

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ANÁLISE DA CADEIA DO FRIO PARA PRODUTOS AGROALIMENTARES

por

Rogério do Rego

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, junho de 2016.



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Mecânica

ANÁLISE DA CADEIA DO FRIO PARA PRODUTOS AGROALIMENTARES

por

Rogério do Rego

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Alcy Rodolfo dos Santos Carrara
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Ciências Térmicas**

Orientador: Prof. Dr. Cirilo Seppi Bresolin

Comissão de Avaliação:

Prof. Dr. Alexandre Vagtinski de Paula

Prof. Dr. Paulo Smith Schneider

Profa. Dra. Thamy Cristina Hayashi

Porto Alegre, 23, junho de 2016.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus pais Alba Maria e Paulo Roberto que me apoiaram durante todo o meu caminho. Agradeço toda a proteção, dedicação e formação que me foi dada, é por ambos, e com ambos, que concluo mais esta etapa. Aos meus avós que sempre seguirão em minha memória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Cirilo Seppi pelas boas discussões, atenção e conhecimentos transmitidos durante a realização deste trabalho, mostrando-se um ótimo orientador. Muito obrigado professor!

Ao professor Paulo Schneider, pela sugestão do tema deste trabalho.

Ao amigo Jonatas Asafe, tanto pelo apoio nas horas difíceis quanto pelos momentos de diversão. Obrigado!

REGO, R. **Análise da Cadeia do Frio para Produtos Agroalimentares**. 2016. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

RESUMO

Este trabalho contribui com o estudo da cadeia do frio para agroalimentos, realizando uma análise da armazenagem frigorífica, transporte, demanda energética e legislação para as etapas fundamentais da cadeia (processamento, armazenamento de longo prazo, transporte, armazenamento de curto prazo e distribuição). Na etapa de processamento, é feita uma análise utilizando-se o balanço de energia útil, a fim de determinar o consumo energético na refrigeração de agroalimentos. Assim, observa-se o crescimento do uso de eletricidade em 25,76% (24.448,10 TJ) e redução de 64,07% (153,99 TJ) no uso de óleo combustível, principais fontes energéticas para refrigeração de alimentos. O trabalho apresenta um estudo da armazenagem frigorífica e de transporte, usando a metodologia desenvolvida pela *National Center for Cold Chain Development* (NCCD), baseada no consumo de agroalimentos em zonas urbanas. Neste estudo, é obtido um déficit de 26.979.271 m³ entre a capacidade requerida e a instalada. O trabalho mostra, pela análise de indicadores de eficiência energética, o uso de equipamentos mais eficientes para refrigeração de agroalimentos, fato concluído pela redução dos indicadores em 14,23%. Por fim, em uma análise da legislação vigente, são relatados os principais pontos pertinentes à Cadeia do frio, demonstrando uma abrangência de todas as etapas da cadeia. Contudo, esta análise evidencia a falta de diretrizes efetivas no combate as perdas de frutas e vegetais, como controle de atmosfera de armazenamento, umidade e ocorrência de danos por baixas temperaturas (*chilling injuries*).

PALAVRAS-CHAVE: Cadeia do frio, Refrigeração, Agroalimentos.

REGO, R. **Cold Chain Analysis for Agrifood Products**. 2016. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

ABSTRACT

This work contributes to the cold chain study for agri-food, performing a cold storage analysis, transportation, energy demand and legislation for the fundamental chain steps (processing, long-term storage, transport, short-term storage and distribution). In processing step, an analysis is made using the useful energy balance, in order to determine the energy consumption for agri-food refrigeration. So, is observed the electricity use growth in 25,76% (24.448,10 TJ) and reduction of 64,07% (153,99 TJ) in the fuel oil use, major energy sources for food refrigeration. The work presents a cold storage and transport study, using the methodology developed by the National Center for Cold Chain Development (NCCD), based on agri-food consumption in urban areas. In this study, is obtained a deficit of 26,979,271 m³ between the required and installed capacity. The work shows, through the energy efficiency indicator analysis, the use of more efficient agri-food refrigeration equipment, fact concluded by indicators reduction of 14,23%. Finally, in a current legislation analysis, the main cold chain points are reported, covering all chain steps. However, this analysis shows the lack of effective policies to combat fruits and vegetables losses, such as atmosphere control, humidity and chilling injuries.

KEYWORDS: Cold Chain, Refrigeration, Agri-food.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	1
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
3.1 A cadeia do frio.....	2
3.2 Infraestrutura da cadeia do frio	2
3.2.1 Câmaras frigoríficas de longo prazo	2
3.2.2 Câmaras frigorífica de curto prazo.....	3
3.3 Transporte da cadeia do frio	3
3.3.1 Transporte para estoque (<i>full truck load</i>)	3
3.3.2 Transporte para distribuição (<i>less than truck load</i>)	3
3.4 A agroindústria nacional	3
3.5 Perdas de agroalimentos.....	4
3.5.1 Danos por baixas temperaturas (<i>chilling injuries</i>)	4
3.6 Normas, regulamentação e legislação	5
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
4.1 Energia final e energia útil na etapa de processamento.....	6
4.2 Indicador de eficiência energética, para o uso do frio, no processamento	6
5. METODOLOGIA.....	7
5.1 Capacidade requerida de infraestrutura para a cadeia do frio.....	7
5.2 Energia útil e indicador de eficiência energética no processamento de agroalimentos .	8
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	9
6.1 Capacidade requerida e capacidade atual de armazenamento	9
6.2 Indicador de eficiência energética em unidades de processamento	10
6.3 Perdas de agroalimentos	11
6.4 Análise de normas, regulamentação e legislação da cadeia do frio	12
7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
APÊNDICE A – AQUISIÇÃO E PRODUÇÃO REGIONAL DE AGROALIMENTOS	16
APÊNDICE B – PRODUÇÃO DE AGROALIMENTOS E DEMANDA ENERGÉTICA.....	17
APÊNDICE C – TRANSPORTE DA CADEIA DO FRIO.....	17

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIAF	Associação Brasileira da Indústria de Armazenagem Frigorificada
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Agrostat	Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro
ANFIR	Associação Nacional de Fabricantes de Implementos Rodoviários
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APPCC	Sistema de Análise de Perigos em Pontos Críticos de Controle
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
BEN	Balanco Energético Nacional
BEU	Balanco de Energia Útil
CISA	Comissão Interministerial de Saúde e Agricultura
CVS	Centro de Vigilância Sanitária
DIPOA	Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GCCA	Global Cold Chain Alliance
IARW	International Association of Refrigerated Warehouses
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
NCCD	Nacional Center of Cold Chain Development
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RIISPOA	Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SIF	Serviço de Inspeção Federal

LISTA DE SIMBOLOS

EF :	Energia Final [MJ]
EC :	Energia Consumida [MJ]
CD :	Coeficiente de Destinação
EU :	Energia Útil [MJ]
η :	Rendimento
IEE :	Índice de Eficiência energética [MJ/MJ]
m :	Produção física [ton]
CE_{ref} :	Consumo Específico de referência [MJ/ton], para ano de referência de 2005
T :	Tempo de ciclo [h]
T_i :	Tempo de ida [h]
T_v :	Tempo de volta [h]
T_c :	Tempo de carregamento [h]
T_d :	Tempo de descarregamento [h]
P_r :	Produtividade da rota [h/h]
D :	Disponibilidade [h]
F :	Frota [unidades de veículos]
C_m :	Carga mensal [ton]
C :	Capacidade do Baú refrigerado [ton]

1. INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca mundialmente como produtor de agroalimentos, sendo o 3º maior produtor de frutas a nível mundial. No ano de 2014 o país produziu cerca de 39,87 milhões de toneladas de frutas, apresentando anualmente, elevados crescimentos. Segundo a AgroBrasil, 2015, a estimativa para o ano de 2016 é que sejam colhidas 43,60 milhões de toneladas. O país, porém, com tamanha capacidade produtiva, está entre as 10 nações com maiores índices de perdas de frutas e hortaliças durante a distribuição.

A interrupção dos processos vitais dos produtos agrícolas, pelo abate ou colheita, desencadeia o início da deterioração e conseqüente inutilização de produtos perecíveis. O controle de temperatura é imprescindível para retardar os processos naturais que alteram as características organolépticas e assim, assegurar a qualidade do produto ao longo da cadeia de distribuição. Conforme aponta Neves e Silveira, 2010, temperatura, tempo de armazenamento, umidade relativa e circulação de ar são variáveis que atuam sobre as principais modificações físico-químicas que ocorrem em produtos perecíveis ao longo da Cadeia do frio.

A Cadeia do frio no Brasil obteve um salto de desenvolvimento decorrente das mudanças de hábitos da sociedade, tais hábitos levaram à procura por alimentos prontos, refrigerados ou congelados. A crescente demanda de alimentos frente ao aumento da população contribuiu para a consolidação da cadeia em âmbito nacional. Outro ponto importante é a internacionalização da agropecuária brasileira e a necessidade de levar produtos como carne bovina, suína e de frango ao mercado externo, mantendo a qualidade por longas distâncias. Se por um lado a cadeia é uma realidade para produtos de origem animal, por outro, frutas e vegetais ainda sofrem pela falta de integração com a Cadeia do frio [Tanabe e Cortez, 1998]. Em relação a fruticultura, este cenário não apresenta grandes mudanças atualmente, pois o Brasil, mesmo ocupando a terceira posição como produtor mundial de frutas, exporta menos de 3% da sua produção, entre os motivos da baixa exportação estão a falta de estrutura de frio. De acordo com Soares, 2013, a cada 10 toneladas de alimentos produzidos no campo, 4 chegam à mesa dos brasileiros, contabilizando 39 mil toneladas diárias de perdas, o que corresponde a uma quantia perdida de R\$ 12 bilhões anuais. Segundo Tanabe e Cortez, 1998, o que se percebe com esta situação é o desperdício de recursos e energia empregada para que estes mesmos agroalimentos avancem pela cadeia.

A fim de manter-se a Cadeia do frio, uma quantidade substancial de energia é consumida em sistemas de refrigeração. Segundo Furlan e Marques, 2007, somente na etapa de armazenamento a refrigeração é responsável por até 75% das despesas mensais. No Brasil, A Cadeia do frio ainda está em desenvolvimento para certos tipos de agroprodutos, sendo frutas e verduras os mais afetados pela falta de frio na fase pós-colheita. Estas perdas poderiam ser reduzidas e minimizadas através da aplicação efetiva de conceitos de engenharia, tais como a Cadeia do frio.

2. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho compreendem o estudo da cadeia do frio para alimentos perecíveis de origem animal e vegetal, a eficiência da cadeia e possíveis pontos de quebra, análise do déficit nacional de armazenamento refrigerado, demanda energética para refrigeração de alimentos e a análise da eficiência energética para o uso do frio no processamento de agroalimentos, assim como analisar a legislação vigente e sua cobertura sobre as etapas da cadeia.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A CADEIA DO FRIO

Segundo a *Global Cold Chain Alliance (GCCA)*, 2016, a Cadeia de frio trata do gerenciamento e controle da temperatura de produtos perecíveis, mantendo a segurança e qualidade de alimentos, passando pelas etapas de colheita ou abate, processamento, transporte, armazenagem, distribuição e varejo, finalizando no consumidor final. Para a *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, uma Cadeia do frio efetiva compreende elos essenciais como pré-resfriamento, armazenamento, transporte, distribuição, varejo e refrigeração doméstica [FAO, 2015].

De um modo geral a Cadeia de frio pode ser definida como resultado do uso conjunto da engenharia de refrigeração e da cadeia logística de suprimentos sensíveis a temperatura, garantindo a qualidade do produto de forma ininterrupta, da fonte produtora até o consumidor final, e a eficiência da cadeia se dá pela efetividade de ambas as partes.

3.2 INFRAESTRUTURA DA CADEIA DO FRIO

Em 2010, o Brasil alcançou a capacidade de armazenagem frigorificada de 5,71 milhões de m³, sendo que 95,05% deste espaço foi disponibilizado para aluguel [IARW, 2010]. Atualmente a rede brasileira de armazenamento refrigerado consta com grandes instalações, totalizando 16,05 milhões de m³. Os armazéns brasileiros caracterizam-se pelo alto grau de verticalização alcançado por estruturas porta palletes, uso de empilhadeiras e armazenagem multitemperatura, possibilitando operações de congelamento, resfriamento, climatização e secagem. No geral, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Armazenagem Frigorificada (ABIAF), 2011, a rede brasileira se desenvolve à frente do que a legislação nacional é capaz de acompanhar, esta conduta possibilitou que agroalimentos nacionais chegassem a mercados externos de altos níveis de exigência.

A tabela 3.1 apresenta o comparativo dos países com maior capacidade de armazenamento refrigerado.

Tabela 3.1 – Capacidade de armazenamento frigorificado e taxa de crescimento anual (Elaboração própria segundo IndexMundi, ABIAF 2011, IARW 2010, 2014)

País	2010		2014		Taxa de crescimento anual (2010-2014)
	10 ³ m ³	m ³ / hab.	10 ³ m ³	m ³ / hab.	
Índia	105.138	0,09	130.720	0,11	5,6%
Estados Unidos	107.476	0,35	114.851	0,36	1,7%
China	61.391	0,05	76.080	0,06	5,5%
Japão	34.060	0,27	32.650	0,26	-1,1%
Alemanha	21.800	0,26	23.950	0,30	2,4%
Brasil	5.711	0,03	16.050	0,08	29,5%

Conforme a *Nacional Center of Cold Chain Development (NCCD)*, 2015, as estruturas fundamentais para propiciar o fornecimento de agroalimentos evitando-se a quebra da Cadeia do frio são: câmaras frigoríficas de longo prazo, curto prazo e transporte refrigerado.

3.2.1 CÂMARAS FRIGORÍFICAS DE LONGO PRAZO

Câmaras de armazenamento a granel, onde os agroalimentos são armazenados por longo período. Esta estrutura tem papel importante na suavização de períodos magros de produção (entre safras), sendo localizadas próximas às áreas de produção, ou áreas rurais.

3.2.2 CÂMARAS FRIGORÍFICA DE CURTO PRAZO

Tem seu conceito fundamentado na movimentação rápida de produtos. Estas estruturas são construídas perto de centros de consumo, servindo como ponto de distribuição sem causar a quebra da Cadeia do frio. Conforme NCCD, 2015, o período de estocagem de curto prazo para produtos in natura é de 1 a 6 semanas.

3.3 TRANSPORTE DA CADEIA DO FRIO

Atualmente, o modal rodoviário de transportes de cargas tem maior participação na matriz nacional, atingindo 61,1% do total, seguido do ferroviário e hidroviário com 20,7 e 13,6% respectivamente. Com preço do frete elevado, em relação a outros modais, o transporte de carga rodoviário é indicado para produtos perecíveis ou com alto valor agregado. A Tabela 3.2 mostra o número de implementos rodoviários refrigerados emplacados.

Tabela 3.2 – Emplacamentos de implementos rodoviários com capacidade para refrigeração (Adaptado da Associação Nacional de Implementos Rodoviários - ANFIR, 2015)

Implementos rodoviários emplacados			
<i>Modelo</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>
Carrocerias sobre chassis	40.671	41.531	36.443
Reboques e semirreboques	1.545	2.530	1.552

O transporte de agroprodutos perecíveis sob temperatura controlada conecta as unidades de processamento, câmaras frigoríficas, ceasas e varejo, integrando as etapas da Cadeia do frio. Conforme Silva, 2010, as interfaces entre o transporte (carga e descarga de produtos) apresentam os maiores riscos de quebra da cadeia, estes riscos decorrem de variações da temperatura pela abertura das portas. Novaes (2004, apud SILVA, 2010, p.35), define o transporte frigorífico em:

3.3.1 TRANSPORTE PARA ESTOQUE (*FULL TRUCK LOAD*)

Consiste no abastecimento de grandes estoques. Este transporte se caracteriza por ser ponto-a-ponto, não ocorrendo cargas e descargas durante o trajeto, reduzindo-se as trocas de calor entre meio interno e externo pela abertura frequente das portas.

3.3.2 TRANSPORTE PARA DISTRIBUIÇÃO (*LESS THAN TRUCK LOAD*)

Abastecimento dos centros consumidores, ceasas e mercados. O transporte de distribuição exige maior controle da temperatura, pois conta com maior número de paradas e descargas. Os sistemas de refrigeração em baús frigoríficos não são dimensionados para reduzir a temperatura da carga, mas sim mantê-la. Com isso, tem-se uma maior criticidade diante das frequentes aberturas das portas.

3.4 A AGROINDÚSTRIA NACIONAL

A Tabela 3.3 apresenta os principais agroalimentos dependentes da Cadeia do frio para preservar suas propriedades originais.

Tabela 3.3 – Produção, importação e exportação brasileira de agroalimentos (Elaboração própria segundo AGROSTAT, SIDRA e produção da pecuária municipal: IBGE, 2014)

Produto	Produzido (10 ³ ton)		Importado (10 ³ ton)		Exportado (10 ³ ton)		Oferta per capita (kg)	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Carne bovina	8.062,9	7.490,9	60,8	47,1	1.545,0	1.361,4	32,4	30,2
Carne suína	3.192,9	3.430,7	15,4	15,8	490,6	542,1	13,4	14,2
Carne frango	12.515,5	13.140,6	2,7	4,1	3.995,2	4.225,1	42,0	43,6
Leite	36.264,7	24.777,8	3.468,0	614,6	34,0	39,2	142,7	124,0
Frutas	39.872,0	43.000,0*	607,5	519,6	733,7	607,5	196,0	209,9
Vegetais	33.017,3	32.161,6	1.104,3	1.164,1	116,8	194,4	167,7	162,0
Peixe	474,0	638,0	364,7	298,6	25,8	28,4	4,0	4,4

*Dados estimados segundo AgroBrasil.

3.5 PERDAS DE AGROALIMENTOS

A perda de agroalimentos é definida como parte do montante produzido que não é destinada ao consumo humano [Fehr e Romão, 2001]. Conforme Tanabe e Cortez, 1998, as perdas de alimentos ao longo das etapas da cadeia podem ser qualitativas ou quantitativas. Perdas qualitativas são reduções de qualidade nas propriedades originais do produto. As perdas quantitativas, mais difíceis de serem estimadas, contabilizam o montante que não chega ao consumidor final, normalmente, aparecendo em forma de lixo. Apesar da escassez de dados, Soares, 2000, pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, afirma que do total de perdas para frutas e hortaliças, 10% são na etapa da colheita, 50% no manuseio e transporte, 30% nas centrais de abastecimento e 10% no varejo e consumidor final.

3.5.1 DANOS POR BAIXAS TEMPERATURAS (*CHILLING INJURIES*)

Tanto baixas quanto as altas temperaturas, no transporte e armazenamento, causam danos irreversíveis aos tecidos de frutas e vegetais. Em algumas variedades, os danos causados por baixas temperaturas aparecem em condições de não congelamento, normalmente, entre 0 e 10°C e são associados a incapacidade que estes alimentos apresentam em dar continuidade nos processos metabólicos essenciais [ASHRAE, 2010].

A tabela 3.4 apresenta a faixa recomendada de temperatura e o limite mínimo para a ocorrência de danos.

Tabela 3.4 – Temperatura recomendada de armazenamento e temperatura limite mínima de produtos suscetíveis a danos (adaptado de ASHRAE, capítulos 19, 35,36 e 37)

Produto	Temperatura recomendada	Temperatura limite mínima
Banana	13 a 15 °C	13 °C
Pepino	10 a 12 °C	10 °C
Berinjela	10 a 12 °C	7 °C
Manga	13 °C	10 °C
Abacaxi	7 a 13 °C	10 °C
Batata (colhida cedo)	10 a 15 °C	4 °C
Batata (colhida tarde)	4 a 12 °C	4 °C
Abóbora	12 a 15 °C	10 °C
Batata doce	13 a 15 °C	13 °C
Tomate maduro	8 a 10 °C	10 °C
Tomate verde	10 a 13 °C	13 °C

3.6 NORMAS, REGULAMENTAÇÃO E LEGISLAÇÃO

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) atua na regulamentação e normalização de atividades relacionadas ao setor da agroindústria. Subordinado administrativamente ao MAPA, tem-se o Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (D.I.P.O.A), responsável pela formulação das diretrizes para o exercício de fiscalização e inspeção de produtos. O Serviço de Inspeção Federal, reconhecido pelo selo S.I.F., é vinculado ao D.I.P.O.A e compete pela qualidade de produtos de origem animal orientados ao mercado interno, externo e provenientes de importações. É encarregado também do registro de produtos sob responsabilidade do MAPA. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), atua na fiscalização de locais integrantes do setor alimentício e é responsável pela elaboração de atos normativos direcionados às atividades do setor.

Estabelecida pela comissão Interministerial de Saúde e Agricultura (CISA) 1984, a Resolução nº 10, resolve que alimentos perecíveis, devem ter indicados no rótulo as condições de temperatura para sua conservação nas etapas transporte, varejo e consumo, devendo ser classificados como resfriados, até 10°C, e congelados até -8°C.

A tabela 3.4 apresenta as portarias e resoluções vigentes, atuantes sobre produtos perecíveis, e suas principais características.

Tabela 3.4 – Características dos atos normativos e abrangência das etapas da Cadeia do frio.

Portaria MS nº 1.428, de 26/11/1993	Portaria MS nº 326, de 30/7/1997
<p>Estabelece “Diretrizes de Boas Práticas de Produção e Prestação de Serviços na área de alimentos”. Aprova o “Regulamento Técnico para Inspeção Sanitária de Alimentos” e “Regulamento Técnico para o Estabelecimento de Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ’s) para Serviços e Produtos na área de alimentos”.</p> <p>Avalia a eficácia de processos, instalações e controles nas etapas de processamento.</p>	<p>Estabelece “Condições Higiênico-Sanitárias e Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos”.</p> <p>Abrange processamento, armazenamento e transporte.</p>
Resolução - RDC nº 275, de 21/10/2002	Resolução - RDC nº 216, de 15/9/2004
<p>Estabelece “Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados (POP’s)” e a “Lista de Verificação de Boas Práticas de Fabricação”.</p> <p>Verifica a existência de rede de frio adequada ao volume e aos diferentes tipos de alimentos, assim como a existência de controles de temperatura nas etapas de processamento, armazenamento e transporte.</p>	<p>Estabelece o “Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação”, aplicando-se a todos os serviços de alimentação.</p> <p>Abrange processamento, armazenamento, transporte, distribuição e exposição à venda.</p>

Além dos atos normativos, a ABNT estabeleceu a NBR 14701, de 29 de junho de 2001, onde se estabelece padrões para a etapa de transporte de alimentos congelados e resfriados. Segundo a NBR 14701, 2001, a faixa de temperatura estabelecida é de 0°C a 5°C para alimentos resfriados e até -18°C para congelados, podendo admitir-se aumento até -15°C por curtos períodos quando em deslocamento. A norma também salienta que, obrigatoriamente, a carroceria frigorífica tenha a temperatura interna reduzida e estabilizada, pelo período mínimo de 15 minutos, antes do processo de carregamento, exigindo ainda, o registro de temperatura ao longo do trajeto.

A portaria CVS 5, de 09 de abril de 2013 estabelece os requisitos essenciais de boas práticas e de procedimentos operacionais padronizados para os estabelecimentos comerciais de alimentos e serviços de alimentação. Um ponto notável aqui é a apresentação de agrupamentos alimentares com temperaturas bem definidas para as etapas de recebimento e armazenamento, conforme descrito na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Temperaturas recomendadas e prazo de validade (adaptado da CVS 5, 2013).

Produtos resfriados	Temperatura recomendada	Validade
Carnes em geral e seus produtos manipulados crus.	Até 4 °C	3 dias
Leite e derivados.	Até 7 °C	5 dias
Frutas e vegetais, sucos e polpas de frutas.	Até 5 °C	3 dias
Pescados e seus produtos manipulados crus.	Até 2 °C	3 dias
Congelados	-5 a 0 °C	10 dias
	-10 a -6 °C	20 dias
	-18 a -11 °C	30 dias
	< -18 °C	90 dias

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 ENERGIA FINAL E ENERGIA ÚTIL NA ETAPA DE PROCESSAMENTO

O Balanço de Energia Útil (BEU), 2005, permite processar os dados do consumo energético dos setores da economia, desagregando-os em usos finais. A energia atribuída aos sete usos finais (força motriz, calor de processo, aquecimento direto, refrigeração, iluminação, eletroquímica e outros usos) pode ser estimada por

$$EF = EC \cdot CD, \quad (4.1)$$

onde EF é a energia final do setor (MJ), EC é a energia consumida no setor por fonte energética (MJ) e CD é o coeficiente de destinação por uso final. O CD é proveniente do mapeamento do uso energético nos setores econômicos contemplados pelo balanço de energia nacional (BEN), possibilitando segmentar o consumo em usos finais, incluindo o uso final de refrigeração, ponto de interesse neste trabalho. A energia útil pode ser obtida por

$$EU = \eta \cdot EF, \quad (4.2)$$

na qual EU é a energia útil de refrigeração (MJ), η é o rendimento relativo à fonte energética usada para refrigeração e EF é a energia por uso final (MJ). A Tabela 4.1 apresenta as fontes energéticas empregadas na geração de frio e os respectivos coeficientes de destinação e rendimentos para a refrigeração.

Tabela 4.1 – Coeficientes de destinação e rendimentos energético, por uso final de refrigeração (Adaptado de BEU)

Fonte energética	CD	η
Eletricidade	0,335	0,75
Óleo combustível	0,035	0,71

A tabela apresenta apenas os valores de CD para o uso final de refrigeração. Vale ressaltar que, para cada fonte energética, o somatório dos coeficientes expressos na tabela com os coeficientes dos outros 6 usos finais corresponde a 1.

4.2 INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, PARA O USO DO FRIO, NO PROCESSAMENTO

A utilização de dados sobre produção física na elaboração de indicadores de eficiência energética tem vantagem pela estreita relação entre dados produtivos e o consumo energético. Ademais, a produção física apresenta pouca variação quanto a sua interpretação ou significado [Phylipsen, *et al.*, 1996]. Com isto, a análise da evolução de eficiência energética pode ser

realizada observando-se o consumo de energia útil por unidade de produção física de produtos refrigerados. Em estudo realizado por Ramirez *et al.*, 2004, o indicador de eficiência energética com base em produção física é obtido comparando-se o consumo de energia útil de um setor com a energia estimada pela multiplicação da produção física e consumo específico. Desta forma, para a análise da eficiência energética relativa ao uso de refrigeração o indicador (*IEE*) pode ser estimado por

$$IEE = \frac{EU}{\sum m \cdot CE_{ref}}, \quad (4.3)$$

onde *EU* é o consumo em energia útil (MJ) para a refrigeração de produtos, *m* é a produção física de produtos refrigerados (ton) e CE_{ref} é o consumo específico de referência para refrigeração de determinado produto (MJ/ton). O somatório presente no denominador da Equação 4.3 se deve ao fato de que produtos diferentes possuem exigências distintas quanto ao uso energético. O uso do consumo específico de referência caracteriza um cenário de eficiência estática, em razão da sua constância.

Os consumos específicos de referência da Tabela 4.2 são para o ano base de 2005. Assim, em um período analisado, as variações nos indicadores decorrem somente das alterações de produção física e consumo de energia útil, possibilitando uma análise sobre a eficiência na etapa de processamento.

Tabela 4.2 – Consumos específicos, por uso final de refrigeração, de agroalimentos para o ano base de 2005 (Adaptado de Rocha *et al.*, 2010)

Produto	Consumo específico por uso final de refrigeração
Carne bovina	291,0 MJ/ton de carcaça desossada
Carne suína	327,0 MJ/ton de carcaça com ou sem pele, cabeça e pés
Carne frango	409,0 MJ/ton de carcaça com ou sem rins, pés, pescoço e
Leite	44,2 MJ/ton de leite cru
Peixes	162,2 MJ/ton de produto congelado

5. METODOLOGIA

A Figura 5.1 apresenta a Cadeia do frio, suas etapas fundamentais e o fluxo de agroalimentos ao longo da mesma.

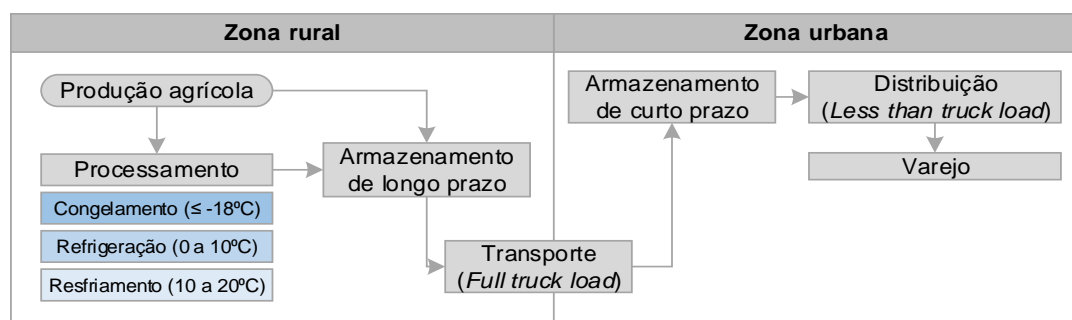


Figura 5.1- Cadeia do frio para agroalimentos

5.1 CAPACIDADE REQUERIDA DE INFRAESTRUTURA PARA A CADEIA DO FRIO

A metodologia adotada para estimar a capacidade atual de armazenamento e transporte da Cadeia do frio é similar à adotada por NCCD, 2015. Primeiramente foi necessário relacionar os agroprodutos, sensíveis a temperatura, mais consumidos pelos brasileiros. Esta informação

foi obtida através do relatório de pesquisa de orçamento familiar (IBGE), 2010, no qual foi possível obter, inclusive, o consumo per capita urbano das regiões do país (APÊNDICE A). O consumo de agroalimentos nos centros urbanos foi obtido multiplicando-se o consumo per capita urbano regional pela respectiva população urbana.

Primeiramente, para estimar a exigência de capacidade de longo e curto prazo, os produtos selecionados foram agrupados em 3 faixas de temperatura (congelados, refrigerados e resfriados) e conforme período de estocagem definidas em ASHRAE, 2010. A tabela 5.1 mostra o agrupamento e as faixas de temperatura.

Tabela 5.1 – Classificação de agroalimentos selecionados quanto ao período de estocagem

Estocagem curta (até 6 semanas)			Estocagem longa		
0 a 10°C		10 a 20°C	≤ -18°C	0 a 10°C	10 a 20°C
Alface	Laranja	Abacaxi	Aves	Batata-inglesa	Abóbora
Beterraba	Melão	Banana	Carnes	Cebola	Batata-doce
Brócolis	Tangerina	Mamão	Pescados	Cenoura	Limão
Chuchu	Tomate	Manga	Vísceras	Maçã	
Couve	Uva	Melancia		Mandioca	
Couve-flor		Pimentão		Repolho	

A quantidade de produtos direcionada ao armazenamento de longo prazo foi definida como a produção anual de agroalimentos menos o que é consumido anualmente nos centros urbanos. O valor desta diferença foi, então, utilizado para estimar a capacidade de armazenagem de longo prazo, multiplicando-se por um fator de estiva médio. O fator de estiva determina o volume ocupado pelo produto estocado. Segundo NCCD, 2015, o fator de estiva de 3,4 m³ por tonelada é aplicado para armazenagem frigorífica de agroalimentos.

Tendo em vista que o tempo de estocagem em armazéns de curto prazo pode variar por tipo de produto, ou época do ano, foi adotado um tempo de giro de estoque de 7 dias para frutas e vegetais e 15 dias para carnes congeladas. Estes tempos de giro podem ser convertidos em números de giros mensais. Para isso, o período de 30 dias foi dividido pelos tempos de giro, obtendo-se 4,29 e 2,00 giros de estoque mensais. Os giros de estoque afetam a rotatividade dos produtos estocados e representam o número de vezes em que o estoque se renova mensalmente. Dividindo-se o consumo mensal urbano pelo número de giros de estoque, e aplicando-se o fator de estiva de 3,4 m³ por tonelada chegou-se a capacidade de armazenamento de curto prazo.

Os agroalimentos consumidos nas zonas urbanas devem ser transportados por longas distâncias, da zona rural até os centros de distribuição e varejo. Para estimar o número de veículos foi considerado como base o consumo mensal urbano. Adotou-se para o transporte de longa distância (*full truck load*) um veículo com capacidade de 29 toneladas. Para o transporte de distribuição de agroalimentos (*less than truck load*) foi adotado um baú refrigerado com capacidade para até 16 toneladas. Os parâmetros logísticos, e o catálogo de implementos rodoviários considerado nesta análise encontram-se em detalhes no APÊNDICE C.

5.2 ENERGIA ÚTIL E INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO PROCESSAMENTO DE AGROALIMENTOS

Os dados necessários para a análise de energia útil e elaboração dos indicadores de eficiência foram filtrados de relatórios oficiais do IBGE e banco de dados SIDRA. A eventual falta de dados oficiais foi suprida por informações de revistas especializadas do setor agropecuário. Assim, obteve-se o histórico de produção para o período de 2006 a 2014. Frutas e vegetais não foram considerados nesta análise, pois não foram encontradas referências sobre o consumo específico de refrigeração destes produtos, esta falta é relacionada, em parte, a pouca

associação destes alimentos à Cadeia do frio. O histórico da produção física é apresentado no APÊNDICE B.

O consumo energético na etapa de processamento de agroalimentos destina-se à preservação destes produtos pelo uso de sistemas de compressão mecânica de vapor e convecção forçada por ar ou água. Estes processos são obtidos usando-se eletricidade e, em uma parcela menor, óleo diesel e óleo combustível [Rocha *et al.*, 2010]. A Tabela 5.2 mostra o consumo no processamento de alimentos e as fontes utilizadas para manter a Cadeia do frio.

Tabela 5.2 – Evolução do consumo energético, por fonte, no processamento de alimentos (adaptado de BEN, 2015)

Evolução do consumo, por fonte, para a Cadeia do frio (10 ³ TJ)									
Fontes	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Eletricidade	77,38	80,64	83,11	84,79	97,10	98,06	101,45	98,60	97,31
Óleo combustível	17,25	18,88	19,55	19,55	13,61	13,31	11,35	8,29	6,20
Total	94,63	99,52	102,67	104,34	110,70	111,37	112,80	106,89	103,50

Conforme Equação 4.1, a energia consumida foi multiplicada, ano por ano, pelos coeficientes de destinação, onde se obteve o consumo de energia final por fonte. Aplicando-se a Equação 4.2 juntamente com os rendimentos por fonte energética, chegou-se as energias úteis para a manutenção dos processos de refrigeração de alimentos.

A construção dos indicadores de eficiência energética exigiu, primeiramente, o conhecimento da energia consumida por tipo de produto. Para isso, o consumo específico de refrigeração (Tabela 4.2) foi multiplicado pela produção física, gerando o consumo energético de refrigeração. Por fim, os indicadores de eficiência energética puderam ser estimados aplicando-se o consumo energético por produto e os valores de energia útil anuais à Equação 4.3.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 CAPACIDADE REQUERIDA E CAPACIDADE ATUAL DE ARMAZENAMENTO

A capacidade requerida de armazenamento refrigerado para a Cadeia de frio pôde ser obtida com base na metodologia anteriormente discutida. A Tabela 6.1 apresenta em detalhes as capacidades exigidas por região, considerando-se a necessidade de integrar os principais agroalimentos produzidos e consumidos à cadeia do frio, incluindo frutas e vegetais.

Tabela 6.1 – Comparativo entre capacidade de armazenamento estática requerida e instalada

Região	Capacidade requerida de armazenamento estático (10 ³ m ³)						Capacidade instalada (10 ³ m ³)		
	Capacidade de longo prazo			Capacidade de curto prazo			Total	2010	2014
	≤ -18°C	0 a 10°C	10 a 20°C	≤ -18°C	0 a 10°C	10 a 20°C			
Norte	4.472,13	2.729,15	157,88	114,26	16,49	11,70	7.501,61	80,60	16.050,00
Nordeste	894,54	2.039,27	790,95	250,23	70,00	58,31	4.103,32	539,23	
Sudeste	1.534,36	1.474,22	3.557,83	412,43	162,17	94,70	7.235,71	2.767,80	
Sul	8.859,21	2.980,10	961,94	164,44	65,23	34,50	13.065,43	2.122,99	
Centro-Oeste	10.391,88	553,66	64,52	70,98	26,89	15,28	11.123,21	200,79	
							43.029,27		

A estimativa por região em m³ totais decorreu da complexidade em chegar-se ao número de unidades, visto que em as câmaras frigoríficas brasileiras possuem grande variabilidade dimensional. Vale observar que a infraestrutura regional obtida para a Cadeia do frio é dependente da dinâmica da agroindústria nacional, desta forma, se por um lado a capacidade de armazenamento de longo prazo apoia-se na produção regional a capacidade de curto prazo

está diretamente baseada no consumo mensal de agroalimentos. Assim, a variação de produção ou consumo afetam os resultados obtidos.

Mundialmente, o Brasil encontra-se na 6ª posição quanto à sua capacidade de armazenamento frigorífico, com o total de 16.050.000 m³ instalados (37,3% do volume requerido), porém a análise de infraestrutura estática aponta claramente um déficit de 26.979.271 m³ entre capacidade instalada e requerida. Com a taxa de crescimento anual de 29,5%, pode-se prever que a capacidade instalada ultrapassaria a requerida em um prazo de 4 anos aproximadamente, considerando-se uma conjuntura promissora. Ao atingir a capacidade requerida é esperado um aumento no consumo energético do setor. Em conjunto com o crescimento da infraestrutura da cadeia, é de fato importante analisar a disponibilidade energética, tendo em vista que unidades frigoríficas de grande porte tem até 75,0% do consumo mensal destinados apenas para a geração do frio.

A Tabela 6.2 apresenta a quantidade de unidades de transporte estimadas para compor a conectividade entre as etapas da cadeia.

Tabela 6.2 – Unidades requeridas para transporte da Cadeia do frio

Região	Frota para transporte				Frota para distribuição				Total	
	≤ -18°C	0 a 10°C	10 a 20°C	Total	≤ -18°C	0 a 10°C	10 a 20°C	Total		
Norte	211	66	47	324	263	82	58	403	727	8.715
Nordeste	462	277	231	970	575	345	288	1.208	2.178	
Sudeste	644	543	317	1.504	948	799	467	2.214	3.718	
Sul	239	203	108	550	378	322	170	870	1.420	
Centro-Oeste	131	107	61	299	164	133	76	373	672	

As unidades estimadas somam um total de 8.715, sendo 3.647 unidades com capacidade de 29 toneladas para conectar zonas rurais e centros de distribuição. Uma quantidade de 5068 unidades com capacidade de 16 toneladas foi estimada, compondo a frota necessária para a distribuição mensal nas zonas consumidoras. No geral, conforme ANFIR, 2015, o número de implementos para transporte de carga refrigerada é muito superior ao valor estimado. Se considerarmos o fato de que todos os implementos para cargas refrigeradas emplacados possuam unidades de refrigeração instalada, a frota estimada fica seguramente dentro do quadro atual.

6.2 INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UNIDADES DE PROCESSAMENTO

A Tabela 6.3 apresenta os consumos energéticos obtidos para a energia útil na geração de frio em unidades de processamento.

Tabela 6.3 – Energia útil para manutenção do frio em unidades de processamento de agroalimentos.

Evolução da energia útil, por fonte, em unidades de processamento de agroalimentos (10 ³ TJ)									
Fontes	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Eletricidade	19,441	20,261	20,882	21,303	24,396	24,637	25,490	24,774	24,448
Óleo combustível	0,429	0,469	0,486	0,486	0,338	0,331	0,282	0,206	0,154
Energia útil total	19,869	20,730	21,368	21,789	24,734	24,968	25,772	24,980	24,602

O consumo de energia útil no período analisado apresentou sensível estabilização após 2010, porém é importante notar o aumento do consumo de eletricidade utilizada nos processos de refrigeração, congelamento e resfriamento. Este crescimento é da ordem de 25,76% em comparação com 2006. O uso de óleo combustível, por sua vez, apresentou queda significativa de 64% ao longo do período.

Os consumos energéticos para refrigeração de agroalimentos podem ser observados na Tabela 6.4.

Tabela 6.4 – Consumo energético para refrigeração de agroalimentos.

Energia para refrigeração por cadeia de produto (TJ)									
Produto	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Carne bovina	2.004,00	2.051,26	1.926,82	1.938,54	1.515,08	1.974,01	2.139,14	2.376,52	2.346,31
Carne suína	751,53	810,94	861,82	958,12	1.006,64	1.101,86	1.029,96	1.019,29	1.044,08
Carne frango	3.339,08	3.676,11	4.178,16	4.065,60	4.373,26	4.671,49	4.717,80	4.893,42	5.118,82
Leite	937,27	1.191,08	1.257,07	1.325,43	1.399,71	1.462,63	1.472,12	1.561,02	1.602,90
Peixes	44,07	46,88	59,26	67,42	77,76	101,98	114,75	63,66	76,94
Total	7.075,93	7.776,27	8.283,13	8.355,11	8.372,44	9.311,97	9.473,77	9.913,90	10.189,06

A fim de se ter uma percepção do desenvolvimento da tecnologia para geração do frio em unidades de processamento, a Figura 6.1 apresenta a evolução dos indicadores de eficiência energética obtidos para refrigeração de agroalimentos. O indicador relaciona a energia consumida para refrigeração na etapa de processamento de agroalimentos com a energia consumida por produção física.

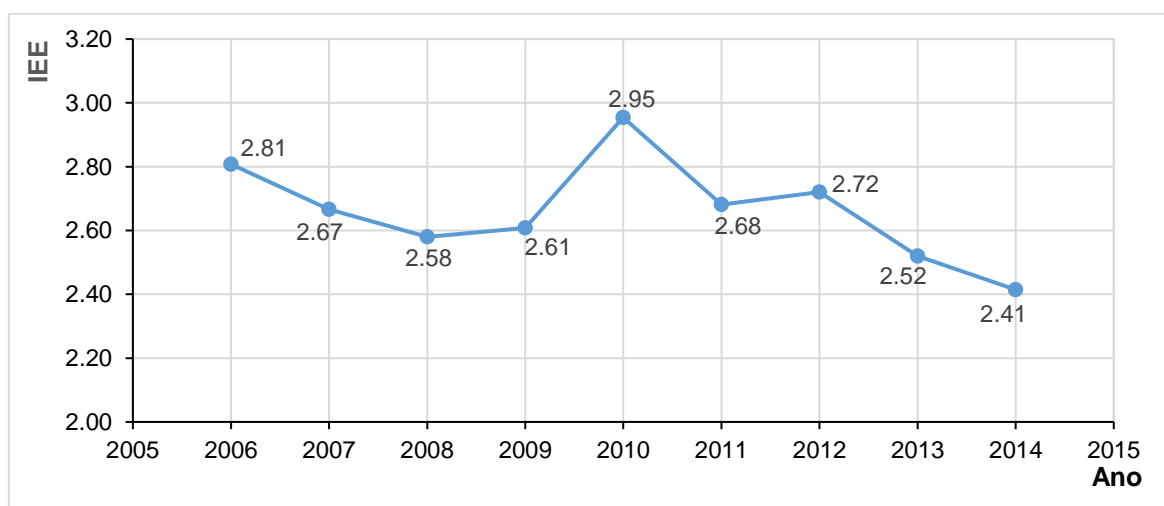


Figura 6.1 – Indicadores de eficiência energética para o processamento de agroalimentos.

Nota-se que o índice, mesmo apresentando oscilações, decaiu ao longo dos 3 primeiros anos, seguido de um pico e consecutiva queda entre 2012 a 2014. No ano de 2010, período atípico, no qual a queda de bovinos abatidos e consecutivamente redução de carcaças refrigeradas refletiu em um pico do indicador. Entre 2006 e 2014 a redução foi de 14,23%, esta queda é positiva, tal fato pode ser associado ao uso de tecnologias de melhor eficiência na geração de frio, dado que houve o aumento de consumo energético e crescimento de carcaças produzidas

O uso de eletricidade ainda é o principal recurso energético para manutenção de temperatura de agroprodutos na Cadeia do frio, apresentando aumento de seu uso ao longo do período. Conforme estudo de Ramirez *et al.*, 2004, esta tendência também é observada em países como França, Alemanha, Holanda e Reino Unido.

6.3 PERDAS DE AGROALIMENTOS

A ineficiência da Cadeia do frio para frutas e vegetais resulta em perdas significativas ao longo da mesma. Atualmente, não há mecanismos de quantificação, ainda que os poucos estudos disponíveis revelem elevados índices para hortifrutícolas, dificultando a análise detalhada dos recursos perdidos na distribuição destes alimentos.

6.4 ANÁLISE DE NORMAS, REGULAMENTAÇÃO E LEGISLAÇÃO DA CADEIA DO FRIO

Não há legislação específica para agroalimentos e a Cadeia do frio, mas sim uma série de portarias, resoluções e normas emitidas por diversos órgãos tratando, de forma geral, sobre alimentos perecíveis. Tal característica denota necessidade de regulamentação específica para agroalimentos e o uso do frio. O D.I.P.O.A, através do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), atua fiscalizando agroalimentos de origem animal (carnes, pescados, leite e ovos), os quais recebem o selo S.I.F.

Observando as normas específicas para o transporte, diferentemente dos -18°C que a NBR 14701 estabelece, a temperatura praticada para produtos congelados é de -25°C a -30°C segundo a ABIAF, pois esta faixa é considerada economicamente recomendável e diminui a possibilidade de incidentes durante o transporte. Quanto às resoluções da ANVISA, a RDC 216 estabelece procedimentos de boas práticas, sendo relevantes para a Cadeia do frio as que tratam sobre o desempenho e manutenção de todo equipamento para preservação de alimentos (refrigeradores, congeladores, câmaras frigoríficas e expositores) e procedimentos de pré-armazenamento, congelamento, resfriamento, descongelamento e refrigeração de alimentos. A resolução exige ainda, o controle e registro da temperatura nas etapas de processamento, armazenamento, transporte, distribuição e venda de produtos perecíveis. Em funcionamento conjunto com a RDC 216 tem-se a RDC 275 que define a aplicação das POP's e apresenta uma lista para avaliação dos pontos exigidos pela 216.

O Sistema de Análise de Perigos em Pontos Críticos de Controle (APPCC), abordado pela portaria 1428 do Ministério da Saúde tem relação direta com a Cadeia do frio, visto que a cadeia ininterrupta afeta positivamente os pontos críticos, reduzindo riscos de rejeição pela inadequação aos requisitos legais. A portaria 326, também do Ministério da saúde, atua na metade inicial da cadeia (colheita, abate, processamento e transporte), exigindo condições adequadas para evitar-se a deterioração de produtos. De uma forma genérica, exige que veículos de transporte de agroprodutos possuam instrumentos de controle para verificação de umidade, quando necessário. A portaria 326 não avança na etapa final da cadeia, como comercialização e varejo de alimentos.

A Figura 6.2 apresenta, em gráfico, a cobertura das etapas da Cadeia do frio pelas normas, portarias e resoluções analisadas.

Produção	Processamento	Armazenamento	Transporte e Distribuição	Varejo
RIISPOA (Produtos de origem animal)				
Portaria MS 1428				
Resolução RDC 216				
Resolução RDC 275				
Portaria MS 326				
		NBR 14701		

Figura 6.2 – Cobertura das etapas da Cadeia do frio por normas, portarias e resoluções.

Na legislação analisada não há menção sobre injúrias relativas às baixas temperaturas, tampouco especificações sobre temperatura limite mínima para segurança de frutas e vegetais, tal como foi encontrado em literatura técnica específica. Recomendações de preservação para frutas e vegetais suscetíveis a danos, condições atmosféricas e umidade relativa também não foram observadas.

7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O propósito do trabalho foi de realizar uma análise da Cadeia de frio para agroprodutos, abordando suas etapas pela análise da infraestrutura de armazenamento frigorífico, transporte, pontos de quebra, demanda energética no processamento, e legislação vigente. Para tal fim, foi necessário explorar o tema, investigando a estrutura da cadeia, onde a maior adversidade foi a pouca disponibilidade de estudos específicos sobre o assunto.

A infraestrutura da Cadeia do frio no Brasil alcançou considerável desenvolvimento, expandindo a capacidade de 5.711.410 m³, em 2010, para 16.050.000 m³ em 2014, porém, a análise de capacidade apontou o valor de 43.029.271 m³ requeridos. Isto resulta na necessidade de aumentar a capacidade instalada em 26.979.271 m³ para reduzir o déficit de infraestrutura. Com o crescimento anual de 29,5% esta capacidade poderá ser atingida em um período de 4 anos. As regiões norte e centro-oeste apresentaram maiores lacunas entre capacidade requerida e instalada, correspondendo a 1 e 2% respectivamente. A frota estimada foi de 8.715 unidades, valor abaixo do indicado por números de unidades refrigeradas emplacadas no ano de 2014 (36.443 carrocerias e 1.552 reboques). Este quadro pode ser atribuído à representatividade do modal rodoviário (61,1%) na matriz de transportes brasileira, favorecendo o transporte terrestre de cargas refrigeradas.

O consumo energético para gerar frio na etapa de processamento se dá pelo uso de eletricidade e óleo combustível. O uso da eletricidade apresentou crescimento de 25,76% em energia útil (24.448,10 TJ em 2014), enquanto o óleo combustível caiu 64,07% (153,99 TJ). Em uma análise baseada em indicadores de eficiência energética, foi possível verificar que além do aumento de consumo energético e produção física, obteve-se ainda a redução do indicador em 14,23%. Desta forma, pôde-se inferir que os sistemas de refrigeração obtiveram sensível melhora quanto a sua eficiência.

Apesar da Cadeia do frio não possuir legislação específica, o Brasil conta com normas, portarias e resoluções atuantes sobre alimentos perecíveis. No transporte, a temperatura praticada (-25°C a -30°C) diverge da estabelecida na NBR 14701 (-18°C). A portaria 326 não contempla as etapas finais da Cadeia do frio (comercialização), contudo, as resoluções 216 e 275 estabelecem diretrizes para todas as etapas da cadeia. O RIISPOA atua sobre produtos de origem animal, e concede o selo S.I.F para alimentos sob fiscalização federal. Frutas e vegetais, porém, não encontram apoio suficiente na legislação atual, a qual não possui diretrizes objetivas para o controle de atmosfera, umidade, ocorrência de danos por baixas temperaturas (chilling injuries) e perdas pela quebra de cadeia.

Para trabalhos futuros, visto que não se trata apenas do aumento de capacidade instalada, mas também da disponibilidade energética é imprescindível uma análise sobre o consumo específico de refrigeração em câmaras frigoríficas de uso público, destinadas à estocagem de agroalimentos variados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIAF. Associação Brasileira de Indústria de Armazenagem Frigorificada. "**Rede Brasileira de Armazéns Frigoríficos de Uso Público**". 2011.

ABNT. Associação brasileira de Normas Técnicas. "**NBR 14701 - Transporte de produtos alimentícios refrigerados - Procedimentos e critérios de temperatura**". Rio de Janeiro. 2001.

AGROBRASIL. "**Balanço brasileiro do agronegócio 2015/2016**". Santa Cruz do Sul. 2015.

AGROSTAT. Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. "**Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**", 2 março 2016. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>.

ANFIR. Associação Nacional de Implementos Rodoviários. "**Anuário da Indústria de Implementos Rodoviários**". São Paulo. 2015.

ANVISA. "**Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais. Resolução RDC n. 275, de 21 de outubro de 2002**". 2002.

ANVISA. "**Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de. Resolução RDC n. 216, de 15 de setembro de 2004**". 2004.

ASHRAE. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. "Handbook of Refrigeration". Atlanta: 2010. Cap. 19, 35, 36 e 37.

BEU. "**Balço de Energia Útil 2005**". MME. Ministério de Minas e Energia. Brasília. 2005.

CISA. Comissão Interministerial de Saúde e Agricultura. "**Dispõe sobre instruções para conservação na fase de transporte, comercialização e consumo dos alimentos perecíveis, industrializados ou beneficiados, acondicionados em embalagens. Resolução n. 10, de 31 de julho de 1984**". Brasília. 1984.

CVS. Centro de Vigilância Sanitária. "**Aprova o regulamento técnico sobre boas práticas para. Portaria CVS n. 5, de 09 de abril de 2013**". São Paulo, p. 32-35. 2013.

FAO. "**Developing the Cold Chain for Agriculture in the Near East and North Africa**". Regional Office for the Near East. 2015.

FEHR, M.; ROMÃO, D. C. "**Measurement of fruit and vegetable losses in Brazil: A case study**". Environment Development and Sustainability 3. Uberlândia, p. 253-263. 2001.

FURLAN, E. F.; MARQUES, D. "**Refrigeração x Energia elétrica**". Revista Frigorífico nº139. [S.l.], p. 30-35. 2007.

GCCA. Global Cold Chain Alliance. Disponível em: <<http://www.gcca.org/about-us/the-cold-chain/>>. Acesso em: 25 Março 2016.

IARW. International Association of Refrigerated Warehouses. "**Global Cold Storage Capacity Report**". Texas, p. 30. 2010.

IARW. International Association of Refrigerated Warehouses. "**Global Cold Storage Capacity Report**". 2014.

IBGE. "**SIDRA. Sistema IBGE de Recuperação Automática**". Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 maio 2016.

IBGE. "**Pesquisa de Orçamentos Familiares - Aquisição alimentar domiciliar per capita**". Rio de Janeiro, p. 282. 2010.

MS. Ministério da Saúde. "**Diretrizes de Boas Práticas de Produção e Prestação de Serviços na área de alimentos. Portaria n. 1428, de 26 de novembro de 1993**". 1993.

MS. Ministério da Saúde. "**Condições Higiênico-Sanitárias e Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. Portaria n. 326, de 30 de julho de 1997**". 1997.

NCCD. National Centre for Cold-Chain Development. "**All India Cold-chain Infrastructure Capacity**". Delhi. 2015.

NEVES FILHO, D. C.; SILVEIRA, V. "**Alguns aspectos no transporte refrigerado**". Revista tecnologica. 2010.

PHYLIPSEN, G. J. M. et al. "**Methodologies for International Comparisons of Industrial Energy Efficiency**". Simon Fraser University. Vancouver, p. 49. 1996.

RAMIREZ, C. A.; PATEL, M.; BLOK, K. "**How much energy to process one pound of meat? A comparison of energy use and specific energy consumption in the meat industry of four European countries**". Department of Science, Technology and Society, Copernicus Institute, Utrecht University. Holanda, p. 17. 2004.

ROCHA, C. R.; BAJAY, S. V.; GORLA, . "**Oportunidades de eficiência energética para a indústria: Relatório setorial: Indústria de alimentos e bebidas**". CNI. Confederação Nacional das Indústrias. Brasília, p. 58. 2010.

SILVA, G. B. D. "**A Gestão da Cadeia do frio: uma análise de fatores logísticos**". CEFET. Rio de Janeiro. 2010.

SOARES, A. G. "**Desperdício de Alimentos no Brasil: um desafio político e social a ser vencido**". Embrapa. Rio de Janeiro. 2010.

SOARES, ANTÔNIO GOMES. Brasil pode aumentar produção só reduzindo perdas. **Do campo à cidade - Soluções para o desperdício de alimentos**, Salvador, v. Especial Meio Ambiente 2013, n. 2013, p. 11-13, junho 2013.

TANABE, C. S.; CORTEZ, L. A. B. "**Perspectivas da cadeia do frio para frutas e hortaliças no Brasil**". Mercofrio 98. Porto Alegre, p. 1-5. 1998.

APÊNDICE A – AQUISIÇÃO E PRODUÇÃO REGIONAL DE AGROALIMENTOS

A Tabela A.1 apresenta os valores de aquisição regional de agroalimentos, em 10³ toneladas. Estes dados foram usados como base, conforme NCCD, 2015, para a estimativa da capacidade de transporte e armazenamento de curto prazo. A direita, estão os dados sobre produção anual usados para a estimativa de capacidade de armazenamento de longo prazo.

Tabela A.1 – Aquisição mensal urbana e produção de agroalimentos destinados ao armazenamento de longo prazo (adaptado de IBGE 2006, 2010)

Aquisição mensal regional por produto (10 ³ ton)						Produção nacional anual por região (10 ³ ton)				
Produtos	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro - Oeste	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro - Oeste
Aves	21,321	53,124	74,075	27,156	11,674	165,32	528,05	2.585,57	7.759,76	2.009,08
Carnes	31,504	74,389	151,375	65,312	27,608	1.521,95	752,30	2.206,65	3.090,41	3.320,69
Pescados	12,891	15,926	13,759	3,122	1,826	326,13	454,22	226,23	336,45	88,94
Vísceras	1,495	3,753	3,395	1,140	0,646	17,94	45,04	40,74	13,68	7,76
Alface	0,457	1,363	7,206	2,598	1,113	-	-	-	-	-
Batata-inglesa	1,904	11,054	27,927	14,520	3,567	0,00	283,70	1.896,77	1.323,96	185,40
Beterraba	0,368	1,157	2,967	1,653	0,920	-	-	-	-	-
Brócolis	0,039	0,079	1,602	0,616	0,127	-	-	-	-	-
Cebola	3,733	12,276	20,240	8,352	2,903	0,00	381,38	390,16	780,69	94,27
Cenoura	1,040	5,558	11,643	3,430	1,999	0,15	69,52	87,56	103,22	16,54
Chuchu	0,176	3,257	5,729	1,779	0,706	-	-	-	-	-
Couve	0,239	0,377	3,026	0,489	0,351	-	-	-	-	-
Couve-flor	0,057	0,075	1,497	0,665	0,189	-	-	-	-	-
Laranja	3,534	15,865	44,837	12,478	6,538	-	-	-	-	-
Maçã	1,687	5,773	16,145	7,248	2,541	0,00	0,87	7,04	1370,70	0,00
Mandioca	0,883	4,852	6,085	5,161	1,848	8.037,51	5.668,13	2.524,99	5.583,68	1.427,76
Melão	0,227	1,866	3,389	1,208	0,619	-	-	-	-	-
Repolho	1,031	2,263	5,920	3,261	1,421	1,29	25,49	246,08	106,40	37,85
Tangerina	0,559	1,880	9,388	4,584	1,202	-	-	-	-	-
Tomate	4,412	17,734	30,946	12,166	7,166	-	-	-	-	-
Uva	0,434	2,811	5,867	2,019	0,689	-	-	-	-	-
Abacaxi	0,888	7,688	9,283	2,896	1,407	-	-	-	-	-
Abóbora	0,626	3,678	8,004	1,840	1,514	12,48	92,89	204,82	65,27	9,45
Banana	6,016	29,380	50,724	19,389	7,482	-	-	-	-	-
Batata-doce	0,220	3,863	2,050	1,401	0,418	6,10	150,26	120,31	233,52	15,64
Limão	0,913	1,267	5,630	0,743	0,652	48,96	95,17	909,50	31,95	16,18
Mamão	0,950	6,718	16,403	6,765	1,925	-	-	-	-	-
Manga	0,262	3,825	7,160	2,101	0,533	-	-	-	-	-
Melancia	4,311	14,040	16,515	7,398	4,839	-	-	-	-	-
Pimentão	0,557	3,048	3,600	0,951	0,491	-	-	-	-	-

	Aquisição mensal total por região (10 ³ ton)				
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro - Oeste
≤ -18°C	67,212	147,193	242,604	96,730	41,754
0 a 10°C	20,780	88,241	204,413	82,227	33,900
10 a 20°C	14,743	73,506	119,367	43,483	19,260

APÊNDICE B – PRODUÇÃO DE AGROALIMENTOS E DEMANDA ENERGÉTICA

Para a análise da demanda energética e a elaboração dos Indicadores de Eficiência Energética utilizou-se o histórico produtivo da Tabela B.1, onde consta o desenvolvimento da produção de agroalimentos para o período de 9 anos. O período foi composto conforme a disponibilidade de dados oficiais. Os consumos específicos, para refrigeração de agroalimentos, são para o ano base de 2005 e definem o quadro tecnológico dos equipamentos usados para geração de frio deste mesmo ano.

Tabela B.1 – Produção física nacional de agroalimentos.

Produto	Consumo específico de refrigeração (MJ/ton)	Produção física nacional (10 ³ ton)								
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Carne bovina	291,0	6.887	7.049	6.621	6.662	5.206	6.784	7.351	8.167	8.063
Carne suína	327,0	2.298	2.480	2.636	2.930	3.078	3.370	3.150	3.117	3.193
Carne frango	409,0	8.164	8.988	10.216	9.940	10.693	11.422	11.535	11.964	12.515
Leite	44,2	21.205	26.948	28.440	29.987	31.668	33.091	33.306	35.317	36.265
Peixes	162,2	272	289	365	416	479	629	707	392	474

Fonte: elaboração própria conforme Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro – AGROSTAT, 2016, e Rocha et al., 2010.

O Balanço de Energia Nacional – BEN, 2015, disponibiliza por intermédio de relatório anual os dados relativos a produção, importação, exportação, distribuição e consumo de energia no Brasil, apresentando dados energéticos para os principais setores da economia, incluindo a indústria de alimentos e bebidas. A Tabela B.2 apresenta, em detalhes o consumo energético, a energia final e a energia útil para geração de frio na etapa de processamento da Cadeia do frio.

Tabela B.2 – Consumo energético, consumo final e consumo útil

Evolução do consumo, por fonte, para unidades de processamento (10 ³ TJ)										Coef. de destinação para refrigeração (CD)
Fontes	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Eletricidade	77,38	80,64	83,11	84,79	97,10	98,06	101,45	98,60	97,31	0,335 %
Óleo combustível	17,25	18,88	19,55	19,55	13,61	13,31	11,35	8,29	6,20	0,035 %
Total	94,63	99,52	102,67	104,34	110,70	111,37	112,80	106,89	103,50	

Evolução do consumo final, por fonte, para unidades de processamento (10 ³ TJ)										Rendimento (η)
Fontes	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Eletricidade	25,92	27,01	27,84	28,40	32,53	32,85	33,99	33,03	32,60	0,75 %
Óleo combustível	0,60	0,66	0,68	0,68	0,48	0,47	0,40	0,29	0,22	0,71 %
Total final	26,52	27,68	28,53	29,09	33,00	33,32	34,38	33,32	32,81	

Evolução do consumo útil, por fonte, para unidades de processamento (10 ³ TJ)									
Fontes	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Eletricidade	19,44	20,26	20,88	21,30	24,40	24,64	25,49	24,77	24,45
Óleo combustível	0,43	0,47	0,49	0,49	0,34	0,33	0,28	0,21	0,15
Total útil	19,87	20,73	21,37	21,79	24,73	24,97	25,77	24,98	24,60

APÊNDICE C – TRANSPORTE DA CADEIA DO FRIO

Utilizando-se como base a metodologia adotado por Barth e Michel, 2012, pode-se obter uma estimativa da frota requerida para o transporte e distribuição de agroalimentos conforme o a demanda urbana. Segundo metodologia, a definição da frota se baseia em 3 etapas: obtenção do tempo de ciclo do veículo, produtividade da rota e a frota. O tempo de ciclo por veículo pode ser obtido por

$$T = T_i + T_v + T_c + T_d \quad (C.1)$$

onde T é o tempo de ciclo (horas), T_i é o tempo de ida, T_v é o tempo de volta, T_c é o tempo de carregamento do baú e T_d o tempo de descarregamento. Os tempos de ida e de volta foram considerados iguais, e puderam ser estimados pela velocidade média e distância da rota. Para esta análise foi adotada uma velocidade média para semipesados de 60 km/h. A distância para transporte de carga foi estabelecida como o trajeto médio entre zonas rurais e centros urbanos. A distância para cobertura de distribuição nos centros urbanos foi adotada como 150 km. Estes parâmetros podem ser observados na Tabela C.1.

A produtividade da rota é dada em números de viagens mensais, podendo ser obtida pela Equação C.2.

$$P_r = D/T \quad (C.2)$$

onde P_r é a produtividade da rota, D é a disponibilidade do veículo em horas, considerada como 8 horas diárias, totalizando 240 horas mensais. Por fim, para se chegar a frota de veículos requerida aplica-se a Equação C.3.

$$F = C_m / (P_r \cdot C) \quad (C.3)$$

Na qual F é a frota de veículos (unidades), C_m é a carga mensal a ser transportada (Tabela A.1) e C é a capacidade do baú, sendo adotadas como 29 e 16 toneladas para o transporte e distribuição respectivamente, conforme Figura C.1.




SEMIPESADOS	CABINE P			P			P			P		
	MOTOR			250	270*	310	250	270*	310	250	270*	310
	CONFIGURAÇÃO DE RODAS			DB4x2			DB6x2			DB8x2		
IMPLEMENTO	CAMINHÃO		PBT Legal (t)									
BAÚ, SIDER, FRIGORÍFICO, TANQUE E CARGA SECA			16	●	○	○						
			23				●	○	●			
			29							○	○	●

Figura C.1 – Implementos rodoviários refrigerados (fonte: Scania, 2014)

A Tabela C.1 mostra os parâmetros utilizados para a estimativa de unidades de transporte por região.

	Transporte (Full Truck Load)					Transporte (Full Truck Load)				
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Rota (km)	470,0	480,0	400,0	330,0	470,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
Tc (h)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Td (h)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Ti (h)	7,8	8,0	6,7	5,5	7,8	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Tv (h)	7,8	8,0	6,7	5,5	7,8	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
T (h)	22,2	22,5	19,8	17,5	22,2	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Pr	11,0	11,0	13,0	14,0	11,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0