Plasma de Sangue	3,3	75	2 meses
Semente de Flores – Conf. Variedade	-1,0	75-80	2-4 meses
Sorvete Conf. Qual.	-25,0	85	4 meses
Vinho	10,0	85	6 meses
Xarope	1,0	80	6 semanas

Fermento seco	Abaixo de 4	60 a 70	6 meses
Margarina	0		4 semanas
Óleo de oliva (enlatado)	5		Até 14 meses
Arroz (umidade menos de 13%)	1		2 a 3 meses

## ANEXO I.F

### RECOMENDAÇÕES PARA ARMAZENAGEM DE ITENS DIVERSOS - CONGELADOS

<b>PRODUTOS</b>	<b>-12°C</b>	<b>-18°C</b>	<b>-30°C</b>
Framboesas / Morangos (crus)	5	24	>24
Framboesas / Morangos (com açúcar)	3	24	>24
Pêssegos / Damascos / Cerejas (crus)	4	18	>24
Pêssegos / Damascos / Cerejas (com açúcar)	3	18	>24
Sucos concentrados de frutas	-	24	>24
<b>PRODUTOS</b>	<b>-12°C</b>	<b>-18°C</b>	<b>-30°C</b>
Aspargos (com rizomas verdes)	3	12	>24
Vagem	4	15	>24
Fava	-	18	>24
Brócolos	-	15	24
Couve de Bruxelas	6	15	>24
Cenoura	10	18	>24
Couve flor	4	12	24
Milho na espiga	-	12	18
Milho cortado	4	15	>24
Cogumelo (cultivado)	2	8	<24
Ervilhas	6	24	>24
Pimentão vermelho e verde	-	6	12
Batatas, batatas fritas	9	24	>24
Espinafre (cortado)	4	18	>24
Cebola	-	10	15
Alho Porró (branqueado)	-	18	-

<b>PRODUTOS</b>	<b>-12°C</b>	<b>-18°C</b>	<b>-30°C</b>
Carcaça bovina (em estoquinetes)	8	15	24
Filés de bovino (cortes)	8	18	24
Carne bovina moída	6	10	15
Carcaça de vitelo (em estoquinetes)	6	12	15
Filés de vitelo (cortes)	6	12	15
Carcaça de ovelha (em estoquinetes)	18	24	>24
Filés de ovelha (cortes)	12	18	24
Carcaça suína (em estoquinetes)	6	10	15
Filés de suíno (cortes)	6	10	15
Bacon fatiado (embalagem á vácuo)	12	12	12
Frango (inteiro)	9	18	>24
Frango em partes	9	18	>24
Peru (inteiro)	8	15	>24
Patos, Gansos (inteiros)	6	12	18
Fígado	4	12	18
Peixe gordo (glazeado)	3	5	>9
Peixe magro	4	9	>12
Lagosta, Caranguejo, Camarão cozidos na casca	4	6	>12
Moluscos e ostras	4	6	<9
Camarões (cozidos/sem casca)	2	5	>9

<b>PRODUTO</b>	<b>-12°C</b>	<b>-18°C</b>	<b>-30°C</b>
Ovos inteiros	-	12	>24
Manteiga (sem sal) pH 4.7	15	18	20
Manteiga (com sal) pH 4.7	8	12	14
Manteiga cremosa (sem sal) pH 6.6	-	>24	>24
Manteiga cremosa (com sal) (2%) pH 6.6	20	>24	>24
Creme	-	12	15
Sorvete	1	6	24
<b>PRODUTO</b>	<b>-12°C</b>	<b>-18°C</b>	<b>-30°C</b>
Produtos de Panificação e Confeitoria	-	15	24
Pães	-	3	-
Massas cruas	-	12	18

## ANEXO II

## CERTIFICADO INTERNACIONAL DE VALIDAÇÃO - SENSITECH

<b>International Certificate of Validation</b>		
<b><u>Ship To Address</u></b>	<b><u>Bill To Address</u></b>	
Carrier Refrigeracao Brasil LTDA Attn: Juliana Sanchez Rua Doutor Fernao Pimpeu De Camargo Sala 1, Jardim Do Trevo, Sp Campinas, 13040-010 Brazil	Carrier Refrigeracao Brasil LTDA Attn: Accounts Payable Rua Doutor Fernao Pimpeu De Camargo 1650 Sala 1, Jardim Do Trevo, Sp Campinas, 13040-010	<b>Order:</b> 397585 - 0 <b>Ship Date:</b> 21-maio-2010
Sensitech Inc. certifies that the item(s) identified previously have been thoroughly tested per Sensitech Quality Assurance procedures and are validated for one year from the date of sale. They have met performance accuracy specifications* over the stated range. Reference instrumentation used to perform validations is certified traceable in accordance with the National Institute of Standards and Technology (NIST). Validation equipment certifications are on file at Sensitech Beverly Massachusetts, USA.		
<i>* For complete accuracy specifications of your Sensitech product, please refer to the published Technical Specifications.</i>		
<b>Reference Instrumentation</b>		
Temperature: Ertco-Hart Thermometer, Model EH850C / 1502A (or equivalent), Serial Numbers: 84290, A71541, A7B821, A82911, A14436, A77738, A98345, A02030, A3A347, A53915, A29918, A53913, A82921, A81833, A3A343, A1B608 Ertco-Hart PRT, Model 5613/5614 (or equivalent), Serial Numbers: 805967, 780363, 800612, 802491, 562963, 792016, 831993, 826391, 657208, 807691, 839416, 839412, 805965, 801206, 657206, 751701		
Accuracy:	±0.05° Celsius over a range of -200° to +200° Celsius.	
Humidity:	Edgetech Dew Point Hygrometer, Model DewPrime II, Serial Numbers 2312x & 41H906DCR	
Accuracy:	±0.5% over a range of 10% to 95% RH.	
<b>NOTE: It is recommended that the item(s) listed previously be replaced one year from date of sale.</b>		
Authorized By:	_____ <i>Date: 21-maio-2010</i>	
Job Title:	<u>Shipper</u>	
Date of Sale:	_____	
<b>If Applicable:</b>		
Customer Commodity Number: _____		
Lot Number: _____		
<i>**This certificate information, for the order specified, applies to the items identified on the preceding pages.**</i>		
<small>T83001080 / Rev. G/ 07/09/2008 Sensitech Inc., 800 Cummings Center, Suite 258X, Beverly, MA 01915 USA Tel (978) 927-7033 FAX (978) 921-2112</small>		

## International Certificate of Validation

**Ship To Address**

Carrier Refrigeracao Brasil LTDA

Attn: Juliana Sanchez  
 Rua Doutor Fernao Pimpeu De Camargo  
 Sala 1, Jardim Do Trevo, Sp  
 Campinas, 13040-010  
 Brazil

**Bill To Address**

Carrier Refrigeracao Brasil LTDA

Attn: Accounts Payable  
 Rua Doutor Fernao Pimpeu De Camargo 1650  
 Sala 1, Jardim Do Trevo, Sp  
 Campinas, 13040-010

**Order:** 397585 - 0**Ship Date:** 21-maio-2010

Line - Box
2 - 7

Line - Box
2 - 7

Unit S/N	Model Number	Description	Validation Date
3495943200	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943201	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943202	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943203	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943204	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943205	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943206	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943207	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943208	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943209	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943210	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943211	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943212	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943213	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943214	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943215	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943216	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943217	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943218	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010
3495943219	T4500-03-001	TT4 2K Amb MU	21-maio-2010

Total Units: 20

T83001080 / Rev. G/ 07/09/2008

Sensitech Inc., 800 Cummings Center, Suite 258X, Beverly, MA 01915 USA Tel (978) 927-7033 FAX (978) 921-2112

## ANEXO III

## CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO – INSTRUMENTOS CEDIDOS PELO CEFET- RJ

**INSTRUTHERM**

**LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRUTHERM**

**Certificado de Calibração**

**Nº 18595/10**  
Folha 01/01

**Cliente:** TIROMA COMERCIO PRODUTSO ENSINO, ESCRITORIO, INFORM LTDA ME  
**Endereço:** RUA HAROLDO GURGEL, 184 Bairro: INSTITUTO DE PREVIDÊNCIA Cep: 05514-030 SÃO PAULO - SP  
**Item Calibrado:** TERMÔMETRO TIPO ESPETO      **Nº Código de barras/Nº Série:** 10011100571243 / S/ SERIE  
**Marca:** INSTRUTHERM      **Modelo:** TE-400  
**O.S. Nº:** 83821      **Data da Calibração:** 21/09/2010

**Condições Ambientais Aplicáveis à Calibração**

Temperatura durante a calibração: 23± 3°C      Umidade relativa durante a calibração: 45 a 65% (U.R.)

**Metodologia de Calibração**

Procedimento de Calibração: PCI - 003 - Rev.0 - Foi realizada a calibração através do processo de comparação com um padrão rastreado.

**Padrões Utilizados**

Instrutherm MDB-450 nº de série 16138 - Certificado de Calibração nº E1360/2009 - RBC - CAL 0024 Validade até 09/2010  
 Instrutherm THR-080 nº de série R109776 - Certificado de Calibração nº T0501/2010 RBC - CAL 0024 Validade até 04/2011

**Resultados Obtidos**

**TEMPERATURA**

Valor Indicado no Instrumento Calibrado (°C)	Valor Verdadeiro Convencional (°C)	Erro (°C)	Incerteza (± °C)	k
0.6	0.0	0.6	0.4	2,00
20.6	20.2	0.4	0.4	2,00
40.5	40.0	0.5	0.4	2,00

**Notas**

A incerteza expandida relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada e multiplicada pelos fatores de abrangência "k" informados na tabela, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

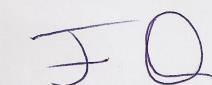
Os resultados acima apresentados referem-se exclusivamente ao item calibrado e às condições supra mencionadas.  
 Os serviços de calibração são realizados e controlados pela INSTRUTHERM - Instrumentos de Medição Ltda. O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.

Data de Emissão do Certificado: 22/09/2010

*Rodrigo Antônio de Souza*

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRUTHERM  
 Rodrigo Antônio de Souza  
 CREA - 5062258117

**INSTRUTHERM INSTRUMENTOS DE MEDAÇÃO LTDA.**  
 Rua Souza Filho, 669 - Freguesia do Ó - São Paulo - SP - CEP 02911-060  
 Assist. técnica: (11) 2144-2800 Fax: (11) 2144-2801 E-mail: instrutherm@instrutherm.com.br Site: www.instrutherm.com.br  
 INSCRIÇÃO NO CNPJ Nº 53.775.862/0001-52      INSCRIÇÃO ESTADUAL Nº 111.093.664.118      INSCRIÇÃO NO CCM Nº 9.155.648-1

	<b>Certificado de Calibração</b> Nº 4303/2010	 Fone: (51) 3406.1717 CERTIFICADO Nº: <b>4303/2010</b> CALIBRADO EM <b>19/07/2010</b> PRÓXIMA CALIBRAÇÃO			
CLIENTE: Attec Comércio de Máquinas e Equipamentos Ltda - ME. ENDEREÇO: Rua Serra de Japi, 297 - Vila Gomes Cardim - São Paulo/SP					
<b>INFORMAÇÕES TÉCNICAS:</b>					
<b>INSTRUMENTO EM CALIBRAÇÃO</b>		<b>DOCUMENTOS E DADOS DA CALIBRAÇÃO</b>			
INSTRUMENTO EM TESTE: Datalogger digital MODELO: AK275 NÚMERO DE SÉRIE: - TAG: AKDL096		NÚM. DA OS: 346886 DATA DA CALIBRAÇÃO: 19/7/2010 DATA DE EMISSÃO DO CERTIFICADO: 20/7/2010			
PROCEDIMENTO: Calibração realizada através de comparação direta com termohigrômetro padrão digital. Resultados representam a média de uma série de 3 medições repetidas, conforme procedimento PC.05, revisão 00.					
<b>RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO:</b>					
<b>RESULTADOS PARA TEMPERATURA:</b>					
<b>MÉDIA DO PADRÃO (°C)</b>	<b>MÉDIA INSTRUM. EM TESTE (°C)</b>	<b>EI (°C)</b>	<b>U (°C)</b>	<b>k</b>	<b>v<sub>eff</sub></b>
24,0	23,9	-0,1	0,8	2,00	∞
16,1	15,3	-0,8	0,9	2,01	211
<b>RESULTADOS PARA UMIDADE:</b>					
<b>MÉDIA DO PADRÃO (% UR)</b>	<b>MÉDIA INSTRUM. EM TESTE (% UR)</b>	<b>EI (% UR)</b>	<b>U (% UR)</b>	<b>k</b>	<b>v<sub>eff</sub></b>
52,1	49,1	-3,0	2,9	2,00	∞
60,5	59,0	-1,6	2,9	2,00	∞
<b>CONDIÇÕES DE CALIBRAÇÃO:</b>					
LOCAL: Laboratório da AKSO UMIDADE: (50 ± 20) % UR		TEMPERATURA: (23 ± 3)°C			
<b>PADRÕES UTILIZADOS:</b>					
Modelo: 610 Marca: Testo TAG.:THM-001 Nº Certificado: T0826/2009 Próxima Calibração: 03/06/2011					
<b>OBSERVAÇÕES:</b>					
a) A incerteza expandida de medição, U, foi calculada com uma probabilidade de abrangência de 95,45%. b) A incerteza de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02. c) Os resultados apresentados referem-se exclusivamente ao instrumento calibrado, nas condições especificadas, não sendo extensivos a quaisquer lotes, mesmo que similares. d) A reprodução deste certificado só pode ser total. A reprodução de partes depende da aprovação, por escrito, do laboratório emitente. e) Legendas para os resultados: EI = Erro de Indicação, calculado como a média das indicações do instrumento em calibração menos a média das medições do padrão; U = Incerteza expandida de medição; k = fator de abrangência utilizado para obter a incerteza expandida de medição; v <sub>eff</sub> = grau de liberdade efetivo associado à incerteza expandida de medição.					
 Fabiano Dienstmann Gerente Técnico do Laboratório					
AKSO Produtos Eletrônicos Ltda. Rua Graciliano Ramos, 148 - São José - São Leopoldo - RS - 93040-100 tel: (51)3406.1717 FAX: (51)3406.1746					