

**ANDRÉ RAVARA**

**TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE CARGAS : MÉTODO  
DE CUSTEIO E DETERMINAÇÃO DE FRETES**

Dissertação apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo para obtenção do título de Mestre  
em Engenharia.

**CONSULTA  
FD-4039**

**São Paulo  
2005**

OK

**ANDRÉ RAVARA**

**TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE CARGAS : MÉTODO  
DE CUSTEIO E DETERMINAÇÃO DE FRETES**

Dissertação apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo para obtenção do título de Mestre  
em Engenharia.

Área de Concentração :  
Engenharia Naval

Orientador :  
Prof. Dr. Rui Carlos Botter

São Paulo  
2005

A meus pais, minha esposa  
Mônica e meus filhos Pedro  
Henrique e Vitória pela  
presença, compreensão e apoio.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Rui, pela contribuição e orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Naval da Escola Politécnica da USP pela oportunidade de realização deste mestrado.

Aos demais professores da Engenharia Civil, Produção e Naval pelos conhecimentos fundamentais transmitidos durante as aulas do mestrado.

Aos colegas de curso e de trabalho pela ajuda no desenvolvimento do tema.

## RESUMO

As longas filas de caminhões nos portos brasileiros demonstram a ineficiência do sistema de transportes do Brasil. O país adotou e incentivou um modelo baseado quase que totalmente no modal rodoviário. A dependência de caminhões para escoamento da produção fica evidente quando analisada a matriz brasileira de transportes : cerca de 60% do total das mercadorias transportadas no país trafegam por rodovias, segundo o Ministério dos Transportes.

Para um país de dimensões continentais como o Brasil, o transporte ferroviário se apresenta como alternativa potencial para corrigir as distorções da matriz de transportes. A recente privatização do setor ferroviário, através de concessão de contratos de longo prazo para exploração do transporte, reacende a discussão sobre a expansão do uso das ferrovias no Brasil.

Como a característica básica do transporte ferroviário é a utilização intensiva de capital nos investimentos em vias férreas, vagões e locomotivas, torna-se fundamental o entendimento de sua estrutura de custos. Para o governo e as concessionárias das ferrovias, é importante que os contratos de concessão tenham equilíbrio econômico financeiro por longo prazo. Para os usuários, maiores prejudicados pelos gargalos logísticos atuais, é fundamental conhecer o mecanismo de custeio de operações ferroviárias para que haja transparência nas negociações de fretes. Esta transparência seria importante inclusive para que os usuários do transporte participem nos investimentos em ativos ferroviários, prática comum nos Estados Unidos e Europa.

Poucas publicações no Brasil abordam o custeio ferroviário com profundidade. Contribuem para este fato a constatação que o transporte ferroviário é tradicionalmente monopolista e até poucos anos atrás dirigido apenas por empresas estatais.

O objetivo deste trabalho é detalhar os diversos custos associados às operações ferroviárias e elaborar um método de custeio e determinação de fretes para o transporte ferroviário de cargas. Para tanto, é necessário descrever detalhadamente uma operação ferroviária típica e, através da análise de métodos de apropriação de custos existentes, desenvolver uma metodologia de custeio que melhor se adapte às peculiaridades do transporte ferroviário de cargas.

## ABSTRACT

The long lines of trucks in Brazilian ports describe the deficiencies of the country's transport system. Brazil adopted a transport system based on trucks whose dependence is evidenced by the transport distribution : about 60% of total transportation of Brazilian goods are carried by trucks.

Considering that Brazil is a large country, railroad transport is a potential solution to balance the transport distribution. The recent privatization of Brazilian railroad system, by long terms contracts, is considered a basic step for increasing the use of railroads.

The basic aspect of railroad transport is the intensive use of capital in iron tracks, cars and locomotives so is very important to detail its cost structure. For the government and concessionaires is important that concession contracts have economic balance in long term. For users that have the direct impact of high distribution costs is important to understand the railroad cost structure in order to balance the freight negotiation. This balance guarantees direct investments in cars and locomotives by users, a normal practice in Europe and United States.

Railroad costs is a subject that is not covered in details by Brazil's technical publications. This fact is caused mainly by two important characteristics of Brazilian railroad transport : the activity is monopolistic and totally controlled by government few years ago.

The goal of this work is to detail the costs associated to the railroad operations and to elaborate a method of cost accounting and determination of freights for the railroad transport

of goods. To achieve that it is necessary to describe a typical railroad operation and, through the analysis of existing appropriation costs methods, to develop a cost methodology that consider the peculiarities of the railroad transport.



## SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1.	INTRODUÇÃO .....	13
1.1.	Delineamento da Dissertação.....	13
1.2.	Metodologia aplicada no desenvolvimento da dissertação.....	15
2.	APLICAÇÕES DO CONCEITO DE FUNÇÕES DE PRODUÇÃO NO TRANSPORTE FERROVIÁRIO.....	17
2.1.	Definição.....	17
2.2.	Produção Conjunta Separável e não Separável.....	18
2.3.	Medidas de Níveis de Produção.....	19
3.	CONCEITOS BÁSICOS DE CUSTOS E MÉTODOS DE CUSTEIO .....	21
3.1.	Definição de Custo.....	21
3.2.	Classificação dos Custos.....	22
3.2.1.	Variações de volume.....	22
3.2.2.	Apropriação aos Produtos.....	23
3.3.	Custo Marginal .....	23
3.4.	Custo de Remuneração de Capital .....	24
3.5.	Contabilidade de Custos .....	24
3.6.	Métodos de apropriação de custos.....	25
4.	COMPOSIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE CUSTOS DE TRANSPORTE.....	29
4.1.	Distinção entre Fixos e Variáveis .....	29
4.2.	Custos Comuns .....	30
4.3.	Custos por Modal.....	31
4.3.1.	Ferrovia.....	31
4.3.2.	Rodovia.....	32
4.3.3.	Aquaviário .....	33
4.3.4.	Fatores Determinantes do Valor de Frete .....	34
4.4.	Formação de Preço no Transporte de cargas .....	35
4.4.1.	Conceitos Básicos .....	35
4.4.2.	Políticas de Precificação .....	37
4.5.	Aplicação de modelos estatísticos na avaliação de custos ferroviários .....	38
4.5.1.	Análises preliminares.....	38
4.5.2.	Métodos Estatísticos – Modelos Econométricos .....	41
5.	OPERAÇÃO FERROVIÁRIA E OS CUSTOS ASSOCIADOS .....	43
5.1.	Elementos básicos.....	43
5.1.1.	Locomotivas.....	43
5.1.2.	Vagões .....	44

5.1.3.	A Via Férrea.....	44
5.1.4.	Pátios Ferroviários .....	45
5.1.5.	Formação de Trens.....	45
5.2.	Custos Operacionais .....	46
5.2.1.	Custos de viagem .....	46
5.2.2.	Custos de Manutenção .....	47
5.2.3.	Custos de Remuneração de Capital .....	48
5.2.4.	Outros Custos Operacionais.....	48
5.3.	Cálculo de fretes ferroviários - a experiência norte-americana .....	49
5.4.	Cálculo de fretes ferroviários - a experiência brasileira .....	52
6.	DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE CUSTEIO .....	55
6.1.	Análise dos métodos de custeio .....	55
6.2.	Dificuldade na apuração dos custos Ferroviários .....	56
6.3.	Cálculo dos ciclos operacionais ferroviários .....	58
6.4.	O produto ferroviário .....	60
6.5.	Cálculo de necessidade de vagões .....	61
6.5.1.	Volume de transporte.....	61
6.5.2.	Aproveitamento de vagões.....	62
6.5.3.	Cálculo de vagões .....	62
6.6.	Cálculo de necessidade de locomotivas.....	63
6.7.	Cálculo dos custos dos ativos .....	65
6.8.	Cálculo do custo de combustível .....	66
6.9.	Alocação dos demais custos diretos do sub-trecho.....	67
6.10.	Custos de manutenção de vagões e locomotivas .....	69
6.11.	Cálculo do custo total .....	71
6.11.1.	Componentes do fluxo de caixa.....	72
6.11.2.	Elaboração do Fluxo de Caixa para um novo fluxo ferroviário .....	73
6.11.3.	Definição do preço unitário em função da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) 75	
7.	APLICAÇÃO DO MÉTODO.....	77
7.1.	Fluxo de Informações e Procedimentos.....	77
7.2.	Aplicação do método num fluxo genérico .....	79
7.3.	Análise de Sensibilidade.....	82
7.3.1.	Alteração do frete em relação ao mercado.....	82
7.3.2.	Sensibilidade do frete em relação aos custos operacionais.....	84
7.3.3.	Sensibilidade do frete em relação ao custo de combustível.....	85
7.3.4.	Sensibilidade do frete em relação ao período do fluxo de caixa .....	86
7.3.5.	Sensibilidade do frete em relação ao ciclo dos ativos .....	86
8.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	88
9.	BIBLIOGRAFIA .....	91
10.	GLOSSÁRIO .....	94

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Construção dos conceitos.....	16
Figura 2.1 – Estrutura Genérica de uma função de produção.....	17
Figura 3.1 – Custo Marginal.....	24
Figura 3.2 – Custeio ABC : Atividades alocadas aos produtos. ....	28
Figura 4.1 - Custo Ferroviário como função da distância. ....	30
Figura 4.2 – Função ajustada de custo baseada no tamanho do lote sendo transportado. ....	32
Figura 4.3 – Custo de operação em função da quantidade .....	40
Figura 6.1 – Obtenção da matriz de tempos .....	60
Figura 6.2 – Matriz da relação TB/HP .....	64
Figura 6.3 – Matriz da Eficiência Energética .....	67
Figura 6.4 – Definição dos Centros de Custo das estações e sub-trechos ferroviários.....	68
Figura 6.5 – Componentes de um fluxo de caixa de um projeto (Exemplo). Valores em R\$ x mil. ....	72
Figura 6.6 – Obtenção do preço unitário através da ferramenta Atingir Meta do Microsoft Excel.....	76
Figura 7.1 – Fluxo de Informações para aplicação do método de custeio. ....	77
Figura 7.2 – Índices ferroviários. ....	79
Figura 7.3 – Cálculo de necessidade de ativos e do valor total de investimento. ....	80
Figura 7.4 – Cálculo dos custos operacionais.....	81
Figura 7.5 – Representação parcial do fluxo de caixa do novo fluxo de transporte. O fluxo de caixa total se encerra em 2029. ....	82
Figura 7.6 – Fluxo de Caixa resultante com a alteração do frete.....	83
Figura 7.7 – Sensibilidade do resultado do fluxo de caixa em relação ao frete.....	84
Figura 7.8– Sensibilidade do frete em relação aos custos operacionais. ....	85
Figura 7.9– Sensibilidade do frete em relação ao período do fluxo de caixa .....	86
Figura 7.10– Sensibilidade do frete em relação à economia de ativos (vagões e locomotivas) .....	87

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Composição de Custos Variáveis no transporte Rodoviário.....	33
Tabela 4.2 – Composição de Custos – Transporte Marítimo de Longo Curso.....	34
Tabela 4.3 – Características dos quatro tipos básicos de estrutura de mercado. HANSEN et al (2003).....	37
Tabela 5.1 – Elementos das operações de transporte .....	43
Tabela 5.2 – Custos de Viagem.....	47
Tabela 5.3 – Custos de Manutenção.....	48
Tabela 5.4 – Componentes de custo primários do CPMS. ....	52
Tabela 5.5 – Tabela de Fretes para produtos siderúrgicos – RFFSA. ....	53
Tabela 6.1 – Aspectos de Rastreabilidade de custos por modal. ....	57

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Delineamento da Dissertação

A privatização das ferrovias no Brasil, ocorrida a partir de 1996 com a concessão de operação dos principais trechos da RFFSA (Rede Ferroviária Federal), reacendeu no país a discussão sobre os efeitos desta medida na matriz de transportes brasileira. Será que a transferência da operação para o setor privado vai reduzir a dependência do país em relação ao modal rodoviário ? Poderíamos analisar e responder a esta pergunta sob diversos aspectos, mas talvez um dos caminhos mais críticos ao sucesso desta empreitada seja através da análise criteriosa dos custos envolvidos na operação ferroviária. Este tema interessa a todos os participantes do mercado:

- Ao poder concedente (Governo) interessa regular e fiscalizar o mercado sob a ótica da livre concorrência e do controle de preços praticados.
- Às concessionárias interessa a correta apuração do custo e a conseqüente obtenção de margens de contribuição compatíveis com os investimentos,
- E ao mercado usuário interessa a composição correta dos custos da operação e conseqüentemente as regras de reajuste de fretes.

Conforme será desenvolvido na revisão bibliográfica de métodos estatísticos, devido à grande presença de custos fixos conjuntos nas operações ferroviárias, a apuração do custo do transporte por métodos contábeis pode apresentar distorções.

Em complemento aos métodos estatísticos destacam-se os modelos econométricos citados posteriormente neste trabalho, com equações obtidas por regressão múltipla, relacionando a variável dependente Frete por peso (R\$ por tonelada, por exemplo) às variáveis independentes distância percorrida em quilômetros, o peso da carga em toneladas e o valor da mercadoria transportada.

Além das dificuldades quantitativas da análise dos custos ferroviários, estes também dependem de fatores qualitativos e não lineares. Pode haver espaço para descontos no custo do frete em virtude do volume, demandas sazonais, rotas desbalanceadas, etc.

Outros estudos sugerem a implantação do custeio ABC em várias fases da cadeia de suprimentos, inclusive em transportes.

A motivação principal deste trabalho é a constatação de que mesmo após oito anos da privatização do setor ferroviário brasileiro, poucas publicações abordam com profundidade os elementos de custo das operações ferroviárias. De forma geral, constata-se que o mercado comprador de fretes no Brasil (principalmente os embarcadores) desconhece a composição de custos nos fretes ferroviários.

Ao fim deste trabalho, pretende-se responder as seguintes perguntas :

- Quais são os elementos de custo das operações ferroviárias ?
- Como os métodos de custeio tradicionais podem ser aplicados na apuração dos custos do Transporte Ferroviário ?

Portanto o objetivo principal desta dissertação é a proposição de um método de custeio para determinação de fretes que melhor se adapte às peculiaridades do Transporte Ferroviário.

Além disso, os objetivos secundários deste trabalho são :

- Descrição detalhada da operação ferroviária e associação dos custos inerentes à mesma,
- Revisão bibliográfica de métodos de custeio e discussão da aplicação dos mesmos no transporte ferroviário.

## 1.2. Metodologia aplicada no desenvolvimento da dissertação

Esta dissertação requer uma metodologia baseada na construção de conceitos por meio de revisões bibliográficas dos diversos temas. Segue ilustrado na figura 1.1 o encadeamento de conceitos que resultará nos objetivos desta dissertação.

A construção dos conceitos ilustrada na figura 1.1 será formada utilizando-se a analogia de uma pirâmide, sendo que :

- A base da pirâmide fornece a sustentação representada pelos conceitos dos elementos básicos : custo, métodos de custeio, funções de produção e operação ferroviária,
- O meio da pirâmide são análises intermediárias e são a sustentação do topo,
- O topo da pirâmide representa o objetivo principal da dissertação, que é a proposição de um método de custeio para determinação de fretes em operações ferroviárias.

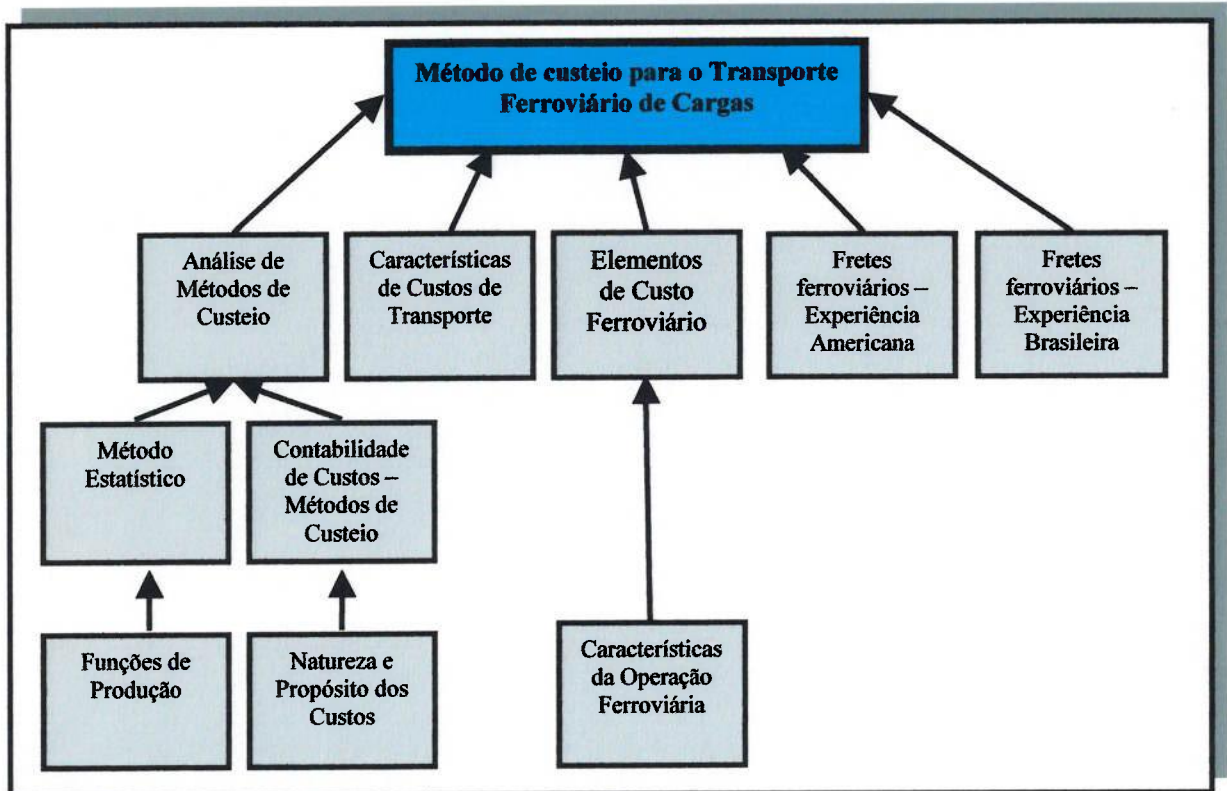


Figura 1.1 – Construção dos conceitos



## 2. APLICAÇÕES DO CONCEITO DE FUNÇÕES DE PRODUÇÃO NO TRANSPORTE FERROVIÁRIO

### 2.1. Definição

Segundo NOVAES (1986), “um sistema de transporte pode ser entendido em termos econômicos como um sistema produtivo, transformando insumos vários (mão de obra, energia, capital, etc) em produtos específicos, no caso o deslocamento de pessoas e de mercadorias”.

O esquema geral de um processo produtivo pode ser visualizado na figura 2.1.

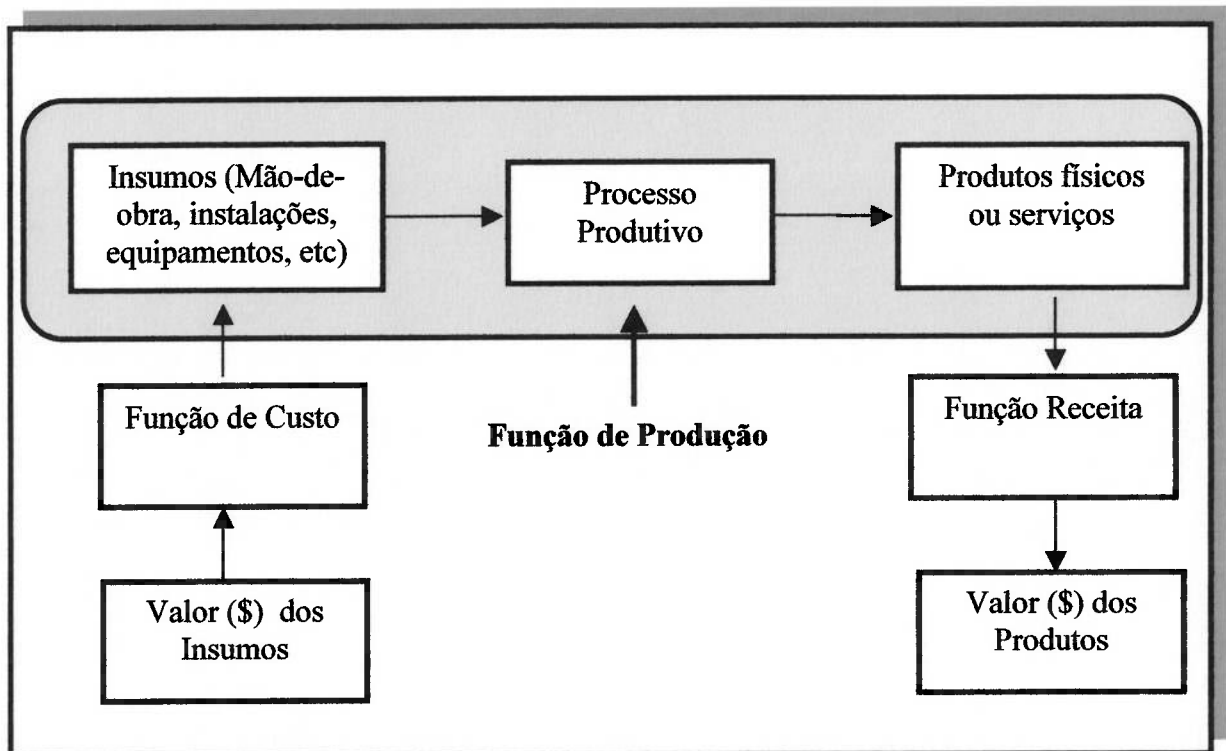


Figura 2.1 – Estrutura Genérica de uma função de produção.

O enfoque econômico de um certo processo produtivo procura identificar as relações causais entre as variáveis de produção e os insumos. Esta identificação se baseia normalmente em análises estatísticas de dados agregados, utilizando-se como ferramental analítico a regressão linear múltipla. NOVAES (1986) cita uma função de produção que relaciona 400 observações extraídas de operações ferroviárias dos Estados Unidos. Esta função, que foi ajustada mediante Regressão Linear Múltipla, chegou nos seguintes valores :

$$Q = 2,3 \times K^{0,8} \times L^{0,75} \times E^{0,1} \quad , \text{ sendo :}$$

Q = Produção em toneladas x milhas

K = Número de locomotivas

L = Total de tripulações-horas

E = Energia Consumida

O autor cita que o ajuste da equação acima apresentou um coeficiente de explicação  $R^2$  da ordem de 0,95, o que significa que a variação das 3 variáveis em conjunto explica 95% da variação de Q. Apesar deste valor ser bastante significativo, a análise isolada do  $R^2$  não garante que o modelo esteja bem ajustado. Conforme abordado por NETER et al (1996) e MONTGOMERY et al (2001), deve-se proceder uma análise complementar dos resíduos para que o  $R^2$  consiga explicar satisfatoriamente o ajuste do modelo. NOVAES (1986) não apresentou tal análise no modelo estatístico descrito anteriormente.

## 2.2. Produção Conjunta Separável e não Separável

Conforme abordado por NOVAES (1986), a produção conjunta (ou múltipla) em transportes existe quando dois ou mais tipos de transporte são realizados simultaneamente. Como exemplo podemos citar o transporte aéreo de pessoas e mercadorias. Neste caso, existem duas funções de produção distintas para o transporte de passageiros e de cargas, visto que existem compartimentos exclusivos para pessoas e mercadorias nas aeronaves. Este é um exemplo de Produção Conjunta Separável.

Infelizmente grande parte dos sistemas de transportes não apresentam características de separação nas funções de produção. Por exemplo, a via férrea é utilizada por trens de passageiros ou outros trens de carga, assim como as locomotivas tracionam qualquer tipo de vagão e mercadoria. Neste caso define-se estas funções de produção como não separáveis.

### 2.3. Medidas de Níveis de Produção

As medidas de produção são fundamentais para a análise de oferta de transportes. Normalmente são adotados dois tipos de variáveis :

- Tipo massa : toneladas transportadas, passageiros transportados, etc.
- Tipo momentos de transporte : toneladas quilômetro, toneladas milhas, passageiros quilômetros, etc.

No transporte ferroviário as variáveis do tipo Momento de Transporte são bastante criticadas em virtude das peculiaridades das ferrovias :

- A grande parcela de custos fixos relativas às operações de pátios e terminais não tem ligação com a distância percorrida e sim com a tonelagem transportada.
- Os ganhos de escala produzidos por uma ferrovia que transporta um mesmo produto e com mesma origem e destino não ocorrem com ferrovias que transportam produtos variados em distâncias variadas. Ex : Transportar 1 milhão de toneladas por ano em uma distância média de 500 km (gerando portanto uma produção de 500 milhões de toneladas quilômetro) é bem diferente de transportar 500 milhões de toneladas quilômetro em produtos agrícolas, químicos e contêineres numa ferrovia com rotas mais espalhadas e com distâncias médias superiores a 500 km.

NOVAES (1986) cita três fatores que podem corroborar a crítica existente à adoção do momento de transporte para medida de produção :

- Características dos produtos transportados: densidade, forma de manuseio, dimensão dos lotes, etc.
- Distribuição Espacial: Distância média percorrida, acidentes geográficos (serras), bitolas mistas, etc.
- Temporal : O transporte não é estocável como qualquer serviço, portanto deve ser levado em conta na análise da oferta. A sazonalidade da safra de grãos, por exemplo, limita a oferta de transporte para um período específico.

Finalmente, NOVAES (1986) conclui que o uso do momento de transporte agregado justifica-se em macro análises. Já os trabalhos de cunho técnico ou que exigem maiores detalhes devem conter níveis maiores de desagregação, onde as relações de produção e custo sejam explicitadas de forma mais coerente.

### 3. CONCEITOS BÁSICOS DE CUSTOS E MÉTODOS DE CUSTEIO

#### 3.1. Definição de Custo

O termo Custo pode ser definido de diversas formas, porém a definição mais direta e concisa pode ser verificada em MARTINS (2000) e PEREZ et al (1999) : “gastos relativos aos bens e serviços consumidos na produção de outros bens e serviços”.

O conceito de Custo normalmente é confundido com o conceito de Despesa, que são “gastos realizados em bens ou serviços que contribuem direta ou indiretamente para obtenção de receitas”.

Como exemplo, pode-se diferenciar estes conceitos na Indústria :

- Custo : Matéria-prima, salários do pessoal de fábrica, energia elétrica da fábrica, etc.
- Despesa : Salários da administração, comissão dos vendedores, frete do caminhão de entrega, etc.

Já no Transporte Rodoviário, seguem exemplos de custos e despesas :

- Custo : Combustível, pneus, salários do motorista, pedágios, etc.
- Despesa : Salários da administração, Energia elétrica da sede, telefone e fax de filiais, etc.

### 3.2. Classificação dos Custos

#### 3.2.1. Variações de volume

Um dos problemas fundamentais da gestão empresarial consiste em equilibrar a equação que relaciona as seguintes variáveis : custo, volume e rentabilidade. Portanto uma classificação bastante oportuna é a que diferencia os custos conforme se aumenta ou diminui o volume de produção e de vendas.

Segundo PEREZ et al (1999) , **Custos Variáveis** “são aqueles que mantêm relação com o volume de produção ou serviço. Desta maneira, o total de custos variáveis cresce à medida que o volume de produção da empresa aumenta”. Isso não significa que existe um relacionamento linear entre o volume de produção e o total de custos variáveis, conforme observado em HANSEN et al (2003). Em alguns intervalos de volume de produção os custos variáveis podem variar de forma não linear.

Já os **Custos Fixos** são aqueles que permanecem constantes dentro de determinada capacidade instalada, independente do volume de produção.

A diferenciação de custos entre fixos e variáveis depende do horizonte de tempo considerado. No longo prazo todos os custos são variáveis pois os mesmos se ajustam ao volume de produção.

### 3.2.2. Apropriação aos Produtos

Outra classificação bastante importante dos custos é a que explicita a necessidade de se atribuir os custos incorridos aos diversos produtos produzidos. A **rastreabilidade** é a capacidade de se atribuir um custo diretamente ao objeto de custo por um relacionamento causal.

Desta forma, **Custos Diretos** são aqueles custos que podem ser quantificados e identificados no produto ou serviço com relativa facilidade. Como exemplo pode-se citar os materiais e mão-de-obra utilizada diretamente para a produção de determinado produto.

Os **Custos Indiretos** são aqueles que, por não serem perfeitamente identificados nos produtos e serviços, não podem ser apropriados de forma direta para as unidades produzidas específicas. Ex : Mão de obra de departamentos de apoio, matérias de usos gerais, etc.

### 3.3. Custo Marginal

Conforme observado por SILBERBERG (1990), o custo marginal representa o incremento do custo médio para a produção de uma unidade adicional de determinado produto ou serviço.

A representação matemática do custo marginal (C<sub>Ma</sub>) pode ser ilustrada na figura 3.1, onde o custo adicional ao Custo médio (C<sub>Me</sub>) é calculado pela derivada parcial  $\delta C_{me}^* / \delta V$ .

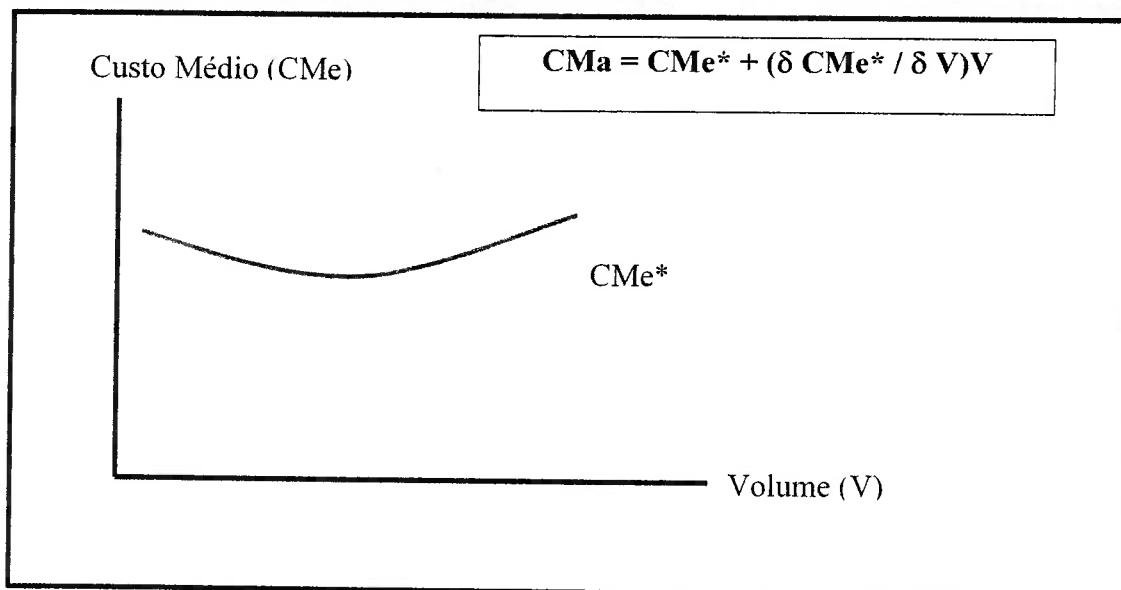


Figura 3.1 – Custo Marginal

#### 3.4. Custo de Remuneração de Capital

A remuneração dos capitais (próprios e de terceiros) é uma parcela importante nos custos totais de atividades que necessitam de investimentos em ativos de alto valor. O transporte ferroviário é um exemplo deste tipo de atividade pois as operações são baseadas em três ativos de valor elevado : locomotivas, vagões e a via férrea.

Não é objetivo deste trabalho detalhar o cálculo do custo de capital. O WACC (sigla em inglês para média aritmética ponderada dos custos de capital próprio e de terceiros) será um dos parâmetros de entrada do método de custeio a ser desenvolvido.

#### 3.5. Contabilidade de Custos



O propósito da Contabilidade de Custos, conforme citado por MATZ et al (1962), é ser uma poderosa ferramenta para o gerenciamento das empresas, “alimentando a direção com as informações de custo de produtos, operações e funções, comparando custos reais e despesas com os orçamentos pré-definidos e padrões”.

PEREZ et al (1999) cita os objetivos principais da Contabilidade de Custos :

- a. Apuração do custo do produto e dos departamentos
- b. Atendimento de exigências contábeis
- c. Atendimento de exigências fiscais
- d. Controle dos custos de produção
- e. Melhoria de processos e eliminação de desperdícios
- f. Auxílio na tomada de decisões gerenciais
- g. Otimização de resultados

### 3.6. Métodos de apropriação de custos

Conforme observado por MARTINS (2000), no **Custeio por Absorção**, todos os custos de produção são apropriados aos produtos, ou seja, todos os gastos relativos ao esforço de fabricação (fixos, variáveis, diretos ou indiretos) são distribuídos para todos os produtos feitos.

O **Custeio por absorção** é o único método de custos aceitável para efeito de determinação da base de cálculo do imposto de renda e da contribuição social, tornando-se o sistema oficial

para as exigências fiscais brasileiras conforme normas estabelecidas pelo Decreto-lei N° 1.598/77.

O **Custeio Direto** (ou Variável) aloca nos produtos apenas os custos variáveis incorridos para produzi-los. Os custos fixos são considerados como despesas de período e vão diretamente para o resultado.

A grande vantagem do Custeio Direto está na facilidade de apuração pois não há rateio dos custos fixos para os diversos produtos ou serviços da empresa. Um outro conceito importante decorrente do Custeio Direto é a **Margem de Contribuição**, que é a diferença entre a receita e o total dos custos diretos. Esta margem deve ser suficiente para cobrir os custos fixos da empresa além de remunerar adequadamente o capital dos acionistas.

O **Custo Padrão** muitas vezes é entendido como sendo o custo ideal de fabricação de um determinado produto. Este conceito, em franco desuso, nasceu da tentativa de se fabricar um custo “ em laboratório”, segundo MARTINS (2000). O **Custo Padrão**, conforme citado por PEREZ et al (1999), “caracteriza-se pela determinação, com antecedência e com bases em análises e estudos especializados, dos custos de cada produto ou de uma linha de produção”. O conceito mais aceito atualmente segundo MARTINS (2000) é o de **Custo Padrão Corrente**, que diz respeito a um determinado valor que a empresa fixa como meta para o próximo período para um determinado produto ou serviço.

O **Custeio baseado em Atividades** (Activity Based Costing ou ABC) foi concebido com o objetivo de “quebrar a caixa-preta dos custos indiretos, inclusive administração, e dos custos

operacionais fixos, ligando-os diretamente aos clientes, produtos e pedidos” conforme abordado por NOVAES (2001).

Segundo NAKAGAWA (2001) o ABC se tornou uma ferramenta importante devido ao aumento significativo da parcela de custos indiretos em todos os setores da empresa, incluindo produção, vendas e logística. Este aumento de custos se deveu à aquisição de novas tecnologias e metodologias, como sistemas de planejamento e controle computadorizados, sistemas JIT (Just in time), TQM (total Quality Management), CIM (Computer Integrated Manufacturing), etc.

Conforme abordado por COOPER et al (1998), a apropriação dos custos passa a ser mais detalhada através da aplicação da seguinte seqüência :

1. Identificação das **atividades** executadas por cada **recurso** da empresa;
2. Determinação do custo associado à execução das **atividades**;
3. Determinação de quanto de cada **atividade** é necessária para cada produto ou serviço da empresa

Exemplifica-se na figura 3.2 o esquema básico do fluxo de gastos dos recursos às atividades e aos produtos de uma certa fábrica. Os diversos custos indiretos (Recursos) são divididos pelas diversas atividades e chegam aos produtos finais através de direcionadores de consumo (Cost Drivers).

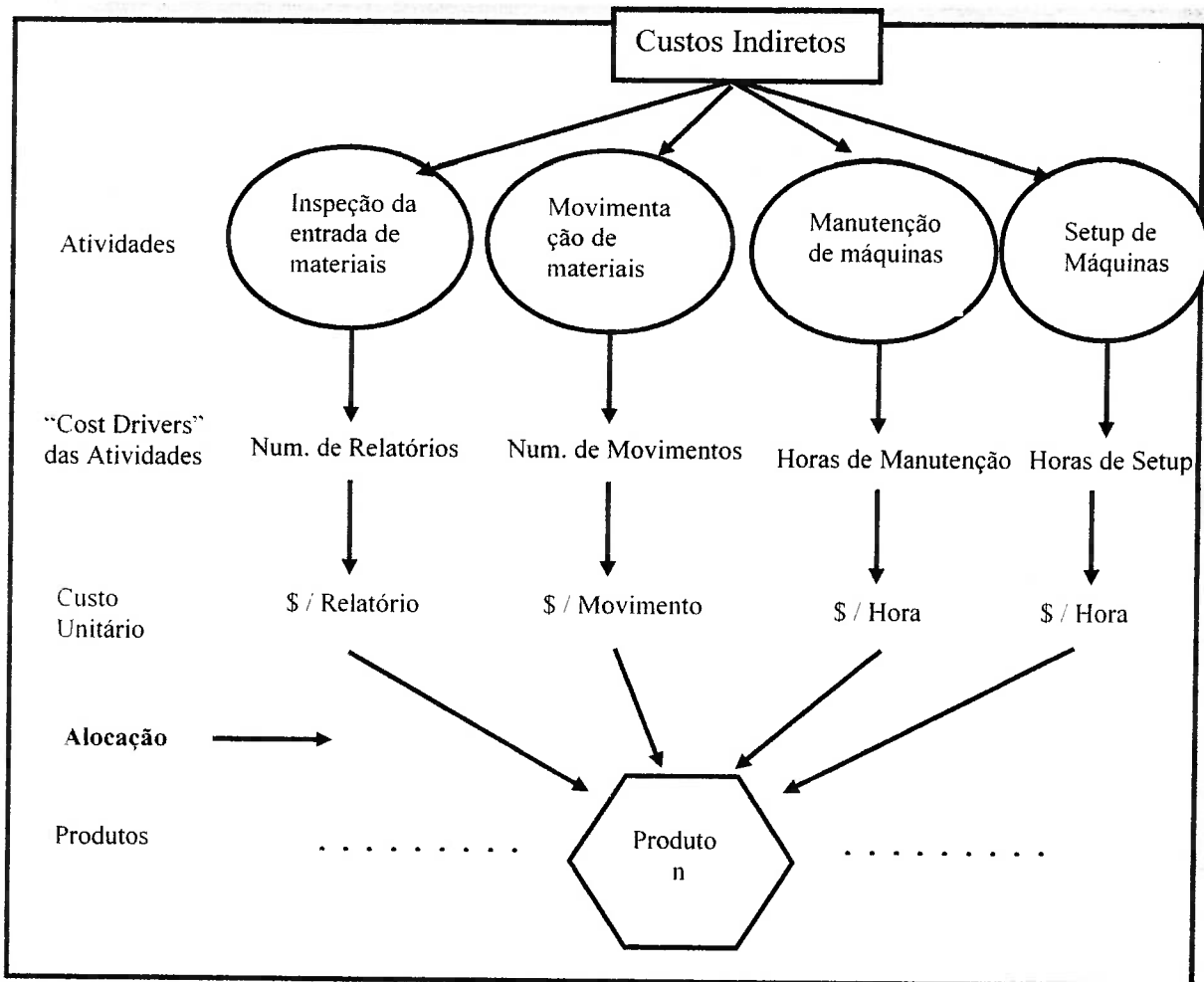


Figura 3.2 – Custeio ABC : Atividades alocadas aos produtos.

## 4. COMPOSIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE CUSTOS DE TRANSPORTE

### 4.1. Distinção entre Fixos e Variáveis

É evidente que o preço cobrado para o transporte de cargas é função dos custos incorridos na operação. Conforme tratado por BALLOU (1999), os custos de transporte envolvem basicamente : mão de obra, combustível, manutenção, terminais, administração e outros. O *mix* total de custos pode ser dividido entre aqueles que variam com o volume transportado (Variáveis) e aqueles que não variam (Fixos). Constatase que todos os custos se tornam variáveis se considerarmos no longo prazo grandes volumes de transporte, porém para efeito do estudo de formação de preço de um certo transporte é fundamental que se defina um prazo de operação onde os custos são considerados fixos no período.

Tipicamente na operação de transporte os custos fixos são os seguintes :

- Aquisição e manutenção de ativos, como vias e veículos;
- Terminais e estações;
- Administração.

Já os custos variáveis normalmente são relacionados às viagens, tais como :

- Combustível;
- Mão de Obra;
- Manutenção de veículos;

- Manuseio de mercadorias;
- Coletas e entregas.

Uma função básica de custo ferroviário em relação à distância percorrida pode ser observada na figura 4.1.

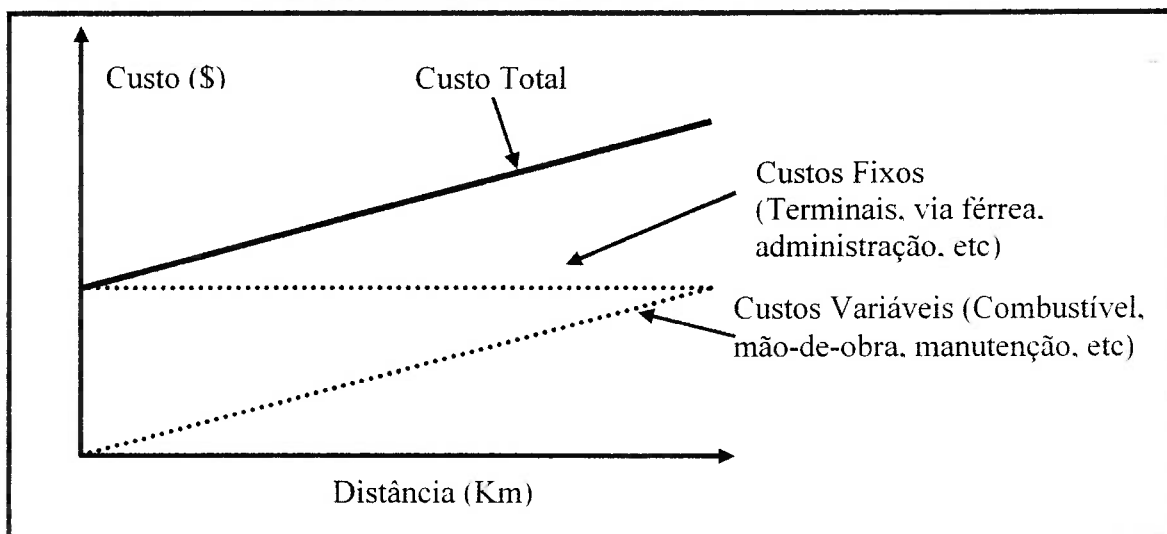


Figura 4.1 - Custo Ferroviário como função da distância.

#### 4.2. Custos Comuns

A correta alocação dos custos fixos e variáveis de uma operação de transporte qualquer já se apresenta como um problema de difícil solução. Outra característica dos custos de transporte que dificulta sua apuração é a presença de custos conjuntos (ou comuns). Como exemplo, considera-se uma operação de transporte onde existem diversos embarques com diferentes tipos de mercadorias e pesos que utilizam a mesma via para o transporte. Como alocar os gastos relativos a esta via (como manutenção, depreciação, etc) entre os diversos lotes de carga que estão sendo transportados ?

Outro custo comum de difícil apropriação é o do retorno vazio dos veículos. Na existência de rotas desbalanceadas, onde o volume de carga transportado em um certo sentido (ida) é superior ao sentido inverso (volta), o custo do retorno vazio deveria ser apropriado às cargas que chegaram até o ponto de destino.

#### 4.3. Custos por Modal

Cada modal de transporte possui características bastante distintas de sua operação, ocasionando uma estrutura de custos também diferente.

##### 4.3.1. Ferrovia

A Ferrovia se caracteriza por altos custos fixos e relativamente baixos custos variáveis. Algumas operações complexas de terminais e estações, como formação de composições ferroviárias de múltiplas cargas, contribui para o alto custo dos terminais ferroviários. Outro custo fixo ferroviário bastante importante é o de manutenção e depreciação da via férrea, normalmente de responsabilidade do transportador. Os custos variáveis envolvem basicamente : salários de maquinistas, combustível, óleo lubrificante e manutenção de vagões e veículos. Estes custos, conforme sua definição, variam conforme o volume transportado ou a distância percorrida. O efeito de altos custos fixos e relativamente baixos custos variáveis produzem economias de escala, conforme pode ser verificado na figura 4.2.

Similarmente, o custo por tonelada x Quilômetro decresce à medida que se aumenta a distância percorrida.

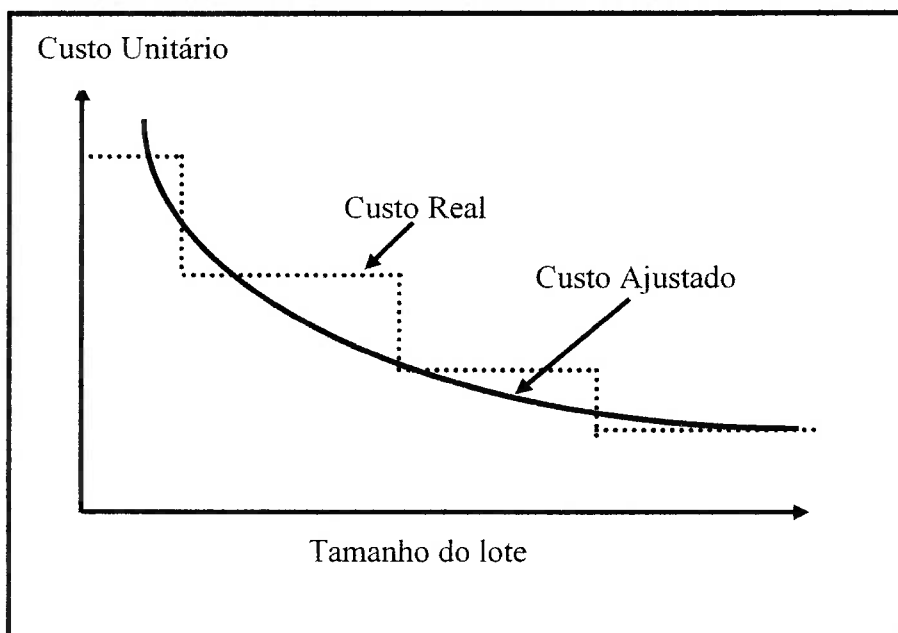


Figura 4.2 – Função ajustada de custo baseada no tamanho do lote sendo transportado.

#### 4.3.2. Rodovia

O transporte rodoviário opera com a menor porção de custos fixos em relação ao custo total principalmente porque o transportador não é o dono da rodovia. Outras características que completam os baixos custos fixos envolvidos no transporte rodoviário são : o caminhão é uma unidade econômico de baixo valor e as operações de terminal não requerem equipamentos sofisticados. Em contrapartida, os custos variáveis tendem a ser altos em virtude do repasse dos custos de construção e manutenção de estradas na forma de combustível, impostos e pedágios.

Segundo TACLA (2000), os custos variáveis de uma operação rodoviária representam em média 85% do custo total e são classificados segundo o detalhamento da tabela 4.1.



<b>Custo</b>	<b>Descrição</b>
01 – Manutenção	Manutenção Preventiva e Corretiva; socorros em estradas; reformas gerais.
02 – Combustível	O consumo é razão do tipo de veículo, condições do trajeto e quantidade de carga. Combustíveis é o maior custo variável e que merece o maior cuidado no controle
03 – Lubrificantes	
04 – Lavagem	Fator não só estético, mas contribui para a conservação do veículo
05 – Pneus	O consumo é razão do tipo de veículo, condições do trajeto e quantidade de carga. É o segundo item em importância nos variáveis
06 - Comissão/ Despesas de Viagem do Motorista	A comissão é normalmente calculada em função da produtividade alcançada pelo motorista.
07 – Seguro da Carga	Ad Valorem variando de acordo com a operação (em torno de 0,1% do valor da carga).
08 – Pedágios	Função da rota

Tabela 4.1 – Composição de Custos Variáveis no transporte Rodoviário

O custo fixo mais significativo é o custo do capital investido nos veículos de transporte (caminhões, cavalos mecânicos, carretas, etc). A apuração mais comum deste custo é feita através da remuneração esperada do capital (custo de oportunidade), porém também pode ser feita através do fluxo de caixa do investimento.

#### 4.3.3. Aquaviário

As maiores economias de escala em transportes ocorrem nas operações aquaviárias (marítimas ou fluviais) devido à grande capacidade de carga das embarcações. Este modal tem predominância de custos fixos.

Segundo STOPFORD (1997), os custos no transporte marítimo são divididos nas seguintes categorias :

1. Custos de Operação : conhecidos como *running costs*, envolvem os custos relativos à operação do navio, como tripulação, manutenção da embarcação, seguro, administração, etc.
2. Custos Periódicos de Manutenção : ocorrem quando há uma docagem periódica do navio para reparos ou trocas de peças ou máquinas.
3. Custos de Viagem : são os custos variáveis relacionadas a uma viagem específica. Incluem combustível, óleo, custos portuários, taxas de canal, rebocadores, etc.
4. Custos de Capital : Custo do capital investido na compra do navio.

STOPFORD (1997) também cita a composição de custo de um navio Capesize (Bulkcarrier).

Esta composição está detalhada na tabela 4.2.

<b>Categoria</b>	<b>Participação (%)</b>
Custos de Operação	3
Custos Period. Manut.	4
Custos de Viagem	35
Custos de Capital	38

Tabela 4.2 – Composição de Custos – Transporte Marítimo de Longo Curso

Ou seja, para navios deste tipo, a parcela de custo fixo no custo total é de 65%, contra 35% de custos variáveis.

#### 4.3.4. Fatores Determinantes do Valor de Frete

Segundo observado por CAIXETA FILHO (2001), existem vários fatores que podem modificar o frete cobrado para o transporte de uma mercadoria qualquer. Existem algumas variáveis, tais como distância percorrida e custos operacionais, que são fatores fundamentais na determinação do frete. Algumas outras variáveis contribuem decisivamente para modificar o custo da operação :

1. Carga de retorno;
2. Operações de carga e descarga;
3. Sazonalidade na demanda de transporte;
4. Tipo de carga e veículo utilizado;
5. Perdas e avarias;
6. Vias utilizadas (Rotas) – Roteirização;
7. Pedágios e Fiscalização;
8. Prazo de entrega (Nível de serviço);
9. Aspectos geográficos.

#### 4.4. Formação de Preço no Transporte de cargas

##### 4.4.1. Conceitos Básicos

Conforme observado por HANSEN et al (2003) existem três conceitos básicos que influenciam diretamente a precificação de produtos ou serviços :

- a. Oferta e procura :

O postulado básico é que “quando tudo o mais permanecer constante o cliente comprará mais a um preço mais baixo e menos a um preço mais alto”.

b. Elasticidade de preços demanda :

Uma demanda elástica para um produto ou serviço significa que “um aumento de preço (ou queda) de um certo percentual diminui (ou aumenta) a quantidade demandada em mais do que a porcentagem”. O oposto é a demanda inelástica, que ocorre “quando a mudança de preço de um certo percentual está associada com uma mudança de quantidade menor do que a porcentagem”.

c. Estrutura de Mercado :

Existem quatro tipos de estrutura de mercado : concorrência perfeita, concorrência monopolística, oligopólio e monopólio. Segue na tabela 4.3 as características de cada tipo de estrutura de mercado.

<b>Tipo de Estrutura de Mercado</b>	<b>No de Empresas do Setor</b>	<b>Barreiras à Entrada</b>	<b>Singularidade do Produto</b>	<b>Despesas Relacionadas com o Tipo de estrutura</b>
Concorrência Perfeita	Muitas	Muito Baixas	Não-singular	Não há despesas especiais
Concorrência Monopolista	Muitas	Baixas	Algumas características Singulares	Propaganda, cupons, custos de diferenciação
Oligopólio	Poucas	Altas	Bastante	Propaganda,

			Singulares	cupons, custos de diferenciação, abatimentos
Monopólio	Uma	Muito Altas	Muito Singulares	Despesas legais e de <i>lobby</i>

Tabela 4.3 – Características dos quatro tipos básicos de estrutura de mercado. HANSEN et al (2003)

De forma geral, o mercado de transporte de cargas têm demandas elásticas e a estrutura de mercado se aproxima a uma concorrência perfeita. A ferrovia estará quase sempre inserida neste tipo mercado, salvo algumas exceções como, por exemplo, o transporte de minério de ferro e aço, que demandam uma escala de transporte que dificilmente outros modais poderão substituir. Neste caso, a estrutura de mercado se aproxima de um oligopólio ou até mesmo de um monopólio.

#### 4.4.2. Políticas de Precificação

Dentre as políticas de precificação existentes, este trabalho irá priorizar a análise nos **métodos de formação de preços baseados em custos** (Para análise de outras políticas de precificação, tais como, preço de penetração, custeio alvo, preço por desnatamento, etc, HANSEN et al (2003) apresenta conceituação detalhada).

Segundo COGAN (1999), os métodos de formação de preços baseados em custos envolvem basicamente dois conceitos : **margem (*markup*)** e **retorno sobre o capital investido**. No primeiro caso adiciona-se a margem desejada (ou permitida) à somatória dos custos totais incluído impostos. No segundo caso, a taxa de retorno desejada deve ser considerada sobre o capital investido para a realização do produto ou serviço.

Pelas características de utilização intensiva de capital já citada neste trabalho, o método de retorno sobre o capital investido se adapta melhor na formulação de preços do transporte ferroviário.

#### 4.5. Aplicação de modelos estatísticos na avaliação de custos ferroviários

##### 4.5.1. Análises preliminares

KAPLAN (1991) mostra que as primeiras ferrovias americanas, construídas no início do século XIX, foram pioneiras na concepção de sistemas de controle de custos. Isto ocorreu devido à grande complexidade e abrangência geográfica do transporte ferroviário : por volta de 1850 as ferrovias eram entidades mais complexas do que as indústrias têxteis e siderúrgicas da época. Esta necessidade gerou importantes práticas administrativas que se tornaram a base de várias técnicas da administração atual. Na década de 1860, a ferrovia Louisville & Nashville desenvolveu um complexo conjunto composto de 68 centros de custo com o objetivo de classificar os custos operacionais em contas distintas. Outra característica única até então foi a complexa rede hierárquica de gerências devido a amplitude geográfica das ferrovias. Fez-se necessário o desenvolvimento de técnicas para a alocação de custos às sub-unidades ferroviárias com o propósito de gerenciamento dos gastos de cada uma delas.

Já os primeiros estudos relativos à quantificação de custos ferroviários através de técnicas estatísticas foram realizados na década de 50. O trabalho de MEYER (1959) apresenta os fundamentos estudados até então sobre a competição no setor de transportes, visto que na primeira metade do século XX os Estados Unidos implantaram leis anti-truste em

praticamente todos os setores da economia no intuito de aumentar a qualidade e oferta de produtos e serviços.

Segundo MEYER (1959) as ferrovias são monopólios naturais, visto que os custos de construção são muito elevados e portanto dificultam a existência de duas ferrovias ligando dois pontos geográficos. Dentro de um monopólio natural, apenas sua estrutura tecnológica permite o declínio de custos unitários quando o volume de transporte aumenta. Os fretes praticados pelas ferrovias americanas sempre foram alvo de regulamentação pelo ICC (Interstate Commerce Commission), sendo esta política a grande motivadora de pesquisas relativas à composição do custo ferroviário.

Basicamente uma função de custo relaciona um custo (expresso em unidade monetária) a uma certa quantidade produzida (expressa em unidades de produto ou serviço). Este relacionamento pode ser feito basicamente de duas formas : analiticamente através de estatística ou através do auxílio da contabilidade. Os métodos estatísticos tem aplicação mais consistente quando há dificuldade em se isolar causa e efeito em algumas operações. Como exemplo, é possível citar instalações que são usadas conjuntamente para produção de diferentes produtos ou serviços. A quantificação da porção utilizada para produção de um certo produto ou serviço pode ser uma tarefa bastante complicada. Outra tarefa bastante crítica no estudo de custos ferroviários é a divisão dos custos totais em fixos e variáveis.

Os procedimentos contábeis existentes até o início da década de 50 usualmente apuravam um custo de operação agregado e o dividiam por alguma medida de produção (por exemplo, vagãoXmilhas, ou tonXmilhas), resultando num custo médio por unidade de produção. Isto tipo de procedimento pode gerar distorções conforme demonstrado na figura 4.3.

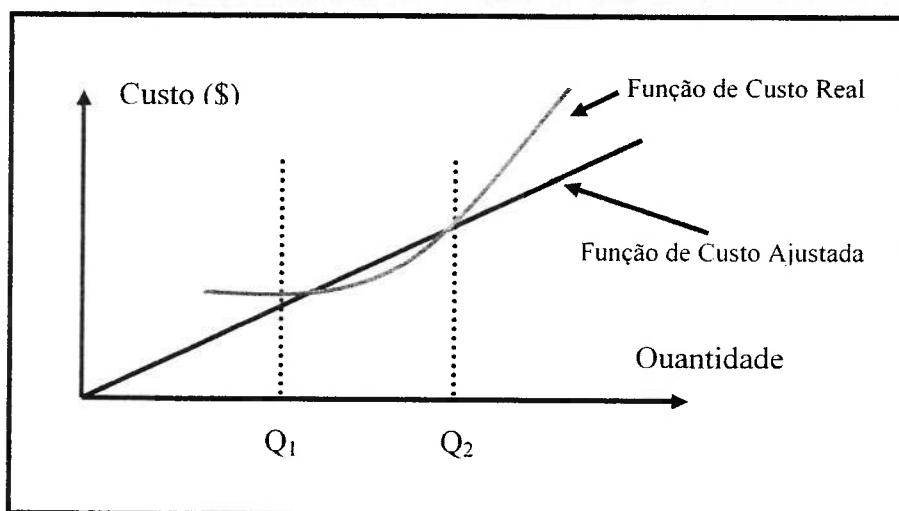


Figura 4.3 – Custo de operação em função da quantidade

A função de custo estimada por um número médio (uma reta) pode falhar quando comparada com a função de custo real. Isto ocorre pela existência de uma porção maior de custos fixos entre  $Q_1$  e  $Q_2$ , o que reduz o custo total unitário em função de economia de escala.

Por outro lado, a deficiência principal dos métodos estatísticos é que as estimativas são feitas no campo de variação das variáveis independentes. Além disso, estimativas confiáveis dependem de bases históricas de dados consistentes, e nem sempre é possível obter tais informações para estudos de correlação. Já os dados utilizados na contabilidade normalmente são de melhor qualidade porque representam os desembolsos reais incorridos nas operações.

Em resumo, MEYER (1959) recomenda fortemente a utilização de ferramentas estatísticas (notadamente regressão linear múltipla) para determinação dos custos visto que na operação ferroviária é clara a presença de :

1. Utilização de recursos em conjunto por produtos e serviços;
2. Alta parcela de custos fixos.



#### 4.5.2. Métodos Estatísticos – Modelos Econométricos

Ainda no campo de estudo de funções de custos por métodos estatísticos, KEELER (1974) derivou funções de custo através de funções de produção do tipo Cobb-Douglas. A contribuição deste trabalho é a inclusão nas funções de custo de um termo para medir o excesso (ou falta) de capacidade de uma certa ferrovia. Através deste estudo, KEELER (1974) concluiu haver um excesso de capacidade em torno de 200.000 milhas no conjunto das ferrovias norte-americanas (dados de 1968-1970).

CASTRO (2002) cita uma função linear clássica de custos ferroviários :

$$C = B_0 \times RTM + B_1 \times RFT + B_2 \times MR$$

Onde :

C = Custo Total

RTM = Tonelada Milha útil

RFT = Tonelada Útil

MR = Milhas das diversas rotas

O trabalho de TEIXEIRA FILHO (2001) sobre modelos econométricos no transporte ferroviário apresenta uma função de custos log-linear do tipo Cobb-Douglas cuja variável dependente (Y) é o custo total de transporte e as variáveis dependentes são : Toneladas quilômetro produzidas ( $X_1$ ), Média das distâncias percorridas por viagem em quilômetros ( $X_2$ ), densidade da rota ( $X_3$ ), Preço do combustível em dólares por galão ( $X_4$ ) e Despesas com pessoal ( $X_5$ ).

O modelo encontrado foi :

$$\text{Ln } Y = 2,107 + 1,003 \ln X_1 - 0,390 \ln X_2 - 0,4 \ln X_3 + 0,1934 \ln X_4 + 0,304 \ln X_5$$

Sendo  $R^2 = 0,93$ , o que dá bastante consistência ao resultado do modelo pois as cinco variáveis explicam 93% da variação dos valores de Y. Porém, da mesma forma como comentado no capítulo 2, é importante ressaltar que para se afirmar que o modelo está plenamente ajustado em virtude do alto valor de  $R^2$ , é necessária a análise dos resíduos como abordado por NETER et al (1996) e MONTGOMERY et al (2001). TEIXEIRA FILHO (2001) não apresentou a análise dos resíduos do seu modelo em seu trabalho, portanto é difícil afirmar que o modelo está plenamente ajustado, apesar do alto valor do  $R^2$ .

## 5. OPERAÇÃO FERROVIÁRIA E OS CUSTOS ASSOCIADOS

### 5.1. Elementos básicos

Qualquer atividade de transporte de mercadorias ou pessoas pode ser caracterizada através de seus três elementos básicos : (a) Veículos, (b) vias e (c) pátios.

Segue na tabela 5.1 o resumo destes elementos nos principais modais de transporte.

Modal	Veículos	Vias	Pátios
Rodoviário	Caminhões	Estradas	Terminais de cargas, CD's
Aquaviário	Navios, barcaças	Oceanos, rios, lagos	Portos
Dutoviário	-	Oleodutos, minériodutos	Estações de bombeamento
Ferrovário	Locomotivas, vagões	Via férrea (trilhos, dormentes e lastro)	Estações ferroviárias, terminais de carga

Tabela 5.1 – Elementos das operações de transporte

Identificados os principais elementos do transporte ferroviário, segue uma descrição de cada um deles.

#### 5.1.1. Locomotivas

São os elementos de tração na composição ferroviária. Atualmente existem três tipos básicos de locomotivas. As *Elétricas* captam a energia por meio de um pantógrafo na redes de alimentação aérea. As locomotivas a *Diesel* são interessantes devido à sua grande autonomia,

porém poluem o ar e a alta dos produtos petrolíferos limitou o seu emprego. As locomotivas Diesel-Elétricas têm um motor a diesel que traciona um gerador de energia elétrica em corrente contínua para os motores de tração.

### 5.1.2. Vagões

Os vagões são os veículos que efetivamente armazenam as cargas durante o percurso. Existem basicamente cinco categorias de vagões de carga :

- Fechados : Transporte de sacarias, big-bags, etc.
- Graneleiros abertos : Transporte de granéis que não necessitam de abrigo, como o minério de ferro, calcário, carvão, etc
- Graneleiros fechados : Transporte de granéis abrigados, como os grãos agrícolas, fertilizantes, clínquer, etc.
- Plataformas : Transporte de bobinas de aço, contêineres, toras de madeira, etc
- Tanques : Transporte de líquidos, como combustíveis, Soda Cáustica, etc

### 5.1.3. A Via Férrea

A via férrea é constituída pelos trilhos, colocados sobre dormentes, que distam em torno de 50 cm um do outro. Os dormentes podem ser de madeira, concreto ou aço. O número médio de dormentes por quilômetro é 1.900. A distância uniforme entre os trilhos é denominada bitola. Na conferência Internacional de Berna, em 1907, ficou oficialmente adotada como "bitola internacional" a bitola de 1,435 m . No Brasil, a bitola Internacional não vingou : cerca de

80% dos trilhos brasileiros estão distantes 1,00 m do outro (Bitola Métrica). O restante é composto pela Bitola Larga (1,60 m).

A construção do leito da ferrovia exige importantes trabalhos de engenharia, pois o terreno deve ser nivelado, tanto quanto possível, as curvas pouco pronunciadas e as rampas suaves. A maior parte dos leitos é coberta por uma camada de cascalho, que consiste de materiais como pedregulhos e pedras esmigalhadas. O leito pode ser coberto também por areia, pedra britada, escória ou terra. Antes de construir o leito da ferrovia, os engenheiros projetam um traçado com o menor número possível de elevações e curvas. O traçado ideal de uma ferrovia seria uma linha reta que atravessasse um terreno totalmente plano.

#### 5.1.4. Pátios Ferroviários

Os pátios ferroviários concentram as atividades de apoio às viagens ferroviárias, como por exemplo, a formação das composições, manobras auxiliares, abastecimento das locomotivas, manutenções em vagões e locomotivas, emissão do despacho documental das mercadorias, troca de equipagem (tripulação das composições), etc.

#### 5.1.5. Formação de Trens

A Formação dos trens para as viagens é uma das tarefas mais críticas da operação ferroviária. Não pelas operações de manobra ferroviária em si, mas pelas atividades de planejamento e programação que antecedem os movimentos físicos de vagões e locomotivas. As atividades críticas para a formação de trens são :

1. Distribuição geográfica do material rodante (vagões e locomotivas).

2. Planejamento da malha de trens.
3. Alocação de locomotivas a vagões carregados (Formação das Composições para as viagens).
4. Alocação das equipes de maquinistas.
5. Manobras ferroviárias em terminais e estações para formação dos trens.

A tarefa formação de trens é fundamental para definição da capacidade de transporte, visto que afeta diretamente a produtividade (giro) dos ativos.

## 5.2. Custos Operacionais

### 5.2.1. Custos de viagem

Para a definição da lista de todos os custos incorridos em uma operação ferroviária, é necessário descrever em paralelo a cronologia de uma viagem. Uma viagem sempre se inicia com o carregamento dos vagões. Esta operação se divide em três fases : manobra de vagões vazios para o terminal, carregamento dos vagões e manobra de retirada dos vagões cheios para o pátio de formação de trens. Nesta fase, portanto, pode-se destacar a existência dos **Custos de Manobra** e dos **Custos de Carregamento**. Após a escolha das locomotivas necessárias ao tracionamento dos vagões, inicia-se a viagem onde se destacam os **Custos de Combustível** e **Custos de Tripulação**.

Durante as paradas em estações intermediárias pode ser necessária a ocorrência de novas manobras ferroviárias. A viagem termina com a operação de entrega dos vagões, que consiste

na manobra dos vagões cheios ao terminal ferroviário receptor, a operação de descarga dos vagões e a manobra de retorno dos vazios à estação ferroviária.

Segue na tabela 5.2 um quadro contendo o resumo dos custos de viagem e uma descrição de cada um deles.

<b>Custo</b>	<b>Descrição</b>
Manobra	Envolve o custo de utilização de locomotivas de manobra. O custo com locomotivas se resume basicamente a : combustível, tripulação e custo de oportunidade.
Custos de Carregamento	A operação de carregamento de vagões necessita de equipamentos especiais, tais como, pás mecânicas, silos, pontes rolantes, guindastes, <i>top loaders</i> , etc. Além dos equipamentos inclui-se os custos dos operadores de máquinas.
Custo de Combustível	Representa o custo do diesel necessário para abastecer as locomotivas durante a viagem.
Custo de Tripulação	Salários e horas extras dos maquinistas.
Custos de Descarga	Idem carregamento.

Tabela 5.2 – Custos de Viagem

### 5.2.2. Custos de Manutenção

As operações de manutenção envolvem basicamente os veículos (vagões e locomotivas) e a via férrea, sendo que os custos estão concentrados nos gastos de material e mão de obra.

Segue na tabela 5.3 o resumo dos gastos em manutenção nas operações ferroviárias.

<b>Custo</b>	<b>Descrição</b>
Manutenção de Vagões	Manutenção mecânica envolvendo a troca e reparo de truques, conjunto de rodeiros, sistema de frenagem, etc.
Manutenção de Locomotivas	Envolve a troca e reparo elétrico e mecânico dos componentes da locomotiva.
Manutenção da Via Férrea	Envolve a troca de trilhos, dormentes e reposição de brita e escória, além de custos de sinalização da via principal, estações e terminais ferroviários.

Tabela 5.3 – Custos de Manutenção

É importante observar que devido ao mau estado de conservação geral das ferrovias brasileiras privatizadas, grande parte do custo de manutenção foi deslocado para a conta de investimento, em função da urgente necessidade de recuperação das linhas férreas, vagões e locomotivas.

### 5.2.3. Custos de Remuneração de Capital

Conforme já citado neste trabalho, o transporte ferroviário é uma atividade de capital intensivo em virtude dos ativos envolvidos. Além do que é gasto periodicamente na recuperação do material rodante (vagões e locomotivas) e trechos da via férrea, investimentos na ampliação e modernização da frota de vagões e locomotivas são fundamentais. Portanto deve-se considerar no âmbito dos custos ferroviários os **Custos de Remuneração de Capital** devido à necessidade de reposição ou incorporação de ativos ferroviários.

### 5.2.4. Outros Custos Operacionais



Além dos custos de mão de obra em operação e manutenção citados anteriormente, é importante abordar os demais custos de pessoal em atividades corporativas da ferrovia, tais como, centro de controle de tráfego, engenharia de operação e manutenção, recursos humanos e controle, meio ambiente, departamento comercial, diretorias, etc.

Os custos relativos à indenização de perdas e avarias de mercadorias também merecem ser citados.

Além disso, quando o serviço prestado é intermodal, deve-se considerar o custo incorrido em pontas rodoviárias e transbordo de cargas para a entrega final da mercadoria.

Finalmente é importante citar que as ferrovias brasileiras privatizadas pagam anualmente as taxas de arrendamento ao governo federal.

### 5.3. Cálculo de fretes ferroviários - a experiência norte-americana

Segundo apresentado por COOPER et al (1998) acerca do sistema de custeio da maior ferrovia dos Estados Unidos (Union Pacific), até o ano de 1980 os preços de transporte eram determinados pelo ICC (Interstate Commerce Commission). As fórmulas de custeio foram definidas pelo próprio ICC no início do século através de um formulário (**Rail Form A**) onde todas as despesas eram alocadas à unidade de serviço baseado em estudos estatísticos. Após uma longa série de cálculos, os seguintes custos agregados são definidos : custo por tonelada milha transportada, custo de locomotivas por hora, etc.

Em 1965, a Union Pacific iniciou um esforço para melhoria de sua apuração de custos através da implantação do **COAT** (Cost Out All Traffic). O grande mérito do **COAT** foi a introdução do conceito de custo por movimentação de vagões, onde através dos inputs de origem, destino, toneladas, tipo de vagão, etc, eram determinados os custos ferroviários por viagem. Ou seja, com a introdução do **COAT** houve uma desagregação dos custos : os custos por tonelada milha passaram a ser baseados no tamanho do movimento (milhas) e no peso do lote embarcado (toneladas).

Outra iniciativa para aumentar a acuracidade dos custos ferroviários foi o **MCC** (Management Cost Control System), implantado em 1968. Este sistema foi baseado no levantamento e criação de aproximadamente 5.000 centros de custos e em torno de 1.500 códigos de custo, possibilitando o controle de custos de forma mais desagregada e a comparação com valores históricos.

O maior nível de desagregação dos custos foi obtido pela implantação em 1985 do **CPMS** (Consolidated Profit Measurement System), que estimava o custo e lucro de cada embarque ferroviário. O **CPMS** era baseado no **TUC** (Train Unit Cost), onde se desenvolviam custos de composições ferroviários completas por trecho de operação. A tabela 5.4 mostra os componentes primários dos custos calculados pelo **CPMS**.

<b>COMPONENTE DO CUSTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
1. Salários	Custo de salários da tripulação do trem (maquinistas e manobristas)
2. Combustível	Consumo de combustível para cada movimento de trem entre origem e destino. Este consumo é estimado para cada trem

	existente, refletindo as características da operação por trecho.
3. Reparo de Locomotivas / Depreciação	Custo de manutenção de Locomotivas, incluindo salários e materiais. A Depreciação representa a recuperação do custo de compra durante a vida econômica da Locomotiva.
4. Manutenção da via	Custo de manutenção de vias férreas, incluindo salários e materiais
5. Depreciação de Ativos	Custo da desvalorização de edificações
6. Outros Custos de viagem	Custos de despacho de trens, sinalização, oficina mecânica, inspeção de vagões, etc.
7. Reparo de Vagões / Depreciação	Custo de manutenção e reparos de vagões, incluindo salários e materiais
8. Custos de vagões de terceiros	Aluguel de vagões de terceiros
9. Custos Indiretos – Vagões	Salários do pessoal de Supervisão de vagões e outros custos indiretos relativos a reparo de vagões
10. Custos Indiretos – Locomotivas	Salários do pessoal de Supervisão de locomotivas e outros custos indiretos relativos a reparo de locomotivas
11. Custos Indiretos – Transportes	Salários da divisão administrativa de transportes e staff.
12. Custos Indiretos – Gerais	Custo dos departamentos : mecânica, engenharia e serviços gerais, assim como todas as atividades de suporte.
13. Custos Conjuntos com outras ferrovias	Taxas pagas para utilização de instalações de outras ferrovias
14. Trackage Rigths de outras ferrovias	Custo de utilização de outras vias férreas
15. Manobras	Manobras de entregas de vagões
16. Custos de Terminal	Custo de preparo de documentação ferroviária
17. Perdas e Avarias	Indenizações pagas aos clientes devido a falta ou avarias de cargas.

18. Entrega Multimodal	Custos de pontas rodoviárias
19. Custos indiretos – Multimodal	Custos de equipamentos para movimentação de cargas (guindastes) assim como a depreciação
20. Aluguel de carretas	Aluguel de carretas para entrega de cargas
21. Aluguel de racks	Aluguel de racks para operação sobre plataformas.

Tabela 5.4 – Componentes de custo primários do CPMS.

Nota-se no sistema ferroviário americano uma evolução bastante significativa no sentido da desagregação dos custos, desde o início da desregulamentação das ferrovias (década de 60) até os dias atuais. O CPMS é uma ferramenta capaz de fornecer os custos para se transportar determinada carga em um vagão por um certo trecho de ferrovia.

Porém verifica-se que a lista de custos cobertos pelo CPMS não contempla os investimentos realizados para reposição e melhoria dos ativos principais (vias, locomotivas e vagões).

#### 5.4. Cálculo de fretes ferroviários - a experiência brasileira

Segundo PIRES (2000), o sistema ferroviário brasileiro antes da privatização era composto basicamente por 4 sistemas :

1. Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA) que operava aproximadamente 77% da malha.
2. Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM) controlada pela Vale do Rio Doce e responsável por aproximadamente 38% do total de produção de transporte (medida em TKU-Tonelada quilômetro Útil) deste setor em 1995;

3. Estrada de Ferro Carajás (EFC), também controlada pela Vale do Rio Doce - e responsável por aproximadamente 30% do total de produção de transporte (TKU) deste setor em 1995;
4. Ferrovia Paulista S.A. (FEPASA) controlada pelo governo do estado de São Paulo.

Conforme observado por TEIXEIRA FILHO (2001), a Rede Ferroviária Federal (RFFSA) estabeleceu de 1965 a 1996 seus fretes através de tabelas desenvolvidas internamente. O cálculo era baseado em três características : tipo de mercadoria, distância percorrida e a tonelage transportada. Como exemplo, segue na tabela 5.5 a relação de fretes para produtos siderúrgicos.

FAIXAS QUILOMÉTRICAS	R\$ POR TONELADA QUILOMETRO
Até 400	0.03368
De 401 a 800	0.03031
De 801 a 1600	0.0359
De 1601 em diante	0.01680
Parcela Fixa	3.00 R\$ / ton.

Tabela 5.5 – Tabela de Fretes para produtos siderúrgicos – RFFSA.

MARTINEZ JÚNIOR (1997) apresenta um protótipo de um sistema para apuração de custos e formação de fretes na FEPASA. A metodologia do sistema é baseada na definição de *Cost Pools*, ou Centros de Custo, que irão agregar custos variáveis ao custo total da viagem. Os *Cost Pools* são : Estação, Trecho, Locomotiva e Vagão. Para se medir o nível de utilização de cada *Cost Pool*, definiu-se os seguintes *Cost Drivers* : Quilômetros percorridos por um trem, tempo de viagem de um trem, quilômetros percorridos por vagão, quilômetros percorridos por locomotiva, tempo de utilização de locomotiva e toneladas quilômetro brutas transportadas.

Através do rateio das despesas incorridas pelos diversos *Cost Pools* e o consumo de combustível, chega-se à equação de custo variável de uma viagem :

$$\text{Custo Viagem} = \text{Custos (Locomotiva + Vagão + Estações + Via Permanente + Energia)}$$

O trabalho de MARTINEZ JÚNIOR (1997) é baseado em Custeio Direto, sendo função da Margem de Contribuição a cobertura das despesas fixas. Outra observação relevante é que este trabalho não considerou a apropriação dos custos de investimento de capital.

Verifica-se, portanto, que os fretes em grande parte das ferrovias brasileiras pré-privatização eram baseados em tabelas com alto grau de agregação (R\$ por tonelada por quilômetro), o que obviamente causa distorção. É possível haver fluxos deficitários ou demasiadamente caros (não competitivos) quando se utiliza uma tabela relacionando produto e preço por tonelada quilômetro transportada. Com este grau de agregação é bem provável que os fretes eram atualizados por algum índice arbitrário de medida da inflação do período anterior.

## 6. DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE CUSTEIO

### 6.1. Análise dos métodos de custeio

#### a. Modelos Estatísticos :

Este trabalho apresenta uma função de custos ferroviários obtida através de métodos estatísticos. A simples existência de modelos econométricos em bibliografias nacionais e internacionais para obtenção de funções de custo ferroviário demonstra a complexidade do tema. Entretanto não é concebível a derivação de funções estatísticas de custo ferroviário para a precificação de fretes ferroviários. Uma operação ferroviária é demasiadamente específica para ser aproximada pela correlação de poucas variáveis. Portanto conclui-se que os modelos econométricos não são adequados aos objetivos deste trabalho.

#### b. Custeio por absorção :

Conforme citado, o custeio por absorção ou total aloca todos os custos aos produtos, inclusive os custos indiretos de produção. Para que isto ocorra algum critério de rateio torna-se necessário, ocasionando distorção no cômputo do custo unitário de determinado produto. Portanto, exceto por aspectos legais, o custeio por absorção não deve ser utilizado para fins de apuração gerencial de custos ou para precificação.

#### c. Custeio ABC :

O custeio baseado em atividades (ABC) é uma poderosa ferramenta para negócios em que os custos indiretos são parcela considerável do custo total. Como já mencionado, os custos ferroviários são formados em quase sua totalidade por custos diretos, tais como, custos de vagões e locomotivas, custos de combustível, custos de manutenção, etc. Portanto apesar de ser uma excelente ferramenta para avaliação e custeio de processos, a aplicação do método ABC não seria relevante na apuração de custos com objetivo de formação de fretes ferroviários.

#### d. Custeio Direto :

O custeio direto ou variável se mostra o mais adequado tanto para a precificação de fretes ferroviários quanto para determinação dos fluxos que retornam maior margem para a empresa. O maior desafio na aplicação deste método consiste em determinar a alocação correta dos diversos custos aos fluxos de transporte.

### 6.2. Dificuldade na apuração dos custos Ferroviários

Conforme já observado nos capítulos anteriores, o modal ferroviário apresenta algumas características que dificultam a alocação direta dos custos operacionais. A tabela 6.1 resume algumas características que influem decisivamente na rastreabilidade dos custos operacionais.



<b>Modal</b>	<b>Responsabilidade da via é do transportador ? (SIM/NÃO)</b>	<b>Alocação dos veículos a uma viagem é trivial ? (SIM/NÃO)</b>	<b>As unidades de operação são muito descentralizadas ? (SIM/NÃO)</b>	<b>Existem Custos Conjuntos ? (SIM/NÃO)</b>
Rodoviário	NÃO	SIM	NÃO	NÃO
Marítimo ( <i>Tramp</i> )	NÃO	SIM	NÃO	NÃO
Marítimo ( <i>Liner</i> )	NÃO	SIM	NÃO	SIM
Aéreo	NÃO	SIM	NÃO	NÃO
Ferrovário	SIM	NÃO	SIM	SIM

Tabela 6.1 – Aspectos de Rastreabilidade de custos por modal.

O modal ferroviário é o único em que a responsabilidade pela operação e manutenção da via é do transportador. Portanto diferentemente dos demais modais de transporte, os custos da via férrea devem ser alocados ao custo total da operação ferroviária. Outra característica que influi bastante na rastreabilidade dos custos totais é a facilidade de alocação dos veículos na operação de transporte. Nos modais marítimo, rodoviário e aéreo as viagens são executadas por unidades econômicas (navio, caminhão ou avião) autônomas. A ferrovia por sua vez é bastante peculiar : as unidades de tração (locomotivas) são separadas das unidades de carga (vagões). A alocação da quantidade de cada um deles nas viagens ferroviárias é mais complexa pois depende de vários fatores, tais como : trecho a ser percorrido, ciclo de vagões e locomotivas, densidade de tráfego, etc.

A descentralização das unidades de operação e grande abrangência geográfica são características que também diferenciam a ferrovia em relação aos outros modais de transporte. Os custos de estações e pátios de manobra intermediários devem fazer parte do custo total da viagem.

Finalmente, a presença de custos conjuntos nas operações ferroviárias, é um fator que dificulta a rastreabilidade dos custos operacionais. Como exemplo de custos conjuntos pode-se citar o custo das locomotivas quando tracionam composições multi-produto ou o custo dos retornos vazios das composições ferroviárias.

Em resumo, pode-se citar os fatores que dificultam a rastreabilidade dos custos ferroviários :

- a. Alocação dos custos da via férrea
- b. Alocação dos custos de manutenção de vagões e locomotivas
- c. Alocação dos custos operacionais das estações e pátios de transbordo ou manobra
- d. Alocação de custos por retorno vazio
- e. Cálculo do consumo de combustível por par de trecho ferroviário
- f. Alocação do custo de investimento de capital

### 6.3. Cálculo dos ciclos operacionais ferroviários

Uma das premissas fundamentais para o cálculo de necessidade de vagões e locomotivas para a efetivação de um transporte ferroviário é o cálculo dos ciclos operacionais destes ativos. Define-se como ciclo operacional o tempo (normalmente em dias) necessário para completar todas as etapas de um transporte, a saber :

- a) manobra ferroviária inicial ida

- e) descarga ida
- f) manobra ferroviária inicial volta
- g) carregamento volta (se houver)
- h) viagem de volta
- i) manobra ferroviária final volta
- j) descarga volta (se houver)

Observa-se portanto que o ciclo operacional pode ser separado em três grandes grupos : (1) manobras, (2) carga/descarga e (3) viagem.

As manobras ferroviárias são operações de posicionamento e retirada de vagões e dependem dos seguintes fatores : características do pátio ferroviário, distâncias a serem percorridas, locomotivas alocadas ao pátio, etc. Normalmente as manobras ferroviárias demoram de um a quatro horas para se completarem.

As operações de carga e descarga de vagões dependem basicamente da capacidade do terminal e do tipo de mercadoria manuseada. Considera-se como razoável um tempo entre 10 e 20 minutos para o carregamento ou descarga de um vagão.

Os tempos de viagem representam a maior parte do ciclo total e são mais complexos que os demais pois dependem de muitos fatores aos quais pode-se destacar : eficiência do plano de trens, cruzamentos das composições, trocas de locomotivas e equipes de maquinistas e disponibilidade de locomotivas. Os tempos médios de percurso entre pares de estações são obtidos a partir das matrizes de velocidade média e de distância entre estações. A figura 6.1 demonstra a obtenção da matriz de tempos entre estações.

	Estação 1	Estação 2	Estação 3	Estação N
Estação 1	-	D21	D31	DN1
Estação 2	D12	-	D32	DN2
Estação 3	D13	D23	-	DN3
Estação N	D1N	D2N	D3N	-

(a) Matriz de Distâncias entre estações (Km)

	Estação 1	Estação 2	Estação 3	Estação N
Estação 1	-	V21	V31	VN1
Estação 2	V12	-	V32	VN2
Estação 3	V13	V23	-	VN3
Estação N	V1N	V2N	V3N	-

(b) Matriz de Velocidades médias entre estações (Km/h)

	Estação 1	Estação 2	Estação 3	Estação N
Estação 1	-	T21	T31	TN1
Estação 2	T12	-	T32	TN2
Estação 3	T13	T23	-	TN3
Estação N	T1N	T2N	T3N	-

(c) Matriz de tempos entre estações (horas)

Figura 6.1 – Obtenção da matriz de tempos

Sendo a matriz  $D_{ij}$  o conjunto das distâncias em km de cada par de estação  $ij$  e  $V_{ij}$  o conjunto das velocidades médias de cada trecho  $ij$  em km/h, obtem-se a matriz  $T_{ij}$  :

$T_{ij} = D_{ij} / V_{ij}$ , para todo par  $ij$  de estações da ferrovia.

É importante observar que o ciclo da locomotiva difere do ciclo do vagão apenas pela inexistência das etapas de carga e descarga de vagões e manobras.

#### 6.4. O produto ferroviário

Este trabalho tem como objetivo principal a obtenção de um método de custeio para o transporte ferroviário de cargas. Porém qual é o produto gerado pelas operações ferroviárias? É importante ressaltar que o transporte é um serviço cujo objetivo é o deslocamento de cargas, objetos ou pessoas de um ponto geográfico a outro. Desta forma, a produção de um serviço de transporte de cargas tem necessariamente que envolver as dimensões básicas : (1) a quantidade de carga a ser transportada e (2) a distância percorrida.

Desta forma, a quantidade de transporte ferroviário produzido é a quantidade de carga transportada multiplicada pela distância percorrida. A unidade de produção considerada neste trabalho é o TKU (tonelada quilômetro útil).

Uma outra unidade relevante no transporte ferroviário é a que considera o peso dos vagões e das locomotivas no total transportado : TKB (tonelada quilômetro bruta).

Conceitua-se a relação  $TKU / TKB$  ( $R_t$ ) como sendo o percentual do peso da carga transportada sobre o peso da composição total.

## 6.5. Cálculo de necessidade de vagões

### 6.5.1. Volume de transporte

Conforme já abordado no capítulo 5, o transporte ferroviário mostra-se bastante competitivo no deslocamento de grandes volumes de carga por grandes distâncias. Como esta característica decorre de elevados investimentos em ativos ferroviários, é natural concluir que grande parte dos acordos comerciais de transporte entre os embarcadores e a ferrovia são de médio ou longo prazo. Obviamente a ferrovia também transporta para clientes menos constantes (mercado *spot*) em prazos mais curtos, porém esta parcela não é representativa no total transportado.

Este trabalho irá priorizar o custeio e precificação de contratos de transporte de médio e longo prazo, onde o embarcador contrata a ferrovia para o transporte de volumes anuais de seus produtos.

### 6.5.2. Aproveitamento de vagões

Para se calcular a capacidade em toneladas de cada tipo de vagão por produto, deve-se multiplicar a densidade do produto a ser transportado ( $d$ ) pela capacidade volumétrica do vagão.

Portanto,  $TV = d \times VV$  onde :

TV : Toneladas por vagão

D : densidade do produto em toneladas por metro cúbico ( $t/m^3$ )

VV : capacidade volumétrica do vagão em  $m^3$ .

A respeito desta definição cumpre-se observar o seguinte :

- a) Considera-se ocupação volumétrica completa dos vagões.
- b) A capacidade máxima em toneladas de cada vagão deve ser respeitada.
- c) Para produtos que não sejam granel (bobinas de aço, por exemplo) deve-se considerar o número máximo de peças por vagão observando-se o peso máximo permitido.

### 6.5.3. Cálculo de vagões

Para o cálculo de necessidade de vagões define-se inicialmente o horizonte de tempo de programação das operações ferroviárias. O horizonte de tempo mensal é o mais adequado para o planejamento e avaliação das operações ferroviárias.

Para as formulações subseqüentes faz-se necessário conceituar :

- a) Programa Mensal de Transporte (PMT) : É a quantidade mensal em toneladas a ser transportada.
- b) Dias operacionais do mês (DM): É a quantidade média de dias em cada mês considerada para efeito de operação ferroviária.
- c) Giro Mensal dos vagões (GMV) : É obtido pela divisão de DM pelo ciclo operacional.
- d) Imobilização de vagões (IV) : É o valor percentual da imobilização média de vagões em manutenção.

A número de vagões necessários (VN) é obtido pela seguinte formulação :

$$VN = \frac{PMT}{TV \times GMV} \times (1 + IV)$$

#### 6.6. Cálculo de necessidade de locomotivas

O cálculo da frota de locomotivas necessárias ao transporte depende de uma importante variável ferroviária que relaciona a potência de uma locomotiva (em HP) com o peso bruto total a ser tracionado (TB ou toneladas brutas). Ou seja, através desta variável se define

quantas toneladas da composição ferroviária (incluindo a tara de vagões e locomotivas) são tracionadas por um HP. Esta variável é bastante dependente da inclinação dos trechos ferroviários, sendo que a maior inclinação (ou rampa) dos sub-trechos define a necessidade de HP's de todo o trecho.

Portanto é necessária a parametrização de todos os pares de estações com a relação TB/HP, conforme ilustrado na figura 6..

	Estação 1	Estação 2	Estação 3	Estação N
Estação 1	-	H21	H31	HN1
Estação 2	H12	-	H32	HN2
Estação 3	H13	H23	-	HN3
Estação N	H1N	H2N	H3N	-

Figura 6.2 – Matriz da relação TB/HP

Para se chegar ao número de HP's necessários, deve-se conceituar o programa bruto mensal de transporte (PBT), que é obtido através da divisão do programa mensal de transporte (PMT) pela relação TKU / TKB.

Dividindo-se o programa bruto mensal de carregamento (PBT) pela relação TB/HP relativo ao par de estações, chega-se ao número mensal bruto de HP's necessários. A partir deste número, deriva-se o número necessário de HP's da mesma forma que o cálculo da frota de vagões, conceituando-se o seguinte :

- a) Total de HP's brutos mensal (THM): É a quantidade mensal bruta de HP's necessária ao transporte.



- b) Giro Mensal das locomotivas (GML) : É obtido pela divisão de DM pelo ciclo operacional das locomotivas.
- c) Imobilização de locomotivas (IL) : É o valor percentual da imobilização média de locomotivas em manutenção.

A número de HP's necessários (HN) é obtido pela seguinte formulação :

$$HN = \frac{THM}{GML} \times (1 + IL)$$

#### 6.7. Cálculo dos custos dos ativos

O cálculo dos custos dos ativos ferroviários representa o retorno esperado pelo material rodante (vagões e locomotivas) alocado à operação que está sendo custeada. A determinação do valor dos ativos a ser considerado para efeito de cálculo depende basicamente das seguintes alternativas possíveis :

- a) Novos investimentos em vagões e locomotivas : neste caso, considera-se o investimento necessário para a aquisição de novos vagões e locomotivas que irão aumentar a base de ativos da ferrovia.
- b) Recuperação de equipamentos : neste caso, o valor a ser considerado como valor de investimento é o montante necessário para a recuperação ou reforma de vagões ou locomotivas fora de operação. Acrescenta-se a estes valores o montante utilizado na aquisição de equipamentos usados caso seja necessário.

Como umas das premissas básicas deste trabalho, considera-se que existe pouca capacidade ociosa dos ativos ferroviários. Ou seja, mesmo que haja alguma ociosidade durante certo período em função da sazonalidade de alguns fluxos, é razoável afirmar que existe um equilíbrio entre a demanda e a oferta dos recursos ferroviários.

É importante enumerar outros investimentos necessários ao início da operação a ser custeada, tais como :

- Investimentos em novos trechos ferroviários
- Investimentos em terminais ou outros equipamentos
- Despesas pré-operacionais

#### 6.8. Cálculo do custo de combustível

O consumo de combustível no modal ferroviário ocorre na queima do diesel nas locomotivas, gerando eletricidade para que os motores elétricos da locomotiva produzam a tração necessária nas rodas. Este consumo depende basicamente das características de cada modelo de locomotiva utilizada e dos sub-trechos ferroviários que compõem a viagem ferroviária. É evidente que trechos sinuosos ou com rampas significativas de aclive ou declive elevam o consumo de combustível da viagem. Portanto é necessária a parametrização de uma matriz que consolide a eficiência energética de cada sub-trecho ferroviário. Define-se eficiência energética como sendo a quantidade necessária em litros de diesel para produzir uma TKB (tonelada quilômetro bruta). Para o cálculo de uma TKB adiciona-se o peso de vagões e

locomotivas ao total de carga sendo transportada. Segue na figura 6.3 a matriz de eficiência energética de cada sub-trecho ferroviário.

	Estação 1	Estação 2	Estação 3	Estação N
Estação 1	-	E21	E31	EN1
Estação 2	E12	-	E32	EN2
Estação 3	E13	E23	-	EN3
Estação N	E1N	E2N	E3N	-

Matriz de Eficiência Energética de cada par de estação

Figura 6.3 – Matriz da Eficiência Energética

O cálculo do custo de combustível (CComb) do período de um fluxo de transporte em um sub-trecho ferroviário qualquer ij é dado por :

$$CComb = (Eij / Rt) \times Pd \times TKUp, \text{ onde :}$$

Eij = eficiência energética do trecho ij (em litros / TKB)

Rt = Relação TKU / TKB

Pd = preço em R\$ do litro de diesel

TKUp = tonelada quilômetro do fluxo no período

#### 6.9. Alocação dos demais custos diretos do sub-trecho

Alguns custos diretos relevantes necessitam de processos mais elaborados para a sua correta alocação. Neste perfil são considerados os custos de manutenção das vias férreas e os custos das estações e pátios ferroviários. Para ambos os casos é necessária a definição de dois tipos

de centro de custos : um para uma estação ou pátio ferroviário e outro para um sub-trecho ferroviário. A figura 6.4 ilustra a definição destes centros de custo.

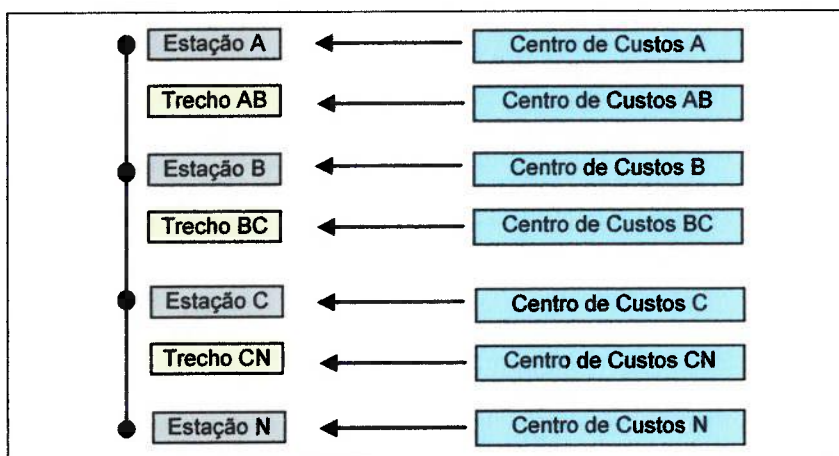


Figura 6.4 – Definição dos Centros de Custo das estações e sub-trechos ferroviários

Todas as despesas periódicas das estações ou pátios devem ser alocadas em seu respectivo centro de custo. Dentre estas despesas destacam-se os principais itens :

- Custo de pessoal administrativo e operacional (manobristas)
- Consumo de combustível das locomotivas de manobra
- Materiais utilizados nas locomotivas de manobra
- Custos de utilidades das estações ou pátios (energia, água, etc).
- IPTU, Seguro, etc.

Já os custos de manutenção das vias férreas são compostos basicamente dos seguintes itens :

- Custo de pessoal administrativo
- Custo de pessoal alocado à manutenção daquele sub-trecho ferroviário

- Custos de material, que engloba os gastos em trilhos, dormentes e brita (ou outro elemento de sustentação da via férrea).

Portanto os demais custos diretos periódicos de um fluxo de transporte em um determinado par de estações  $ij$  é dado por :

$$C_{Dir} = ((\sum \text{Custos periódicos } i + \sum \text{Custos periódicos do trecho } ij + \sum \text{Custos periódicos } j) / \sum \text{TKU produzidas no trecho } ij \text{ no período}) \times \text{TKU do fluxo}$$

#### 6.10. Custos de manutenção de vagões e locomotivas

Os custos de manutenção de material rodante (vagões e locomotivas) devem ser alocados da seguinte forma :

##### a. Manutenção de vagões :

Devido às características específicas de cada tipo de vagão, é necessário definir um centro de custos para cada frota. Desta forma, as oficinas de manutenção de vagões devem alocar todos os custos incorridos separadamente em uma das frotas possíveis :

- Vagões gôndola ou hopper abertos
- Vagões hopper fechados
- Vagões tanque
- Vagões plataforma

Os custos de manutenção de vagões mais relevantes são os seguintes :

- Custo de pessoal administrativo e de projetos
- Custo de pessoal alocado à manutenção dos vagões
- Custos de material, tais como, rodas, truques, sistema de freios, chapas de aço em geral, etc

O custo direto unitário de manutenção de vagões é dado pela seguinte formulação :

$$M_{\text{vag}} = \frac{\sum \text{Custos periódicos de manutenção da frota } f}{\sum \text{vagões da frota } f}$$

Portanto  $M_{\text{vag}}$  representa o custo médio unitário de manutenção (em R\$ por vagão) da frota  $f$  no período.

b. Manutenção de Locomotivas :

Como normalmente não existe dedicação de locomotivas para os fluxos de transporte, o custo total de manutenção de locomotivas é alocado ao total de HP da frota.

Os custos de manutenção de locomotivas mais importantes são os seguintes :

- Custo de pessoal administrativo e de projetos
- Custo de pessoal alocado às oficinas de manutenção das locomotivas
- Custos de material, tais como, rodas, truques, peças mecânicas e eletrônicas, motores, chapas de aço em geral, etc

O custo direto unitário de manutenção de locomotivas é dado por :

$$M_{loc} = \frac{\sum \text{Custos periódicos de manutenção de locomotivas}}{\text{total de HP da frota de locomotivas}}$$

Desta forma,  $M_{loc}$  representa o custo médio unitário de manutenção de locomotivas (em R\$ / HP).

#### 6.11. Cálculo do custo total

A entrada de um novo fluxo de transporte na ampla e diversificada base de operações de uma ferrovia resulta na elementar indagação de como os somatórios de receitas e despesas irão se modificar. De maneira simplificada pode-se afirmar que a receita gerada pela entrada de um novo fluxo ferroviário deve ser suficiente para cobrir as seguintes obrigações :

1. Aumento dos Custos variáveis
2. Aumento dos custos fixos, caso haja necessidade
3. Remuneração adequada dos ativos utilizados

Ou seja, como avaliar o impacto da entrada de um novo fluxo de transporte no resultado final da ferrovia ? A decisão de iniciar um novo fluxo de transporte se assemelha bastante com a decisão de se investir em determinado projeto na ferrovia, portanto a metodologia de custeio que este trabalho se propõe a desenvolver será baseada em alguma ferramenta clássica de análise de viabilidade de investimentos.

Conforme abordado por COPELAND et al (2000) e MOTTA et al (2000), a utilização do fluxo de caixa descontado (FCD) para avaliação de investimentos permite a estimação dos custos de investimento (aquisições, compras ou melhorias) assim como as receitas associadas a instantes futuros e os aumentos de custos operacionais no tempo.

A ferramenta básica utilizada por este trabalho para custeio de um fluxo de transporte é a análise de fluxos de caixa descontado, conforme detalhamento a seguir.

#### 6.11.1. Componentes do fluxo de caixa

Conforme abordado por COPELAND et al (2000), o fluxo de caixa financeiro (fluxo de caixa disponível aos acionistas e credores) é igual “ ao resultado operacional da empresa depois dos impostos, mais custos que não envolvem caixa (Ex : depreciação), menos investimentos em capital de giro operacional, imobilizado e outros ativos” .

Adaptando este conceito geral para avaliação da viabilidade de um projeto, conceitua-se o fluxo de caixa de um novo fluxo de transporte conforme a figura 6.5.

<b>FLUXO DE CAIXA DO PROJETO</b>							
DISCRIMINAÇÃO	Vida Útil do Projeto						
	2005	2006	2007	2008	2009	...	20XX
+ Receitas Líquidas	0	600	600	600	600	600	600
- Custos Operacionais	0	37	37	37	37	37	37
= Lucro Operacional Bruto	0	563	563	563	563	563	563
- Depreciação	0	40	40	40	40	40	40
= Lucro Antes do Imposto de Renda (LAIR)	0	523	523	523	523	523	523
- Impostos	0	173	173	173	173	173	173
= Lucro Líquido	0	350	350	350	350	350	350
+ Depreciação	0	40	40	40	40	40	40
- Investimentos	700	0	0	0	0	0	0
= Fluxo de Caixa		390	390	390	390	390	390

Figura 6.5 – Componentes de um fluxo de caixa de um projeto (Exemplo). Valores em R\$ x mil..



Detalha-se a seguir os principais componentes do fluxo de caixa :

- **Receitas Líquidas** : Aumento das vendas devido à implantação do projeto, descontando-se os impostos devidos (PIS/COFINS, ICMS,ISS,etc)
- **Custos Operacionais** : Aumento dos custos operacionais fixos e variáveis devido à implantação do projeto.
- **Depreciação** : Devolução do valor investido em ativos operacionais.
- **Impostos** : Imposto de renda e contribuição social.
- **Investimentos** : construções, edificações, aquisição de equipamentos e instalações, etc. Para novos fluxos ferroviários considera-se basicamente investimentos em locomotivas e vagões.

#### 6.11.2. Elaboração do Fluxo de Caixa para um novo fluxo ferroviário

- **Investimentos** :

Na linha de investimentos do fluxo de caixa apropria-se o valor correspondente ao total de ativos ferroviários (vagões e locomotivas) necessários para a operacionalização do novo fluxo. Este valor é dado por :

**Investimento Total** = (VN x Valor vagão) + (HN x Valor locomotiva) , onde :

VN = vagões necessários ao transporte,

Valor vagão = valor em R\$ de cada vagão.

HN = número de HPs necessários ao transporte,

Valor vagão = valor médio em R\$ de um HP de locomotiva.

- **Custos Operacionais**

A linha custos operacionais (do período) agrega os custos diretos (fixos ou variáveis) apropriados ao novo fluxo de transporte e, conforme detalhado nos capítulos 6.8, 6.9 e 6.10, é dado por :

**Custos Operacionais** = CComb + Dir ij + (Mvag x VN) + (Mloc x HN) , onde :

CComb = Custo de combustível do novo fluxo no período;

CDir = Demais custos diretos periódicos do trecho ferroviário (estações e vias) rateados pelo novo fluxo;

Mvag x VN = Custo de manutenção de vagões da frota utilizada no novo fluxo;

Mloc x HN = Custo de manutenção das locomotivas da frota utilizada no novo fluxo

- **Depreciação**

Será considerado neste trabalho a utilização de depreciação linear dos ativos (vagões e locomotivas). Portanto, para cada período do fluxo de caixa, a depreciação é dada por :

**Depreciação** = Investimento total / período , onde período representa a quantidade de anos do fluxo de caixa.

- **Impostos sobre lucro**

Para efeito de simplificação, considera-se 33% (contribuição social e imposto de renda) como sendo a tributação do lucro (LAIR) gerado pelo novo fluxo.

### 6.11.3. Definição do preço unitário em função da Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

O único componente ainda não definido para o fluxo de caixa é a linha das receitas que serão obtidas pela implantação do novo fluxo de transporte. Como o volume de transporte é conhecido, a variável a ser calculada para completar o fluxo de caixa é o preço unitário. Este preço, conforme detalhado na figura 6.6, pode ser obtido com a utilização da ferramenta **Atingir Meta** do Microsoft Excel<sup>®</sup>. Através desta ferramenta, obtém-se o preço unitário garantindo que a Taxa Interna de Retorno (TIR) do fluxo será no mínimo igual à Taxa Mínima de Atratividade (TMA) dos projetos da empresa.

Chega-se, portanto, ao preço mínimo do transporte, baseado no que a empresa considera como remuneração mínima de seu capital. É importante frisar que o preço final a ser negociado vai depender das condições impostas pelo mercado para aquele fluxo de transporte.

FLUXO DE CAIXA DO PROJETO							
DISCRIMINAÇÃO	VIDA ÚTIL DO PROJETO						
	2005	2006	2007	2008	2009	...	20XX
Preço Unitário (R\$/ton)		3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30
x Volume (Ton x mil)		200	200	200	200	200	200
= Receita Bruta (R\$ x mil)	0	661	661	661	661	661	661
- Impostos embutidos (ICMS,ISS,PIS)		79	79	79	79	79	79
= Receita Líquida	0	582	582	582	582	582	582
- Custos Operacionais		37	37	37	37	37	37
= Lucro Operacional Bruto	0	545	545	545	545	545	545
- Depreciação		40	40	40	40	40	40
= Lucro Antes do Imposto de Renda (LAIR)	0	505	505	505	505	505	505
- Impostos		173	173	173	173	173	173
= Lucro Líquido	0	332	332	332	332	332	332
+ Depreciação		40	40	40	40	40	40
- Investimentos	1300						
= Fluxo de Caixa	(1300)	372	372	372	372	372	372

O preço Unitário é obtido através da ferramenta Atingir Meta, variando o preço unitário para que a TIR seja igual a TMA.

**ÁREA DE PREMISSAS DO FLUXO DE CAIXA**

Período (Anos)	25
Taxa de Desconto	12%
Tx. Mínima de Atratividade	18%

**ÁREA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS**

VPL	R\$ 203,16
TIR	17,98%

Figura 6.6 – Obtenção do preço unitário através da ferramenta Atingir Meta do Microsoft Excel.

## 7. APLICAÇÃO DO MÉTODO

### 7.1. Fluxo de Informações e Procedimentos

A condição básica para aplicação do método descrito neste trabalho é a construção de uma ferramenta que seja capaz de implementar de forma amigável e eficiente toda a formulação de custeio desenvolvida neste capítulo. A ferramenta desenvolvida neste trabalho será baseada em planilha eletrônica. Segue na figura 7.1 o fluxo de informações e procedimentos que organiza toda a metodologia aqui desenvolvida.

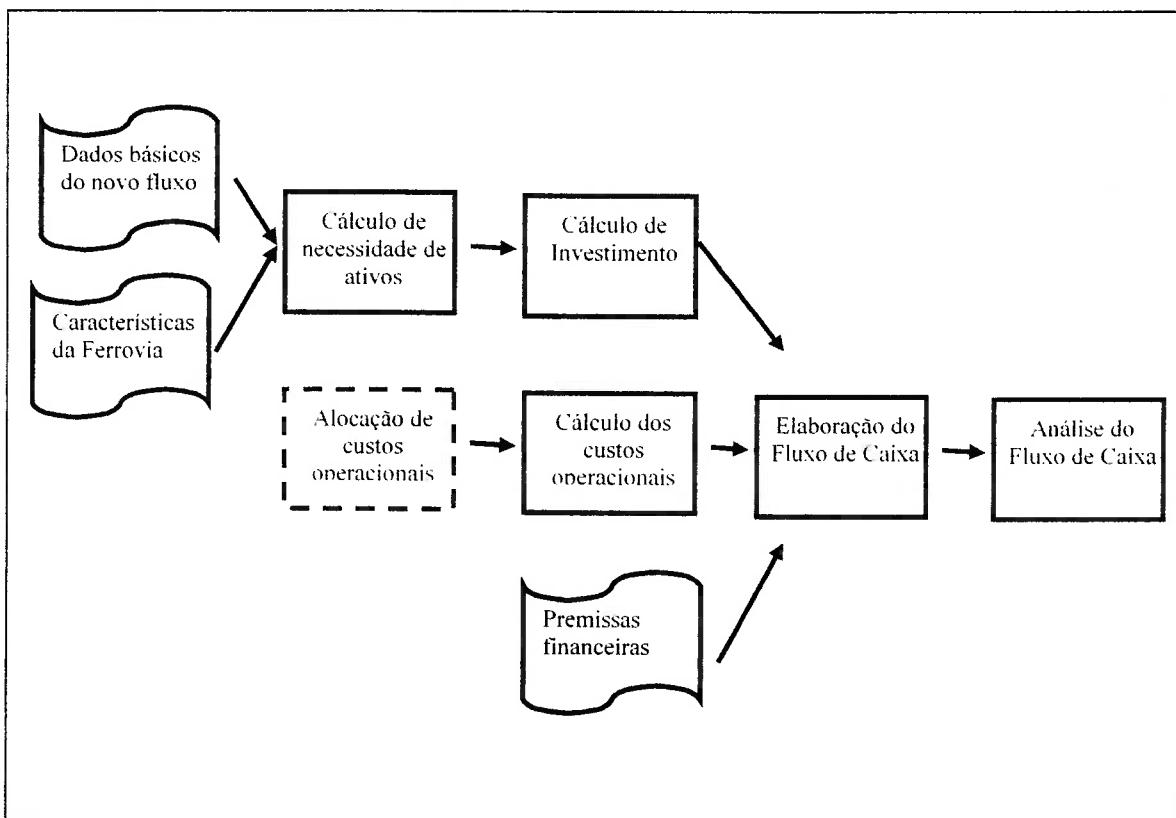


Figura 7.1 – Fluxo de Informações para aplicação do método de custeio.

A seguir, a explicação detalhada de cada um dos itens da figura 7.1 :

- a. Dados básicos do Novo Fluxo : São todas as informações que definem o novo fluxo de transporte, tais como : Estação ferroviária de origem, Estação ferroviária destino, mercadoria a ser transportada, densidade da mercadoria, programa mensal de transporte, etc.
- b. Características da Ferrovia : São dados que identificam sub-trechos da ferrovia com características essenciais, tais como, distância entre estações, velocidade média entre trechos, capacidade volumétrica de vagões, relação TB/HP de trechos, imobilização média de vagões e locomotivas, etc.
- c. Cálculo de necessidades de ativos : É o procedimento de cálculo de necessidade de vagões e locomotivas.
- d. Cálculo de Investimento : É o procedimento de cálculo dos investimentos do fluxo de caixa baseado na quantidade de ativos do fluxo..
- e. Alocação de Custos Operacionais : É o sistema de apropriação de custos ferroviários. Considera-se este procedimento como pré-existente no âmbito da gestão de custos. O método de custeio desenvolvido neste trabalho recebe informações deste processo.
- f. Cálculo dos custos operacionais : É o procedimento para cálculo dos custos operacionais diretos do fluxo de caixa.
- g. Premissas Financeiras : São as premissas financeiras do fluxo de caixa, tais como, custo médio ponderado de capital (WACC), período do fluxo de caixa, taxa de câmbio, etc.
- h. Elaboração do Fluxo de Caixa : Com os procedimentos anteriores obtém-se o fluxo de caixa final do novo fluxo de transporte.
- i. Análise do Fluxo de Caixa : Procedimento para definição do preço unitário a partir da taxa de retorno esperada para este novo fluxo.

## 7.2. Aplicação do método num fluxo genérico

O método de custeio apresentado neste trabalho foi desenvolvido de forma a ter aplicação genérica para um fluxo ferroviário qualquer. Para que os cálculos possam ser efetuados, é necessária a definição dos parâmetros básicos a partir das seguintes informações do fluxo :

- a. Características gerais da ferrovia
- b. Características gerais do trecho ferroviário (entre a estação origem e estação destino)
- c. Produto a ser transportado e suas características
- d. Demanda mensal de transporte

Inicialmente arbitra-se o transporte de um produto qualquer num trecho ferroviário (estação origem a uma estação destino) de uma certa ferrovia. A parametrização inicial é ilustrada na figura 7.2 e contempla alguns índices gerais de toda a ferrovia, índices válidos apenas para o trecho considerado, informações sobre o produto a ser transportado e valores calculados a partir de outros *inputs*. Os valores considerados na figura 7.2 foram arbitrados para efeito de teste do método.

ÍNDICES FERROVIÁRIOS		
Item	Valor	Unidade
Distância entre estações	2.100	km
Velocidade média entre estações	23	km/h
Tempo de trânsito entre estações	91,30	h
Capacidade do vagão	70	m <sup>3</sup>
Densidade do produto	0,8	t / m <sup>3</sup>
Toneladas por vagão	56	t
Dias operacionais do mês	28	Dias
Imobilização de vagões	4	%
Relação TB / HP entre estações	0,25	-
Imobilização de locomotivas	5	%
Tempo de Manobras Ferroviárias por viagem	12	h
Tempos de Carregamento e descarga de vagões por viagem	6	h
TKU Mensal do fluxo	84.000.000,00	tku
Relação TKU / TKB do trecho	0,542	-
Eficiência Energética do trecho	0,002	l / tkb
Preço do litro de diesel	1,20	R\$

Figura 7.2 – Índices ferroviários.

Considera-se 40.000 t como demanda mensal de transporte. Isso significa um fluxo mensal em TKB's de 73.801 t (obtido através da divisão do programa mensal em toneladas pela relação TKU/TKB do trecho).

A partir das informações básicas, primeiramente procede-se o cômputo dos custos de investimento conforme ilustrado na figura 7.3.

<b>CÁLCULO DO CICLO DE VAGÕES E LOCOMOTIVAS</b>		
<b>Item</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
Giro mensal dos vagões	3,07	-
Total de HP's brutos mensais	295.203	HP's
Giro Mensal de Locomotivas	3,68	-
Ciclo do vagão	9,11	dias
Ciclo da locomotiva	7,61	dias
<b>CÁLCULO DE NECESSIDADE DE VAGÕES E LOCOMOTIVAS</b>		
<b>Item</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
Número de vagões	242	Num vagões
Número de HP's	75.806	HP's
<b>CÁLCULO DO INVESTIMENTO</b>		
<b>Item</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
Valor do HP	430	US\$/HP
Valor do vagão	30.000	US\$
Investimento em Locomotivas	32.596.663	US\$
Investimentos em Vagões	7.249.778	US\$
Investimento Total	39.846.441	US\$

Figura 7.3 – Cálculo de necessidade de ativos e do valor total de investimento.

O valor de investimento total é igual à soma dos investimentos em vagões e locomotivas.

O próximo passo é a alocação de custos operacionais ao fluxo de transporte. Alguns custos operacionais não são obtidos através de cálculo direto a partir de outros parâmetros e devem ser informados através outros sistemas de controle de custos. São eles :

- Custos diretos das estações
- Custos diretos do trecho ferroviário
- Custo de manutenção de vagões



- Custo de manutenção de locomotivas

O cálculo dos custos diretos mensais alocados ao fluxo em questão é resumido na figura 7.4.

<b>CÁLCULO DOS CUSTOS OPERACIONAIS</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
<b>Custo de combustível mensal do fluxo (CComb)</b>	371.955,72	R\$ / mês
Custos diretos mensais da estação Origem	57.000,00	R\$ / mês
Custos diretos mensais do trecho	320.000,00	R\$ / mês
Custos diretos mensais da estação Destino	66.000,00	R\$ / mês
<b>Custos diretos mensais do fluxo</b>	88.600,00	R\$ / mês
Custo Mensal Unitário de Manutenção de vagões	230,00	R\$ / vagões
<b>Custo Mensal de Manutenção de vagões do fluxo</b>	55.581,63	R\$ / mês
Custo Mensal Unitário de Manutenção de locomotivas	1,23	R\$ / HP
<b>Custo Mensal de Manutenção de locomotivas do fluxo</b>	93.241,62	R\$ / mês
<b>Custo Operacional Mensal Total</b>	609.378,97	R\$ / mês

Figura 7.4 – Cálculo dos custos operacionais.

Após a obtenção dos custos de investimento e operacionais, chega-se ao fluxo de caixa final do projeto onde se obtém o preço do transporte (R\$ 41,76 por tonelada) conforme ilustrado na figura 7.5.

Conforme já detalhado, o preço final obtido pelo método é aquele que gera um fluxo de caixa com taxa de retorno igual ao mínimo estabelecido pela empresa.

É importante ressaltar que os resultados obtidos são valores arbitrários visto que os parâmetros considerados foram definidos apenas para teste do método desenvolvido.

FLUXO DE CAIXA DO PROJETO						
DISCRIMINAÇÃO	VIDA ÚTIL DO PROJETO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Preço Unitário (R\$/ton)		41,76	41,76	41,76	41,76	41,76
x Volume (Ton x mil)		480	480	480	480	480
= Receita Bruta (R\$ x mil)	0	20.045	20.045	20.045	20.045	20.045
- Impostos embutidos (ICMS,ISS,PIS)		2.606	2.606	2.606	2.606	2.606
= Receita Líquida	0	17.439	17.439	17.439	17.439	17.439
- Custos Operacionais		7.313	7.313	7.313	7.313	7.313
= Lucro Operacional Bruto	0	10.126	10.126	10.126	10.126	10.126
- Depreciação		1.594	1.594	1.594	1.594	1.594
= Lucro Antes do Imposto de Renda (LAIR)	0	8.533	8.533	8.533	8.533	8.533
- Impostos		2.816	2.816	2.816	2.816	2.816
= Lucro Líquido	0	5.717	5.717	5.717	5.717	5.717
+ Depreciação		1.594	1.594	1.594	1.594	1.594
- Investimentos	39.846					
= Fluxo de Caixa	(39.846)	7.311	7.311	7.311	7.311	7.311

ÁREA DE PREMISSAS DO FLUXO DE CAIXA	
Período (Anos)	25
Taxa de Desconto	12%
Tx. Mínima de Atratividade	18%
Impostos sobre receita	13%
Imposto sobre lucro	33%

ÁREA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS		
VPL	R\$ 15.234,11	R\$ x mil
TIR	18,00%	

Figura 7.5 – Representação parcial do fluxo de caixa do novo fluxo de transporte. O fluxo de caixa total se encerra em 2029.

### 7.3. Análise de Sensibilidade

Após o desenvolvimento e implementação do método de custeio e precificação, é importante testar seu funcionamento com a alteração de algumas variáveis e a observação dos novos resultados alcançados. Devido ao grande número de possibilidades existentes, a análise de sensibilidade será priorizada com a alteração de algumas variáveis consideradas de grande relevância no método desenvolvido. Seguem as análises priorizadas :

#### 7.3.1. Alteração do frete em relação ao mercado

Como a ferrovia compete diretamente com o transporte rodoviário, é importante analisar como o método de custeio se comporta em relação a um frete mais competitivo. Supondo que

o frete rodoviário para o mesmo trecho considerado seja 10% inferior, qual o impacto na taxa mínima de atratividade da empresa ferroviária para que se mantenha a competitividade do frete ferroviário ?

Utilizando a planilha desenvolvida e alterando-se o frete para R\$ 37,58 / tonelada (90% do frete ferroviário mínimo definido anteriormente) chega-se ao resultado demonstrado na figura 7.6.

FLUXO DE CAIXA DO PROJETO						
DISCRIMINAÇÃO	VIDA ÚTIL DO PROJETO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Preço Unitário (R\$/ton)		37,58	37,58	37,58	37,58	37,58
x Volume (Ton x mil)		480	480	480	480	480
= Receita Bruta (R\$ x mil)	0	18.038	18.038	18.038	18.038	18.038
- Impostos embutidos (ICMS,ISS,PIS)		2.345	2.345	2.345	2.345	2.345
= Receita Líquida	0	15.693	15.693	15.693	15.693	15.693
- Custos Operacionais		7.313	7.313	7.313	7.313	7.313
= Lucro Operacional Bruto	0	8.381	8.381	8.381	8.381	8.381
- Depreciação		1.594	1.594	1.594	1.594	1.594
= Lucro Antes do Imposto de Renda (LAIR)	0	6.787	6.787	6.787	6.787	6.787
- Impostos		2.240	2.240	2.240	2.240	2.240
= Lucro Líquido	0	4.547	4.547	4.547	4.547	4.547
+ Depreciação		1.594	1.594	1.594	1.594	1.594
- Investimentos	39.846					
= Fluxo de Caixa	(39.846)	6.141	6.141	6.141	6.141	6.141

ÁREA DE PREMISSAS DO FLUXO DE CAIXA	
Período (Anos)	25
Taxa de Desconto	12%
Tx. Mínima de Atratividade	18%
Impostos sobre receita	13%
Imposto sobre lucro	33%

ÁREA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS	
VPL	R\$ 7.105,54 R\$ x mil
TIR	14,86%

Figura 7.6 – Fluxo de Caixa resultante com a alteração do frete.

A TIR resultante do novo fluxo de caixa é de 14,86%, inferior à taxa mínima de atratividade porém superior ao WACC da empresa. O VPL resultante do fluxo é de aproximadamente R\$ 7,2 milhões. Segue na figura 7.7 a análise de sensibilidade da TIR e VPL após a aplicação de outros descontos no frete.

<b>Desconto</b>	<b>Frete (R\$/t)</b>	<b>VPL (mil R\$)</b>	<b>TIR (%)</b>
10%	37,58	7.105	14,86
15%	35,50	3.060	13,25
20%	33,41	(1.004)	11,58
25%	31,32	(5.068)	9,86

Figura 7.7 – Sensibilidade do resultado do fluxo de caixa em relação ao frete.

### 7.3.2. Sensibilidade do frete em relação aos custos operacionais

Qual seria o percentual de diminuição de custos necessário para a implantação de descontos no frete ferroviário ? Utilizando-se a planilha desenvolvida basta fixar os valores de frete e TIR desejados alterando-se os custos operacionais anuais totais. Observa-se através da figura 7.8 que para se atingir uma TIR de 18% com desconto de 10% sobre o frete original (R\$ 37,58 por tonelada), os custos anuais devem cair de R\$ 7,3 milhões para R\$ 5,5 milhões, ou seja, uma redução aproximada de 25 %.

Esta análise demonstra a sensibilidade da variável receita em relação ao custo : cada 10% de variação do frete significa aproximadamente a variação inversa de 25% nos custos operacionais.

FLUXO DE CAIXA DO PROJETO						
DISCRIMINAÇÃO	VIDA ÚTIL DO PROJETO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Preço Unitário (R\$/ton)		37,58	37,58	37,58	37,58	37,58
x Volume (Ton x mil)		480	480	480	480	480
= Receita Bruta (R\$ x mil)	0	18.038	18.038	18.038	18.038	18.038
- Impostos embutidos (ICMS, ISS, PIS)		2.345	2.345	2.345	2.345	2.345
= Receita Líquida	0	15.693	15.693	15.693	15.693	15.693
- Custos Operacionais		5.570	5.570	5.570	5.570	5.570
= Lucro Operacional Bruto	0	10.123	10.123	10.123	10.123	10.123
- Depreciação		1.594	1.594	1.594	1.594	1.594
= Lucro Antes do Imposto de Renda (LAIR)	0	8.530	8.530	8.530	8.530	8.530
- Impostos		2.815	2.815	2.815	2.815	2.815
= Lucro Líquido	0	5.715	5.715	5.715	5.715	5.715
+ Depreciação		1.594	1.594	1.594	1.594	1.594
- Investimentos	39.846					
= Fluxo de Caixa	(39.846)	7.309	7.309	7.309	7.309	7.309

ÁREA DE PREMISSAS DO FLUXO DE CAIXA	
Período (Anos)	25
Taxa de Desconto	12%
Tx. Mínima de Atratividade	18%
Impostos sobre receita	13%
Imposto sobre lucro	33%

ÁREA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS	
VPL	R\$ 15.220,04 R\$ x mil
TIR	18,00%

Figura 7.8– Sensibilidade do frete em relação aos custos operacionais.

### 7.3.3. Sensibilidade do frete em relação ao custo de combustível

O custo de combustível representa parcela importante na composição dos custos operacionais das atividades de transporte. Qual seria o impacto de aumentos de combustível no resultado econômico do fluxo de transporte? Para responder a esta pergunta procede-se a alteração do custo de combustível na planilha e observa-se o resultado no fluxo de caixa. O frete ferroviário deve ser alterado para equilibrar a alteração no custo de combustível.

Como exemplo, aumenta-se artificialmente em 10% o custo de combustível na sub-planilha **Apropriação dos custos**. Para que haja equilíbrio no resultado do fluxo de caixa, deve-se proceder um aumento de aproximadamente 3,4 % no frete ferroviário.

#### 7.3.4. Sensibilidade do frete em relação ao período do fluxo de caixa

Este trabalho considerou um fluxo de caixa com período de 5 anos. Porém é importante averiguar o quão sensível é o frete mínimo necessário quando se varia o período do fluxo de caixa. Para tanto, simula-se o fluxo de caixa inicial com os seguintes períodos : 5, 10, 15, 20 e 25 anos. O resultado é apresentado na figura 7.9.

Período	VPL (mil R\$)	TIR (%)	Ajuste de Compensação do Frete	
			%	Valor (R\$/t)
5 anos	(10.960,00)	-2,22%	56,39%	65,31
10 anos	3.221,00	14,15%	16,83%	48,79
15 anos	10.646,00	17,12%	8,74%	45,41
20 anos	14.578,00	17,85%	6,49%	44,47
25 anos	15.234,00	18,00%	0,00%	41,76

Figura 7.9– Sensibilidade do frete em relação ao período do fluxo de caixa

A figura 7.9 resume os ajustes que deveriam ser feitos nos fretes caso os investimentos necessitassem de períodos menores para serem restituídos.

#### 7.3.5. Sensibilidade do frete em relação ao ciclo dos ativos

Conforme já foi devidamente demonstrado neste trabalho, a atividade ferroviária é fundamentada na operação de ativos de elevado valor tais como vagões e locomotivas. Tais investimentos, portanto, devem ser definidos de tal forma que não haja demasiada sobra de capacidade e conseqüentemente custos elevados nas operações. O ciclo dos equipamentos rodantes define a necessidade dos mesmos, portanto quanto mais ajustado este ciclo for em relação à realidade operacional, mais ajustado será o custo de investimento daquela operação.

Qual seria a sensibilidade do frete em relação ao ciclo de vagões e locomotivas ? Utilizando a planilha desenvolvida, basta simular algumas mudanças nos ciclos de operação e observar as alterações no fluxo de caixa. O resultado desta simulação está demonstrado na figura 7.10.

Cenário	Economia em Investimento (R\$ x 1.000)	Ajuste no Frete	
		%	Valor (R\$/t)
-10% vagoes	-740,00	-1,40%	43,65
-10% locos	-3.621,00	-6,00%	41,76

Figura 7.10– Sensibilidade do frete em relação à economia de ativos (vagões e locomotivas)

A figura 7.10 demonstra qual o impacto da economia de ativos no valor do frete. Ou seja, o ganho de 10% no ciclo da locomotiva possibilita uma redução de 6% no valor do frete.

## 8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esta dissertação abordou um tema pouco explorado pela bibliografia brasileira: o transporte ferroviário de cargas e os custos associados. Como objetivo principal, este trabalho concentrou-se na elaboração de um método de custeio para determinação de fretes ferroviários. Dentre os assuntos desenvolvidos, destacam-se os seguintes pontos relevantes:

- O trabalho traz para a realidade brasileira no âmbito de transporte de cargas, as características dos custos do modal ferroviário. Como a economia brasileira é fortemente dependente do modal rodoviário para distribuição de mercadorias, é importante que os usuários de transporte entendam a lógica de operação e de custos da ferrovia.
- Esta dissertação apresenta, mesmo que em caráter simplificado e com foco na apuração dos custos, uma descrição dos ativos ferroviários e do funcionamento da operação ferroviária, tais como, formação de trens, operações de estações e terminais, manutenção de via férrea, etc.
- Foram apresentados alguns resultados da aplicação de ferramentas estatísticas no desenvolvimento de funções de custo de transporte ferroviário. Mesmo não sendo o método mais adequado para determinação do custo real de uma operação de transporte, a estatística auxilia a compreensão do impacto de cada variável no custo total do transporte.
- Foram apresentadas duas revisões bibliográficas relativas a custos que foram a base principal para elaboração do método de custeio : conceitos de custos / métodos de custeio (Capítulo 3) e características de custos de transporte (Capítulo 4).
- O detalhamento dos custos das operações ferroviárias contribui para uma maior precisão na apuração dos mesmos. Custos mais acurados significam a manutenção de fluxos de



transporte que agregam valor e a interrupção (ou renegociação) de fluxos deficitários e conseqüentemente a sobrevivência do transporte ferroviário como negócio viável.

- A inclusão no custo total da parcela do custo de investimento (baseada no custo de capital da empresa) representa uma evolução aos métodos de custeio conhecidos e apresentados neste trabalho.
- A utilização de planilha eletrônica simplifica a elaboração e a aplicação do método de custeio a um determinado fluxo de transporte.

Porém é importante salientar que o método de custeio proposto por este trabalho pressupõe a existência de um sistema de apontamento dos custos operacionais. Ou seja, a partir dos custos apontados e armazenados (como por exemplo os custos de manutenção de vias férreas), o método desenvolvido neste trabalho direciona os custos a uma determinada operação de forma a se obter um custo total bastante próximo ao custo real daquela operação.

Além disso, considera-se a existência de informações importantes no âmbito de operações ferroviárias :

- Distâncias em km de cada par de estações;
- Velocidades médias de composições em km/h de cada par de estações;
- Tabelas de características básicas de vagões e de mercadorias;
- Tabela da relação de TB/HP para cada par de estações;
- Taxas médias de imobilização de vagões e locomotivas (em %);
- Relações médias de carga transportada (TKU) por peso bruto da composição (TKB);
- Relações médias de consumo em litros de diesel por TKB.

Pode-se destacar algumas recomendações relevantes a este trabalho :

- O sistema de apropriação de custos ferroviários deve ser capaz de detalhar cada vez mais a apropriação de custos a uma determinada operação. Como exemplo pode-se citar a instalação de instrumentos eletrônicos nas locomotivas para cálculo do consumo real de combustível por viagem ferroviária.
- Recomenda-se a utilização de modelos mais complexos para o cálculo de necessidade de ativos operacionais, como por exemplo, o uso de simulação para determinação da frota de vagões necessários a um determinado fluxo de transporte. Métodos lineares de determinação de frotas não consideram a probabilidade de atrasos nas viagens ferroviárias ou filas de vagões para descarga em determinados terminais.
- Os resultados obtidos pelo método de custeio no capítulo 7 foram baseados em parâmetros ferroviários e custos arbitrários. Portanto não podem ser utilizados para efeito de comparação com operações ferroviárias reais.

## 9. BIBLIOGRAFIA

BALLOU, RONALD H. *Business logistics management*. New Jersey : Prentice Hall, 1999.

CASTRO, N. *Formação de preços no transporte de carga*, 2001. Disponível em :<<http://www.nemesis.org.br>> (texto para discussão )

CASTRO, N. *Estrutura, desempenho e perspectivas do transporte ferroviário de cargas*, 2000. Disponível em :<<http://www.nemesis.org.br>> (texto para discussão))

CAIXETA FILHO, J.V. et al. *Gestão Logística do transporte de cargas*. São Paulo : Atlas, 2001.

COGAN, S. *Custos e Preços*. São Paulo : Thomson, 1999.

COOPER, R.; KAPLAN, ROBERT S., *The design of cost management systems*. Upper Saddle River : Prentice Hall , 1998.

COPELAND, T.; KOLLER, T.; MURRIN, J. *Avaliação de empresas - evaluation*. São Paulo : Makron Books, 2000.

HANSEN, D., MOWEN, M. *Gestão de custos*. São Paulo : Thomson, 2003.

KEELER, T.E. *Railroad costs, returns to scale and excess capacity*. *The Review of Economics and Statistics*, Amsterdam, v.56, 1974.

LALONDE, BERNARD, J. et al. *Implementing activity based costing in logistics*. *Journal of Business Logistics*, v. 15 , 1994.

MARTINS, E. *Contabilidade de custos*. São Paulo : Atlas, 2000.

MARTINEZ JÚNIOR, L.C. *Protótipo de sistema de custeio e formação de fretes ferroviários*. São Paulo : EPUSP, 1997. (Trabalho de Formatura)

MATZ, A; CURRY, O. J.; FRANK, G. W. **Cost accounting**. Cincinnati : South-Western, 1962.

MEYER, J. R.; PECK, M.; STENASON, J. ; ZWICK, C. **The Economics of competition in the transportation industries**. Cambridge : Harvard University Press,1959.

MONTGOMERY, D.; PECK, E.; VINING, G. **Introductions to linear regression analysis**. New York : John Wiley & Sons , 2001.

MOTTA, R.; CALOBA, G. **Análise de investimentos** : tomada de decisão em projetos industriais. São Paulo : Atlas, 2001.

NAKAGAWA, M. **ABC** : custeio baseado em atividades. São Paulo : Atlas, 2001

NETER, J.; KUTNER, M.; NACHTSHEIM, C.; WASSERMAN, W. **Applied linear statistical models**. Chicago : Irwin, 1996.

NOVAES, A. G. **Sistemas de transportes** : análise da oferta. São Paulo : Edgar Blucher , 1986.

NOVAES, A. G **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. Rio de Janeiro : Campus, 2001.

PEREZ JR, J. H.; OLIVEIRA, L. M.; COSTA, R. G. **Gestão estratégica de custos**. São Paulo : Atlas, 1999.

PIRES, F. **Os avanços do transporte ferroviário de carga no Brasil após as privatizações** : uma análise segundo a perspectiva de usuários, prestadores de serviço e governo. Rio de Janeiro : Centro de Estudos em Logística , 2000.

SAMUELSON, R.. **Modelling the freight rate structure**. S.l. MIT, 1977. (CTS Report 77-7)

SILBERBERG, E. **The Structure of economics** : a mathematical analysis. New York : McGraw-Hill Pub. Co., c1990.

STOPFORD, M. **Maritime economics**. London : Routledge, 1997.

TACLA, D. **Custos no transporte rodoviário**. São Paulo, EPUSP, 2000. (Apostila)

THOMAS, H.T., KAPLAN, R.S. **Relevance lost**. Boston, Mass. : Harvard Business School Press, c1991.

TEIXEIRA FILHO, J.L.L. **Modelos analíticos de fretes cobrados para o transporte de carga**. São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de Engenharia.

## 10. GLOSSÁRIO

TIR : Taxa Interna de Retorno. Índice relativo que mede a rentabilidade do investimento por unidade de tempo, é a taxa que anula o Valor Presente Líquido (VPL) de um fluxo de caixa.

TKU : Tonelada Quilômetro Útil. É uma medida de produção ferroviária, obtido pela multiplicação do peso transportado (em toneladas) pela distância percorrida (em quilômetros).

TMA : Taxa Mínima de Atratividade. É a taxa mínima de retorno considerada pelo investidor.

VPL : Valor Presente Líquido. É a soma algébrica de todos os fluxos de caixa descontados por uma taxa qualquer para o instante presente.

WACC : Weighted Average Cost of Capital significa custo médio ponderado do capital