



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E ESTRATÉGIA**

**A ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE CENÁRIOS OPERACIONAIS DE  
TRANSPORTE FERROVIÁRIOS ATÉ 2025: UM ESTUDO DE CASO**

**REINALDO RAMOS SILVA**

*Sob a Orientação do Professor*  
**Dr. Murilo Alvarenga Oliveira**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre**, no Programa de Pós-Graduação em Administração, mestrado profissional de Gestão e Estratégia, área de Concentração Gestão e Estratégia.

Seropédica, RJ  
Setembro, 2011

385

S586a

T

Silva, Reinaldo Ramos, 1982-

A análise de eficiência de cenários operacionais de transporte ferroviários até 2025: um estudo de caso / Reinaldo Ramos Silva - 2011.

144 f. : il.

Orientador: Murilo Alvarenga Oliveira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Administração.

Bibliografia: f. 113-120.

1. Ferrovias - Teses. 2. Ferrovias - Administração - Teses. 3. Análise de envoltória de dados - Teses. I. Oliveira, Murilo Alvarenga, 1977-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Administração. III. Título.

**Bibliotecário:** \_\_\_\_\_

**Data:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E ESTRATÉGIA**

**REINALDO RAMOS SILVA**

Dissertação submetida para qualificação como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação em Administração, Mestrado profissional em Gestão e Estratégia, Área de Concentração processos e tecnologias.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 08 DE SETEMBRO DE 2011.

---

Murilo Alvarenga Oliveira, Dr – UFRRJ  
(orientador)

---

Pauli Adriano de Almada Garcia, Dr - UFF

---

Marcelo Álvaro da Silva Macedo, Dr - UFRJ

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho todos que contribuíram com minha formação como pessoa em especial aos meus pais Antonio e Eliza, e minha avó Maria (*in memoriam*). E aquela que com amor se abdicou de minha presença e companhia, minha amada Mirian Eliza.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a UFRRJ, ao Mestrado Profissional em Gestão e Estratégia, e seus dirigentes a oportunidade de aprimorar meus conhecimentos acadêmicos que contribuíram tanto para minha formação pessoal e profissional.

Ao meu orientador Dr. Murilo Alvarenga Oliveira que com seu exemplo e dedicação me impulsionaram para a construção desta dissertação e principalmente a contribuição do crescimento da ciência.

Aos membros da banca que avaliaram esta dissertação Dr. Pauli Adriano de Almada Garcia e Dr. Marcelo Álvaro da Silva Macedo por aceitarem o convite de participação e pelas valorosas contribuições.

A todos os professores do Programa de pós-graduação em Administração que de alguma forma tem parte na minha formação científica.

Aos professores do curso de administração da Universidade Federal Fluminense do campus de Volta Redonda, por terem sempre mantido as portas abertas da instituição, demonstrando incentivo e solícitos a qualquer ajuda necessária. Em especial agradeço o professor Dr. Ilton Curty Leal Júnior que me auxiliou nos primeiros passos na ciência.

A MRS Logística S/A pela liberação de trabalho sem o qual não seria possível a realização tanto do curso quanto da pesquisa, onde destaco o apoio recebido do gerente geral de operações Paulo Fernando Mainenti Ferreira e do gerente de operações de trens Jefferson Vinício Meirelles.

Aos amigos condiscípulos deste curso de mestrado que compartilharam comigo angústias e aflições, seja pessoalmente ou na incansável lista de debate por e-mail. E nas indas e vindas até Seropédica em carona com a colega Marlén Guerra Dias.

A minha namorada Mirian Eliza Alves Souza que me incentivou, absteve-se de minha companhia e sempre me dedicou extremo carinho, o que me auxiliou nos tortuosos caminhos e na realização de um sonho pessoal e profissional.

Nesta tarefa árdua de agradecer certamente me esqueci de pessoas importantes que de alguma forma tem parte neste trabalho, portanto estendo a todos os mestres e amigos que por minha vida passaram e reconhecem sua contribuição.

## EPÍGRAFE

“Não se constrói ferrovias para hoje e sim para o futuro”  
Paulo de Frontin (1860 – 1933)

## RESUMO

SILVA, Reinaldo Ramos; A análise de eficiência de cenários operacionais de transporte ferroviários até 2025: um estudo de caso; 2011, 146 p.; Dissertação (Mestrado em Gestão e Estratégia), Programa de pós-graduação em administração, Pró-reitoria de Pesquisa e extensão, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ, 2011.

**Palavras-Chave:** eficiência operacional; ferrovia, técnica de cenários; análise envoltória de dados.

O dilema entre o crescimento econômico brasileiro e a falta de infra-estrutura, principalmente na área de logística e transporte levaram a elaboração pelo governo federal de um Programa Nacional que projetasse o volume, estrutura física e dinâmica operacional até o ano de 2025. Diante deste quadro uma concessionária ferroviária e desafiada a planejar-se para o atendimento da demanda prevista apresentada no Programa Nacional de Logística e Transporte (PNLT). O objetivo do estudo foi verificar a eficiência operacional dos cenários ferroviários até o ano 2025 construídos a partir do PNLT, para atingi-lo foi necessário a identificar quais os *inputs* e *outputs*, traçar os principais cenários operacionais com horizonte até 2025, identificar os pontos de ineficiência e as limitações a serem superadas e propor soluções para o avanço da eficiência. A pesquisa caracteriza-se como exploratória descritiva de natureza aplicada. Os procedimentos técnicos adotados para a coleta de dados foi documental cuja principal fonte de dados foi o PNLT, no que se refere à exploração dos dados, utilizou-se do estudo de caso para análise da organização e a pesquisa operacional para determinação objetiva dos resultados. As principais técnicas empregadas foram o planejamento por cenários, regressão linear e análise envoltória de dados. Os resultados encontrados proporcionaram a elaboração de um mapa estratégico para os anos de referência de 2015, 2020 e 2025, na identificação de pontos de melhoria e em proposições para elevação do patamar de operacional. Destacam-se dois principais produtos desta pesquisa: a análise da eficiência operacional dos cenários ferroviários até o ano 2025 construídos a partir do PNLT e a proposta de um protocolo para elaboração de cenários canônicos por eficiência. O estudo contribui para o setor, pois pode ser empregado como direcionador de esforços e investimento, e para o mercado e a academia ao instruir um procedimento que permite a prospecção e quantificação de cenários futuros em outras organizações e setores produtivos.

## ABSTRACT

SILVA, Reinaldo Ramos; The efficiency analysis of operational scenarios rail transport by 2025; 2011, 146 p.; Dissertation (Master in Management and Strategy), the post graduate program in administration, pro-rector for Research and Extension; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ, 2011.

The dilemma between the Brazilian economic growth and lack of infrastructure, especially in logistics and transportation have led to development by the federal government of a National Program that projected volume, physical structure and dynamic operational by the year 2025. This framework rail and a utility plan is challenged to meet the anticipated demand presented in the National Logistics and Transport (PNLT). The aim of this study was to assess the operational efficiency of rail scenarios until the year 2025 built from PNLT to achieve it was necessary to identify which inputs and outputs, outline the main operational scenarios horizon until 2025, identify points of inefficiency and limitations to be overcome and propose solutions to the advancement of efficiency. The research is characterized as exploratory descriptive of an applied nature. The technical procedures adopted for data collection was a documentary whose main source of data was the PNLT, with regard to the exploitation of the data, we used the case study to analyze the organization and operations research aims to determine the results. The main techniques used were the scenario planning, linear regression and data envelopment analysis. The results provided the elaboration of a strategic map for the reference years 2015, 2020 and 2025 to identify areas for improvement and proposals for raising the level of operating. Among them are two main products of this research: the analysis of the operational efficiency of rail scenarios until the year 2025 built from PNLT and the proposal for a protocol for developing scenarios for canonical efficiency. The study contributes to the industry because it can be employed as a director of effort and investment, and market and academia to investigate a procedure that allows exploration and quantification of future scenarios in other organizations and industry sectors.

**Keywords:** operational efficiency; railroad scenarios method, data envelopment analysis.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Matriz de transporte Brasileira comparada	2
<b>Figura 2</b> - Marcos epistemológico	10
<b>Figura 3</b> - Gráfico TU total versus PIB	12
<b>Figura 4</b> - Publicações Jornalísticas sobre ferrovia	14
<b>Figura 5</b> - Representação de uma DMU	18
<b>Figura 6</b> - Campos de aplicação da DEA	21
<b>Figura 7</b> - Classificação de cenários	29
<b>Figura 8</b> - Tipos de cenários	30
<b>Figura 9</b> - Mapa da MRS Logística S/A	57
<b>Figura 10</b> - Retorno decrescente de Produção	62
<b>Figura 11</b> - DEA versus Regressão	68
<b>Figura 12</b> - Foco da pesquisa	76
<b>Figura 13</b> - Vetores Logísticos	77
<b>Figura 14</b> - Mapa Estratégico por eficiência	93
<b>Figura 15</b> - Comportamento do recurso vagão	95
<b>Figura 16</b> - Comportamento do recurso locomotiva	96
<b>Figura 17</b> - Comportamento do recurso extensão	97
<b>Figura 18</b> - Protocolo para Cenário de variação canônica por eficiência	98
<b>Figura 19</b> - Lógica de Operação de Ferroviária	104

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Concessionárias Ferroviárias Brasileiras	5
<b>Quadro 2</b> - Delimitação da Pesquisa	9
<b>Quadro 3</b> – Justificativas do Estudo	11
<b>Quadro 4</b> - Definição de termos	20
<b>Quadro 5</b> - Paradigmas e pressupostos sobre estudos de cenários	25
<b>Quadro 6</b> - Classificação da pesquisa de cenários	32
<b>Quadro 7</b> - Trabalho envolvendo a aplicação de DEA e cenários	34
<b>Quadro 8</b> - Principais planos de transporte Brasileiros não implementados	36
<b>Quadro 9</b> - Investimentos e intervenções previstas no PNL T	41
<b>Quadro 10</b> - Principais características do modo ferroviário	45
<b>Quadro 11</b> - Levantamento bibliográfico DEA e Ferrovia	49
<b>Quadro 12</b> - Classificação metodológica	51
<b>Quadro 13</b> - Fases pós-concessão	58
<b>Quadro 14</b> - Etapas da pesquisa	74
<b>Quadro 15</b> - Parâmetros do PNL T para os modos de transporte	75
<b>Quadro 15</b> – Microrregião e participação do vetor no transporte ferroviário	78
<b>Quadro 16</b> – Variáveis utilizadas em trabalhos anteriores	82
<b>Quadro 17</b> – Análise resumo das variáveis candidatas	83
<b>Quadro 18</b> – Expressões de relacionamento entre as variáveis e os parâmetros	88
<b>Quadro 19</b> - Resumo das principais ações	105
<b>Quadro 20</b> - Protocolo de cenários de variação canônica por eficiência	108

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Evolução da matriz de transporte	41
<b>Tabela 2</b> - Densidade Ferroviária internacional	46
<b>Tabela 3</b> – Tonelada útil prevista	79
<b>Tabela 4</b> – Parâmetros dos cenários	80
<b>Tabela 5</b> – Variação histórica das variáveis	87
<b>Tabela 6</b> – Cenários	89
<b>Tabela 7</b> – Resultado inicial para 2015	90
<b>Tabela 8</b> – Resultado DEA cenário 2015 não arquemediano	91
<b>Tabela 9</b> – Resultado DEA para 2015, 2020 e 2025	91
<b>Tabela 10</b> – Evolução da TU por tipo de carga	100

## LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

ALLMP	América Latina Logística Malha Paulista
ANJ	Associação Nacional de Jornais
ANTF	Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
BCC	Banker, Charnes e Cooper
BOVESPA	Bolsa de Valores de São Paulo
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
CCR-I	Charnes, Cooper e Rhodes com orientação ao <i>input</i>
CCR-O	Charnes, Cooper e Rhodes com orientação ao <i>output</i>
CRS	Constant ReturnstoScale
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de transporte
DMU	DecisionMakingUnits
EFC	Estrada de Ferro Carajás
EFES	<i>ForecastingEquilibrium System</i>
EFVM	Estrada de Ferro Vitória Minas
FCA	Ferrovia Centro Atlântica
FIPE	Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
HP	<i>House Power</i> (cavalo vapor)
IPEA	Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicada
km	Quilometro
LOC	Locomotiva
MBR	Minerações Brasileiras Reunidas
ML	Malha
MRS	MRS Logística S/A
PAC	Plano de Aceleração do Crescimento
PIB	Produto Interno Bruto
PND	Programa Nacional de Desestatização
PNLT	Plano Nacional de Logística e Transporte
$r^2$	Coefficiente de Pearson
RFFSA	Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima
SAE	Secretária de Assuntos Estratégicos
SAI	Sistema de Aceleração Independente
SIAD	Sistema Integrado de Apoio a Decisão
TU	Tonelada Útil
VG	Vagões
VRS	<i>VariableReturnScale</i>
$\rho$	Coefficiente de Spearman

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>VIII</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 Contextualização do transporte Brasileiro	1
1.2 Contextualização do transporte Ferroviário Brasileiro	3
1.3 Problemática	6
1.4 Objetivos	8
1.5 Delimitação do tema	8
1.6 Justificativas	11
1.6.1 Quanto à importância	11
1.6.2 Quanto à oportunidade	13
1.6.3 Quanto à Viabilidade	15
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>16</b>
2.1 Eficácia, Eficiência e Produtividade	16
2.3 PLANEJAMENTO – CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS	21
2.3.1 Desenvolvimento e definições	21
2.3.2 Principais Paradigmas	25
2.3.3 Avaliação de Cenários por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA)	32
2.4 Transporte e Planejamento viário no Brasil	35
2.4.1 Antecedentes Históricos	35
2.4.2 O PNLT: Principais Características	39
2.4.3 Modo de Transporte Ferroviário	43
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>50</b>
3.1 Classificação Metodológica	50
3.1.1 Pesquisa Bibliográfica	54
3.1.2 Pesquisa Documental	54
3.1.3 Estudo de Caso	55
3.1.3.4 O Objeto de Estudo	56
3.1.4 Pesquisa Operacional	60
3.2 Instrumentos	60
3.2.1 DEA	61
3.2.1.1 Modelos DEA Não-Arquimedianos	66
3.2.1.2 Considerações e características dos modelos DEA	67
3.2.2 Regressão Múltipla Linear	71
3.2.3 Cenários	72

<b>3.3 Desenvolvimento da Pesquisa</b>	<b>73</b>
<b>4.1 Definição dos parâmetros</b>	<b>75</b>
<b>4.2 Seleção das Variáveis</b>	<b>80</b>
<b>4 DESENVOLVIMENTO</b>	<b>87</b>
<b>4.3 Construção dos cenários</b>	<b>87</b>
<b>4.4 Análise de Eficiência Operacional</b>	<b>90</b>
<b>4.5 Resultados</b>	<b>94</b>
<b>4.5.1 O Cenário “T”</b>	<b>94</b>
<b>4.5.2 Variação Canônica por eficiência</b>	<b>97</b>
<b>4.6 Discussão dos Resultados e Proposições</b>	<b>100</b>
<b>5 CONCLUSÕES</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE A</b>	<b>121</b>
<b>APENDICE B</b>	<b>129</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização do transporte Brasileiro

No Brasil, o debate sobre planejamento e matriz de transporte iniciou-se ainda no período imperial, onde diversos projetos foram apresentados, sendo os quatro principais desta época segundo Sandoval (2010) foram: (1) Plano Moraes (1869), (2) Plano Queiroz (1874/1882), (3) Plano Rebouças (1874) e (4) Plano Bicalho (1881). O ponto comum entre eles era a integração entre os modos de transporte fluviais e ferroviários, pois desde 1838, na regência de D. Pedro I, eram reconhecidos como meios baratos para deslocamentos de grandes volumes em distâncias longas conforme atestam as discussões então travadas no Senado Federal e levantadas por Silveira (2003).

Esta situação começa a mudar a partir de 1920 com o grande aumento dos automóveis em diversos pontos do país, seguido pelo governo de Washington Luís (1926-1930) cujo lema era “Governar é abrir estradas”, e se torna a opção declarada a partir de 1956 com o plano de metas de Juscelino Kubitschek. (SANDOVAL, 2010).

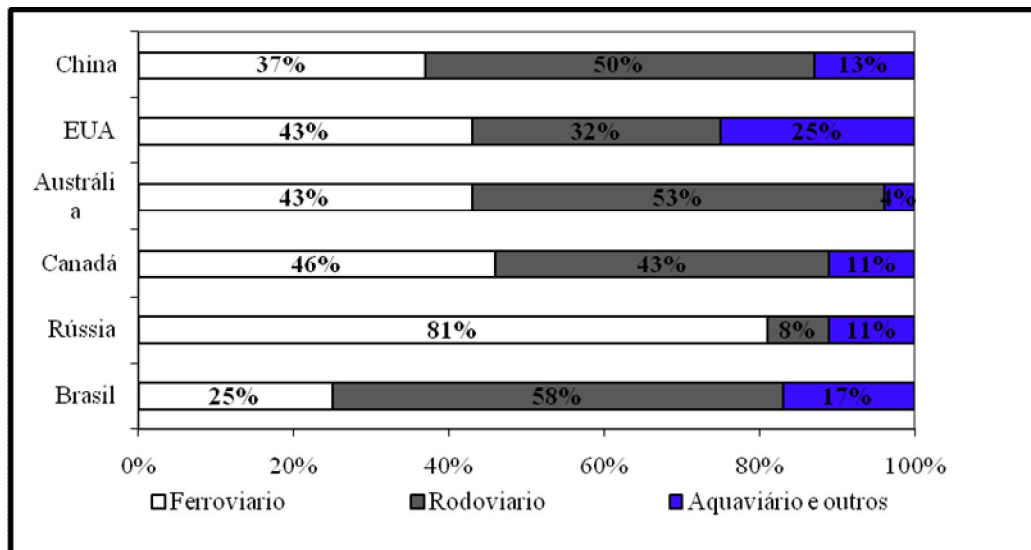
Conforme Ribeiro e Ferreira (2002) as principais barreiras ao desenvolvimento logístico encontram-se assentadas na enorme deficiência do transporte e da comunicação, reconhecendo que para sanar esta questão é necessário o avanço na discussão sobre planejamento do transporte, com fortes investimentos tanto públicos quanto privados.

Uma análise preliminar, destacando Novaes (2007) e Marques (1996), o que pode-se evidenciar sobre a matriz de transporte brasileira, é a comparação com países de mesmas proporções geográficas (Figura 1).

Percebe-se que no caso brasileiro, a matriz de transporte está fortemente atrelada ao modo de transporte rodoviário, que segundo a matriz de decisão de Ballou (2007) e as observações de Novaes (2007), é o transporte terrestre mais caro, menos eficiente (uso mais eficiente de materiais e energia, a fim de reduzir os custos econômicos e os impactos ambientais, conforme PNL (2007)) e não adequado ao deslocamento a grandes distâncias (superiores a 500 km) principalmente de produtos de baixo valor agregado. Estes produtos, geralmente *commodities* (produtos padronizados e comercializados em larga escala) agrícolas ou minerais, constituem desde o período colônia até os dias atuais a base de nossa pauta de exportações e grande parte da movimentação interna, constituindo o lastro da balança comercial. (BAER, 2003 e GREMAUD *et al.*, 2008)

Segundo o Ministério de Transportes (2009) os principais problemas de cada setor são:

- Rodovias – níveis insuficientes de conservação e déficit de capacidade em todas as regiões;
- Ferrovias – invasão da faixa de domínio (área ao redor da linha sob tutela da ferrovia), interferência urbana e cobertura insuficiente;
- Portos – limitações de acesso terrestre e marítimo, deficiência em infra-estrutura de movimentação e modelo gerencial desatualizado;
- Hidrovia – falta de eclusas (mecanismo que permite a transposição de obstáculos naturais em rios geralmente devido a diferença de altura do leito), falta de sinalização e balizamento e restrições de altura das embarcações (calado)



**Figura 1 - Matriz de transporte Brasileira comparada**  
 Fonte: Ministério dos Transportes (2009)

Este cenário foi alcançado após décadas de baixos investimentos e direcionamento incorreto das verbas, como argumentam Sandoval (2010) e o Ministério dos Transportes (2009). Tal fato acarretou queda de competitividade da indústria brasileira frente ao cenário internacional pelos altos custos de transporte que são somados aos produtos diminuindo artificialmente a eficiência alcançada nos setores produtivos, ou seja, acrescentando um custo que não deveria existir (GREMAUD *etal*, 2008).

Novaes (2007) classifica a evolução da logística em quatro etapas:

- Primeira fase: Atuação segmentada – fundamenta-se no estoque como principal artifício para atender a demanda;



- Segunda fase: Integração rígida – otimização e planejamento para escoar o que se produzia;
- Terceira fase: Integração Flexível – caracteriza-se pela integração dentro da empresa e com seus fornecedores, culminando com o gerenciamento da cadeia de suprimentos;
- Quarta fase – Integração Estratégica – a questão logística passa ser tratada de forma estratégica, o foco está em atender a necessidades dos clientes.

Novaes (2007) ainda informa que a operação da maioria das empresas brasileiras ainda se encontra na primeira fase do desenvolvimento logístico, ou seja, operando por meio de estoques e com seus setores internos atuando de forma isolada. Não obstante chegaram à quarta fase que trata a logística como estratégica com foco no cliente. Atribui-se este fato tanto a falta de infra-estrutura como a deficiência gerencial das organizações.

Com a soma destes fatos foram gerados gargalos físicos, operacionais e gerenciais que fundamentaram no ano de 2001 a cunhagem do termo “apagão logístico” o que trouxe à tona a discussão do tema logística e transporte e seus impactos sobre a economia, como a elevação do “custo Brasil” até a impossibilidade de movimentar a produção gerada. (BARAT, 2008).

Atualmente, as ações de discussão, planejamento e implantação do Plano Nacional de Logística e Transporte –PNLT – que faz parte do Plano de Aceleração do Crescimento – PAC ocorrem simultaneamente. Há previsão inicial de investimento de 290,8 bilhões de Reais até 2015 e tem os seguintes objetivos:

- Superar os limites estruturais de infra-estrutura no transporte;
- Ampliar a cobertura geográfica da infra-estrutura de transporte;
- Assegurar que a infra-estrutura de transporte seja fator catalisador e indutor do desenvolvimento econômico.

Para atingir estes objetivos o PNLT prevê a inversão da matriz de transporte, ou seja, crescer a participação dos modos ferroviários e hidroviários, aumentar a eficiência dos setores existentes, induzir a novas fronteiras agrícolas e minerais, e promover a integração sul-americana (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2009).

## **1.2 Contextualização do transporte Ferroviário Brasileiro**

A primeira tentativa de implantação da ferrovia no Brasil ocorreu durante a regência de D. Pedro de Almeida, por meio do decreto de número 100 de 31 de outubro de 1835 (Brasil,

1835). Contudo por falta de companhias interessadas neste vultoso empreendimento a iniciativas ocorreu em 1852. Por empreendimento do Barão de Mauá, que inaugurou o primeiro trecho em 30 de abril com apenas 14,5 km ligando os fundos da Baía de Guanabara até Raiz da Serra em direção a Petrópolis - RJ. Deste marco inicial até os anos 1920 houve um rápido crescimento da malha férrea sendo que as décadas de 1930 a 1950 foram consideradas o auge da tração a vapor (DNIT, 2005).

As estradas de ferro que surgiam em diversos pontos do país, seja com intenção posterior de se ligar a Central do Brasil ou para atender demandas locais, eram administradas por seus construtores, ora o poder Estatal e ora a iniciativa privada. Assim em 1957 existiam 18 estradas de ferro de administração independente. O governo federal então decidiu por meio da Lei nº 3115/57, encampar todas as ferrovias criando a sociedade anônima Rede Ferroviária Federal – RFFSA, com objetivo de unificar a administração, sanear financeiramente e eliminar os trechos economicamente não viáveis. Em 1992 a RFFSA foi incluída no Programa Nacional de Desestatização – PND, e leiloada em sete malhas regionais (Buzelim e Setti, 2002).

Em 1996 o Ministério de Orçamento e Planejamento encomendou ao Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicada – IPEA, um estudo que avaliasse a situação da RFFSA e das demais ferrovias estatais. Este documento orientou a privatização da ferrovia pela grave deficiência econômico-financeira e pela retrógrada situação técnico-operacional corroborando a decisão anterior de inserção no PND (MARQUES, 1996).

Conforme a Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (2008) o processo de concessão atual da ferrovia foi iniciado em 1996 e encerrado em 1998, que após uma série de reestruturações acionárias culminou na distribuição entre dezessete operadoras (Quadro 1).

**Quadro 1 - Concessionárias Ferroviárias Brasileiras**

Sigla	Operadoras Nome	Bitola (distância em km)			Total (em km)
		1,60 (m)	1,00 (m)	1,435 (m)	
ALLMO	América Latina Logística Malha Norte		1.945		1.945
FCA	Ferrovias Centro Atlântica		7.910		8.066
MRS	MRS Logística	1.632			1.674
FTC	Ferrovias Tereza Cristina		164		164
ALLMS	América Latina Logística Malha Sul		7.293		7.304
FERROESTE	Estrada de Ferro Paraná Oeste		248		248
EFVM	Estrada de Ferro Vitória- Minas		905		905
EFC	Estrada de Ferro Carajás	892			892
TNL	Trasnordestina Logística		4.189		4.207
ALLMP	América Latina Logística Malha Paulista	1463	243		1.989
ALLMN	América Latina Logística Malha Norte	500			500
FNS	Ferrovias Norte Sul	571			571
CBTU	Companhia Brasileira de Trens Urbanos	63	149		212
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos	537	75		612
TJ	Trombetas/Jari	68	35		103
EFC/EFCJ	Estrada de Ferro Corcovado / Campos do Jordão		51		51
EFA	Estrada de Ferro do Amapá			194	194
<b>TOTAL</b>		<b>5.736</b>	<b>23.207</b>	<b>194</b>	<b>29.637</b>

Fonte: ANTT (2008)

Percebe-se a predominância das ferrovias de bitola (distância interna entre os trilhos) métrica ou estreita (distância de 1 metro entre trilhos) sobre a bitola de 1,60 m também denominada irlandesa ou larga, enquanto o padrão internacional de 1,435 m, também conhecida como *standard* ou inglesa é praticamente inexpressivo. A bitola larga embora represente apenas 18% das linhas brasileiras ocupa a região mais desenvolvida do país, a sudeste, responsável por 58,3% do Produto Interno Bruto – PIB de acordo com dados da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas - FIPE (2008). Como consequência surge à falta de integração e acessos da produção do interior do país aos portos de Santos, Sepetiba e do Rio de Janeiro que figuram entre os maiores do país.

No período pós-concessão, segundo a Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários – ANTF (2010), alguns fatos devem ser comemorados:

- O ressurgimento da indústria ferroviária no país;
- No período de 1997 a 2008 a iniciativa privada investiu R\$ 18,8 bilhões enquanto a União R\$ 1,0 Bilhão;

- As toneladas úteis – TU – transportadas saltaram de 253,3 milhões em 1997 para 532,7 milhões em 2009, ou seja, um crescimento médio de 10% ao ano;
- A RFFSA acumulou prejuízo de 1994 a 1997 de R\$ 2,2 bilhões, enquanto de 1997 a 2008, as concessionárias recolheram R\$ 9,9 bilhões em tributos.

Segundo a entidade ainda houve grande avanço na introdução de novas tecnologias, aumento do parque de vagões e locomotivas, recuperação, adequação e duplicação de diversos trechos ferroviários.

O cenário futuro segundo o Ministério dos Transportes (2009) para o setor é promissor. Está prevista uma expansão na ferrovia de 11.800 km, ao custo de R\$ 30 bilhões e inversão da matriz de transporte até 2025, maior integração com modos de transporte hidroviário, rodoviário e aéreo. Assim caracteriza-se um complexo sistema entre as dimensões geográficas brasileiras, tipos de carga, modo de transporte adequados e o desenvolvimento econômico.

### **1.3 Problemática**

Um país de proporções continentais e com sua balança comercial apoiada em suas *commodities* que tem por características o baixo valor agregado, grande peso e alto volume, deveria encontrar na ferrovia um meio de transporte terrestre adequado a suas necessidades, como se pode identificar por meio da matriz de decisão estratégica de transporte proposta por Ballou (2007). Este argumento também é defendido por autores na área de logística e transporte como Brito (1961), Wanke e Fleury (2006) e Novaes (2007) e na economia brasileira por Baer (2003) e Gremaud *et al* (2008). Ressalta-se que segundo Sandoval (2010) os primeiros planos de viação brasileiros tinham como proposta central a utilização plena dos caminhos de ferro.

Contudo historicamente a efetivação do plano de transporte brasileiro não dotou o país da infra-estrutura e capacidade ferroviária necessária ao desenvolvimento pleno de sua economia, problema já constado por Marques (1996, p. 38) “... problemas de infra-estrutura e inapetência das organizações culminam no não atendimento da demanda em média de 12% ao ano (1992 – 1996).”

Somando estes fatos e a constatação da correlação de 0,96 entre o transporte ferroviário e o PIB brasileiro, calculado por Marques (1996), pode-se estimar quanto o país deixou de ganhar em divisas. Este foi um dos fortes argumentos que embasaram a concessão do setor a iniciativa privada entre 1996 e 1997.

Com aumento da necessidade de escoamento, combinado à escassez de recursos logísticos visualizados tanto no presente quanto no curto e médio prazo, em 2001 foi criado

termo “apagão logístico” durante o I Seminário Brasileiro de Transporte Rodoviário de Carga, promovido pela câmara dos deputados federais como relata Barat (2008), para designar o que poderia ocorrer no país se nada fosse feito quanto à situação letárgica que o setor de logística se encontrava. Dentre os principais sintomas constatados estavam à baixa eficiência dos sistemas de transporte já instalados se comparados a outros países (VIANNA, 2007).

Após 10 anos de concessão a iniciativa privada das malhas ferroviárias, Fleury (2006) avaliou o desempenho das ferrovias, chegando à conclusão que houve aumento significativo no: volume transportado, no faturamento, na oferta de serviço e no investimento, o que gerou os primeiros resultados de lucro e expressiva queda no índice de acidente destacando os motivados por falha operacional. Por outro lado o autor chama atenção para alguns pontos que se mantiveram em níveis críticos como: a velocidade e a distância média percorrida que se conservou praticamente inalteradas e a queda na produtividade dos vagões, o que sugere uma queda na eficiência operacional.

Silva e Leal (2009) destacam que embora seja notável o avanço da eficácia, o progresso da eficiência operacional são questionáveis, tendo em vista a tamanha diferença existente entre os padrões internacionais tanto atualmente quanto comparado aos padrões de produtividade que se pretendem alcançar em 2015 pelo planejamento da Associação Nacional de Transportadores Ferroviários – ANTF. Por exemplo, há indicadores como o ciclo médio de vagões (quantidade de dias que os vagões levam para percorrer o ciclo carga-descarga) e a eficiência energética (quantidade de litros consumidos para transportar 1000 toneladas por 1 quilometro), apresentavam uma diferença de 89,5% e 61,5% respectivamente, comparando à concessionária MRS Logística S/A e a ferrovia americana *Union Pacific* no ano de 2008.

Lorenzi (2010) ao elaborar a agenda para as ferrovias cuja mineradora VALE tem participação (FCA, EFVM, EFC, MRS) apresentou como prioridade a busca pelo aumento da eficiência reconhecendo como única forma de sustentar o crescimento, mas alerta que sua concretude será alcançada com forte investimento em infra-estrutura rodante (vagões e locomotivas ) e permanente (trilhos, dormentes e sinalização). Vilaça (2010) corrobora esta linha de defesa e conclama o setor a assumir sua posição no cenário nacional, aumentando e repassando sua eficiência para economia, e reconhece que grandes foram os investimentos em capacidade das concessionárias, mas deste ponto em diante o crescimento dependerá mais da gestão do que grandes obras ou investimentos em ativos, elegendo o ano de 2011 como o ano da eficiência ferroviária, Figueiredo (2010) reforça esta visão.

O PNLT prevê um aumento na utilização da ferrovia em 40% comparando a matriz de transporte de 2005 e o cenário de 2025, o que será obtido por meio da racionalização ou

regularização da matriz transporte Brasil, o que representa um aumento de 148,5% no volume transportado, no mesmo período o transporte saltará de 212,7 bilhões de toneladas por quilometro útil – TKU, para 528,7 bilhões de TKU, conforme dados do Ministério dos Transportes e Ministério da Defesa (2007).

O próprio PNLT reconhece que ainda há alguns investimentos a serem feitos na eliminação de alguns gargalos existentes e a necessidade da construção de alguns ramais ferroviários a fim de implementar novos corredores, mas que os objetivos somente serão alcançados se as operadoras alcançarem o nível de eficiência operacional necessário ao país no cenário previsto para 2025.

Diante deste quadro, suscita a pergunta: Estabelecendo o planejamento dos possíveis cenários operacionais ferroviários até 2025, qual será o caminho mais eficiente sob a ótica das concessionárias?

#### **1.4 Objetivos**

O objetivo principal desta dissertação é verificar a eficiência operacional dos cenários ferroviários até o ano 2025 construídos a partir do PNLT.

Para isto os seguintes objetivos secundários estão dispostos:

- Identificar quais os *inputs* e *outputs* devem ser utilizados para avaliar a eficiência operacional da ferrovia;
- Traçar os principais cenários operacionais com horizonte até 2025;
- Identificar os pontos de ineficiência e as limitações a serem superadas;
- Propor soluções para o avanço da eficiência nos pontos ineficientes encontrados.

#### **1.5 Delimitação do tema**

Para Gil (2008, p. 26-27) um problema de pesquisa deve apresentar cinco características: (a) O problema deve ser formulado em forma de pergunta; (b) ser claro e preciso; (c) ser empírico; (d) ser suscetível de solução; e (e) ser delimitado a dimensão viável.

As quatro primeiras características supracitadas foram tratadas na seção 1.3 denominada problemática, cabendo a última, tratamento a parte, devido à tradição acadêmica e principalmente a complexidade envolvida, pois conforme Kalmeyer-Mertens *et al* (2007, p. 43):

“Delimitar é indicar a abrangência do estudo, estabelecendo os limites extencionais e conceituais do tema. Enquanto princípio de logicidade é importante salientar que,

quanto maior a extensão conceitual, menor a compreensão conceitual e, inversamente, quanto menor a extensão conceitual, maior a compreensão conceitual. Para que fique clara e precisa a extensão conceitual do assunto, é importante situá-lo em sua respectiva área de conhecimento, possibilitando, assim, que se visualize a especificidade do objeto no contexto de sua área temática”.

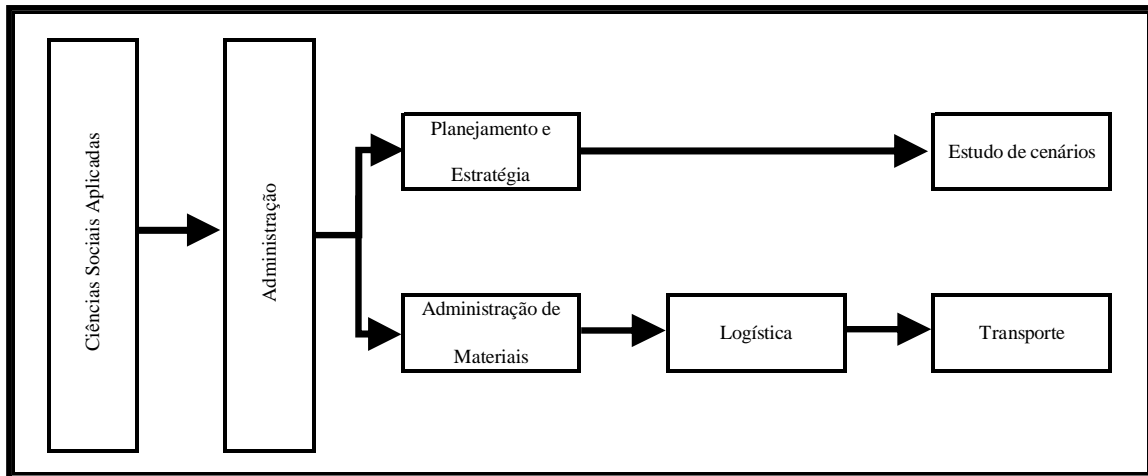
A delimitação também esta relacionada às possibilidades da pesquisa e dos recursos do pesquisador, tornando-a exequível como defende Gil (2008, p. 29). Em resumo a delimitação desta dissertação está apresentada no quadro 2, onde se expressa a delimitação por tipo de abordagem e sob a nomenclatura de delimitador para os principais marcos.

**Quadro 2 - Delimitação da Pesquisa**

<b>Delimitação</b>	<b>Delimitador</b>
Epistemológica	Transporte; Estudo de Cenário
Geográfica	Região Sudeste: MRS Logística S/A
Temporal	1997 a 2025
Setor	Carga Ferroviária

Fonte: Elaboração Própria

O mesmo problema pode ser analisado por diferentes partes do conhecimento produzindo diversos saberes, portanto determinar os marcos epistemológicos ajuda a tornar claro a natureza e os limites do conhecimento que são abordados no trabalho. O tema se localiza no grande ramo das Ciências Sociais Aplicadas, donde se ramifica para Administração, onde nascem dois subgrupos de estudos ora em questão o Planejamento e Estratégia e a Administração de Operações, o primeiro por sua vez fragmenta-se para o campo do Estudo de Cenários. O segundo se divide na Logística e em seguida, mas especificamente no transporte, conforme se pode melhor visualizar na figura 2. Na figura verifica-se que os campos de estudo de cenários e transporte são unidos dentro dos marcos de distribuição do conhecimento adotados.



**Figura 2** - Marcos epistemológico  
 Fonte: Elaboração própria

Sobre a delimitação epistemológica, Gil (2008) e Kahlmeyer-Mertens *et al* (2007) ressaltam que o objetivo principal é dar foco sobre a área do conhecimento aprofundado e impossibilitar o uso de outras ciências que auxiliem no desenvolvimento da pesquisa. No presente estudo o primeiro marco foi principalmente utilizado para a construção de cenários futuros com base o PNLT e para sua discussão e análise teve como auxílio o arcabouço do setor de transportes.

Quanto à localização, o estudo foi desenvolvido com aspecto regional sob uma única concessionária a MRS Logística S/A, uma vez que geograficamente atende a região responsável pela maior fatia do PIB brasileiro, interagindo com PNLT, cuja uma das premissas é a integração e atendimento adequados a cada micro região produtiva brasileira (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2009).

O recorte temporal está baseado no lançamento das metas do PNLT em dezembro de 2009. Devido à consolidação dos dados o ano central de partida será o de 2010. Os dados retrospectivos serão considerados após 1997 (inclusive), ou seja, pós o período de concessão devido à disponibilidade de dados de publicação obrigatória conforme regulamentação da ANTT. O estudo prospectivo foi desenvolvido tendo o ano de 2025 como alvo, onde se encontram os objetivos do PNLT e há dados declarados disponíveis.

Quanto ao tipo de transporte ferroviário, limita-se de carga excluindo o de passageiros. Este limite se justifica, pois há pouca disponibilidade de dados e quase inexistência na atualidade brasileira sobre o transporte de pessoas tornaria por demais inconsistentes a construção desta pesquisa.



O estudo foi desenvolvido tendo como foco a MRS Logística S/A, empresa originada em 1996 após o leilão de concessão de parte da RFFSA, localizando-se na região de maior PIB do país, compreendendo os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, com uma malha de 1.700 km, interligando grandes portos como o do Rio de Janeiro, Santos e Sepetiba, terminais privados como o da Ilha de Guaíba, acesso as minas férreas e aos pólos industriais.

## 1.6 Justificativas

Para Roesch (2005, p. 98) justificar é apresentar as razões para a própria existência do projeto e como complementa Kahlmeyer-Mertens *et al* (2007, p. 51) é aonde se apresenta a relevância do estudo para o pesquisador, pesquisado e sociedade (inclusive a acadêmica).

A justificativa ainda pode apresentar três aspectos definidos por Roesch (2005): (a) Quanto à importância; (b) Quanto à oportunidade; e (c) Quanto à viabilidade. Que constituem os tópicos desta seção, resumindo-se no quadro 3. Que são perpassadas pela ótica de KAHLMEYER-MERTENS *et al* (2007).

**Quadro 3**– Justificativas do Estudo

Aspecto	Dimensão	Principais Tópicos
Quanto à importância	Pesquisador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acadêmica;</li> <li>• Profissional;</li> </ul>
	Pesquisado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar a distância da fronteira de eficiência;</li> <li>• Direcionar recursos;</li> </ul>
	Sociedade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forte correlação entre a TU e o PIB – Brasil;</li> <li>• Proposições finais de alguns trabalhos indicam a clara necessidade de continuidade;</li> </ul>
Quanto à oportunidade	Pesquisador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lançar referência de estudos do setor no país;</li> </ul>
	Pesquisado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prescrição de melhorias;</li> </ul>
	Sociedade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover o aumento de estudos do modo de transporte no Brasil;</li> <li>• Momento que se discute a eficiência e contribuição do setor para o país;</li> </ul>
Quanto à viabilidade	Pesquisador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inserção no meio profissional investigado;</li> <li>• Acesso as base de dados;</li> </ul>
	Pesquisado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo impacto, pois os dados são públicos;</li> </ul>
	Sociedade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande receptividade acadêmica</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria

### 1.6.1 Quanto à importância

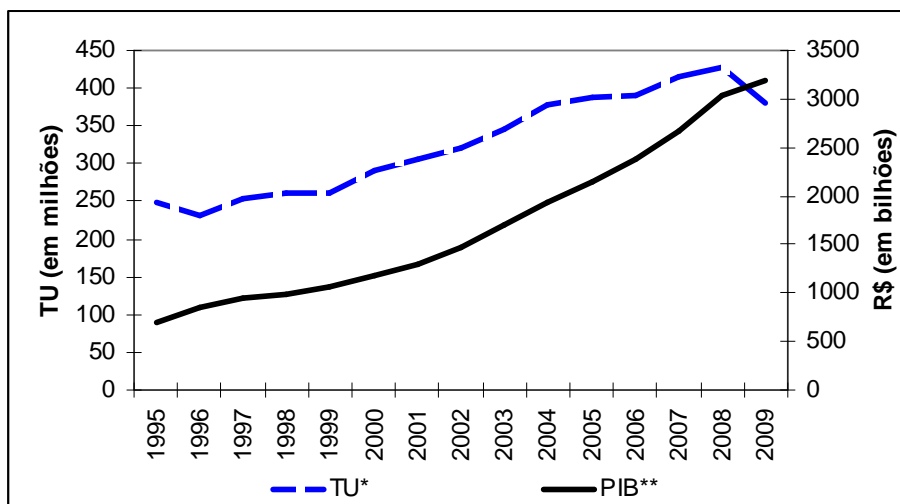
A presente dissertação contém importância tanto acadêmica como profissional, uma vez que inserida dentro de um programa de pós-graduação de mestrado profissional em gestão e estratégia, portanto visam tanto atender a construção do conhecimento científico como a aplicação nas questões administrativas do rol de empresas envolvidas, a princípio as concessionárias apontadas no quadro 1, e delimita aqui em um caso único.

Para o objeto de estudo, no caso a MRS Logística S/A e o PNLT, o trabalho possibilita a determinação da distância de eficiência que o sistema ferroviário se encontra da sua fronteira projetada e necessária à dinâmica produtiva até 2025, produzindo auxílio para o direcionamento de recursos tanto estatais quanto privados para eliminação de gargalos e avanço operacional

Quanto à sociedade podem-se apontar duas razões centrais: primeiro a correlação existente entre o modo ferroviário e economia do país e em segundo o apontamento de diversos trabalhos acadêmicos que levantam a necessidade de maior aprofundamento nos estudos sobre ferrovia no país, como em Paiva (2000), Ramos (2003), Batista (2006), Silva e Leal (2009) e Paixão e Khoury (2010).

Para verificar a correlação entre o transporte ferroviário e a economia nacional, repetiu-se o trabalho de Marques (1996) que constatou uma estreita relação utilizando para isto duas variáveis a tonelada útil (TU) total e o produto interno bruto – PIB, constatando uma correlação de  $r^2 = 0,96$  para o período de 1970 a 1994.

Na figura 3 é possível observar o comportamento da TU total transportada pela ferrovia Brasileira e o PIB corrente a 05 de janeiro de 2011 no período de 1995 a 2009, obtendo-se uma correlação de R de Pearson de 0,95 e um  $\rho$  de Spearman de 0,99. Onde se podem revalidar as proposições de MARQUES (1996), portanto o sistema ferroviário é vital para um país de proporções continentais e economia baseada em *commodities* agrícolas e minerais, fato também constatado por Baer (2003) e Gremaudet *al* (2008). Este relacionamento foi posteriormente confirmado no trabalho de Martins e Caixeta Filho (1998) que argumentam que o sistema de transporte é antecessor ao progresso econômico.



**Figura 3** - Gráfico TU total versus PIB

Fonte: Elaboração Própria, TU\* ANTF (2010) e PIB \*\* Banco Central do Brasil (2011)

Ressalta-se que no período (1995 a 2009) conforme a ANTF (2010), 90% da carga se resumem em minério, *commodities* agrícolas, carvão, aço e cimento, ou seja, ainda há uma larga gama de produtos a serem transportados por este meio, tendo em vista que 70% da carga é representada somente por um produto: o minério de ferro, o que já constatava Marques (1996) e conforme traçado no PNLT esta matriz se tornará mais equilibrada proporcionando assim um novo desafio as concessionárias e maior contribuição com a balança comercial (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2010).

Quanto à academia identifica-se que há alguns trabalhos desenvolvidos no Brasil que ressaltam a necessidade de aprofundamento da pesquisa sobre a ferrovia como Castro (2002) e Wanke e Fleury (2006) e especificamente sobre a eficiência no setor como Valdetaro (2008), Silva e Leal (2009), e Paixão e Khory (2010), ou seja, há anseio eminente sobre pesquisas na área de ferrovia e muitos aspectos a serem explorados.

### **1.6.2 Quanto à oportunidade**

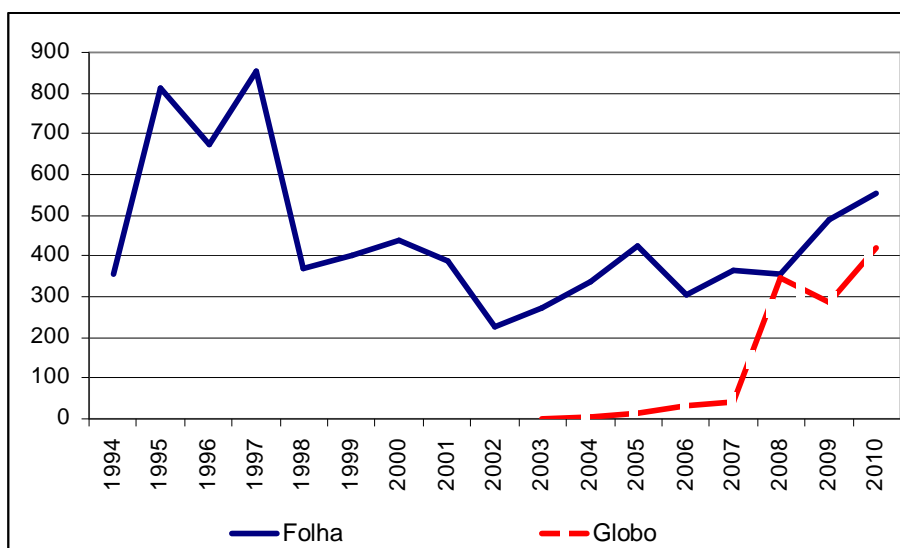
Enquanto pesquisador ao desenvolver a dissertação abordando o modo de transporte ferroviário, revela-se um desafio tanto acadêmico quanto profissional. Do ponto de vista científico verifica-se a existência de diversos trabalhos que somente fazem referência como parte do problema ou solução para uma determinada conjuntura logística ou de transporte como observa Castro (2002), internacionalmente a maior parte da pesquisa realizada que tem como foco este modo de transporte é realizada em outros países tais como Estados Unidos, Inglaterra e Espanha como afirma Jitsuzumi e Nakamura (2010), este fato pode ser atribuído a maior tradição e participação do transporte na matriz, o que acarreta na dificuldade no entendimento dos problemas próprios do Brasil, portanto realizar estudos nesta área é abrir trilhas para que outros posteriormente possam avançar. Do ponto de vista profissional, como pesquisador atuante no setor há a possibilidade de contribuir de forma substantiva com a administração ferroviária.

Para o pesquisado os resultados apresentados sugerem caminhos para que os limites de eficiência operacional sejam alcançados, demonstrando os desafios a serem superados, portanto podem ser visto como prescritivos. Melhorar a eficiência em última instância significa aumentar a lucratividade do negócio, haja vista que o recurso empregado irá produzir maior quantidade de saídas.

Enquanto sociedade científica, a principal oportunidade refere-se a aumentar o número de estudos brasileiros sobre o setor o que já este defendido no primeiro parágrafo deste tópico.

O momento também se revela como oportuno, para a sociedade como um todo, tendo em vista recentes publicações em jornais de circulação em massa que tratam de assuntos relativos à contribuição e possibilidades que a ferrovia encerra como Figueiredo (2010) e Vilaça (2010), publicados no O Globo e Folha de São Paulo respectivamente.

No gráfico apresentado na figura 4, apresenta-se o número de notícias publicadas relacionadas à ferrovia, nas versões *on-line* dos jornais Folha de São Paulo (2011) e O Globo (2011), leituras não especializadas de circulação nacional que ocupam respectivamente o primeiro e o terceiro lugar em média de circulação diária no ano de 2009, conforme a Associação Nacional de Jornais – ANJ (2010).



**Figura 4** - Publicações Jornalísticas sobre ferrovia  
Fonte: Elaboração própria

Nota-se uma crescente nas notícias relacionadas à ferrovia a partir de 2008, quando intensificados os investimentos estatais como a Ferrovia Norte-Sul, o trem bala e as discussões sobre os gargalos de escoamento da produção brasileira. O período de 1995 a 1998 foi marcado pela discussão em volta da concessão à iniciativa privada das ferrovias a lacuna temporal registrada no Jornal O Globo no período anterior a 2004, deve-se a indisponibilidade das informações em formato eletrônico, contudo percebe-se uma crescente que coincide com a linha traçada pela Folha de São Paulo.

### **1.6.3 Quanto à Viabilidade**

Para o pesquisador, como a dissertação está inserida dentro do ambiente profissional há algumas facilidades como: o conhecimento prévio dos jargões do meio e o conhecimento das bases de dados.

Para o pesquisado há pouca interferência quanto à viabilidade já que por disposição legal são obrigadas a divulgar detalhadamente seus dados operacionais à ANTT e como são todas sociedade anônimas há também a publicação de balanços completos na Bolsa de Valores de São Paulo - BOVESPA onde é possível coletar tanto dados financeiros como da evolução da estrutura da empresa.

A sociedade como um todo não apresenta um obstáculo à realização desta pesquisa já que não se trata de uma coleta de dados com ampla população e a academia mostra-se receptiva aos estudos neste modo de transporte pouco explorados no Brasil, no repositório SciELO, a pesquisa realizada em 12 de janeiro de 2010 pelo termo “ferrovi\*” retornou 47 respostas no período de 1996 a 2010, sendo que 22 trabalhos foram realizados no último biênio 2008 a 2010, ou seja, 46% dos artigos foram publicados em 14% do período pesquisado.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Eficácia, Eficiência e Produtividade

Eficiência, eficácia e produtividade são termos muito utilizados nos estudos de administração e engenharia, principalmente na produção e ramificações. Diante disso, faz-se necessário que suas definições sejam claramente apresentadas para se evitar o uso inadequado das mesmas, conforme discutido por Ferreira e Gomes (2009). De modo geral, o mau uso desses termos pode ser explicado observando que no dicionário estes conceitos assumem significados semelhantes e por vezes sinônimos, segundo a versão on-line do Michaelis (2009, grifo nosso) temos:

- Eficiência – Ação, capacidade de produzir um efeito; **eficácia**;
- Eficácia – Qualidade daquilo que é eficaz; Qualidade daquilo que produz o resultado esperado; **eficiência**;
- Produtividade – Qualidade ou estado de produtivo; facultade de produzir. **Rendimento de uma atividade econômica em função de tempo, área, capital, pessoal e outros fatores de produção.**

Embora não caiba reduzir estes conceitos à visão pragmática do dicionário, ele nos ajuda a entender o porquê da confusão na linguagem cotidiana, e que penetra por vezes na discussão acadêmica, tendo em vista que há indicação clara de sinônimo entre os conceitos.

A eficácia, segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), pode ser definida como o momento em que um sistema operacional realiza o que é esperado. Já para Corrêa e Corrêa (2005), é a extensão segundo a qual os objetivos são atingidos, ou seja, às necessidades dos clientes e outros grupos de interesse são satisfeitas. Pereira (2001) acrescenta a métrica ao definir como a medida do grau de satisfação que um sistema de transporte proporciona no atendimento mediante aos objetivos estabelecidos. Em resumo, Angulo Meza *et al* (2005, p. 1) define: “A eficácia está ligada apenas ao que é produzido, sem levar em conta os recursos usados para a produção” e é dessa forma que o termo eficácia será adotado nesta dissertação. Encerra Kassai (2002) que é uma tendência dos autores em concentrar o conceito de eficácia em torno do “fazer a coisa certa”, o importante é a meta e não o modo de como alcançá-la e nem a que custo. Como os objetivos finais deste trabalho não se relacionam a este conceito ele não será aprofundado.

Os estudos sobre produtividade e eficiência, segundo Martins e Caixeta Filho (1998), remontam a David Ricardo que em 1817 publicou o aprofundamento das teorias de Adam

Smith, onde estudou os fluxos inter-regionais de comércio, o que ficou posteriormente conhecido como teoria das vantagens comparativas, onde defende o argumento que se determinado país consegue produzir determinado produto com menor utilização de recursos que os demais, obterá uma vantagem em relação aos demais no cenário mundial.

Embora David Ricardo (1817) não utilize os termos eficiência e produtividade em sua obra, segundo Martins e Caixeta Filho (1998) oferecem uma definição clara destes pressupostos dentro da teoria da macroeconomia que pode ser extrapolada para outras áreas do conhecimento. Sendo assim, produtividade é relação entre os fatores de produção (capital, trabalho, terra etc.) e as mercadorias produzidas; e eficiência é a melhor produtividade de determinada mercadoria dentre as nações, possibilitando o menor custo, ou seja, maior vantagem comparativa. Embora os dois termos denotem uma medida, a eficiência está ligada a um padrão de excelência enquanto a produtividade somente ao estudo relacional das variáveis.

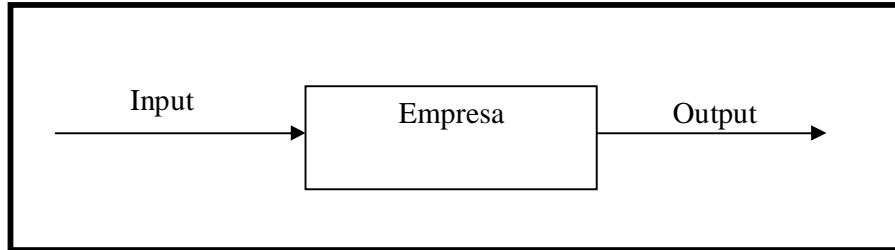
Para Slack, Chambers e Johnston (2002) eficiência ocorre quando um sistema operacional utiliza os recursos adequados para uma tarefa. Já Corrêa e Corrêa (2005) imprimem uma visão econômica ao definir o termo como a medida de quão economicamente os custos da organização são utilizados quando promovem determinado nível de satisfação dos clientes e outros grupos de interesse. Percebesse aí uma ampliação do conceito, ou seja, deve-se entender que não basta utilizar os recursos de forma adequada, é necessário seu uso racional, linha que Pereira (2001) utiliza em sua definição: “capacidade do sistema em utilizar racionalmente os recursos financeiros e humanos.” Por outro lado, a produtividade refere-se somente à relação entre os recursos (insumos de produção) e saídas (produtos, serviços, ou seja, o objetivo fim da organização) conforme definem em síntese Slack, Chambers e Johnston (2002) e Corrêa e Corrêa (2005).

A eficiência é uma medida relativa, é a produtividade comparada com outros processos. Esta visão também é compartilhada e descrita de forma semelhante por Angulo Meza *et al* (2005), Mariano, Almeida e Rebelatto (2006) e Rafaelli (2009).

Martins e Caixeta Filho (1998) reconhecem que medir tanto a eficiência quanto a produtividade nas empresas reais com múltiplas entradas e múltiplas saídas constitui um intrincado problema que vem sendo investigado principalmente pela econometria, pesquisa operacional e administração da produção ao longo de sua história de formação.

A fim de tornar mais clara a diferença de aplicação entre os termos eficiência e produtividade, Mariano, Almeida e Rebelatto (2006) apresentam os conceitos por meio de formulação matemática. Primeiro é necessário estabelecer conceitualmente a relação entre as

variáveis, o que pode ser visualizado graficamente na figura 5, que representa as transformações produzida por uma empresa, denominada DMU – unidade tomadora de decisão, do inglês *Decision Making Units*.



**Figura 5** - Representação de uma DMU  
 Fonte: Mariano, Almeida e Rebelatto (2006)

O modelo embora simplório permite estabelecer os parâmetros para um sistema produtivo mono produto e mono recurso, que pode ser expandido para modelos múltiplos, portanto tem-se:

$$\mathbf{Produtividade} = \frac{O}{I} \quad (1)$$

Onde:

*O*: quantidade de *output*;

*I*: quantidade de *input*.

Contudo na complexidade real das empresas existem diferentes *inputs* e *outputs*, com diferentes pesos para a organização.

$$\mathbf{Produtividade} = \frac{u_1 y_1 + u_2 y_2 + u_3 y_3 \dots + u_i y_i}{v_1 x_1 + v_2 x_2 + v_3 x_3 \dots + v_j x_j} = \frac{O}{I} \quad (2)$$

Onde:

$u_i$  = utilidade (coeficiente, peso de importância) do *output* *i*;

$y_i$  = quantidade do *output* *i*;

$v_j$  = utilidade (coeficiente, peso de importância) do *input* *j*;

$x_j$  = quantidade do *input* *j*;

*O* = *Output*

*I* = *Input*

Assim pode-se determinar a produtividade de um processo qualquer que envolva a transformação de entradas e saídas, esta formulação cria um *output* e um *input* virtual que



correspondem à soma ponderada pelos pesos. Para a quantificação dos pesos  $u_i$  e  $v_j$  foram propostas no tempo, diferentes soluções como preços de mercado, opinião de especialistas, até o livre cálculo por meio de problemas de programação fracionária e linear como informam Mariano, Almeida e Rebelatto (2006) e Gomes e Dias (2010)

O conceito de eficiência de um objeto é definido como a divisão entre um indicador de desempenho desse objeto e o seu correspondente máximo. Com base nisso pode-se calcular a eficiência na equação 3.

$$\text{Eficiência} = \frac{P}{P_{\max}} \quad (3)$$

Onde:

$P$  = Produtividade atual;

$P_{\max}$  = Produtividade máxima que pode ser alcançada.

Segundo Mariano, Almeida e Rebelatto (2006) as equações 1, 2 e 3 foram propostas pela primeira vez em 1933 por Knight em um esforço inicial para calcular a eficiência de um sistema produtivo com múltiplas entradas e saídas, este resultado foi posteriormente aproveitado no desenvolvimento de outras técnicas com o mesmo objetivo.

Observando a equação 3, pode-se entender que o resultado da eficiência sempre estará entre 0 e 1, podendo ser expresso em porcentagem. Portanto pode-se concluir que a eficiência, é a produtividade relativa considerando o ideal ou máximo observado, guardando-se as definições apresentadas (FERREIRA e GOMES, 2009)

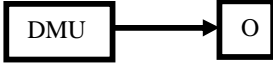
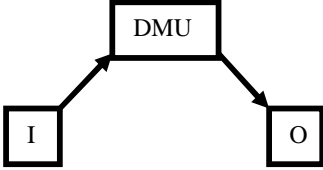
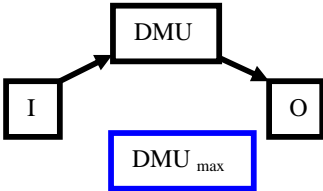
Em resumo os termos eficácia, produtividade e eficiência serão utilizadas no presente trabalho conforme o quadro 4.

A eficiência, ainda pode ser classificada conforme Hsuet *al* (2006) citado por Rafaeli (2009, p. 58 – 59) em:

- Eficiência Técnica, ou Geral: habilidade de produzir mais *outputs* usando um dado montante de *inputs* ou seu inverso.
- Eficiência Alocativa: refere-se ao uso de diferentes combinações de fatores de *input* na produção da mesma quantidade de *outputs*. Para a eficiência alocativa ser maior, deve-se usar a combinação mais econômica e que incorre em menos custos de conversão.
- Eficiência de Produção: é igual à eficiência técnica multiplicada pela alocativa;
- Eficiência de escala: obtida por meio da decomposição da eficiência técnica. Mede a razão entre a quantidade de *inputs* mais apropriada para a escala de produção e a quantidade de *inputs* efetivamente usada pela unidade sob dado nível de produção. Quando a escala é muito pequena, os benefícios da economia de escala não estão sendo usufruídos pela unidade. Uma escala muito grande resulta na inabilidade de usar adequadamente os recursos. Ambas levam à redução da eficiência e, conseqüentemente dos lucros.

- Eficiência Técnica Pura: pode ser vista como um reflexo das decisões gerenciais apropriadas. Onde se duas firmas operam nas mesmas escala de produção, e uma delas requer mais insumos que a outra, haverá ineficiência pura nessa unidade.

**Quadro 4** - Definição de termos

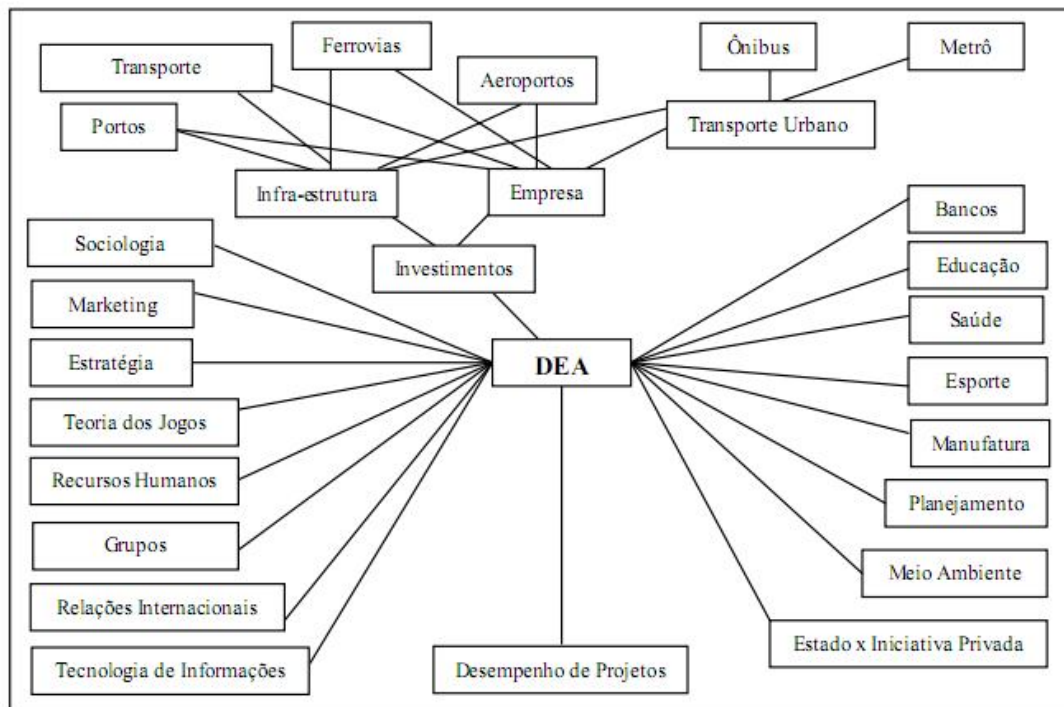
Termo	Sentido	Representação
Eficácia	Fazer o que se espera atingir os objetivos de transformação	 $I = \text{Sem restrição};$ $O = \text{meta de transformação}$
Produtividade	Relação entre insumos e produtos	 $P = O_v / I_v$
Eficiência	Relação entre a produtividade da empresa e a de mercado	 $E = P / P_{\max}$

Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

Pelas equações 2 e 3 pode-se notar que a resolução do problema do cálculo de eficiência pode resultar em complexos problemas matemáticos, e conforme Kassai (2002) existem procedimentos paramétricos e não-paramétricos que almejam a criação de uma métrica para possibilitar a medida da eficiência e produtividade. Paiva (2000) elenca 8 principais métodos que permitem o cálculo de eficiência: (a) *Quality Plus*, (b) Estudo de Variações de Prática, (c) Taxas parciais de produtividade desagregadas; (d) Estudo de tempos e movimentos; (e) *WorkSampling*; (f) funções de fronteiras estatísticas; (g) taxas parciais de produtividade agregada; e (g) *Data Envelopment Analysis*.

Cada um destes métodos possui suas vantagens e desvantagens, contudo segundo Rafelli (2009) e Paiva (2000) o que apresentou maior penetração e expansão, devido a sua adaptabilidade e resolução objetiva dos problemas reais propostos, foi a *Data Envelopment Analysis* – análise envoltória de dados – DEA. Mariano, Almeida e Rebelatto (2006) acrescentam que se fosse possível facilmente calcular o valor dos pesos  $u_i$  e  $v_j$  apresentados na equação 2 não seria necessário nenhuma técnica auxiliar para calcular a eficiência relativa, e neste ponto a DEA pode ser apresentada como uma técnica matemática

que calcula os coeficientes de utilidade para uma determinada DMU e fornece como resultado adicional, a eficiência dessa DMU em relação à DMU que apresentar melhor desempenho, dentre as componentes da amostra analisada. A DEA assume que as utilidades dos *inputs* e dos *outputs* de uma DMU são aquelas que maximizam sua eficiência relativa. Então, o cálculo desses coeficientes pode ser obtido por meio da resolução de um problema de programação matemática. Para ilustrar o amplo emprego da técnica Paiva (2000) elaborou a figura 6.



**Figura 6 - Campos de aplicação da DEA**  
 Fonte: Paiva (2000, p. 53)

## 2.3 PLANEJAMENTO – CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS

### 2.3.1 Desenvolvimento e definições

O estudo de cenários como planejamento para o futuro remonta a época em que os faraós governavam o Egito, os sacerdotes anunciavam antes do plantio o resultado da colheita. Isso era feito com base na observação da coloração e do volume das águas do rio Nilo no início da primavera. Na história da Grécia antiga temos o exemplo do Oráculo de Delphos, local onde a predição era feita por adivinhos, sacerdotes e feiticeiras. Citem-se também os profetas bíblicos - que orientavam os líderes de diversos povos -, magos, bruxos e alquimistas da Idade Média que descreviam suas visões sobre futuro (MARCIAL e COSTA, 2001).

Contudo o desenvolvimento deste ramo da ciência, pertencente aos estudos conhecidos sob nomenclatura de “gestão ou planejamento estratégico”, só veio a surgir tanto no meio militar quanto no civil, com as pressões das duas grandes guerras mundiais. As bases para seu desenvolvimento foram: o espalhamento do “problema do recurso escasso” por toda economia, e o desenvolvimento e disseminação de técnicas de pesquisa operacional que permitiu quantificar o planejamento estratégico formal e torná-lo mais atraente por oferecer respostas quantitativas e probabilísticas (GHEMAWAT, 2007).

No meio acadêmico em 1902, o escritor inglês George Well, em “O descobrimento do futuro” relata a associação de fatos já conhecidos com o futuro, onde propunha que “os estudos históricos, econômicos e sociais fossem realizados visando sempre ao futuro”. Essa obra não pode ser considerada como estudo prospectivo, mas já revela preocupação em lidar com os chamados fatos portadores de futuro conforme Marcial e Costa (2001). Em seguida foram publicados por grandes economistas como John Commons (1934), Ronald Coase (1937) e Joseph Schumpeter (1942) conforme afirma Ghemawat (2007, p. 18), trabalhos onde se apresentam os fundamentos do planejamento estratégico e de cenários, contudo o marco fundamental foi o trabalho de Edith Penrose (1959) onde relaciona explicitamente o crescimento das empresas aos recursos sob seu controle e à estrutura administrativa utilizada para coordenar seu uso.

O estudo de cenários, ganha grande impulso e notoriedade nas décadas de 1960 e 1970 com os estudos da Shell e os dois grandes choques do petróleo, e com a divulgação promovida pelo *Hudson Institute* seu fundador Herman Kahn o qual segundo Heijden (2004) é um dos autores ainda mais citados sobre o assunto cenários embora date de 1967.

Heijden (2004, p.24-28) destaca cinco pontos de justificativa ao emprego do planejamento por cenários:

1. A tomada de decisão vigorosa – o planejamento de cenários tornou-se a geração de projetos e decisões que sejam mais vigorosos sob uma variedade de futuros alternativos;
2. A ampliação dos modelos mentais conduz a descobertas – pensar melhor a respeito do futuro passou a ser o segundo objetivo do planejamento de cenários
3. A ampliação da percepção da empresa – capacita o pessoal a ser mais perceptivo, reconhecer eventos pelo o que eles eram, uma parte de um padrão, e, sobre esta base compreender suas implicações;
4. Estímulo à direção – a influência inicial da alta direção não é exercida por meio de instruções diretas, mas pelo uso de cenários para definir o contexto dentro dos quais as decisões serão posteriormente tomadas;
5. Cenários como instrumentos de liderança – a utilização deste instrumento deve permear a empresa como cultura, assim a alta direção usará os cenários para dar liderança à organização.

Marcial e Costa (2001), Heijden (2004) e Ghemawat (2007) frisam a necessidade de diferenciar os estudos tradicionais de estratégia para o planejamento de cenários, no primeiro caso temos o predomínio de técnicas probabilísticas e procura-se realizar uma previsão do futuro, a grande preocupação é encontrar a resposta certa. Enquanto o segundo, o planejamento de cenários, visa elaboração de panoramas múltiplos com a mesma probabilidade de ocorrência e que se encontram no mesmo plano temporal, possui natureza prospectiva, onde se busca abrir os horizontes criando múltiplas saídas para que a empresa possa prosseguir na sua missão de gerar valor futuro a seus *stakeholders*.

Heijden (2004, p. 93) observa que as técnicas de previsão e de cenários não são mutuamente excludentes, somente possuem focos diferentes:

“A previsão é útil em curto prazo, no qual as coisas são razoavelmente previsíveis e a incerteza é baixa em comparação a nossa capacidade de prever. Dentro desta gama, o planejamento racional de “prever e controlar” faz sentido e é necessário. A longo prazo, com baixa previsibilidade, ele não é uma atividade útil. É no futuro intermediário, no qual a incerteza e a previsibilidade são importantes, que o planejamento de cenários faz sua contribuição.”

Definir o que é curto, médio e longo prazo é uma tarefa que envolve a dinâmica e a incerteza do ambiente no qual a indústria esta envolvida, contudo segundo Marcial e Costa (2001) a maioria dos estudos apresenta o tempo de 5 anos para o curto e períodos superiores há 10 anos para cenários de longo prazo.

O uso da técnica de cenários foi desenvolvido e utilizado no início pelas grandes corporações, contudo sua aplicação atingiu outros focos como países, organizações não governamentais, agora não somente com o objetivo de aumentar o lucro e obter a melhor estratégia possível como relata Heijden (2004) e passa também a servir de base para decisões de investimentos, planos e aglutinação de forças interorganizacionais em prol de uma ou mais vantagens competitiva comum (GHEMAWAT, 2007).

Marcial e Costa (2001, p. 5-7) apresentam definições de cenários de dois autores de grande representação neste ramo de estudo:

- “Schwartz (1996), cenários são uma ferramenta para ordenar a percepção sobre ambientes alternativos futuros, nos quais as decisões pessoais podem ser cumpridas. Ou um conjunto de métodos organizados para sonharmos sobre o futuro de maneira eficiente.
- Godet (1997) - cenário não é a realidade futura, mas um meio de representá-la, com o objetivo de nortear a ação presente à luz dos futuros possíveis e desejáveis.”

Buarque (2003, p. 7) afirma que: “Cenários são descrições do futuro com base em jogos coerentes de hipóteses sobre os comportamentos plausíveis e prováveis das incertezas”

e Heijden (2004, p. 21-39) une as definições anteriores e amplia o conceito definindo como “constituído de um conjunto de futuros razoavelmente plausíveis, mas estruturalmente diferentes, concebidos por meio de um processo de reflexão mais causal que probabilístico, usado como meio para a reflexão e a formulação de estratégias para atuar nos modelos de futuros.”

Cenário, portanto é construção de possíveis atuações no futuro de uma empresa, e dentro de realidades equiprováveis constitui-se no esforço de no presente construir uma estratégia para que a empresa atue de forma mais eficiente possível num determinado futuro. No presente trabalho esta perspectiva será adotada.

Ghemawat (2007) e Buarque (2003) destacam que geralmente as empresas não têm pretensão de alterar o futuro, mesmo as grandes corporações, e sim desenvolver a estratégia mais adequada aos cenários prospectados. Contudo quando os cenários são desenvolvidos por países, estados, órgãos governamentais ou associativos setoriais, geralmente a pretensão é alterar o percurso da história. Os autores citam trabalhos internacionais que tiveram este foco como: na Europa – Organização para Cooperação e Desenvolvimento (OCDE) – com enfoque nos diversos setores econômicos na década de 1980; e na África do Sul e na Colômbia em 1991 sobre questões sociais desenvolvidos pela empresa *Global Business Network* (GBN).

No Brasil há trabalhos de referência como os “Macros Cenários da Amazônia” construídos pela Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia em 1991 e o “Brasil 2020” elaborado em 1998 a pedido da Presidência da República pela Secretária de Assuntos Estratégicos. Há ainda exemplos da Eletronorte, Petrobras e Banco do Brasil conforme levantamento de Buarque (2003) e Marcial e Costa (2001) ainda acrescentam que a cultura de utilização da técnica de geração de cenários ainda é tímida e pouco difundida no Brasil, contudo já existe um movimento de reação formado por departamentos de algumas empresas estatais, bancos e do Centro de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo – USP.

### 2.3.2 Principais Paradigmas

No estudo de cenário surgem alguns pressupostos e paradigmas que permeiam o entendimento, e são apresentados no quadro 5.

**Quadro 5-** Paradigmas e pressupostos sobre estudos de cenários

Paradigma	Pressuposto	Definição
Filosófico	Determinista	O futuro é predeterminado por Deus, portanto é imutável;
	Não determinista	O futuro esta a ser determinado por Deus, portanto é possível alterá-lo;
Quanto à posição	Previsão	Construir um futuro a imagem do passado;
	Prospecção	O futuro é construído a partir do presente e não repetir o passado;
Quanto às correntes de gestão estratégica	Racional	Baseia-se no princípio de “prever e controlar” por meio de métodos quantitativos, e pretende chegar a uma única resposta correta;
	Evolucionário	Tem como fundamento a teoria do caos, defendem que o melhor a fazer é reagir;
	Processual	Baseia-se nas teorias de aprendizagem organizacional, a estratégia é emergente;
Tratamento analítico	Indutivo	A construção do cenário ocorre das partes para o todo, por meio de uma ligação lógica
	Dedutivo	A construção acontece do todo para as partes, o cenário é dado e depois se gera suas bases necessárias e se avalia sua plausibilidade;
Incerteza	Risco	Conta com precedentes históricos sob a forma de eventos similares e permite estimar probabilidades de evolução futura;
	Estrutural	Evento único com pouca ou insuficiente comparabilidade histórica;
	Imponderável	Não podem sequer ser imaginados pela carência de sinais e indicações
Quanto ao tipo	Normativo	Aproxima-se das aspirações do administrador, contudo deve ser tecnicamente plausível;
	Explorativoextrapolativo desejável	Definido como um único futuro decorrente da projeção direta do passado;
	Explorativoextrapolativo canônico	Introduzir uma faixa de variação admissível no futuro livre de surpresas e sempre a partir dele;
	Referência	E o que caracteriza a evolução futura suposta como a mais provável do objeto cenarizado;
Corrente estratégica	Alternativo	Exploram os fatores de mudança que podem levar a realidades completamente diferentes das do passado e do presente;
	Posicionamento	O mercado atua de forma exógena sobre a empresa, ela deve se posicionar entre: custo, diferenciação e foco;
	Recursos	A empresa atua sobre o mercado, há estratégias de negócio e corporativas que formam os recursos da empresa, analisados sob ótica do valor, raridade, imitabilidade e organização.

Fonte: Elaboração própria

O quadro 5 apresenta o paradigma, os pressupostos e sua definição, o que é fundamental para a escolha de sua aplicação e uso. Os principais pontos foram identificados conforme os autores Marcial e Costa (2001), Buarque (2003), Heijden (2004) e Ghemawat (2007).

O primeiro paradigma enfrentado pelos primeiros estudiosos do futuro no meio acadêmico, segundo Buarque (2003), foi o filosófico, dividido em duas correntes a determinística e não determinística. A primeira admite que o futuro seja prefixado por Deus, portanto é inalterável e se realizará independentemente das pré-condições do passado, portanto cabe ao homem por meio da revelação divina somente prever e predizer o porvir. Já a corrente não determinística acredita que o futuro esta a ser definido por Deus, portanto é possível mudar sua própria história conforme a vontade divina, assim seria possível por meio de ações no presente e estrutura do passado construir um futuro desejado. Caso a primeira hipótese for admitida o futuro é certo, basta à ciência descobrir a teoria correta, e sabendo os eventos iniciais saberemos o futuro, o mundo seria um sistema simples de causa e efeito. Enquanto admitido o indeterminismo os futuros são múltiplos já que o livre-arbítrio humano não esta condicionado a leis gerais (BUARQUE, 2003 e GHEMAWAT, 2007)

Para Ghemawat (2007) embora estes marcos filosóficos sejam importantes eles não são mutuamente excludentes uma vez que dependendo do objetivo do estudo, o setor, lugar e horizonte temporal os dois princípios serão mais ou menos aplicados.

A previsão admite que o passado explique o futuro, que é único e certo. As variáveis são quantitativas, objetivas e conhecidas, suas relações são estáticas e a estruturas constantes. O método utilizado é baseado em modelos determinísticos e quantitativos (econométricos, matemáticos, ou de pesquisa operacional), o que conduz à organização a atitude passiva ou reativa com relação ao futuro, já que a previsão define saída ou caminho único, sem possibilidade de modificação ou alteração na tendência do curso dos acontecimentos (MARCIAL e COSTA, 2001).

Marcial e Costa (2001, p. 3) citam Godet (1993) que diferencia a previsão da prospecção, respectivamente “o futuro é a razão do passado” e “o futuro é a razão de ser do presente”. Portanto os estudos de prospectiva admitem que o futuro seja múltiplo e incerto. A visão é global e considera que nada é igual em parte nenhuma. As variáveis abordadas no estudo são predominantemente qualitativas. A prospectiva conduz a organização a desenvolver atitudes pré e pró-ativas em relação ao futuro, buscando a formulação do futuro desejado.



Para Heijden (2004) a visão prospectiva deve prevalecer sobre os estudos de cenários, uma vez que possui maior amplitude de possibilidade, contudo as técnicas de previsão têm seu lugar servindo de limites para as projeções e não deve ser deixada de lado totalmente a questão dos padrões do passado como, por exemplo, a teoria dos ciclos econômicos, mas ressalva que seu uso deve ser acompanhado de extrema cautela para não engessar ou tornar restritos os ambientes possíveis.

Heijden (2004), corroborado por Ghemawat (2007), apresenta três correntes de gestão estratégica na qual o estudo de cenários pode estar inserido: Racional, Evolucionária e Processual.

O pressuposto racional foi desenvolvido e teve grande força nas décadas de 50 e 60, calcado no princípio da administração de “prever e controlar”. Baseia-se no pressuposto que existe uma resposta certa, a tarefa e encontrá-la. Geralmente tem por base modelos quantitativos e análises estatísticas e probabilísticas, e tem como principal retorno um cenário mais provável ocorrência. Contribui principalmente para melhor expressar a situação estratégica, todavia somente apresenta um bom funcionamento se as situações, acontecimento e fatos forem claros e previsíveis e as pessoas compreendem tudo e agirem no mesmo sentido (HEIJDEN, 2004).

A concepção evolucionária surge dos estudos da teoria do caos, defendem que a elaboração de planos estratégicos somente satisfaz as necessidades psicológicas dos gestores, mas que na realidade as mutações no ambiente empresarial ocorrem ao acaso e somente os mais adaptados sobreviverão, conforme Buarque (2003). Esta teoria não teve grande penetração no meio empresarial nem no acadêmico, mas como afirma Heijden (2004, p. 49): “é sempre lembrada quando o mercado passa por turbulência e tudo parece ser incontrolável e complexo para ser analisado.” Ou seja, embora contrarie o princípio básico da administração de “prever e controlar” tem seu espaço de estudo e aplicação quando o mercado não segue uma lógica plausível.

Já a corrente de visão processual defende que a fórmula para o sucesso não pode ser codificada, mas que a empresa pode mobilizar o poder cerebral de seus funcionários, de suas redes e das suas aptidões de observação. Vê a organização como organismo, e apóia-se nas teorias de aprendizagem institucional, grupal e individual. Tem a grande vantagem de facilitar o alinhamento e a integração, mas podem com o tempo provocar a falta de variedade e a incapacidade de observar fatos antes não mapeados (HEIJDEN, 2004 e BUARQUE, 2003).

Heijden (2004) deixa claro que para o estudo de cenários, estas correntes de gestão estratégicas não são mutuamente excludentes, pelo contrário devem ser vista de forma

integrada já que cada uma oferece importantes contribuições. A escola racional observa e reflete o ambiente e a empresa propiciando a formação de conceitos abstratos e teorias, por sua vez a processual permite o teste de implicações da teoria em novas situações e permite a integração da estratégia. A evolucionária permite a observação de experiências concretas.

Buarque (2003) divide os estudos de cenários em dois grandes grupos de análise o indutivo e o dedutivo.

Segundo Buarque (2003) no método indutivo, os cenários são formados a partir da aglomeração e da combinação de hipóteses sobre o comportamento dos principais eventos e constituem um jogo coerente de acontecimentos singulares. Desta forma os cenários emergem das partes para o todo, sendo que há uma ligação lógica entre as peças. Apresenta a vantagem de gerar cenários poderosos e muito ricos em detalhes, exige grande tempo para elaboração e deve-se tomar cuidado para não cair na dicotomia entre o “bom / ruim”, mantendo a característica apriorística do planejamento (HEIJDEN, 2004).

O método dedutivo consiste em descobrir estruturas de futuro a partir dos dados e das informações apresentados pelos eventos e constitui um marco geral (*framework*) a partir do qual são formulados os cenários (BUARQUE, 2003). Heijden (2004) esclarece que neste método primeiro devem-se agrupar os dados de forma hierárquica este processo deve ser conduzido com base nos eventos, tendências e estrutura. Desta forma os cenários emergem do todo para as partes. A principal dificuldade encontrada é que nem sempre é possível encontrar um número limitado de eventos que influenciam de forma predominante o futuro. Deve evitar neste caso abordar somente os cenários desejáveis pelo cliente da pesquisa. Gera cenário igualmente poderoso, com menor tempo de execução.

Tanto Buarque (2003) como Heijden (2004) afirmam que a princípio todos os dois métodos podem ser empregados para o estudo de qualquer objeto, tudo irá depender do preparo das equipes, do tempo, e das informações pré-disponíveis.

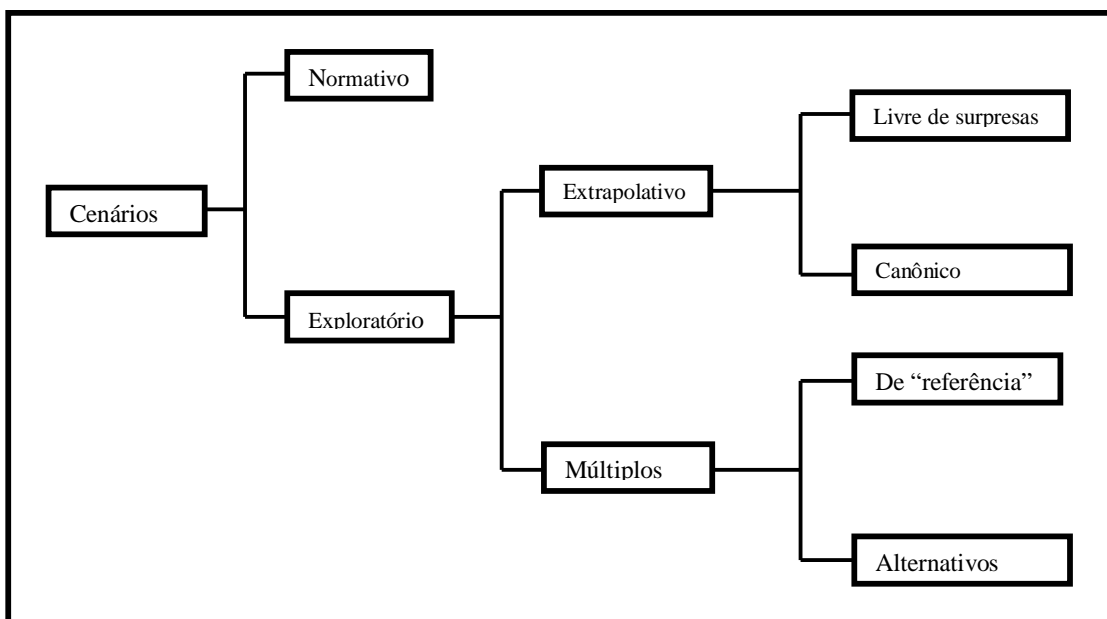
Na literatura sobre cenários é recorrente o termo incerteza, e segundo Marcial e Costa (2001) esta seria a razão dos estudos de futuro: “O instinto de sobrevivência conduz o homem a buscar essas respostas para minimizar incertezas que o rodeiam, procurando, assim, garantir sua sobrevivência.” Portanto a incerteza seria o desconhecido sobre o futuro, como define Ghemawat (2007). A incerteza pode ser classificada em três categorias: risco, incertezas estruturais e o imponderável.

Heijden (2004, p. 75) define as categorias:

- “Riscos – Quando há precedentes históricos suficientes, na forma de eventos semelhantes que nos permitam estimar as probabilidades (mesmo que de forma subjetiva) para vários resultados possíveis;

- Incertezas estruturais – quando estamos considerando a possibilidade de um evento que não é suficientemente singular para nos dar uma indicação de probabilidade. A possibilidade do evento se apresenta por meio de uma cadeia de raciocínio de causa e efeito, mas não dispomos de evidências para julgar a probabilidade de sua ocorrência;
- Imponderável – impossível de conhecer, quando não podemos nem mesmo imaginar o evento. Fazendo um retrospecto na história, sabemos que houve muitos desses eventos, e precisamos assumir que isso continuará acontecendo. “Mas não dispomos de indicações sobre a natureza desses eventos.”

Embora existam outros tipos de classificação de cenários, adotou-se neste trabalho a mais corrente segundo Heijden (2004), informação corroborada Buarque (2003), que pode ser esquematizada conforme a figura 7, elaborada a partir das informações dos autores citados.



**Figura 7-** Classificação de cenários  
Fonte: Elaboração própria

O cenário normativo, segundo Buarque (2003), aproxima-se das aspirações do tomador de decisão em relação ao futuro, para ser um cenário as descrições devem ser plausíveis e viáveis. Heijden (2004) a denomina de utopia plausível, e se for efetivamente construída e, portanto, demonstrada – técnica e logicamente – como viável, pode ser utilizada como ponto de partida para os estudos. Este cenário surge do confronto entre as utopias futuras (síntese) e o presente (antítese), o que resulta na tese que é geralmente historicamente determinada e esta embasada em métodos racionais.

Cenários exploratórios se caracterizam por futuros possíveis ou prováveis do contexto considerado mediante a simulação e desdobramento de certas condições iniciais diferenciadas, sem que seja assumida qualquer opção ou preferência por um dos futuros

configurados (HEIJDEN, 2004). Apresentando duas subdivisões: extrapolativo e múltiplos, a primeira parte do princípio que o futuro é um prolongamento do passado, enquanto o segundo admite uma ruptura de trajetória de futuro (BUARQUE, 2003).

Os cenários exploratórios extrapolativos podem ser classificados em livre de surpresas e canônicos, definidos como por Buarque (2003, p. 22 – 23):

- “Livre de surpresas – definido como um único futuro decorrente da projeção direta do passado;
- Canônicos – consiste em variar um ou mais parâmetros característicos do futuro livre de surpresas e, com isso, configurar os futuros alternativos resultantes. Significa, na prática, introduzir uma faixa de variação admissível no futuro livre de surpresas e sempre a partir dele. Ou seja, não há mudança qualitativa.”

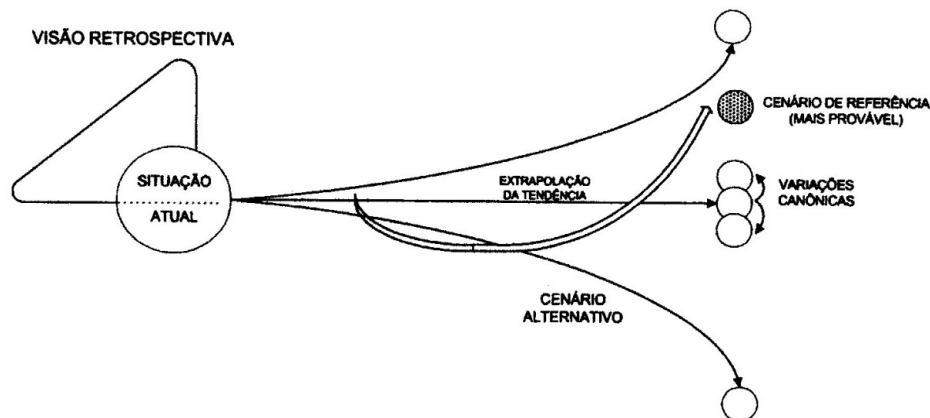
Mendonça (2011) esclarece que geralmente os cenários denominados “livre de surpresas” são quantificados com auxílio de técnica paramétricas extrapolando para o futuro o passado, já os “canônicos” são obtidos por variações dos parâmetros, e em primeira análise seguem os próprios limites estatísticos como o nível de confiança da técnica aplicada.

Os cenários múltiplos também apresentam igual subdivisão: referência e alternativos, definidos da seguinte forma por Heijden (2004, p. 178 – 184):

- “Referência – é o que caracteriza a evolução futura suposta como a mais provável do objeto cenarizado, no instante em que a projeção é realizada e há todos os instantes onde as escolhas ou rupturas se impõem aos atores dominantes, considerando as mudanças e demais tendências latentes ou prevaletentes em uma situação de partida.
- Alternativos – exploram os fatores de mudança que podem levar a realidades completamente diferentes das do passado e do presente.

Para os cenários de referência e alternativos predomina o uso de técnicas qualitativas conforme Mendonça (2011).

A figura 8 elaborada por Buarque (2003) demonstra a dispersão de futuro que cada pressuposto é capaz de alcançar.



**Figura 8**– Tipos de cenários  
Fonte: Buarque (2003, p. 25)

Quanto à corrente estratégica, predominam a de posicionamento e por recursos, deixando de lado os debates existentes entre as duas perspectivas Buarque (2003) destaca que a opção se dá tanto por uma compreensão do cenário quanto do objetivo por que o se constrói, quando se parte da ótica que não se pode alterar o futuro (exógeno) prefere-se a estratégia por posicionamento, pois visa adaptar-se e aproveitar as melhores oportunidades, mas quando há pretensões de alterar o futuro (endógeno) normalmente a visão por recursos dá ao administrador ferramentas para atingir seus objetivos. Outro direcionador é magnitude do cenário traçado quando mais próximo do operacional tende-se a utilizar a visão de recursos.

A estratégia por posicionamento tem em Michael Porter seu maior representante, é a mais aplicada na técnica de cenários segundo Marcial e Costa (2001), isso se deve a popularidade no meio empresarial da técnica como também a sua origem, já que foi desenvolvida na década de 1980 aplicando uma interpretação econômica aos trabalhos de cenários de Peter Schwartz e Pierre Wack adaptando a metodologia utilizada pela Royal Dutch/Shell.

Ghemawat (2007, p. 63-66) apresenta de forma resumida as três principais vertentes da estratégia por posicionamento: custo, diferenciação e foco:

- “Custo – a empresa centra seus os esforços para ter no preço seu principal atrativo, minimiza seus gastos com propaganda, assistência técnica, pesquisa e desenvolvimento, a busca é pela maximização da eficiência produtiva;
- Diferenciação – a empresa foca em criar um diferencial para o consumidor incorre-se em consistentes investimentos imagem, propaganda, tecnologia, pesquisa e desenvolvimento, qualidade dentre outras necessidades gerais indicadas pelo mercado;
- Foco – quando a organização resolver atender um público específico, um nicho restrito seja baseado em custo ou diferenciação.

A visão estratégica por recursos tem como principais representantes os autores Jay Barney e Willian Hesterly. Baseiam-se na concepção que a empresa é composta por recursos tangíveis (fábricas, produtos etc.) e recursos intangíveis (trabalho em equipe, patentes etc.) e que estes são heterogêneos no mesmo quando se atua no mesmo segmento, e a causa da vantagem competitiva temporária e sustentável é como ela utiliza sua capacidade para aproveitá-los, portanto é possível modificá-los alterando sua trajetória de futuro (BARNEY e HESTERLY, 2007).

A estratégia assume duas categorias de negócios e corporativas, subdividas respectivamente em: (a) custo e diferenciação do produto; e (b) integração vertical, alianças estratégicas, diversificação, fusões e aquisições. Analisados sobre quatro questões Valor, Raridade, Imitabilidade e Organização – VRIO. Conforme Barney e Hesterly (2007, p. 67):

- “A questão do valor: O recurso permite que a empresa explore uma oportunidade ambiental e/ou neutralize uma ameaça do ambiente?”
- A questão da raridade: O recurso é controlado atualmente apenas por um pequeno número de empresas concorrentes?
- A questão da imitabilidade: As empresas sem o recurso enfrentam uma desvantagem de custo para obtê-lo ou desenvolvê-lo?
- A questão da organização: As outras políticas e procedimentos da empresa estão organizados para dar suporte à exploração de seus recursos valiosos, raros e custosos de imitar?”

Sobre este último paradigma Buarque (2003) alerta que, não há escolha melhor isso dependerá de como os cenários foram desenvolvidos e da opção metodológica da equipe envolvida e dos direcionamentos que se procuram.

Embora se deva enfatizar que os paradigmas e pressupostos quanto planejamento por cenários não são necessariamente excludente, a presente pesquisa pode ser classificada conforme o quadro 6 por predominância.

**Quadro 6 - Classificação da pesquisa de cenários**

<b>Paradigma</b>	<b>Pressuposto</b>	<b>Motivo</b>
Filosófico	Não determinista	A pesquisa parte do PNL T que visa por meio de ações no presente alterar o futuro;
Quanto à posição	Prospecção	Visa à concepção de cenários diversos além do simples crescimento histórico da empresa;
Quanto à corrente de gestão estratégica	Racional	Visa encontrar o cenário de maior eficiência operacional;
Tratamento analítico	Dedutivo	Parte de um programa nacional que envolve todos os modos transporte, para uma única região, empresa, e modo;
Incerteza	Risco	Não serão investigados cenários de natureza qualitativa, únicos ou nunca ocorridos;
Quanto ao tipo	Explorativoextrapolativo canônico	Técnica que parte de um trabalho pré existente, permitindo que as variáveis do problema percorram uma determinada amplitude;
Corrente Estratégica	Recursos	A pesquisa se desenvolve no ambiente operacional, e em última instância discute a aplicação de recursos de transformação.

Fonte: Elaboração própria

### **2.3.3 Avaliação de Cenários por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA)**

O uso da DEA para avaliação de cenários foi primeiramente proposta por Thanassoulis e Dyson (1992) conforme cita Malekmohammadi, Lotfi e Jaafar (2009, p. 66), e ainda afirmam que a técnica apresenta baixa difusão para este fim, atribuindo este fato a duas

suposições: (a) os estudiosos da técnica se preocupam com a eficiência atual e como alterá-la no present *status quo* e (b) muitos cenários são criados sem a quantificação suficiente ou adequados que permita a mensuração.

Segundo Malekmohammadi, Lotfi e Jaafar (2009, p. 68) o principal motivo da utilização da DEA no caso é analisar as configurações de destinos e não somente avaliar as medidas de eficiência. Ainda conforme Thanassoulis e Dyson (1992 apud Malekmohammadi, Lotfi e Jaafar 2009, p. 68) o uso da técnica justifica-se em três situações distintas: (a) quando há uma unidade centralizadora de recursos, ou seja, todas as unidades em análise estão sob a tutela de um órgão em comum que regulamenta o acesso aos recursos podendo assim determinar a meta de cada unidade para que se alcance um cenário alvo; (b) os cenários traçados apresentam diversos dados de entrada e saída de diferentes escalas cuja decisão entre o custo e benefício não seja óbvia e (c) avaliação e decisão sobre cenários operacionais. O quadro 9 apresenta os trabalhos de maior relevância pesquisados no portal CAPES e classificados conforme seus próprios critérios, sobre o emprego da DEA para avaliação de cenários.

Percebe-se uma lacuna dos trabalhos entre 1999 a 2009, que pode ser atribuída a motivação do trabalho de Malekmohammadi, Lotfi e Jaafar (2009) segundo o qual a baixa utilização desta ferramenta DEA para avaliação, criação e análise, deve-se ao fato da predominância de uso de técnicas qualitativas no desenvolvimento dos cenários.

De 1998 a 1999 predomina a análise operacional realizada em países anglo saxões, enquanto no segundo período (2009 a 2010) se privilegia a visualização de cenários de amplo espectro e há um deslocamento da pesquisa para o restante da Europa e Ásia, não foi encontrado nenhum trabalho realizado no Brasil, no portal da CAPES em 04 de abril de 2011.

O tipo de DEA predominante é o CCR com orientação ao *input* uma vez que os cenários construídos fornecem os valores de *output* como saídas de sua descrição, contudo outros modelos de DEA mais sofisticados podem ser necessários como, restrição de pesos, super eficientes, lógica fuzzy, dados incertos e ordinais, dentre outros como cita Malekmohammadi, Lotfi e Jaafar (2009) reforçando a questão da praticidade e aplicabilidade aos problemas reais anteriormente tratados neste trabalho de acordo com Rafaeli (2009) e Angulo Meza *et al* (2005), contudo os autores não fornecem exemplos de aplicação que exigiram métodos mais elaborados.

**Quadro7** - Trabalho envolvendo a aplicação de DEA e cenários

Referência	País	Input	Output	Objetivos
Agnētis, Messina e Pranzo (2010)	Itália	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de visitas / médicos;</li> <li>• Gastos com promoções;</li> <li>• Gastos com pesquisa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Receita;</li> <li>• Receita / droga.</li> </ul>	Avaliação dos esforços de venda de remédios na Europa em diversos cenários de restrições a promoção, baseados em mercado potencial, fidelidade e acessibilidade.
Malekmohammadi, Lotfi e Jaafar (2009)	Malásia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capital;</li> <li>• Número de Empregados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor bruto da produção;</li> <li>• Receita.</li> </ul>	Divulgar o emprego da DEA para análise de cenários centralizados ou não, apresenta um exemplo numérico hipotético.
Bosseti e Buchner (2009)	Itália e França	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PIB descontado acumulado ao longo do século;</li> <li>• Redução de emissão de CO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da temperatura até 2100;</li> <li>• Indicador de equidade (GINI) até 2100.</li> </ul>	Avaliar a eficiência de cenários de política ambiental, sob o foco de impactos econômicos e sociais. Foram utilizados 11 cenários.
Athanassopoulos, Lambroukos e Seiford (1999)	Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de combustível;</li> <li>• Custos operacionais;</li> <li>• Despesas de capital;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produção de eletricidade;</li> <li>• Usinas geradoras;</li> <li>• Acidentes;</li> <li>• Geração de poluição.</li> </ul>	Utiliza a DEA para desenvolver cenários de decisão política, que ajudem identificar alternativas de unidades produtivas de energia dado a demanda pelo serviço, custo e a emissão de poluentes.
McMullen e Frazier (1998)	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de funcionários;</li> <li>• Número de equipamentos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de finalização;</li> <li>• Ciclo</li> </ul>	Avaliação de sete cenários de produção em relação ao equilíbrio da linha de montagem.

Fonte: Elaboração própria

Os resultados apresentados pelos trabalhos citados no quadro 7, não fornecem qualquer afirmação categórica e sim uma série de recomendações e possibilidades, mantendo a concepção do planejamento por cenários em acordo com a definição de prospecção de Heijden (2004). McMullen e Frazier (1998) enfatizam que uso de técnicas numéricas ao contrário de métodos puramente qualitativo consegue fornecer aos decisores parâmetros visuais, possibilitando uma avaliação prévia da eficiência que irá operar o sistema, o que constitui um fator crítico de sucesso para um sistema produtivo.

Athanassopoulos, Lambroukos e Seiford (1999) e Agnetis, Messina e Pranzo (2010) destacam que uma das vantagens da DEA para a leitura de cenários é possibilitar a mensuração de recursos, identificar possíveis gargalos e limitações, e dar sustento a decisões de custo e benefício. Como desvantagem cita-se a restrição do próprio modelo em tratar variáveis não qualitativas e o risco de limitar o pensamento sobre as variáveis dos cenários.



Athanassopoulos, Lambroukos e Seiford (1999) ressaltam que a técnica tem maior poder de fornecer auxílio aos gestores quando empregada em micro cenário operacionais, já quando aplica em cenários globais deve ser visualizada como indicativa (BOSSETI E BUCHNER, 2009).

## **2.4 Transporte e Planejamento viário no Brasil**

### **2.4.1 Antecedentes Históricos**

O período colonial Brasileiro é marcado pela precariedade no sistema de transporte, havia poucos caminhos primitivos, compostos por arriscadas estradas e alguns trechos de rios navegáveis com objetivo único de trazer o açúcar, pedras preciosas e outros especiarias até os portos de onde eram levados até Portugal, portanto não havia interesse na construção de uma rede viária de interligação (SILVEIRA, 2003).

Além da dificuldade política e econômica, também havia questões técnicas como variações climáticas, relevo, dificuldades hidrográficas, diferenças na vegetação e no solo. O país então era composto por ilhas de aglomerado populacionais espalhadas pelo vasto território, sem interligação característica que somente foi rompida efetivamente com a expansão da rodovia e da automobilística (SILVEIRA, 2003; SANDOVAL, 2010).

Conforme Silveira (2003) dois fatos marcantes para o início da história do planejamento do transporte no Brasil foram a vinda da família real para o Brasil (1808) e a independência (1822). O primeiro pela abertura dos portos e o segundo abre um período onde se pensa o país como nação e cresce a necessidade de interligação. Contudo, o primeiro plano com tentativa real de implantação somente ocorreu em 1934, já na república na presidência de Getúlio Vargas.

Do período imperial até 1934 foram apresentados 11 planos nacionais de viação, que não foram implantados, cujas principais características estão descritas no quadro 8 elaborado com base em Sandoval (2010) e Nigriello (2010)

Todos os planos apresentados de 1838 a 1927, além de não serem adotados oficialmente têm em comum o fato de reconhecerem o transporte fluvial e ferroviário como mais adequados para o país, tanto pela disponibilidade como pelo baixo custo que possibilitaria o adequado transporte das *commodities* o que é afirmado posteriormente por critérios logísticos por Ballou (2007) e econômicos por Baer (2003) e Gremaudet *al* (2008).

**Quadro 8- Principais planos de transporte Brasileiros não implementados**

<b>Plano</b>	<b>Ano</b>	<b>Foco</b>	<b>Principais Características</b>
Rebello	1838	Rodovia	Concebe três estradas reais partindo da capital do império com sentido a Porto Alegre (Rio grande do Sul), Belém (Pará) e Corumbá (Mato Grosso);
Moraes	1869	Hidrovia e Ferrovia	Rede geral de vias navegáveis, com a construção de 6 canais de ligação, integrando as bacias do Amazonas, Prata, São Francisco e Paraíba do Sul. Prevendo a construção 3 ferrovias interligando o Rio de Janeiro, Salvador e Recife a rede de navegação;
Ramos de Queiroz	1874 1882	Ferrovia e Hidrovia	Articulação dos sistemas de viação fluvial e ferroviária, interligando o litoral com o interior e as capitais. Em 1882 acrescenta-se uma linha denominada arterial ligando o leste oeste do país;
Rebouças	1874	Ferrovia	Plano teórico que traça um triângulo invertido sobre o Brasil, prevendo a construção de 10 ferrovias transversais ligando o atlântico ao pacífico, e 6 linhas convergentes
Bicalho	1881	Ferrovia e Hidrovia	Prevê a navegação dos rios a vapor e a construção de 4 linhas ferroviárias tronco de interligação
Bulhões	1882	Ferrovia e Hidrovia	Fixa a bitola ferroviária em 1 m, cria 4 grandes troncos hidrovia-ferrovia
Rodrigo Augusto da Silva	1886	Ferrovia e Hidrovia	Propunha a construção de novas ferrovias de modo a permitir o acesso ao interior do país com a integração dos modais fluvial e ferroviário;
Da Comissão	1890	Ferrovia e Hidrovia	O Governo provisório por meio do decreto 159 estabelece uma comissão para estabelecer o plano de viação, contudo não o adotou oficialmente. Estabelece quase toda a malha ferroviária atualmente existente e pretendia uma forte integração hidroviária;
De Viação Férrea	1912	Ferrovia e Hidrovia	Extensão do plano da comissão pretende integração com o Vale do Amazonas por ferrovia;
Catrambi	1926	Rodovia	Propõem à construção de 29 rodovias em geral superpostas as ferrovias. A configuração apresentada é o modelo básico da atual estrutura rodoviária;
Paulo de Frontin	1927	Ferrovia	Variação do plano da Comissão propondo novos prolongamentos integrandos às ferrovias existentes no país inclusive com a Bolívia, Paraguai e Argentina.

Fonte: Elaboração Própria

Nigriello (2010) demonstra que estes planos contribuíram de forma consistente para o pensamento sobre planejamento do transporte tanto no meio político como acadêmico.

Silveira (2003) argumenta que estudar esta linha de desenvolvimento possibilita entender a origem e soluções para problemas de logística nacional, contudo esta exploração foge os objetivos deste trabalho.

Seguido destes trabalhos implanta-se de forma oficial quatro planos, a saber: (1) o Plano Geral de Viação Nacional (1934),(2) e (3) Plano Nacional de Viação: Rodoviário, Ferroviário e Fluvial (1948 - 1951), (4) Plano Nacional de Viação (1964 e 1973) conforme expõem Nigriello (2010) e Sandoval (2010).

O Plano Geral de Viação Nacional de 1934 foi aprovado por decreto pelo presidente Getúlio Vargas, os seus principais objetivos segundo Sandoval (2010, p. 17 -18) foram:

- Ligar a Capital Federal a uma ou mais capitais dos diferentes Estados;
- Ligar qualquer via de comunicação da rede federal a qualquer ponto de nossa fronteira com os países vizinhos;
- Constituir vias de transporte ao longo da fronteira, ou dessa paralela, a menos de 200 km de distância;
- Ligar entre si dois ou mais troncos de interesse geral, com o objetivo de estabelecer, por caminho mais curto, comunicações entre duas ou mais unidades da federação; e
- Atender a exigências de ordem militar.

Segundo Nigriello (2010, p. 17) o plano considera que: “Só a estrada de ferro é uma solução definitiva para estes troncos”. Em 1937 é editado o plano complementar rodoviário do DNER inspirado no plano Catrambi de 1926, passa a rodovia a partir deste momento a ter maior acesso a verbas que os demais, a idéia inicial era a de construir duas estradas longitudinais uma pelo o litoral e outra no interior ligando todo o país.

O Plano Nacional de Viação: Rodoviário, Ferroviário e Fluvial (1948 - 1951), foi inicialmente implantado por Eurico Gaspar Dutra (1948) e modificado por Juscelino Kubistchek (1951).

Nigriello (2010, p. 20-21) destaca que o congresso na época aprovou 61.000 km de rodovias federais: 5 radiais, 9 longitudinais, 23 transversais e 42 de ligação. E não aprovou o acréscimo de 27 canais interligando trechos de rios navegáveis de diferentes bacias o que formaria uma rede de 34.300 km. Sandoval (2010) destaca que neste plano ficou declarada a opção do Brasil pela rodovia, já que determinava a criação da RFFSA para extinção dos trechos “economicamente não viáveis” das ferrovias.

Plano Nacional de Viação (1964 e 1973) foi concebido e implantado durante a ditadura militar lançado em 1964 pelo Marechal Camilo Castelo Branco e revisto e ampliado em 1973 pelo General Emílio Garrastazu Médici.

Este plano cria princípios gerais de transporte, onde as vias não necessariamente eram federais mais por prioridade segundo estudos globais de classificação com horizonte de 25 anos, suas principais características são conforme Nigrello (2010, p. 30 -35):

- 112.000 km de rodovias federais, sendo: 7 radiais, 12 longitudinais, 19 transversais, 27 diagonais e 60 de ligação;
- Transamazônica, até a fronteira com o Peru;
- Perimetral Norte, na fronteira com a Colômbia e com a Venezuela;
- Sistema Ferroviário com 33.800 km sob administração estatal;
- Sistema hidroviário com 39.904 km de rios navegáveis em 8 bacias e 9 interligações;
- Sistema portuário dotado de 101 unidades;
- Sistema aeroviário dotado de 412 aeroportos.

O plano de nacional de viação – PNV 1973, é o que esta atualmente em vigor, em sua concepção previa revisões quinquenais, fato que até o presente momento não ocorreu conforme ressalta Sandoval (2010) que informa ainda que esta em tramitação no congresso a lei que dará origem ao Sistema o Nacional de viação substituindo o plano em vigor.

Nigrello (2010) enfatiza que o país não mais necessitava de um plano, mas sim um programa de transporte. A não efetividade do PNV 1973, tanto por não execução ou não cobertura de suas ações, são origens da situação degradante que as ferrovias foram submetidas entre as décadas de 1970 a 1990, conforme Marques (1996), Castro (2002) e Wanke e Fleury (2006), e em amplitude maior todo o sistema de transporte originando o chamado “apagão logístico” segundo Vianna (2007) e Barat (2008).

Em 1996 a Secretária de Assuntos Estratégicos (SAE) da Presidência da República com auxílio do IPEA iniciou um projeto, utilizando-se de técnicas de cenários prospectivos, denominado “Brasil 2020” que foi encerrado em 1998. A SAE combinou cenários normativos e alternativos e uma ampla consulta a atores sociais e forças políticas (MARCIAL e COSTA, 2001 e BUARQUE, 2003). Em uma de suas saídas apontou a necessidade de desenvolvimento de planejamento de cenário específico para o setor de transporte e logística, uma vez que é apontado como ponto de estrangulamento econômico, assim a necessidade de elaboração do PNLT foi determinada pela presidência para o Ministério dos Transportes que iniciou os trabalhos em 2001 em parceria com o Ministério da Defesa, as primeiras ações e divulgações ocorreram em 2007, sendo lançado oficialmente como programa em 2009 juntamente com o Programa Aceleração do Crescimento – PAC (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2011).

## 2.4.2 O PNLT: Principais Características

O PNLT foi metodologicamente concebido a partir da construção de cenários, empregando ampla consulta aos atores sociais de diversas ordens como prescreve Heijden (2004), participaram diversos ministérios (Transporte, Defesa, Planejamento dentre outros), entidades confederativas de transporte, sindicatos, empresas privadas e estatais (por exemplo: Transportes Bartolini e Petrobras), Associações tais como a Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários e a Associação Brasileira da Infra-Estrutura e Indústrias de Base. Participaram ainda universidades e entidades, entre elas a USP, UFRJ e a ANPET, e diversas pessoas físicas que se manifestaram em consultas públicas, conforme o Ministério dos Transportes (2009, p. 6-9) ao todo são mais de 150 participantes. Embora o processo de planejamento não seja findo após sua codificação, a ampla consulta permitiu a elaboração de um programa que atenda as demandas, atuais e futuras, com grande aderência observando o acompanhamento e a correta implantação, como prescrevem Buarque (2003) e Heijden (2004).

Após o tratamento qualitativo, seguiram as previsões para os cenários macroeconômicos regionais, análises e testes para validar as alternativas sob o aspecto do: (a) uso da terra; (b) geração de viagens; (c) Distribuição das viagens; (d) divisão modal; e (e) alocação das viagens. Assim são traçados os recursos necessários a médio e longo prazo dado a situação atual (MINISTÉRIO DO TRANSPORTE, 2009 p.23).

Segundo o Ministério dos Transportes (2009, p. 18 -19) o PNLT propõe:

- O PNLT é um plano de caráter indicativo, de médio e longo prazos, associado ao processo de desenvolvimento sócio-econômico do País, e não simplesmente um mero elenco de projetos e ações;
- É um plano nacional e federativo, não apenas federal;
- É um plano de Estado, não apenas de Governo;
- É um plano multimodal, envolvendo toda a cadeia logística associada aos transportes, com todos os seus custos e não apenas os custos diretos do setor;
- É um plano multimodal, envolvendo toda a cadeia logística associada aos transportes, com todos os seus custos e não apenas os custos diretos do setor;
- Está fortemente fundamentado nos conceitos de territorialidade, de segurança e ocupação do território nacional, e de desenvolvimento sustentável do País, com equidade e justiça social;
- Requer um processo de institucionalização, organização e gestão eficiente e eficaz, capaz de envolver todas as esferas de governo, bem como os vários órgãos e instituições públicos e privados afins e correlatos com o setor dos transportes.

Evidencia-se nas suas proposições que se almeja mais que um plano ou um projeto de governo, e que envolve todos os entes econômicos que direta ou indiretamente interagem com a logística e o transporte.

Para Nigrello (2010, p. 63) o PNLT requer para sua plena execução requer:

- Processo de planejamento permanente, participativo, integrado e interinstitucional, fundamentado nos conceitos de territorialidade, de segurança e ocupação do território nacional, e de desenvolvimento sustentável do País, com equidade e justiça social;
- Compromisso com a preservação do meio ambiente (Zoneamento Ecológico-Econômico), com a evolução tecnológica e com a racionalização energética;
- Processo de institucionalização, organização e gestão eficiente e eficaz, capaz de envolver todas as esferas de governo, bem como os vários órgãos e instituições públicos e privados afins e correlatos com o setor dos transportes.

As primeiras condicionantes refletem as preocupações apontadas por Marcial e Costa (2001) e Buarque (2003), pois a falta de planejamento permanente e o isolamento são uma das principais causas do insucesso da técnica de cenário no Brasil. As demais condicionantes estão ligadas ao processo de gerencial e a eficiência dos modos de transporte.

São cinco, os principais objetivos do PNLT segundo o Ministério dos Transportes (2009, p. 20-21) e Nigrello (2010, p. 67):

- (1) Retomada do processo de planejamento no setor dos transportes, dotando-o de uma estrutura permanente de gestão e perenização, com base num sistema de informações georreferenciado da oferta e da demanda relativa ao setor, e na institucionalização do acesso às bases de dados sócio-econômicos disponíveis nos diversos órgãos e instituições do setor;
- (2) Consideração dos custos de toda a cadeia logística entre as origens e os destinos dos fluxos de transporte, para a otimização e racionalização destes custos;
- (3) Melhor equilíbrio na matriz de transportes de cargas com o uso mais intensivo e adequado das modalidades ferroviária e aquaviária;
- (4) Preservação ambiental, respeitando as áreas com restrição e controle de uso do solo, seja na questão da produção de bens, seja na implantação da infra-estrutura;
- (5) Considerar os projetos estruturantes do desenvolvimento sócio-econômico:
  - Aumento da eficiência produtiva em áreas consolidadas;
  - Indução ao desenvolvimento de áreas de expansão de fronteira agrícola e Mineral;
  - Redução de desigualdades regionais em áreas deprimidas;
  - Integração regional sul-americana

Um dos principais avanços previstos pelo o PNLT é denominado inversão da matriz de transporte de carga, problema que segundo Novaes (2007) e Barat (2010) afetam a competitividade brasileira e Silveira (2003) e Gremaud *et al* (2008) afirmam que o fato se deve a opção errônea tomada pelo país a partir da década de 1950 pelo transporte rodoviário. Pode-se observar na tabela 1, a situação prevista para 2025 pelo Ministério dos Transportes (2009).

**Tabela 1** - Evolução da matriz de transporte

Modo de transporte	Participação na matriz (%)		Evolução (%)
	2005	2025	
Rodoviário	58	30	-48
Ferrovário	25	35	40
Aquaviário	13	29	123
Dutoviário	3,6	5	39
Aéreo	0,4	1	150

Fonte: Adaptado de Ministério dos Transportes (2009)

Percebe-se que haverá uma grande queda do modo rodoviário – 48%, o setor aéreo terá a maior evolução 150%, contudo sua participação continuará pequena apenas 1%, isto ocorrerá segundo o Ministério dos Transporte (2009) em virtude das características das cargas brasileira e do modo de transporte por Ballou (2007). O aquaviário detém o segundo maior crescimento de 123% contudo sua utilização depende da existência de vias naturais. Os modos aquaviários e ferroviários apresentam crescimentos fortes e o aumento da sua disponibilidade esta atrelado a grandes obras e investimentos.

No quadro 9 apresenta o volume de recursos financeiros e o número de intervenções (obras plenamente realizadas) previstas por modo de transporte de 2008 até 2023 com objetivo de suprir a necessidade do país em 2025.

**Quadro 9** - Investimentos e intervenções previstas no PNLT

Modo	Investimento (Bilhões de R\$)	Número de intervenções
Rodoviário	69,70	332
Ferrovário	150,00	96
Aquaviário	54,70	329
Dutoviário	3,38	15
Aéreo	13,02	145

Fonte: Adaptado de Ministério dos Transportes (2009)

Nota-se que o investimento no setor ferroviário é superior em quase três vezes o do rodoviário e aquaviário, este fato pode ser explicado pela necessidade da construção de novas vias e longos anos de investimento centrado em outros modos, principalmente o rodoviário.

A ferrovia é considerada pelo plano um elemento dorsal:

Há necessidade de efetiva mudança, com melhor equilíbrio, na atual matriz de transportes de cargas do País, na medida em que a otimização e a

racionalizações estão associadas ao uso mais intensivo e adequado da modalidade ferroviária, tirando partido de suas eficiências energéticas e produtividades no deslocamento de fluxos de maior densidade e distância de transporte” (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2009 p. 20)

Uma importante ressalva do PNLT é que a projeção do transporte e da matriz foi realizada a partir do atual cenário de transporte, portanto a maior parte da carga geral foi alocada no modo rodoviário, que irá apresentar pontos de estrangulamento em 2025, mesmo incrementado todos os projetos previstos, portanto transferir parte desta carga para a ferrovia e a hidrovia seria uma saída viável (NIGRELLO, 2010).

O PNLT não é um programa definitivo e cita sete pontos que devem ser alvos de estudos e análises para aprimoramentos necessários nos próximos passos de negociações, atualizações, complementações e detalhamentos, segundo o Ministério dos Transportes (2009, p. 97 -100) são:

- Divisão modal da matriz de transportes e a participação da carga geral - o modo rodoviário permanece como o predominante no país e a carga geral permanece nele concentrada;
- Ajustes entre as modelagens macroeconômicas e de transportes – aprofundamento nos modelos de conversão de fluxos financeiros em de transporte;
- Estudo complementar sobre portos e cabotagem - definição das capacidades e gargalos dos portos, o que se refletirá nas ligações desses pontos com seus modais terrestres de captação de cargas, como na ampliação da cabotagem, tópico igualmente merecedor de estudo específico mais aprofundado;
- Estudo complementar sobre transporte de passageiros - projeção dos fluxos de transporte de passageiros de média e longa distância, tendo em vista à falta de confiabilidade de projeções baseadas nos dados atuais, dadas as distorções hoje existentes no mercado nacional;
- Projetos Concorrentes – dar visualização a projetos locais, que atendam a demandas não identificadas ou saídas não concebidas pelo PNLT;
- Reavaliação das perspectivas dos Estados – embora durante o processo de elaboração os Estados foram consultados, contudo sua participação deve ser frequente a fim de atender e evitar mudanças bruscas de posicionamentos; e
- Avaliações Ambientais Estratégicas – o tipo de modal a ser escolhido esta relacionado com o impacto ambiental de sua implantação e uso sendo necessário amplo análise;



As metas e patamares a serem atingidos pela operadora ferroviária no sudeste são expressa a partir das microrregiões (conforme definidas pelo IBGE), onde são calculados os vetores de transporte, modo, demanda e capacidade de carga.

### **2.4.3 Modo de Transporte Ferroviário**

Para Novaes (2007) e Ballou (2007), o transporte, sob a ótica da logística, vai muito além da mera movimentação de cargas, envolvendo métodos, mecanismos e planejamento da distribuição pela cadeia física que melhor se adéquem a mercadoria, distância e o nível de serviço necessário.

O conhecimento de suas características de cada modo é fundamental para o entendimento, estudo e escolha de qualquer transporte ou cadeia de distribuição, contudo este trabalho concentra-se no ferroviário dentro das opções existentes (duto, hidroviário, aéreo e rodoviário) por limitação e objetivos pretendidos.

A ferrovia nasce na Inglaterra no início do século XIX, como consequência da união da tecnologia de transporte manual existentes nas minas de carvão e o domínio do vapor conseguido durante a revolução industrial, e tem grande avanço pela Europa e posteriormente no mundo, pois possibilitou ao homem viajar por terra mais rápido do que os cavalos e movimentar grandes cargas com agilidade (SILVEIRA, 2003).

Conforme registrado em Brasil (1835) a primeira alusão a implantação da ferrovia data da Regência Una do Padre Feijó, que promulgou lei dando uma série de vantagens dentre elas o monopólio a quem empreendesse a construção da estrada de ferro ligando capital federal às províncias. Esta lei não surgiu efeito na época, devido aos elevados custos e a incerteza de retorno, o que afastou os investidores como relata Buzelim e Setti (2002).

A primeira ferrovia somente foi inaugurada em 1854 pelo empreendedor Barão de Mauá, com apenas 14 km ligando os fundos da Bahia de Guanabara a Petrópolis, o que foi seguido conforme Silveira (2003) por uma forte expansão liderada pelo governo federal e por diversas iniciativas privadas, muitas vezes financiadas ou diretamente executadas pelo capital estrangeiro, em especial o inglês. Para Sandoval (2010) até o ano de 1934 era a opção de transporte terrestre declarada do país, e nesta fase de expansão configurou-se a maior parte da malha atualmente existente (NIGRELLO, 2010).

Contudo a falta de planejamento central segundo Silveira (2003), fez com que as ferrovias não formassem uma malha integrada e sim vários corredores geralmente de exportação e normalmente dedicadas a um ou dois produtos. Com a depressão econômica da

década de 1930 houve o agravamento da situação financeira das estradas de ferro que somada às condições operacionais ineficientes, acarretaram na perda do interesse do capital privado pelo negócio, o governo federal reagiu encampando diversas ferrovias, processo que atingiu seu ápice em 1957 com a criação da RFFSA (CASTRO, 2002).

Contudo durante a década de 1980 o Brasil enfrentou uma forte crise fiscal em meio a uma política de Reforma do Estado, o que implicou no desmantelamento do parque produtivo Estatal como enfatiza Paiva (2000) e Silveira (2003). RFFSA foi incluída por consequência no programa nacional de destatização – PND em 1992 e o processo efetivado entre 1996 e 1998. A justificativa para a concessão a iniciativa privada segundo Marques (1996) deve-se ao crescente déficit fiscal e situação técnica operacional retrógrada alcançada por longos anos de parcos investimentos.

Atualmente, as ferrovias concedidas são parte integrante do PNLT e aportaram grandes investimentos na última década (R\$ 20,9 bilhões conforme a ANTF, 2010) e o modo será o que receberá o maior volume de investimento e constituirá base para interligação e escoamentos dos principais troncos e vetores logísticos do país em 2025 conforme Nigrello (2010). O quadro 10 apresenta as principais características do modo.

Ribeiro e Ferreira (2002, p. 4) citam Fleury *et al* (2000) que aponta cinco pontos importantes para se classificar o transporte: velocidade, disponibilidade, confiabilidade, capacidade e frequência, que podem ser adicionadas a outras duas: o custo (Castro, 2002) e a flexibilidade (Novaes, 2007). A partir destas características foi elaborado o quadro 10 que apresenta um resumo os principais aspectos, e observações realizadas por Ribeiro e Ferreira (2002), Castro (2002) e Novaes (2007) quanto o modo no Brasil.

Para Ballou (2007) e Novaes (2007) a ferrovia deve ser utilizada para transporte de média e longas distâncias com grandes volumes o que permite a diluição do custo operacional dando competitividade ao modo. No Brasil como predomina o transporte de produtos homogêneos (ferro, bauxita, cimento, cereais dentre outros) para exportação a velocidade é um item de importância média tendo em vista que a pontualidade é um fator de maior peso na relação porto ferrovia, em detrimento do que ocorre na Europa e nos Estados Unidos onde predomina a carga geral com maior valor agregado e destinados ao consumidor final ou intermediário o que impele a velocidade como fator importante de escolha.

**Quadro 10** - Principais características do modo ferroviário

<b>Característica</b>	<b>Definição</b>	<b>Brasil</b>
Velocidade	Distância percorrida por tempo total de viagem;	Baixa velocidade frente ao padrão internacional;
Disponibilidade	Existência de linha e terminais para carga e descarga;	Baixa densidade frente aos países de mesma dimensão territorial ou econômica;
Confiabilidade	Índice de acidentes, roubos, furtos e avaria de cargas;	Menor índice dentre os modos terrestres;
Capacidade	Disponibilidade de material rodante, mão-de-obra, gerenciamento do tráfego;	Condições materiais equivalentes diferenciação quanto gerenciamento do tráfego;
Frequência	Quantidade de movimentações programadas;	As ferrovias são em tese operam como operadores abertos, contudo os seus controladores são os maiores clientes;
Custo	Gastos incorridos direta ou indiretamente;	Altos custos fixos levando a altas taxas de depreciação, custo unitário competitivos;
Flexibilidade	Capacidade de atender diversos tipos de carga.	Flexibilidade ainda baixa, contudo em crescimento com ações contêinerização dentre outras;

Fonte: Elaboração Própria

No Brasil a velocidade média comercial (distância dividido pelo tempo total de viagem incluído o tempo parado para carga, descarga, cruzamentos e outras paradas necessárias) pré-concessão era de 28,6 km/h, tendo alcançado em 2006, o patamar de 29,1 km/h um avanço de apenas 1,7% enquanto nos Estados Unidos a velocidade atinge valores superiores a 40 km/h, conforme Fleury (2006) este fato deve-se ao intenso investimento em capacidade com o aumento expressivo da frota de vagões. Outro aspecto importante é a predominância da bitola métrica (1,00 m) que diminui a estabilidade e a capacidade de carga, comparando-se com a bitola inglesa (1,45 m) e a Irlandesa (1,60 m).

Disponibilidade refere-se à cobertura da malha e a existência de terminais adequados ao produto. No caso brasileiro predomina a ferrovia litorânea com maior densidade na região centro sul, devido a questões históricas de agroexportações presentes na época de sua construção (SILVEIRA, 2003 e SANDOVAL, 2010).

A situação exposta é alvo de reversão pelo PNLT com a construção ferrovias de penetração e interligação com as malhas existentes. A tabela 2 apresenta um comparativo de densidade internacional.

Percebe-se que mesmo após a conclusão do PNLT o país contará com a mesma disponibilidade férrea da Austrália, ficando ainda atrás de países como a Argentina e África do Sul, contudo haverá um avanço significativo de 40%. Os quatro países de maiores densidades são marcados por intensa industrialização, e as ferrovias são intensas em transporte de produtos acabados, semi-acabados e passageiros.

**Tabela 2 - Densidade Ferroviária internacional**

País	Extensão da Malha (km) *	Área do país (mil km <sup>2</sup> ) **	Densidade (km/ mil km <sup>2</sup> )
Brasil	29.637	8.514,8	3,5
Brasil (PNLT) ***	41.437	8.514,8	4,9
Austrália	37.855	7.713,3	4,9
Canadá	78.000	9.976,1	7,8
Rússia	145.000	17.075,4	8,5
México	23.619	1.958,2	12,1
Argentina	38.197	2.766,9	13,8
África do Sul	21.303	1.221,0	17,4
EUA	240.000	9.363,5	25,6
Japão	21.037	377,8	55,7
França	34.076	551,5	61,8
Alemanha	43.500	356,7	122,0

Fonte: \* Fleury (2006), \*\* IBGE (2010) e \*\*\*Ministério dos Transportes (2009)

A confiabilidade, esta ligada a segurança da carga e conforme Ballou (2007) pode ser subdividido em: segurança patrimonial e do produto. O primeiro tópico se relaciona ao roubo e furto de cargas e o segundo a avaria da mercadoria, para o transporte terrestre segundo a ANTT (2008) possuem os índices mais favoráveis.

Castro (2002, p.262) destaca que a capacidade da ferrovia é avaliada em: “termos de via, mas também quantidades mínimas e indivisíveis de equipagem, material rodante e manutenção, entre outras”. Outro fator determinante é o gerenciamento do tráfego, que segundo Ballou (2007, p. 137) é o braço operacional da função de movimentação realizada pela atividade logística, sua responsabilidade é garantir que as operações de transporte sejam executadas eficaz e eficiente, posição corroborada por Azadeh, Ghaderi e Izadbakhsh (2008)

que acrescenta que neste ponto se apóia o principal diferencial entre as ferrovias, uma vez que os equipamentos são oferecidos por poucos fornecedores no mercado sem restrições.

No Brasil há condições muito diferentes de controle de tráfego, desde operação por bastão (um trem somente circula após entregar o sinalizador para o outro) como na CFN, sistema de sinalização elétrico discreto operando na MRS, sistema de rastreamento via satélite na FCA (ANTT, 2010). Em projeto em fase de execução pretende-se implantar um sistema via satélite com sinalização em cabine, onde se deixa de operar em um sistema discreto para um contínuo, como no sistema de passageiros de metrô, o que trará grande avanço no gerenciamento do tráfego na MRS Logística (MRS, 2010).

A frequência é caracterizada, Ribeiro e Ferreira (2002, p. 5), pela quantidade de movimentações programadas. Ballou (2007, p. 127) explica que existem duas formas de serviço ferroviário, o transportador regular e o privado. Um transportador regular presta serviços para qualquer usuário, sendo regulamentado em termos econômicos e de segurança pelo governo. Já o transportador privado pertence a um usuário particular, que o utiliza em exclusividade.

No Brasil impera um sistema misto, pois as ferrovias foram adquiridas na maior parte dos casos por seus maiores usuários operando em forma de uma sociedade anônima, contudo existe a tendência de atender primeiro a demanda de transporte do próprio negócio para depois disponibilizar a capacidade excedente se houver, ao público, independentemente da rentabilidade.

Castro (2002) acrescenta à dimensão custo, classificando-os em: comuns e conjuntos, fixos e variáveis. Novaes (2007) a flexibilidade como característica que devem ser observadas sobre o modo de transporte ferroviário.

Os custos comuns e conjuntos são aqueles que são de difícil atribuição, pelo seu uso irrestrito por todos os fluxos de transporte, como por exemplo, a linha, terminais multiprodutos, sistema de sinalização, mão de obra, locomotivas dentre outros. Novaes (2007) acrescenta que as ferrovias em geral possuem um grande patrimônio. O que acarreta no caso Brasileiro em elevados valores de depreciação.

O custo fixo associado a um ou mais serviços é aquele cuja magnitude não muda quando há uma variação na quantidade de serviço provida. Destaque-se ainda que custos comuns sejam freqüentemente fixos (CASTRO, 2002 p. 263).

Para Castro (2002, p. 264) o custo variável é aquele que ocorre quando da prestação do serviço, maior exemplo é o consumo de óleo diesel utilizado pelas locomotivas. Este custo é evitável e deve sempre ser avaliado como custo de oportunidade.

Castro (2002) e Novaes (2007) destacam que somente o transporte a longas e médias distâncias é capaz de gerar tonelada por quilometro útil – TKU – suficiente para diluir os elevados custos operacionais iniciais dando competitividade ao modo ferroviário.

A flexibilidade da ferrovia para Novaes (2007) e Ballou (2007) esta ligada a existência de vagões adequados para o transporte de determinados produtos o que por muitas vezes inviabiliza o transporte de outro (por exemplo: um vagão para carregar líquidos não pode ser usado para produtos siderúrgicos) ou exigem elevado tempo de preparo (os vagões de soja têm que ser lavados para o transporte de açúcar).

Contudo alguns incrementos têm aumentado a flexibilidade das ferrovias, como a introdução *piggy-back* onde a carreta é transportada carregada sobre o vagão minimizando o custo de transbordo e possibilitando o transporte ponta a ponta, solução que segundo Novaes (2007) já é utilizada nos Estados Unidos desde década de 1970. O trem unitário, que transporta somente um tipo de produto possibilitando um ciclo contínuo de carga e descarga, possibilita a especialização dos terminais. E principalmente a *contêinerização*, que segundo dados da ANTT (2008) apresenta grandes taxas de crescimento e permite a padronização de carga com outros modos agilizando a carga e descarga e permitindo o transporte de mais variados transportes sem necessidade de especialização de vagões.

Quanto à pesquisa sobre eficiência e operação em ferrovia, a DEA por suas características é amplamente utilizada tanto no modo como no setor de transporte conforme pesquisa realizada por Paiva (2000) e Rafaelli (2009). Focalizando o modo ferroviário construiu-se o quadro 11 que relaciona os trabalhos divulgados que aplicam a técnica, conforme consulta ao portal da CAPES em fevereiro de 2011.

No Brasil foram localizados 3 trabalhos, dois dos quais focalizam a avaliação de eficiência de ferrovia e um investimento financeiro no setor. Os trabalhos internacionais localizados são os de maior relevância e foram desenvolvidos em diversos países o que demonstra a penetração da técnica DEA nas comunidades acadêmicas. Tanto o modelo CCR e BCC são utilizados, sendo a orientação para o *output* predominante

**Quadro 11** - Levantamento bibliográfico DEA e Ferrovia

Autor	Modelo DEA	País	Variáveis		Objetivos
			Input	Output	
Paixão e Khoury (2010)	CCR com orientação <i>output</i>	Brasil	Funcionários; Vagões; e Locomotivas	Toneladas por quilometro útil	Avaliação da eficiência relativa dos trens de carga no ano de 2008
Valdetaro (2008)	BBC com orientação ao <i>input</i>	Brasil	Investimentos em: Via telecomunicações, vagões; e Locomotiva	Toneladas por quilometro útil; Tonelada útil	Avaliação dos investimentos ferroviários (2001 – 2004)
Paiva (2000)	BBC com orientação <i>output</i>	Brasil	Vagões; Malha; Locomotiva; Empregados	Tonelada útil	Avaliação da eficiência relativa no ano de 1997
Jitsuzumi e Nakamura (2010)	BBC com orientação ao <i>input</i> com fronteira invertida	Japão	Ativos fixos; Pessoal; Despesas operacionais	Serviço de Passageiro; Externalidade das comunidades lindeiras	Determinar as causas da ineficiência do sistema ferroviário japonês no ano de 2007
Azadeh, Ghaderi e Izadbakhsh (2008)	CCR com orientação ao <i>input</i>	Iran	Tempo de travessia de trens de passageiro e carga;	Quantidade de passageiros; e Tonelada útil	Construção de cenário eficiente de rotas ferroviárias urbanas
Graham (2006)	BBC com orientação ao <i>output</i>	Inglaterra	Empregados; Capacidade da frota; Malha	Quilômetros por passageiro carro	Avaliação da eficiência relativa no ano de 1997
Salerian e Chan (2005)	CCR com orientação ao <i>output</i> com restrição de peso	Austrália	Empregados; Passageiros; Vagões; Locomotivas; e Malha	Tonelada útil; Passageiro por quilometro	Medição da eficiência dos sistemas ferroviários de 20 países entre 1990 e 1998

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da base CAPES (2011).

### 3METODOLOGIA

Segundo Silva (2004, p. 14) metodologia é a forma de pensar para se chegar à natureza de um determinado problema, quer seja para estudá-lo ou explicá-lo. Kalmeyer-Mertens (2007, p.13-20) declara que metodologia científica é a forma como se conduz uma pesquisa, ou seja, trata-se das atividades práticas necessárias para a aquisição dos dados com os quais se desenvolverão os raciocínios posteriores. Acrescenta ainda que a metodologia é mais que a observação de procedimento técnicos para elaboração de trabalhos acadêmicos, é a forma de garantir além do conteúdo a forma, garantido duas características básicas para codificação do conhecimento: a clareza e a utilização de um procedimento replicável.

Carvalho *et al* (2000, p.3) resume e acrescenta: “Quando se fala em método, busca-se explicitar quais são os motivos pelos quais o pesquisador escolheu determinados caminhos e não outros. São estes motivos que determinam a escolha de certa forma de fazer ciência”. Portanto a metodologia visa comunicar a comunidade científica de como a pesquisa foi conduzida permitindo que outros pesquisadores cheguem ao mesmo resultado, auxilia a repetibilidade e a dispersão do conhecimento que são dois dos princípios da ciência.

#### 3.1 Classificação Metodológica

A classificação metodológica segundo Silva (2004) permite ao leitor uma rápida visualização dos pressupostos e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do trabalho. Gil (2008) ressalva que a classificação deve ser realizada pela representação predominante de cada categoria possível, contudo é normal que traços de outras categorias surjam ao decorrer da pesquisa.

O quadro 12 foi elaborado com base em Carvalho *et al* (2000), Jung (2003), Silva (2004), Kalmeyer-Mertens (2007) e Gil (2008) para permitir uma visualização rápida do arcabouço metodológico aplicado nesta pesquisa.

Para Carvalho *et al* (2000) o conhecimento pode ser dividido em: senso comum, artístico, filosófico, teológico e científico. O conhecimento científico se distingue dos demais por seguir quatro princípios ou características: (a) Não se prende a objetivos imediatos e sim entender os princípios envolvidos em determinado evento e não somente seu efeito final; (b) Procura a generalização, há preocupação se o conhecimento adquirido pode ser ou não aplicado em outras situações; (c) Procura enquadrar sob quais condições determinado



conhecimento é válido; e (d) necessita divulgar suas descobertas para que o conhecimento seja avaliado e ampliado.

**Quadro 12 - Classificação metodológica**

Classe	Categoria	Definição	Na dissertação
Tipo de conhecimento	Científico	Forma sistemática para alcançar e perceber novas descobertas, que explica ou/e altera a realidade;	Características e fundamentos que norteiam a elaboração da pesquisa de dissertação;
Paradigma filosófico	Positivista	Parte do princípio filosófico que o mundo social existe externamente ao homem e que suas propriedades devem ser medidas por meio de métodos objetivos;	Aplicação de métodos que visam medir ou prever o desempenho da organização envolvida. DEA e cenários extrapolativos canônicos;
Quanto à natureza	Aplicada	Objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais;	Desenvolve-se sobre um problema real e pode ser aplicado de forma imediata;
Quanto aos Objetivos	Descritiva	Visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis;	O fenômeno observado são os cenários do PNLT 2025, e se investiga as relações das variáveis de produção buscando as relações de eficiência;
Procedimentos técnicos	Bibliográfica	Tem a finalidade de conhecer diferentes formas de contribuição científica que já se realizaram sobre determinado assunto ou fenômeno;	Revisão de literatura;
	Documental	Tem por finalidade conhecer documentos e provas existentes sobre o conhecimento científico;	Análise do PNLT e do PNV;
	Estudo de caso	Estudo profundo e exaustivo de um ou pouco objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento;	Análise dos impactos operacionais do PNLT na MRS
	Pesquisa Operacional	Consiste na construção de modelos do sistema físico real para serem aplicadas técnicas de simulação e otimização.	DEA; Extrapolação canônica de cenários;

Fonte: Elaboração Própria

Jung (2003, p. 15) apresenta os três fundamentos do conhecimento científico: (a) Utiliza métodos objetivos e confiáveis para se chegar a “verdade”; (b) A “verdade” em

ciência nunca é absoluta ou final, pode ser sempre modificada ou substituída; e (c) Descreve a natureza por meio de “modelos” que podem ser quantitativos ou qualitativos.

Silva (2004) tenta estabelecer uma diferença entre conhecimento científico e o tecnológico, contudo o próprio autor reconhece como infrutífero, já que a tecnologia é o esforço para trazer a ciência pura para cotidiano.

No presente trabalho conhecimento científico é definido como aquele que procura de forma sistemática alcançar e perceber novas descobertas, que explica ou/e altera a realidade. Como se trata de uma dissertação de mestrado em uma ciência social aplicada o método é adequado a sua elaboração.

Dentro da ciência há dois paradigmas filosóficos predominantes como cita Jung (2003) ou tradições como apresenta Roesch (2005), ou ainda abordagens conforme Gil (2008) são elas: o positivismo e fenomenológico. Ainda denominado, respectivamente, com quantitativo e qualitativo por autores como Carvalho *et al* (2000), Jung (2003), Silva (2004) e Gil (2008). O paradigma dialético é identificado por Silva (2004), contudo conclui que sua penetração nas ciências sociais aplicada é de baixa intensidade devido a dificuldades práticas em sua execução.

Roesch (2005, p. 122 – 124) define os paradigmas quantitativos e qualitativos:

Quantitativo – parte do princípio filosófico que o mundo social existe externamente ao homem e que suas propriedades devem ser medidas por meio de métodos objetivos. Sendo orientado por oito proposições, sendo elas: (a) independência; (b) isenção de valor; (c) causalidade; (d) hipotético-dedutivo; (e) operacionalização; (f) reducionismo; (g) generalização; e (h) análise transversal.

Qualitativo – parte da perspectiva de que o mundo e a “realidade” não são objetivos e exteriores ao homem, mas socialmente construídos e recebem significados a partir do homem.

Roesch (2005, p. 125) lembra ainda que a “distinção entre quantitativo/ qualitativo não se refere à presença ou ausência de números. Na verdade, o enfoque implica iniciar com conjuntos conceitos amplos [...] Não se trata, portanto no enfoque diferente de coleta. É uma forma diferente de conhecer.”

A discussão entre os dois paradigmas já se tornou estéril como afirma Kalmeyer-Mertens (2007), pois em pesquisas nas áreas sociais mesmo que se opte de forma declarada por uma posição, sempre haverá traços da outra que penetram na pesquisa mesmo que por meio da revisão de literatura.

Na dissertação, optou-se pelo posicionamento positivista, pois melhor se alinha aos objetivos de avaliação de eficiência, teste de cenários e ao emprego de ferramentas estatísticas.

Quanto à natureza a pesquisa pode se apresentar como básica ou aplicada (JUNG, 2003; SILVA, 2004 e GIL, 2008).

Para Silva (2004, p. 14) a natureza pode ser da seguinte forma definida:

“Pesquisa Básica: objetiva gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista. Envolve verdades e interesses universais.

Pesquisa Aplicada: objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais.”

A natureza deste trabalho é aplicada observada às definições expostas e Jung (2003) que acrescenta que neste tipo de pesquisa o conhecimento é gerado pela soma da pesquisa básica com o arcabouço tecnológico, ambos geralmente preexistentes.

Quanto ao objetivo a pesquisa pode ser classificada conforme Jung (2003), Silva (2004) e Gil (2008) em exploratória, descritivas e explicativas. Que podem ser resumidamente definidas como:

“Pesquisa Exploratória: visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses.

Pesquisa Descritiva: visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis.

Pesquisa Explicativa: visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos. aprofunda o conhecimento da realidade porque explica a razão, o “porquê” das coisas. “Quando realizada nas ciências naturais requer o uso do método experimental e nas ciências sociais requer o uso do método observacional (SILVA, 2004 p. 15).”

A presente pesquisa classifica-se quanto ao objetivo como descritiva, pois esta de acordo com as observações de Jung (2003, p. 125) tendo por finalidade observar, registrar e analisar os fenômenos. Sem a interferência do pesquisador, onde se procura descobrir características dos fenômenos e estabelecer relações entre as variáveis. O fenômeno observado são os cenários do PNLT 2025, e se investiga as relações das variáveis de produção buscando as relações de eficiência.

Quanto aos procedimentos técnicos ou operacionalização a pesquisa por ser classificada segundo Gil (2008) como: bibliográfica, documental, experimental, *ex-post facto*, estudo de corte, levantamento, estudo de campo, estudo de caso, pesquisa-ação e pesquisa participante. Jung (2003) acrescenta a pesquisa operacional e Roesch (2005) o delineamento histórico, etnográfico e a histórias de vida.

Gil (2008) salienta que não podemos tomar esta classificação como absolutamente rígida, visto que nem sempre uma pesquisa realizada é de fácil classificação, contudo Kalmeyer-Mertens (2007) enfatiza que a correta classificação e exposição facilitam a identificação do arsenal que o pesquisador utilizou para solucionar o problema proposto, Jung

(2003, p.127) observa o caráter prático: “Isso significa que existem vários tipos de pesquisa que são adotados em função das necessidades práticas de execução.”

Nesta pesquisa predomina os procedimentos técnicos: pesquisa bibliográfica, documental, estudo de caso, pesquisa operacional.

### **3.1.1 Pesquisa Bibliográfica**

A pesquisa bibliográfica tem a finalidade de conhecer diferentes formas de contribuição científica que já se realizaram sobre determinado assunto ou fenômeno (JUNG, 2003 p. 128).

Gil (2008) destaca que em quase todos os estudos é exigido alguma forma de pesquisa bibliográfica embora também exista pesquisas cujo único delineamento alçado é este. As principais fontes de informação são os livros, artigos científicos e publicações periódicas, que podem estar disponíveis em bibliotecas, livrarias, em meios eletrônicos como mídias e a internet.

Para Gil (2008) a principal vantagem desta técnica é permitir ao pesquisador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente. A desvantagem é que um dado coletado secundariamente de forma incorreta pode reproduzir ou ampliar os erros cometidos por pesquisadores anteriores, para mitigar este risco nesta pesquisa preferiu-se a leitura de livros de referência em cada área estudada e a leitura de artigos publicados em revistas científicas por meio do portal da CAPES.

### **3.1.2 Pesquisa Documental**

Para Jung (2003) a pesquisa documental tem por finalidade conhecer documentos e provas existentes sobre o conhecimento científico. Conforme Gil (2008), a pesquisa bibliográfica se assemelha muito à documental, sendo que a diferença reside basicamente nas fontes. A primeira se vale de fundamentalmente das contribuições dos diversos autores, enquanto a documental alça de materiais que ainda não receberam nenhum tratamento analítico ou possam ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa.

A pesquisa documental por consequência apresenta o mesmo ponto negativo da bibliográfica, sendo que Gil (2008, p. 46-47) acrescenta: “As críticas mais frequentes a esse tipo de pesquisa referem-se a não representatividade e à subjetividade dos documentos”. Para minimizar esta exposição lançou-se mão somente de documentos oficiais elaborados por uma extensa equipe que contaram com metodologia adequada para sua execução, consultando-se sempre as fontes primárias de publicação.

Os principais documentos visitados nesta pesquisa são os dados do PNLT do Ministério dos Transportes (2007, 2010) que apresentam o macro cenário de Logística e Transporte no horizonte até 2025, servindo como base para a decomposição em cenários operacionais de menor amplitude como indica Buarque (2003).

### **3.1.3 Estudo de Caso**

O estudo de caso é definido por Gil (2008, p.54) como: “Estudo profundo e exaustivo de um ou pouco objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”. Roesch (2005, p. 155) acrescenta que esta estratégia de pesquisa busca examinar um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto.

Gil (2008) e Jung (2003) indicam os seguintes empregos para o estudo de caso:

- a) Explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos;
- b) Preservar o caráter unitário do objeto estudado;
- c) Descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação;
- d) Formular hipótese ou desenvolver teorias;
- e) Explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamento e experimentos;
- f) Caso particular ou raro;
- g) Levantamento e análise das características e parâmetros de funcionamento ou operação de sistemas e processos;

No presente estudo os principais motivos que indicaram o emprego desta opção metodológica, foram os itens C, F e G, sem a eles se limitar. A interação do PNLT com uma ferrovia particular exige um aprofundamento do entendimento operacional que possibilite investigar cenários futuros.

Como observa Castro (2002) no Brasil não existe concorrência direta entre as ferrovias devido ao modelo de concessão adotado, e Silveira (2003) lembra que devido às características de construção geográfica e tecnológicas dão unicidade as ferrovias brasileiras se comparadas às outras estradas de ferro ao redor do mundo. Estes dois fatos somados a prospecção futura levam a uma situação única, onde o estudo de caso adapta-se como opção de delineamento.

Dado os objetivos desta dissertação, o caminho para sua construção passa pela compreensão das características e os parâmetros operacionais, tanto pela aplicação das ferramentas DEA e a criação de cenários.

As principais limitações a utilização do estudo de caso são: Paradigma Filosófico, falta de rigor metodológico e a generalização.

Roesch (2005) destaca que inicialmente o estudo de caso era somente utilizado em estudos qualitativos e por este motivo é assim classificado por diversos autores, contudo sua construção pode contar com evidências de qualquer um dos ramos filosóficos da pesquisa científica, nesta pesquisa emprega-se o paradigma positivista. Gil (2008) acrescenta que a técnica pode ser utilizada em qualquer que seja o objetivo da pesquisa: exploratória, descritiva ou explicativa.

A falta de rigor metodológico ocorre devido à possibilidade de introdução de vieses na pesquisas, mas Gil (2008, p. 54) adverte: “Ocorre, porém, que os vieses não são prerrogativas dos estudos de caso; podem ser constatados em qualquer modalidade de pesquisa.” Assim esta limitação pode ser debelada com o uso criterioso das demais técnicas e ferramentas empregadas na dissertação.

A falta de generalização deve-se a característica deste delineamento de explorar profundamente um ou pouco atores, não havendo um estudo transversal, o que Gil (2008) enfatiza como a construção de uma base muito frágil para construção de padrões. Contudo, Jung (2003) ressalta que comparações entre diversos estudos de casos que tenham objetivos em comuns podem revelar comportamentos semelhantes.

Yin (2005, p. 61) estabelece 4 tipos de estudo de caso:

- Tipo 1 – análise holística de uma única unidade em único caso;
- Tipo 2 – análise em profundidade de múltiplas unidades em um caso único;
- Tipo 3 – análise holística de uma única unidade em múltiplos casos; e
- Tipo 4 - análise em profundidade de múltiplas unidades em múltiplos casos.

Empregou-se na dissertação, guardada as limitações já apresentadas, o tipo 1 já que há somente uma empresa em foco

#### **3.1.3.4 O Objeto de Estudo**

A MRS Logística S/A obteve a concessão da terceira superintendência e parte da segunda em setembro de 1996 entrando em operação efetivamente no dia 1º de dezembro daquele ano, seu controle acionário em março de 2011 era composto pelas empresas: CSN (20%), Vale (19,26%), MBR (20%), USIMINAS (19,92%), Gerdau (2,37%) e outros (18,45%), conforme dados da MRS (2011).

É uma concedente de transporte público operada por uma empresa privada, foi regulada até 2001 diretamente pelo ministério dos transportes e partir de tal data pela Agência Nacional de Transporte Terrestre – ANTT criada nesta ocasião (ANTT, 2011)

Sua área de atuação compreende os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais que juntos respondem pela maior parcela do PIB brasileiro denotando grande importância estratégica (FIPE, 2008).

A MRS possui 1674 km de linha, sendo 1632 km em bitola larga (1,60 m) e 42 km em bitola mista (1,00 m e 1,60 m), 11 pontos de intercâmbio com outras ferrovias: FCA (6 pontos), EFVM (1 ponto), ALLMP (3 pontos) e Supervia (1 ponto). Acesso aos portos do Rio de Janeiro, Santos e Sepetiba, sendo este último de forma exclusiva neste modo de transporte (ANTT, 2011). A área de abrangência geográfica e de influência da MRS Logística S/A bem como as interconexões citadas podem ser verificadas na figura 9.

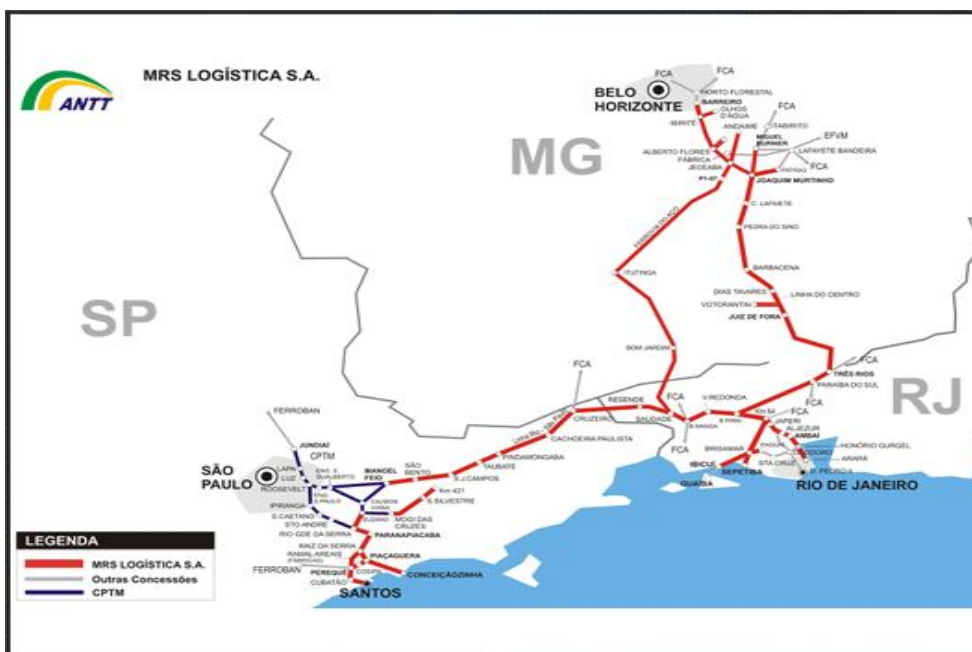


Figura 9 - Mapa da MRS Logística S/A  
Fonte: ANTT (2011)

Em 2009 atendia 100 clientes, sendo que os principais produtos transportados foram: Minério de ferro, carvão mineral, produtos siderúrgico, ferro, gusa, cimento e soja. O volume transportado em 2010 alcançou o recorde de 144,1 milhões de toneladas úteis, sendo que no período de 1996 a 2010 o crescimento médio anual do transporte foi de 10,2% (ANTT, 2010 e MRS, 2011).

Conforme a ANTT (2009) a empresa opera com uma frota de 675 locomotivas, 17.681 vagões, somados pessoais próprios e terceirizados contam com 6.811 colaboradores. Seu primeiro resultado financeiro positivo registrado foi em 2002 desde então vem se mantendo em uma linha crescente, em 2010 apresentou uma receita de R\$ 2,247 bilhões e lucro líquido de R\$ 439 milhões, o investimento acumulado no período de concessão vigente atingiu a quantia de R\$4,084 bilhões (MRS, 2011).

Villar e Marchetti (2005) identificam três fase no período pós-concessão que denominaram: retomada (1996 – 1999), aumento da capacidade (2000 – 2007) e superação (2008 – e diante). No quadro 3, construído a partir desta delimitação complementada com informações de ANTT (2010, 2011) e MRS (2011), apresenta-se uma comparação entre a empresa e o setor ferroviário no Brasil.

**Quadro 13 - Fases pós-concessão**

Fator	Amplitude	Fase		
		Primeira	Segunda	Terceira
Principais características	Setor	Retomada dos investimentos, em 1999 a produção atinge o mesmo valor da RFFSA em 1993.	Ampliação da capacidade de transporte e serviço logístico, o transporte cresce 42,6%	Expansão da malha e superação dos gargalos logísticos
	MRS	Retomada dos investimentos, atinge a mesma produção da RFFSA em 1997.	Seguiu a tendência dos investimentos, observando um crescimento de 72,6% no volume transportado.	Investimento em duplicação e mudança na lógica e tecnologia de operação do tráfego.
Investimento (em milhões)	Setor	R\$ 1.321,8	R\$ 13.355,4	R\$ 6.966,2
	MRS	R\$ 253,5	R\$ 2.213,3	R\$ 1.617,2

Fonte: Elaboração própria

Conforme Villar e Marchetti (2005) a primeira fase, denominada “retomada” tem como principal característica o retorno dos investimentos reduzidos a patamares mínimos a partir de 1993 quando da inclusão do sistema férreo no programa nacional de destatização – PND. Esta ação, somente resultou na recuperação do nível de transporte registrado em 1993 pela RFFSA em 1999. Conforme os dados da ANTT (2010) os investimentos em valores correntes totalizaram no período de 1997 a 1999 o volume de R\$ 1,322 bilhões, empregados principalmente na recuperação da via permanente e condições mínimas de material rodante.

A MRS superou a produção da RFFSA logo em 1997, seu primeiro ano de atuação, com o transporte de 49,6 milhões contra 47,23 milhões de TU em 1993. Os investimentos somaram R\$ 253,5 milhões com o mesmo foco do setor.



O aumento da capacidade foi marca predominante na segunda fase, os investimentos concentraram-se no aumento da oferta e na assunção dos serviços logísticos. Houve ampliação de linhas, pátios de manobras, aumento de capacidade de suporte de via permanente, e aumento do material rodante (VILLAR e MARCHETTI, 2005).

Neste período (2000 a 2007) o transporte saltou de 290,99 milhões para 414,93 milhões de TU, o que representa um aumento de 42,6%. Contudo observa-se que a MRS obteve um crescimento mais expressivo de 72,6%. Percebe-se que no setor o investimento alcançou as cifras de R\$ 13.355,4 milhões, sendo que a MRS respondeu por R\$ 2.213,3 milhões, a aplicação dos recursos seguiu a tendência do setor conforme dados verificáveis em MRS (2010)

Villar e Marchetti (2005) anteciparam que em 2008, as ferrovias iriam entrar em uma terceira fase denominada “superação” que tinha como expectativa a expansão da malha e a superação dos gargalos logísticos. A previsão pode ser confirmada pela aplicação e planejamento do PNLT, investimentos e resultados atingidos pelas concessionárias.

Na MRS não houve investimento na expansão da malha (extensão) por questões oriundas do contrato de concessão, contudo encontra-se em adiantado curso o projeto de duplicação das linhas e construção e ampliação de pátios de recomposição, manobra e cruzamento, enquanto a superação dos gargalos logístico o principal projeto é a discretização (tornar a representação da linhas férreas de discretas para linear) do controle do tráfego, que se constitui na substituição do controle mímico (trechos pré definidos discretamente de tamanhos fixos) por um sistema que considera toda a ferrovia de forma continua ampliando sua capacidade de utilização (MRS, 2011).

De 2008 até 2009 os investimentos no setor somaram R\$ 6.966,2 milhões enquanto a MRS participou com R\$ 1.617,2 milhões, ou seja, 23,2% do total de nove concessionárias (ANTT, 2010).

Deve-se observar alguns pontos de atenção no futuro da MRS Logística S/A extraídos de MRS (2011) e que podem ser oportunidades ou desafios a serem superados:

- A participação crescente do minério de ferro no transporte (80 % do volume de 2010) pode restringir a entrada de outras cargas com maior valor agregado e conseqüentemente com uma tarifa mais atraente;
- Com a abertura de novas ferrovias nas fronteiras agrícolas mais recentes do país a carga agrícola tende a ser desviada para os portos da região norte e nordeste;
- A subutilização do porto de Sepetiba continua insolúvel para o modo ferroviário devido à diferença de bitolas predominante no país sem previsão de integração;

- O arco rodoviário do Rio de Janeiro em construção pode gerar grande concorrência por recursos no porto de Sepetiba; e
- A maior parte dos terminais ferroviários é de propriedade de seus clientes, o que limita o seu acesso por outros interessados.

### **3.1.4 Pesquisa Operacional**

A pesquisa operacional consiste na construção de modelos do sistema físico real para serem aplicadas técnicas de simulação e otimização, como define Jung (2003, p. 131), o mesmo autor ainda cita suas duas principais características:

- Utiliza o conhecimento matemático, por meio da programação linear e não linear para a solução de problemas;
- A pesquisa operacional consiste na construção de modelos do sistema físico real para serem aplicadas técnicas de simulação e otimização.

Kassai (2002) defende que a aplicação das técnicas de pesquisa operacional nas ciências sociais aplicadas permite maior afastamento entre o objeto de pesquisa e o pesquisador, o que auxilia o aumento do rigor científico.

De forma geral Paiva (2000) destaca que os métodos de pesquisa operacional visam auxiliar na seleção da melhor maneira de se operar um sistema, usualmente sob condições que exijam a utilização de recursos limitados. E esta é a característica principal que leva a optar por este delineamento, uma vez que se encontra em harmonia com os objetivos da pesquisa.

A principal limitação é apresentada por Silva (2004) descrita como a sedução que os números provocam de serem tomados com verdades absolutas e não permitirem que se enxergue além deles, nesta pesquisa adotou-se a aplicação concomitantemente com o estudo de caso a fim de mitigar os possíveis efeitos negativos de ambos os procedimentos técnicos.

A pesquisa operacional ajuda a tornar os cenários mais palpáveis uma vez que oferecem uma visualização numérica e ainda podem propiciar alguns parâmetros que auxiliem a tomada de decisão, neste aspecto a aplicação deste ramo da ciência na pesquisa visa aumentar o poder discriminatório do planejamento baseado em cenários.

### **3.2 Instrumentos**

Gil (2008, p. 113-114) classifica como instrumentos as técnicas que permitem a operacionalização dos conceitos e das variáveis do problema abordado, em outras palavras, é o nível onde ocorre o tratamento dos dados.

Os instrumentos podem ser de coleta de dados ou de avaliação e interpretação. O primeiro grupo é representado pelo questionário, entrevistas, grupos focais dentre outras

ferramentas e visa o levantamento de dados dispersos no ambiente estudado (ROESCH, 2005).

As ferramentas de avaliação e interpretação podem ser exemplificadas com a análise de conteúdo, etnografia, dentre outras técnicas entre elas a DEA e Cenários utilizados nesta pesquisa, e tem como finalidade principal a exploração e a extração de informações conforme o objetivo da pesquisa (Kalmeyer-Mertens, 2007).

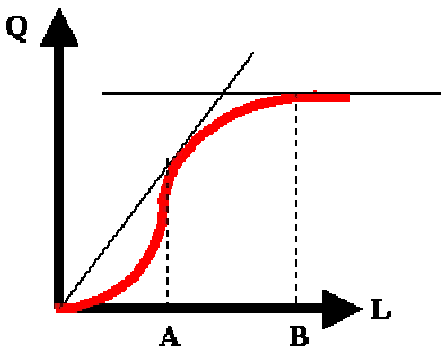
### **3.2.1 DEA**

A técnica *Data Envelopment Analysis* (Análise Envoltória de Dados) – DEA foi apresentada formalmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) em um dos mais citados artigos da área de operações: *Measuring the Efficiency of Decision Making Units*, onde o estudante Edward Rhodes necessitava medir a eficiência de programas educacionais implantados pelo governo dos Estados Unidos para crianças carentes como parte de suas pesquisas para obtenção do grau de PhD, sob orientação de William W. Cooper e cooperação de Abraham Charnes (RAFAELLI, 2009)

A métrica da eficiência é um desafio quando se pensa em uma organização real pois envolve uma grande gama de variáveis que possuem diferentes unidades de medida e nem sempre podem ser contabilizadas em sua totalidade, como salientam: Martins e Caixeta Filho (1998), Paiva (2000), Angulo Meza *et al* (2005), Mariano, Almeida e Rebelatto (2006) e Ferreira e Gomes (2009). Portanto para se chegar a alguma técnica consagrada como a DEA foi necessário a contribuição de diversos cientistas em um processo não findo, pois como se trata de problemas reais, novas situações sempre surgem e exigem o desenvolvimento de novos modelos ou técnicas auxiliares como destacam Charnes *et al* (1994) e Ferreira e Gomes (2009).

Os principais modelos DEA para Charnes *et al* (1994) são as versões CCR e o BCC, que correspondem às iniciais de seus autores Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e Banker, Charnes e Cooper (1984), respectivamente. O modelo CCR também é conhecido como CRS e o modelo BCC como VRS. CRS refere-se a retorno constante de escala e VRS a retorno variável de escala. Mais adiante esses conceitos serão melhor explorados.

Antes de prosseguir Kassai (2002, p.67) recomenda que neste ponto se definam as considerações sobre as curvas de produção que visam estabelecer uma relação entre insumo e produtos, que também podem ser representadas nas figuras 10.



**Figura 10** – Retorno decrescente de Produção  
Fonte: Guerreiro (2006)

- **Retorno de Constante de Escala** – O aumento no consumo de recursos aumenta proporcionalmente o número de produtos obtidos, após o ponto B;
- **Retorno Crescente de Escala** – O aumento no consumo de recurso implica num aumento mais que proporcional no número de produtos obtidos (economia de escala), antes do ponto A;
- **Retorno Decrescente de Escala** – O aumento no consumo de recursos gera um aumento menos proporcional no número de produtos obtidos, entre o ponto A e B.

O modelo CCR, o primeiro desenvolvido, também é conhecido como *Constant ReturnstoScale*- CRS, ou seja, pressupõe retorno constante de escala, ainda identifica as DMU eficientes e ineficientes, e projeta a distância desta última até a fronteira de eficiência. O primeiro modelo possuía orientação para o *input*, ou seja, procura a redução máxima de recurso para um mesmo nível de produção, posteriormente foi apresentada a orientação para *output* que visa à máxima expansão da produção para um mesmo nível de insumos, respectivamente são representados pelas siglas CCR-I e CCR-O (RAFAELLI, 2009).

Para introduzir o modelamento matemático Lins e Angulo Meza (2000) e Ferreira e Gomes (2009) indicam como caminho intuitivo a razão entre a soma ponderada dos produtos e a soma ponderada dos insumos, contudo definir qual o peso para cada DMU e uma tarefa muito complicada, assim Charnes, Cooper e Rhodes (1978) definiram que cada DMU, pode possuir um sistema de valores particular, tendo o poder de definir o seu próprio conjunto de pesos, no sentido de maximizar a eficiência. A única condição é que todas as DMU tenham uma eficiência inferior ou igual a 1, dadas estas condições seguem as seguintes formulações básicas, apresentadas sob a forma dual dos multiplicadores.

### Minimizações de *Inputs* CCR - I

$$MinEff_0 = \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^r u_i y_{i0}} \quad (4)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1, \mathbf{k} = 1, 2, \dots, \mathbf{n}$$

$$u_j \mathbf{e} v_i \geq 0 \forall j, i$$

### Maximização de *Outputs* CCR - O

$$MinEff_0 = \frac{\sum_{i=1}^r v_i y_{j0}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}} \quad (5)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}$$

$$u_j \mathbf{e} v_i \geq 0 \forall j, i$$

Onde:

$Eff_0$  = Eficiência da DMU<sub>0</sub>;

$u_j, v_i$  = pesos dos *outputs* e *inputs* respectivamente;

$x_{i0}, y_{j0}$  = *inputs* i e *outputs* j da DMU<sub>0</sub>.

As formulações acima se referem aos modelos dos multiplicadores, que são os comumente empregados.

Os modelos originais de CCR apresentados nas equações 4 e 5 correspondem a um modelo de programação fracionário que segundo Mariano, Almeida e Rebelatto (2006) são de difícil resolução, uma vez que apresenta infinitas soluções. Para superar essa dificuldade é necessário transformá-lo em problema programação linear, para tal o artifício mais utilizado é

condicionar os denominadores a serem iguais a uma constante geralmente a unidade (ANGULO MEZA, 2005).

**Minimização de Inputs – CCR - I**

$$\text{Max } Eff_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} \quad (6)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, n$$

$$u_j \text{ e } v_i \geq 0 \quad \forall j, i$$

**Maximização de Outputs – CCR - O**

$$\text{Min } Eff_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} \quad (7)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} = 1$$

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, n$$

$$u_j \text{ e } v_i \geq 0 \quad \forall j, i$$

Onde:

$Eff_0$  = eficiência;

$u_j, v_i$  = pesos dos *output* e *inputs*, respectivamente;

$x_{ik}, y_{jk}$  = *inputs* i e *outputs* j da DMU<sub>k</sub>;

$x_{i0}, y_{j0}$  = *inputs* i e *outputs* j da DMU<sub>0</sub>;

O modelo BCC elaborado originalmente por Banker, Charnes e Cooper (1984) é também conhecido como *VariableReturnScale* – VRS (Retorno Variável de Escala). Como o próprio nome informa, o modelo pressupõe que as organizações sob avaliação apresentam

retornos variáveis de escala podendo ser crescente, decrescente ou constante. Matematicamente, isto equivale a uma restrição adicional ao modelo do Envelope, em resumo as equações 6 e 7 apresentam as formulações conforme Kassai (2002), Guerreiro (2006), Rafaelli (2009) e Ferreira e Gomes (2009):

**Primal (multiplicadores) BCC – I**

$$Max\ Eff_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} - u_0 \quad (8)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s v_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - u_0 \leq 0, \quad k = 1, \dots, n$$

$$u_j \text{ e } v_j \geq 0 \quad \forall j, i$$

$$u_0 \in \mathfrak{R}$$

**Primal (multiplicadores) BCC – O**

$$Min\ Eff_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} - v_0 \quad (9)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} = 1$$

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - v_0 \leq 0 \quad k = 1, \dots, n$$

$$u_j \text{ e } v_j \geq 0 \quad \forall j, i$$

$$u_j \text{ e } v_j \geq 0 \quad \forall j, i$$

Onde:

$h_0$  = eficiência;

$u_j, v_i$  = pesos dos *output* e *inputs*, respectivamente;

$x_{ik}, y_{jk}$  = *inputs*  $i$  e *outputs*  $j$  da DMU<sub>k</sub>;

$x_{i0}, y_{j0} = \text{inputs } i \text{ e outputs } j \text{ da DMU}_0$ ;

$u_*$  = variável que faz referência à variação de escala.

Segundo Rafaelli (2009), a principal diferença na modelagem matemática está na consideração de uma variável irrestrita, que é responsável para variação de escala. Angulo Meza (2005) acrescenta que no modelo de multiplicadores, representados nas equações 6 e 7, as variáveis  $v_*$  e  $u_*$  apresentam as seguintes interpretações:

- Negativo – retorno crescente de escala;
- Nulo – retorno constante de escala;
- Positivo – retorno decrescente de escala.

Segundo Ferreira e Gomes (2009) o indicador de eficiência do modelo BCC corresponde à eficiência técnica, uma vez que está depurada dos efeitos da escala de produção, enquanto o CCR indica uma medida de eficiência global, também denominado como eficiência produtiva. A eficiência de escala pode ser calculada pelo quociente entre o resultado do BBC pelo CCR.

Uma importante extensão dos modelos convencionais surgidos da rápida expansão da aplicação de DEA é a restrição de pesos de insumos e produtos, por meio de incorporação de informações *a priori* gerenciais.

### 3.2.1.1 Modelos DEA Não-Arquimedianos

Lins e Angulo Meza (2000) informam que os modelos básicos de CCR e BCC, têm como característica o livre movimento de valores dos pesos desde que positivos, ou seja, podem assumir valores nulos diminuindo o poder discriminatório da técnica. Cooper, Seiford e Tone (2007) consideram que uma DMU alcança uma eficiência de 100%, somente se seus pesos  $v_i$  e  $u_j$  forem maiores do que zero, de outra forma a unidade sob avaliação é ineficiente ou uma falsa eficiente.

Na programação linear convencional as variáveis de decisão podem assumir qualquer valor não negativo inclusive o zero (modelo arquemediano), para resolver esta questão, Segundo Cooper, Seiford e Tone (2007) citam que Charnes *et al* (1979) apresentaram um modelo em que os pesos são estritamente positivos, introduzindo uma restrição de negatividade, então:  $v_i, u_j \geq 0$  passa a ser  $v_i, u_j > 0$ . Posteriormente foi adicionada uma constante  $\varepsilon$  da seguinte forma  $v_i, u_j \geq \varepsilon > 0$ , onde  $\varepsilon$  é uma constante infinitesimal ou não arquemediana.



A constante do modelo não arquemediano segundo Ferreira e Gomes (2009) é um número muito pequeno na ordem de  $10^{-5}$  ou  $10^{-6}$ , o que acaba não solucionando o problema de pesos irrelevantes e diversas DMU eficientes quando ocorrem. Para o autores uma alternativa é elevar o peso mínimo até uma solução satisfatória, que se verificada na literatura é comumente igual a 30%. Ainda ressaltam que este procedimento não deve ser confundido com os modelos de DEA com restrição de pesos, já que esse visa modificar os pesos com base no “juízo de valor de especialistas”, e o modelo não arquemediano aplica-se uma restrição mínima maior que zero que possibilite respostas adequadas ao problema estudado sob ótica do recorte teórico adotado.

### **3.2.1.2 Considerações e características dos modelos DEA**

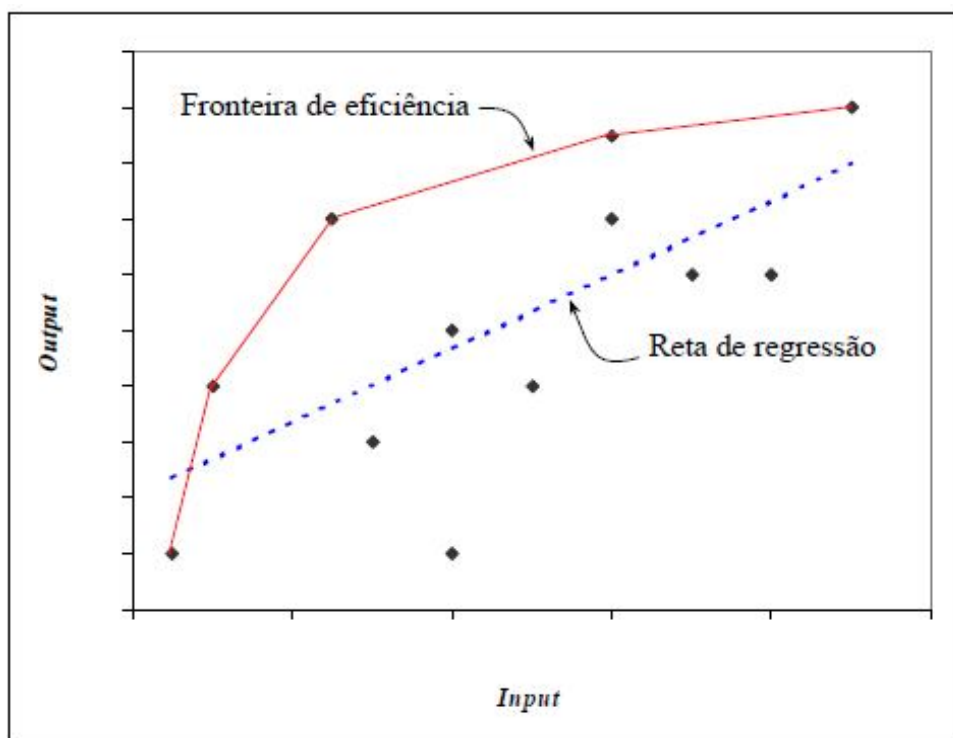
Observando as definições apresentadas por Kassai (2002), Angulo Meza *et al* (2005) e Rafaelli (2009), pode-se definir a Análise Envoltória de Dados como um modelo de programação matemática fracionaria ou linear, de múltiplas entradas e saídas sem necessidade de conversão ou estabelecimento de relacionamento entre elas (não paramétrica).

Segundo Kassai (2002, p. 79) os resultados básicos esperados de um modelo DEA são:

- A identificação de um conjunto de unidades eficientes (que determinam a fronteira de eficiência);
- A medida da ineficiência para cada unidade fora da fronteira (uma distância á fronteira representa a pontencialidade do crescimento da produtividade);
- A taxa de substituição (pesos) que determinam cada região da fronteira de eficiência e caracterizam as relações de valor que ‘sustentam’ a classificação desta região como eficiente.

Guerreiro (2006) concorda que as duas primeiras características foram fundamentais para rápida expansão do método, pois além da métrica oferece uma bússola de como atingir um patamar superior de eficiência. Angulo Meza *et al* (2005) informam que a terceira característica tem utilidade principalmente para auxiliar na identificação de qual o melhor modelo de DEA para avaliar um determinado problema.

Nos autores consultados Lins e Angulo Meza (2000), Kassai (2002), Angulo Meza *et al* (2005), Gerreiro (2006), Rafaelli (2009) e Ferreira e Gomes (2009) é comum a comparação entre a DEA e a Análise de Regressão linear, conforme a figura 11.



**Figura 11** – DEA versus Regressão  
 Fonte: Angulo Meza *et al* (2005)

Nota-se que a reta de regressão obtida pelo método dos mínimos quadrados passa pelos pontos médios e poucas DMU se aproximam desta, esta é uma das técnicas paramétrica que procura estabelecer uma relação entre os insumos e produtos, já a curva produzida pela DEA passa pelos pontos de extrema eficiência da amostra sem se preocupar no estabelecimento de qualquer relação, portanto é uma ferramenta não paramétrica. Mariano, Almeida e Rebelatto (2006) acrescentam que a DEA é uma técnica que se concentra na excelência e não na média.

Charnes *et al* (1994, p. 7-8) destacam as principais vantagens e características do método:

- Tem foco em observações individuais em contraste com as médias da população;
- Produz uma medida agregada individual para cada DMU em termos de sua utilização de insumos para produzir os produtos almejados;
- Pode utilizar simultaneamente múltiplos produtos e insumos, cada um sendo considerado em diferentes unidades de medida;
- Pode ser ajustada para variáveis exógenas;
- Pode incorporar variáveis categóricas;

- É livre de valores e não requer especificações ou conhecimento dos pesos ou preços dos insumos e produtos a priori;
- Não coloca restrições a forma funcional da função de produção;
- Pode incorporar julgamentos quando desejado;
- Produz estimativas específicas das mudanças almejadas nos insumos e produtos para projeção da DMU localizada abaixo da fronteira de eficiência sobre a fronteira;
- Tem ênfase nas melhores práticas identificadas, ao invés das medidas de tendência central; e
- Satisfaz ao critério de equidade estrita na avaliação relativa de cada DMU.

Lins e Angulo Meza (2000, p. 3 e 84) complementam:

- Difere dos métodos baseados em avaliação puramente econômica, que necessitam converter todos os *inputs* e *outputs* em unidades monetárias;
- Os índices de eficiência são baseados em dados reais (e não em formulação teóricas);
- Permite estabelecer cenários para serem testados (“o que aconteceria se...”).

A extensa lista de vantagens corrobora o motivo pelo qual o método é aplicado em diversas áreas do conhecimento e sua fronteira de possibilidade, estudos e aplicações se encontra em plena expansão.

Kassai (2002, p. 83) relaciona as seguintes limitações ou restrições da técnica que devem ser observadas para o correto emprego, possibilitando resultados de maior acuracia, são:

- Por ser uma técnica de ponto extremo, ruídos, tais como erros de medição, podem comprometer a análise;
- Como é uma técnica não paramétrica, torna-se difícil formular hipóteses estatísticas;
- Problemas muito extensos podem consumir elevados tempos computacionais;
- A capacidade discriminatória reduz com o aumento do número de variáveis em relação ao número de DMU.

Estas limitações também são listadas por Lins e Angulo Meza (2000) que enfatizam a questão da seleção das variáveis, tanto na quantidade como na representatividade, apresentando técnicas auxiliares como I-O *Stepwise* e reforçando a questão subjetiva de conhecer profundamente o problema real afim de melhor avaliá-lo.

A análise envoltória de dados, além das vantagens e características, já apontadas, é indicada por Paiva (2000) para problemas de avaliação estratégica de sistemas, com alta variação de processos e uma complexidade moderada.

Em ferrovia, os processos produtivos possuem alta variedade, como observa Marques (1996) este argumento foi utilizado tanto para criação da RFFSA em 1957 bem como para a inclusão das ferrovias no Programa Nacional de Destatização em 1992. Isto se deve a presença de um diverso parque de locomotiva e vagões que empregam tecnologias de diversos períodos e origens, bitolas diferentes e sistemas de controle de tráfego não homogêneos entre as operadoras.

Embora a alta variação do processo de transporte ferroviário seja característica presente no cenário nacional, a complexidade do negócio pode ser considerada moderada uma vez que operam a maior parte de suas cargas em regimes cíclicos o que aumenta a eficiência e a especialização, mas ao mesmo tempo limita a capacidade de atendimento ao grande público, conforme Silveira (2003) não há preocupação com a captação no varejo ou pequenos fluxos como em países Europeus ou nos Estados Unidos.

Portanto como o problema possui as características levantadas por Paiva (2000) que indicam a aplicação do instrumento DEA é adequada para tratamento do problema proposto.

Barney e Hesterly (2007) argumentam que embora não seja possível prever o futuro, prospectá-lo ajuda à empresa a definir no futuro ações baseadas no valor, raridade, imitabilidade, possibilitando à organização de seus recursos e realizar investimentos que a coloquem a frente de seus concorrentes e desafios futuros. Neste ponto pode-se introduzir a discussão do futuro de uma empresa do setor de transporte frente ao PNLT e suas demandas e projeções. Portanto a DEA pode ser utilizada para avaliar aplicação em cenários futuros de recursos de diversas ordens como o operacional em McMullen e Frazier (1998) e Agnetis, Messina e Pranzo (2010), custos em Athanassopoulos, Lambroukos e Seiford (1999) e mesmo análise de políticas setoriais em Bosseti e Buchner (2009).

Portanto a DEA se encaixa como uma escolha adequada para um estudo que tem como pilar o estudo de eficiência operacional no modo de transporte ferroviário nos cenários futuro traçados no PNLT

Dentre os modelos de DEA possíveis para a aplicação, será utilizado o CCR ou CRS, que considera os retornos de escala constante. Uma vez que cada ano alvo (2015, 2020 e 2025) foi analisado por vez e nesta situação não há diferença de tecnologia entre os cenários já que se trata da mesma empresa, portanto não cabe discussão sobre operação em diferentes escalas, não cabendo a aplicação do modelo BCC conforme observações de Paiva (2000) e Guerreiro (2006). Ainda recorrendo a Graham (2006, p. 85-86) esclarece que a maior parte dos trabalhos sobre eficiência e produtividade ferroviária mesmo que não empreguem a análise envoltória de dados partem da premissa que não há diferenças representativas de

tecnologia e modo operante entre as estradas, e que o incremento de volume de transporte se dá pela exploração de capacidade já instalada o que não limita os ganhos de escala quando se aborda questões ligadas a operação.

Como o PNLT oferece os parâmetros quantitativos de transporte e velocidade a serem alcançados, portanto os *outputs* estão fixados. A orientação selecionada, portanto é a de *input*, que visa à otimização de recursos para aumento da eficiência em relação a uma produção que permanece inalterada (Guerreiro, 2006). O posicionamento estratégico por recursos também se adéqua melhor a esta visão já que se avalia estrategicamente a necessidade de insumos, e como um dos resultados básico da técnica é à distância a ser percorrida a determinado alvo (Kassai, 2002) este irá auxiliar no planejamento estratégico.

### 3.2.2 Regressão Múltipla Linear

As considerações sobre a regressão múltipla linear aqui apresentadas são baseadas em Levine, Berenson e Stephan (2000).

A regressão múltipla linear pode ser definida como um método de associação entre no mínimo três variáveis sendo uma dependente e duas independentes, sendo seus principais objetivos a descrição, predição, controle e estimação. É apresentado em forma de uma expressão linear, como na equação 10

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \varepsilon_i \quad (10),$$

onde

$Y_i$  = é a resposta no i-ésimo ensaio,  $X_{i1}$  e  $X_{i2}$  são os valores das duas variáveis preditoras no i-ésimo ensaio;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$  = parâmetros lineares;

$x_{i1}, x_{i2}$  = variáveis independentes;

$\varepsilon_i$  = erro

Os autores salientam que geralmente o erro não é apresentado na formulação, mas pode ser utilizado para ajustes dos resultados.

Para a aplicação com sucesso da técnica recomenda-se que não se violem os pressupostos para regressão, a saber:

- Normalidade – requer que os valores de Y sejam normalmente distribuídos para cada valor Y;
- Homocedasticidade – requer que as variações em torno da linha de regressão sejam constantes para todos os valores de X;

- Independência de erros – requer que o erro (a diferença residual entre valores observados e previsto de Y) deva ser independente para cada valor de X.
- Linearidade – estabelece que a relação entre as variáveis deve ser linear.

Para verificar a não violação dos pressupostos o método de mais amplo emprego e facilidade é a plotagem dos gráficos para análise, que são apresentados no apêndice B.

### 3.2.3 Cenários

Para Buarque (2003) e Heijden (2004) o instrumento de cenários e seus modelos são aplicáveis em última análise para formular estratégias de médio e longo prazo, onde se destaca varias dimensões como: decisão de investimentos, alocação de recursos operacionais, desenvolvimento de recursos humanos, campo de atuação, portfólio, dentre outras dimensões.

Para elaboração desta dissertação, a aplicação deste instrumento é amparada principalmente pelas duas primeiras dimensões. A decisão sobre os investimentos tanto privados quanto os estatais que consomem elevados montantes financeiros, 51,6% do montante previsto pelo PNLT conforme pode ser observado no quadro 11.

Ao mesmo tempo a correta alocação dos recursos operacionais físicos (vagões, locomotivas, linhas, terminais etc.) e de inteligência como o controle do tráfego, são itens de elevada importância nas ferrovias e de complexa mobilização como defende Castro (2002). Assim a prospecção do futuro antevê as decisões para o presente, evita surpresas e o surgimento de novos gargalos, e prepara a empresa para obter o máximo de eficiência operacional possível.

A aplicação dos instrumentos de criação de cenários tem duas vertentes neste trabalho, primeiro possibilitar o entendimento profundo do PNLT, o que permitiu a identificação das variáveis de impacto e suas projeções para o ano 2025. E por fim viabilizou a construção de cenários operacionais para uma determinada empresa ferroviária no ano alvo.

Portanto parte-se do macro para o micro, ou seja, de um programa que aborda todos os modos de transporte em todo o território nacional, para o estudo somente da ferrovia limitada à região sudeste.

Dentre os modelos de cenários possíveis, opta-se pelo extrapolativo com variações canônicas, que é construído a partir da variação de um ou mais parâmetros característicos do futuro sem surpresas (BUARQUE, 2003).

A opção deve-se a construção de cenários a partir dos parâmetros do PNLT tem como vantagem a geração de hipóteses com plausibilidade próxima, e é indicada quando há restrição temporal uma vez que uma pesquisa tipo Delphi ou entrevistas consomem grandes

períodos e equipes numerosas. A principal desvantagem desta opção é citada por Buarque (2003) é a não abordagem qualitativa, o que torna impossível a geração de cenários alternativos ou de ruptura com o modelo do negócio atual.

### **3.3 Desenvolvimento da Pesquisa**

A pesquisa desenvolvida parte do dilema onde as concessionárias de transporte ferroviário público e concedidas à iniciativa privada são dispostas diante de um cenário agressivo de crescimento e tido como necessário ao país pelo poder concedente, neste ínterim surge o problema de pesquisa que foca o primor pela eficiência operacional dentre as outras facetas a serem exploradas. Para saná-lo, sob a ótica de somente uma das ferrovias, partiu-se de um macro cenário dado pelo PNLT, cujos parâmetros geraram por meio de regressões paramétricas as variáveis de diversos possíveis cenários, que analisados sob a ótica da análise envoltória de dados indicam ao gestor um caminho entre o atendimento a demanda e a busca pela eficiência operacional.

A primeira etapa da pesquisa compreende-se na caracterização do problema e o meio em que esta inserida, revelando sua importância (dinamizadora da produção econômica brasileira), viabilidade (disponibilidade pública e interna dos dados) e oportunidade (momento em que a sociedade discute as questões logísticas do país e a importância da ferrovia neste contexto).

Posteriormente efetuou-se a construção das bases conceituais e ferramentais que sustentaram a análise, seguida pela determinação dos marcos metodológicos que visam em última análise à transmissão de como a pesquisa foi construída e possibilitando sua repetição e aplicação para resolução de questões semelhantes o que esta de acordo com as proposições de GIL (2008).

O PNLT, é a base da quarta etapa, constitui-se de uma análise documental dos macro cenários traçados para os vetores logísticos e de transporte brasileiros projetados para o futuro 2015, 2020 e 2025. Dentre os modos de transporte disponíveis, é explorado o ferroviário dentro das microrregiões atendidas pela MRS Logística S/A. Constituindo por dedução, do todo para as partes, os parâmetros dos cenários operacionais.

Os cenários operacionais ferroviários são de grande complexidade conforme asseveram Paixão e Khory (2010), contudo em um processo produtivo uma análise objetiva pode ser conduzida a partir de algumas variáveis críticas e chaves como afirma Slack, Chambers e Johnston (2002), a fim de permitir uma correta análise da eficiência dos cenários

as variáveis foram selecionadas a partir da disponibilidade, o emprego em trabalhos semelhantes e experiência do pesquisador no setor.

A sexta etapa é constituída da construção dos cenários a partir do PNLT, partindo-se do princípio do cenário livre de surpresas em que o futuro repete o passado (Buarque, 2003) efetuou-se uma análise de regressão pelo método dos mínimos quadrados com auxílio do *software* Lab Fit, estabelecendo uma relação entre as variáveis selecionadas e os parâmetros. Este último por sua vez foi explorado dentro de uma amplitude equiprovável dado pela pesquisa do Ministério dos Transportes (2010).

Dentre os cenários constituídos para cada ano sob análise aplicou-se a DEA a fim de se obter o cenário com maior eficiência operacional possível, e quais os alvos devem ser perseguidos pelos gestores a fim de proporcionar à empresa a maximização de seus ativos. O percurso da posição atual de cada ponto até o de máxima otimização gera as variações canônicas.

A oitava e última etapa ocorre com a exploração dos cenários e das possíveis soluções que os tomadores de decisão podem lançar mão para que a organização atinja um elevado patamar operacional. As etapas descritas podem ser mais bem visualizadas no quadro 14.

**Quadro 14** -Etapas da pesquisa

<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>	<b>Procedimento Técnico</b>	
1°	Caracterização do contexto e do problema;		Estudo de caso
2°	Construção das bases conceituais;		
3°	Definição dos marcos metodológico;	Pesquisa bibliográfica e documental	
4°	Análise do macro cenário, determinação dos parâmetros		
5°	Definição das variáveis;		
6°	Construção dos cenários operacionais	Estudo de cenários e regressões paramétricas	
7°	Análise de eficiência operacional	Análise Envoltória de dados	
8°	Exploração dos cenários	Pesquisa operacional, estudo de cenários, pesquisa bibliográfica e documental	

Fonte: Elaboração própria



#### 4.1 Definição dos parâmetros

Os macros cenários conforme Buarque (2003) apresentam um amplo espectro de fatores de análise (geográficos, temporais, financeiros dentre outros) e como plano de saída alguns marcos que podem ou serão alcançados no futuro. Estes marcos servem de parâmetros para o prosseguimento da técnica de cenários em focos mais restritos, principalmente quando visam sua operacionalização (HEIJDEN, 2004).

Barney e Hesterly (2007) e Marcial e Costa (2001) concordam que o foco e a transcrição dos parâmetros de unidades maiores para menores (por exemplo, um estudo sobre a evolução do PIB: país, estado e município) cooperam com sua visibilidade e propiciam a execução do cenário futuro almejado. Como se torna possível dimensionar as necessidades no estrato operacional, a implantação de uma estratégia baseada em recursos alcança maior plausibilidade.

O PNLT abrange todo o campo de logística e de transporte no território nacional com cenários até o ano de 2025. Planejando a expansão, investimento e intervenções, para tal traça parâmetros que quando dimensionados dentro de uma temporalidade ganham corpo de objetivo. O quadro 15 construído a partir do Ministério dos transportes (2010) permite a leitura dos parâmetros de cada setor de transporte de carga.

**Quadro 15** -Parâmetros do PNLT para os modos de transporte

Parâmetros	Modos de Transporte				
	Rodoviário	Aquaviário	Dutoviário	Ferrovário	Aeroviário
Capacidade	X	X	X	X	X
Velocidade	X	X		X	X
Flexibilidade	X				X
Frequência			X		

Fonte: Elaboração própria

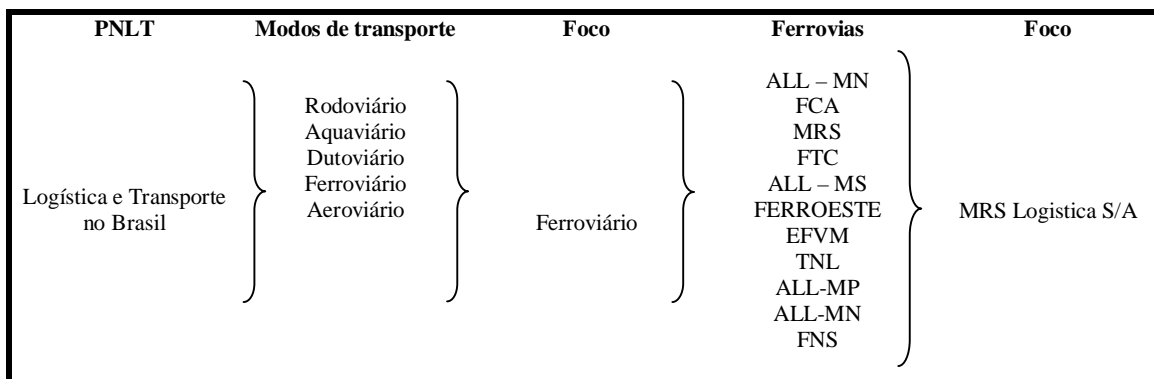
Visualiza-se que os parâmetros utilizados pelo PNLT são parte das características que se deve observar nos modos de transporte como apresentado de forma complementar por Ribeiro e Ferreira (2002), Castro (2002), Ballou (2007) e Novaes (2007), uma vez que para os usuários constituem parte das características definidoras de sua utilização. A capacidade é um parâmetro constante para todos os modos de transporte uma vez que a preocupação central do PNLT é prover o país e atender sua atual e futura demanda, os demais pontos ancoram-se nas principais deficiências levantada nos modos e cenários pesquisados pelo Ministério dos

Transportes (2010). Portanto os parâmetros balizadores dos cenários futuros para a ferrovia são a capacidade e a velocidade.

A unidade de medida de capacidade é a tonelada útil tracionada (TU), geralmente expressa em  $TU \times 10^3$ , é definida como total de carga movimentada na malha no transporte remunerado. A periodicidade de apuração, em regra, é mensal, podendo também ser feita em outros lapsos de tempo, no caso desta dissertação anualmente. Sua aplicabilidade reside na verificação do cumprimento dos planos de transportes no que se refere à carga tracionada (ANTT, 2010).

Por sua vez o parâmetro velocidade que se refere o PNLT é a velocidade média comercial (VMC), que conforme a ANTT (2010) pode ser definida como a relação entre o  $trem.km$  e o somatório dos tempos totais, em horas, despendidos entre a formação e o encerramento dos trens na malha. Têm como unidade de apresentação o  $km/h$ , periodicidade de apuração mensal ou outro lapso de tempo em análise, aplica-se também na verificação da adequação dos planos de transporte, especialmente os tempos alocados à carga e descarga de mercadorias e às janelas de manutenção da via, no transporte de carga.

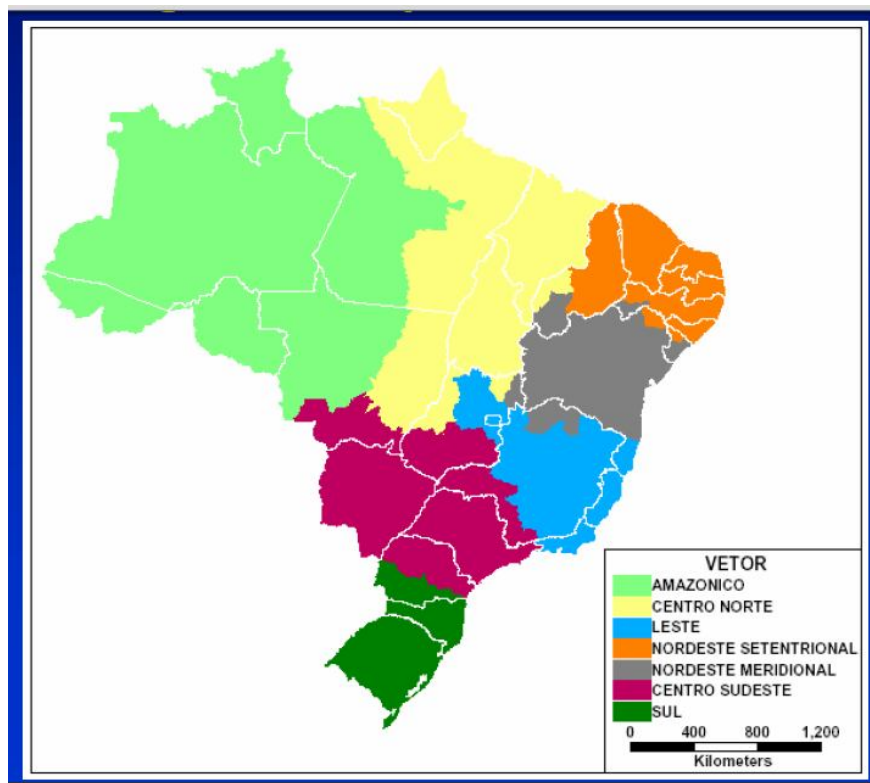
Nesta pesquisa foca-se somente o modo ferroviário de carga, que é composto atualmente por 16 concessionárias e uma subsidiária, e conforme o Ministério dos Transportes (2009) irá contar com mais três estradas de ferro até 2025. Contudo será investigada somente uma concessionária, contemplando assim o esquema de foco representado na figura 12.



**Figura 12** – Foco da pesquisa  
Fonte: Elaboração Própria

Portanto definir os valores dos parâmetros para a ferrovia MRS nos anos de 2015, 2020 e 2025 é o primeiro passo para a construção dos cenários. A VMC é dada de forma direta, contudo a TU é produto do vetor logístico pela oferta de transporte de cada microrregião analisada.

Conforme o Ministério dos Transportes (2010) o vetor logístico é definido como espaço territoriais brasileiros onde há uma dinâmica mais “homogênea” sob o ponto de vista: (a) produções; (b) deslocamento preponderantes nos acessos a mercados e exportações; (c) interesses comuns da sociedade; (d) patamares de capacidades tecnológicas e gerenciais; (e) problemas e restrições comuns, que podem convergir para a construção de um esforço conjunto de superação de entraves e desafios. Foram definidos sete vetores, a saber: (1) Amazônico; (2) Centro Norte; (3) Leste; (4) Nordeste Setentrional; (5) Nordeste Meridional; (6) Centro sudeste; e (7) Sul. Na figura 13 apresenta as dimensões dos vetores.



**Figura 13** – Vetores Logísticos  
Fonte: Ministério dos Transportes (2010)

Cada um dos vetores logísticos foi subdividido nas microrregiões que o compreendem, e somam no país 558, definidas pelo IBGE (2010) como divisão regional do Brasil para fins estatísticos e de planejamento sem representação administrativa, organizando os municípios limítrofes em grupamentos em torno de características homogêneas de fatos físicos, sociais e econômicos.

No PNLT por meio de técnicas de projeção macroeconômica denominada *Economic Forecasting Equilibrium System* – EFES – (projetado em conjunto pela

FIPE, FEA e a USP) reúne 110 produtos que representam 90% do PIB, possuindo mais de 160 mil equações e 600 mil variáveis, somando a um modelo de simulação multimodal que envolve todos os vetores e microrregiões (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2010). Um dos produtos fim deste modelamento é planejamento temporal da demanda total de transporte de carga geral e a respectiva participação de cada modo de transporte por microrregião, e no caso específico da ferrovia a demanda de transporte de minerais ferrosos, metálicos, não metálicos e a carga geral (NIGRELLO, 2010).

A malha férrea da MRS Logística atravessa dois vetores logísticos o Leste e o Centro Sudeste e 20 microrregiões apresentadas no quadro 15 juntamente com a participação no vetor logístico de carga geral nos anos de 2015, 2020 e 2025 baseados nos dados do PNLT constantes no Ministério dos Transportes (2010).

**Quadro 15 – Microrregião e participação do vetor no transporte ferroviário**

Vetor	Estado	Microrregião	Participação do modo ferroviário (%)		
			2015	2020	2025
Leste	Minas Gerais	Juiz de Fora	25	28	33
		Barbacena	25	28	33
		Conselheiro Lafaiete	25	28	33
		Ouro Preto	25	28	33
		Belo Horizonte	25	28	33
		Itaguara	25	28	33
		São João Del Rei	25	28	33
		Andrelândia	25	28	33
	Rio de Janeiro	Vale do Paraíba Fluminense	25	28	33
		Barra do Pirai	25	28	33
		Vassouras	25	28	33
		Três Rios	25	28	33
		Itaguaí	4	5	9
		Rio de Janeiro	2	3	5
Centro Sudeste	São Paulo	Guaratinguetá	1	4	9
		São Jose dos Campos	1	4	9
		Moji das Cruzes	1	4	9
		São Paulo	2	3	5
		Santos	4	5	9
		Jundiaí	1	4	9

Fonte: Elaboração Própria

Nota-se que nas regiões ligadas a agricultura e de influência da indústria metal-mecânica cujos produtos possuem características de *commodities* (baixo valor agregado, grande volume e peso) que possibilitam maior utilização do modo ferroviário. Já nas microrregiões metropolitanas (Rio de Janeiro e São Paulo) a pequena participação ocorre em função da produção industrial destinada ao consumo final e ao grande fluxo de movimentação interna de pequena distância, que não justificaria o uso da ferrovia conforme a matriz de

decisão de Ballou (2007). Nas microrregiões portuárias (Santos e Itaguaí) o percentual reduzido deve-se justamente a grande presença do modo aquaviário. O interior paulista atendido pela MRS permanece com baixa participação devido às características de sua produção volta para o consumo final no varejo.

Os dados de demanda de transporte ou produção são apresentados nos anos marcos em três cenários otimistas, esperados e pessimista, obtidos a partir do modelamento do PNLT com um nível de confiança de 95% segundo o Ministério dos Transportes (2010). A tabela 3 apresenta os dados e milhões de toneladas úteis, sendo a coluna de carga geral obtida pela multiplicação do fator do quadro 15 pelo total da carga disponível na microrregião.

**Tabela 3 – Tonelada útil prevista**

Ano		2015			2020			2025		
Cenários		P <sup>1</sup>	E <sup>2</sup>	O <sup>3</sup>	P	E	O	P	E	O
Estado	Produto									
	MF <sup>4</sup>	107,9	122,3	127,6	108,5	129,7	160,2	115,4	140,3	180,1
Minas	MM <sup>5</sup>	10,5	11	12,1	15,7	18,1	19,7	17,6	19,8	19,9
Gerais	MNM <sup>6</sup>	0	0	0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
	CG <sup>7</sup>	1,9	2,5	3,1	7,2	9,8	12,4	8,4	10,9	14,2
	MF	0	0	0	3,1	16,3	23,5	6,2	18,2	23,4
Rio de	MM	16,7	17,8	20,1	10,3	19,8	23,6	14,1	22,8	25,5
Janeiro	MNM	0	0	0	0,4	0,8	2,4	0,6	1,9	2,6
	CG	14,8	16	18,6	15,2	17,1	20,9	15,5	18,1	23,8
	MF	0	0	0	0	0	0	0	0	0
São Paulo	MM	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2
	MNM	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,3
	CG	17,2	22,8	31,5	23,5	37,6	49,2	29,8	47	52
<b>TOTAL (TU x 10<sup>6</sup>)</b>		<b>169</b>	<b>192</b>	<b>213</b>	<b>184</b>	<b>249</b>	<b>291</b>	<b>208</b>	<b>280</b>	<b>342</b>

Fonte: Elaboração própria

1 P = pessimista; 2 E = esperado; 3 O = Otimista; 4 MF = Minério de ferro; 5 MM = Minérios metálicos; 6 MNM = Minério não metálico; e 7 CG = Carga geral.

O parâmetro velocidade é dado pelo PNLT explicitamente não sendo necessário nenhum artifício para obter seus valores referentes a cada um dos cenários. Sabendo que o nível de confiança dos dados do Ministério dos Transportes (2010) é de 95% foi possível combinar os dados formando os parâmetros dos cenários a serem investigados apresentados na tabela 4.

**Tabela 4 – Parâmetros dos cenários**

<b>Cenários 2025</b>									
	Base Pessimista			Base Estimada			Base Otimista		
TU	197	<b>208</b>	218	266	<b>280</b>	294	325	<b>342</b>	360
Velocidade	32	<b>34,1</b>	36	35	<b>36,7</b>	39	38	<b>40,2</b>	42
<b>Cenários 2020</b>									
	Base Pessimista			Base Estimada			Base Otimista		
TU	175	<b>184</b>	193	237	<b>249</b>	262	276	<b>291</b>	306
Velocidade	29	<b>30,6</b>	32	32	<b>33,4</b>	35	35	<b>37,2</b>	39
<b>Cenários 2015</b>									
	Base Pessimista			Base Estimada			Base Otimista		
TU	161	<b>169</b>	177	183	<b>192</b>	202	202	<b>213</b>	224
Velocidade	23	<b>24,6</b>	26	24	<b>25,4</b>	27	26	<b>26,9</b>	28

Fonte: Elaboração própria

Os parâmetros destacados em negrito são centrais em cada base e retirados do PNL para a ferrovia na região de atuação da MRS, os dados laterais são suas variações de 5% para cima e para baixo já que são as extremidades da margem de confiança da modelagem macroeconômica utilizada pelo Ministério dos Transportes (2010). Obtêm-se nove cenários para cada ano de análise.

Os anos de 2015, 2020 e 2025, foram escolhidos pela disponibilidade de dados e se justificam por se tratar de uma temporalidade usual para elaboração e revisão do planejamento estratégico como sugerem Buarque (2003) e Heijden (2004).

#### 4.2 Seleção das Variáveis

A correta seleção das variáveis a serem explorada é fundamental para o sucesso das principais técnicas empregadas nesta pesquisa. Mendonça (2011) constata que as técnicas de cenários quantitativas quando correlacionam variáveis não portadoras do futuro podem gerar somente ilusões matemáticas, enquanto para aplicação da DEA Ferreira e Gomes (2009) afirmam que o conhecimento profundo do setor em análise deve ser principal forma discriminatória.

Lins e AnguloMeza (2000) e Kassai (2002) sugerem a utilização de técnicas estatísticas para determinação das variáveis destacando-se procedimento de Norman e Stoker (identifica os recursos e os resultados mais relevantes à mensuração da *performance* por meio da construção de uma seqüência de funções de desempenho) e *Stepwise* DEA (alia teste de hipótese com a comparação do efeito da inclusão no modelo DEA). Contudo os autores

ressaltam que não há consenso na literatura sobre a aplicação destas técnicas auxiliares, sendo indicado o seu emprego em caso de grande número de variáveis ou quando há alguma nebulosidade sobre a escolha. Ainda afirmam que frequentemente a melhor opção na literatura é a consulta aos especialistas ou a trabalhos anteriores.

Ainda segundo Lins e AnguloMeza (2000), Kassai (2002), Buarque (2003), Ferreira e Gomes (2009) as principais características das variáveis selecionadas são:

- Relacionamento → Deve haver algo que indique que uma variação no *input* provoque uma alteração no *output*;
- Disponibilidade → os dados devem ser correntes, disponíveis em base históricas que permitam a análise, e ser possível medi-las, estimá-las ou provê-las para cada DMU;
- Familiaridade → as medidas selecionadas devem ser próximas dos gestores permitindo sua assimilação e base para decisão;
- Extensão → os *inputs* e *outputs* devem representar as dimensões operacionais da DMU estuda em relação ao problema abordado. Pouca extensão pode limitar a capacidade de ação, enquanto o excesso pode diminuir o poder discriminatório das técnicas não paramétricas uma vez que mais de uma variável pode conter a mesma informação;
- Confiabilidade → as variáveis devem ter origem em fontes confiáveis, com facilidade de verificação ou sujeitas a constantes auditorias por órgãos externos;

As variáveis, portanto devem atender as características citadas bem como estarem correlacionadas à resolução do problema proposto e os objetivos da pesquisa, e neste foco foram analisadas no quadro 16 a partir de variáveis utilizadas em trabalhos anteriores referenciados e estão disponíveis nos relatórios da ANTT (2011) e MRS (2011) atendendo a exigência de disponibilidade uma vez que os dados são públicos, quanto à confiabilidade todos os dados foram verificados por órgãos externos como a ANTT, Ministério dos Transportes e auditoria contábil independente para envio a CVM e publicação na BOVESPA.

**Quadro 16 – Variáveis utilizadas em trabalhos anteriores**

Variável	Relação ao objetivo fim	Referência
Vagões		Paixão e Khoury (2010); Paiva (2000); Salerian e Chan (2005); Camargo (2010); Ramos (2003); Mendes (1995); Azadeh, Ghaderi e Izadbakhsh (2008); Graham (2006);
Locomotiva		Paixão e Khoury (2010); Paiva (2000); Salerian e Chan (2005); Camargo (2010); Ramos (2003); Mendes (1995); Azadeh, Ghaderi e Izadbakhsh (2008); Graham (2006);
Funcionários		Paixão e Khoury (2010); Paiva (2000); Jitsuzumi e Nakamura (2010); Salerian e Chan (2005)
Malha	Possível	Paiva (2000); Graham (2006); Salerian e Chan (2005); Ramos (2003); Batista (2006); Mendes (1995); Azadeh, Ghaderi e Izadbakhsh (2008);
Tonelada útil		Valdetaro (2008); Paiva (2000); Azadeh, Ghaderi e Izadbakhsh (2008); Salerian e Chan (2005); Ramos (2003); Mendes (1995)
Tonelada por quilometro útil		Paixão e Khoury (2010); Valdetaro (2008); Batista (2006)
Receita		Camargo (2010); Ramos (2003); Valdetaro (2008)
Velocidade		Azadeh, Ghaderi e Izadbakhsh (2008); Batista (2006)
Investimento		Valdetaro (2008)
Despesas Operacionais		Jitsuzumi e Nakamura (2010); Ramos (2003)
Passageiro por quilometro	Não relacionado	Jitsuzumi e Nakamura (2010); Graham (2006); Salerian e Chan (2005)
Externalidade das comunidades lindeiras		Jitsuzumi e Nakamura (2010);

Fonte: Elaboração Própria

A classificação de “não relacionadas” não se refere a qualquer teste estatístico e sim com o alcance e limitações da pesquisa desenvolvida, segue a justificativa de cada item que explica tal classificação:

- Investimentos e Despesas Operacionais – estas dimensões geralmente estão ligadas a trabalhos de viés financeiro ou econômicos e segundo Ferreira e Gomes (2009) e geralmente estão ligadas a medida de eficiência alocativa, como o estudo desenvolvido esta no campo operacional e se estuda a eficiência técnica não há sentido em considerá-las;
- Passageiros por quilômetro – por limitação este trabalho visa somente explorar o transporte de carga por isto elimina-se seu uso;



- Externalidade das comunidades lindeiras – Jitsuzumi e Nakamura (2010) justificam seu uso quando se visa investigar as relações com a sociedade vizinha, embora o PNLT em sua elaboração leve em consideração as questões ambientais e sociais, esta dissertação somente investiga cenário operacionais internos a empresa, como seu uso diverge dos fins da pesquisa, exclui-se.

As demais variáveis são classificadas como “possível” devido a três fatos: (1) possuem relação com o objetivo fim da pesquisa é plausível, (2) segundo a ANTT (2011) podem ser utilizadas como indicadores operacionais, e (3) o seu emprego recorrente em trabalhos cuja finalidade é operacional fornece indício de adequabilidade.

A velocidade e a tonelada já foram utilizadas como parâmetros nos cenários extraídos do PNLT e são os alvos de cada possibilidade. Portanto procuram-se as variáveis que constituem recursos, assim não faz sentido em utilizá-las uma vez que são o fim e não meio. Restam, portanto seis possibilidades a se investigar, cuja análise resumo apresenta-se no quadro 17.

**Quadro 17 – Análise resumo das variáveis candidatas**

<b>Variável</b>	<b>Uso</b>	<b>Aplicado na pesquisa</b>	<b>Análise do Recurso ou Produto</b>
Vagões	<i>Input</i>	Sim	Crítico limita principalmente a capacidade de carga;
Locomotiva	<i>Input</i>	Sim	Crítico limita principalmente a velocidade de tráfego;
Funcionários	<i>Input</i>	Não	Não crítico, a formação de mão-de-obra atualmente realizada pelas ferrovias tendem a tornar-lo farto;
Malha	<i>Input</i>	Sim	Crítico limita a velocidade e a capacidade de carga, será utilizada no sentido extensão dinâmica;
Tonelada por quilometro útil	<i>Output</i>	Não	Não apresenta familiaridade aos gestores, não permitindo uma leitura direta e facilidade na decisão;
Receita	<i>Output</i>	Sim	Facilita a análise e decisão, e resulta diretamente do esforço operacional;

Fonte: Elaboração própria

Para os *inputs*, foca-se a análise sobre a criticidade do recurso para a construção de estratégias e cenários baseados em recursos conforme a propõem Barney e Hesterly (2007). As quatro primeiras variáveis receberam esta classificação quanto ao emprego por reiterado uso na literatura e por serem insumos básicos para a operacionalização e existência da ferrovia.

Os *outputs* recebem esta designação, pois são reconhecidos produtos da operação ferroviária utilizados mundialmente conforme apontam Marques (1996) e Castro (2002). A aplicação na pesquisa é definida em função das características necessárias a uma variável da qual se pretende tomar uma decisão.

Vagões são definidos pela ANTT (2010) como veículos destinados ao transporte de cargas ou passageiros que não podem se mover por meios próprios. Mendes (1995) o define como recurso crítico para qualquer ferrovia uma vez que fatores intrínsecos ao equipamento como capacidade de carga, distribuição de toneladas por eixo, condições de manutenção e velocidade máxima de tráfego, são limitadores da capacidade de transporte instalada e podem constituir gargalo para todo o sistema.

Locomotiva é um veículo impulsionado por qualquer tipo de energia, ou uma combinação de tais veículos, operados por um único dispositivo de controle, utilizado para tração de trens no trecho e em manobras de pátios (ANTT, 2010). A escolha deste equipamento deve-se a sua influência direta na velocidade e capacidade de tração como lembra Ramos (2003), e ainda condiciona indicadores fundamentais como a eficiência energética, lógica e tecnologia do controle do tráfego (CASTRO, 2002). Portanto a disponibilidade adequada do parque de tração de uma ferrovia é um fator determinante de sucesso e alcance de seus objetivos como constatam Azadeh, Ghaderi e Izadbakhsh (2008), portanto constitui-se um recurso crítico.

Esta dupla de variáveis (vagões e locomotivas) é amplamente utilizadas em trabalhos ferroviários por sua representatividade e serem insumos básico que caracterizam o negócio como constata Graham (2006) em relação aos trabalhos ingleses e Jitsuzumi e Nakamura (2010) estende a afirmativa para o espaço internacional. No caso brasileiro deve-se acrescentar que nossa indústria ferroviária embora crescente ainda seja incipiente como atesta a ANTF (2010), dependendo o país de importação destes ativos.

Funcionários, embora a mão de obra possa ser considerada como um recurso crítico, quando segundo Barney e Hesterly (2007) a formação apresenta dificuldades como escassez, tempo elevado de instrução ou habilidades raramente desenvolvidas, este não é o caso da ferrovia no horizonte médio e longo prazo. Nos trabalhos de Marques (1996), Paiva (2000) e

Castro (2002) o recurso operário é constatado como deficitário uma vez que a RFFSA passará anos sem concurso público e a situação inicial deficitária das ferrovias recentemente concedidas impedia grandes investimento em formação e sua atratividade no mercado de empregos era baixa. Reagindo a este fato a ANTF juntamente as ferrovias fundaram a partir de 2007 vários centros de formação para diversos cargos em todos os níveis hierárquicos, com objetivo de suprir a necessidade atual e gerar reserva de mercado futura (ANTF, 2010). Sendo assim no futuro próximo não será mais considerado crítico devido à oferta de mão-de-obra qualificada.

A malha é um conceito composto pela linha (via permanente) e sua abrangência, sendo que a qualidade da via determina questões como velocidade e capacidade de carga, bem como sua amplitude territorial implica na região de captação de carga como define Marques (1996), acrescentando que a situação de conservação e tecnologias retrógrada foram um dos itens que determinaram sua concessão, portanto pode-se considerá-lo como crítico.

Na literatura quando utilizada como variável de análise assume dois sentidos: Extensão territorial e Extensão dinâmica. A primeira trata do comprimento da ferrovia até suas extremidades como exemplo pode se consultar o quadro 1 que apresenta a dimensão das estradas de ferro brasileiras é utilizado principalmente em trabalhos que visam à simples comparação entre as ferrovias como Paixão e Khoury (2010), Paiva (2000) e Graham (2006). A segunda definição informa a extensão total da malha considerando os pátios de manobras e cruzamentos, duplicação ou múltiplas linhas instaladas no mesmo leito, o que interfere diretamente na capacidade e velocidade de transporte como afirma Mendes (1995), é utilizado em trabalhos cuja finalidade é testar hipóteses sobre cenários como em Azadeh, Ghaderi e Izadbakhsh (2008) e Jitsuzumi e Nakamura (2010). Como esta última definição melhor se adéqua aos objetivos da pesquisa neste sentido foi empregada.

A tonelada por quilometro útil é definida como produto da tonelada útil pelos quilômetros percorrido por cada trem, é amplamente utilizada como indicador ferroviário já que segundo Paiva (2000) consegue representar o esforço real despendido pela estrada de ferro, do que a utilização em separado dos indicadores de toneladas de produtos transportados e distância percorrida. Contudo o seu cálculo e sua tradução direta em ações não são tarefas simples como defende Valdetaro (2008) o que contraria o princípio da familiaridade.

A receita deve-se ser lida como receita operacional, pois é a soma de todas as remunerações obtidas a partir do transporte, excluindo-se as receitas alternativas (vendas de sucata, propaganda etc.) e efeitos financeiros (juros recebidos, impostos devolvidos etc.), é apurada anualmente e informada ao poder concedente (ANTT, 2010). Este conceito amplia a

capacidade de decisão dos gestores uma vez que conforme Kassai (2002) pode ser decomposta por produto e representa uma remuneração direta dos esforços operacionais da empresa.

O lucro não foi catalogado entre as variáveis, uma vez que no Brasil as ferrovias concedidas além da operação receberam também a responsabilidade por todos os ativos, o que gera enormes valores de depreciação devido ao imenso ativo imobilizado de baixa liquidez (via permanente, vagões, locomotivas, terminais, estações, dentre outros ativos) que provocam uma grande distorção nos resultados finais conforme Castro (2002), este efeito nasce da natureza e forma que foi efetuada transferência a iniciativa privada escolhida pelo país. Paiva (2000) lembra que o modelo europeu manteve a unidade da rede ferroviária de cada país, pois manteve os caminhos de ferro e o controle de tráfego sob a regência estatal e pulverizou-se a operação por diversas empresas concorrentes.

Portanto as variáveis:vagão, locomotivas, malha e receita, são os fatores de composição dos cenários e seus valores são determinados a partir dos parâmetros em função de técnicas de regressão sobre a evolução histórica da MRS no período pós concessão.

## 4 DESENVOLVIMENTO

### 4.3 Construção dos cenários

Uma das etapas para a construção dos cenários é determinação das equações que melhor representam o comportamento das variáveis em função dos parâmetros definidos, este estudo foi realizado com os dados disponíveis de 1997 a 2010, com auxílio do excel® 2003. Empregando método de regressão linear pelos mínimos quadrados A tabela 5 apresenta este rol tendo como principal fonte a ANTT (2010) sendo que a receita consta em sua versão corrigida pelo IPCA trazidas ao valor de dezembro de 2010, uma vez que uma melhor análise é realizada quando trazemos todos os valores para o valor presente (CASTRO, 2002), o índice foi escolhido por ser oficial, público e utilizado para correção das prestações de arrendamento.

Tabela 5 – Variação histórica das variáveis

Variáveis	TU (t)	Velocidade (km/h)	Vagões	Locomotiva	Malha (km)	Receita (R\$ X 10 <sup>9</sup> )	Receita Corrigida (R\$ X 10 <sup>9</sup> )
1997	49,6	7,5	7995	247	1942	397800,0	886069,9
1998	51,4	7,9	7705	244	1942	444200,0	973266,2
1999	55,1	8,2	8254	247	1942	473700,0	952728,4
2000	66,1	8,2	10106	247	1942	594700,0	1128705,8
2001	68,6	9,0	10673	257	1965	657800,0	1159529,9
2002	74,8	13,4	10646	300	1998	1070000,0	1676114,0
2003	86,2	16,0	10631	323	1998	1350000,0	1934788,0
2004	98,0	16,7	11498	382	2019	1620000,0	2157756,1
2005	108,1	16,8	12928	329	2029	1998500,0	2518590,7
2006	102,0	17,3	14356	473	2062	2273500,0	2777929,8
2007	114,1	17,2	14925	523	2082	2515400,0	2942557,3
2008	119,8	17,2	16641	597	2138	3401000,0	3756890,5
2009	111,0	17,2	17681	675	2182	2275977,0	2410259,6
2010	144,1	18,6	18455	688	2203	2247128,0	2247128,0
Taxa média de crescimento	13,6%	10,7%	9,3%	12,8%	1,0%	33,2%	11,0%

Fonte: Elaboração própria

Pode-se notar que a MRS manteve nos últimos 14 anos forte crescimento médio 13,6% na carga transportada e 11% na receita corrigida, o parâmetro velocidade acompanhou o crescimento registrando 10,7% de variação, os recursos de vagões, locomotivas e malha embora também registrem tendência no mesmo sentido sofreram menor acréscimo o que pode

indicar uma proporcionalidade de ganho de escala a favor da empresa, uma vez que o incremento dos insumos gera resultados de maior amplitude.

Todos os insumos e o produto foram analisados função da TU e da VMC, que resultou nas equações expressas no quadro 18, as verificações dos pressupostos da análise linear múltipla encontram-se no apêndice A.

**Quadro 18** – Expressões de relacionamento entre as variáveis e os parâmetros

Variáveis	Expressão	A	B	C	R <sup>2</sup>
Vagão	$VG = A + B*TU - C*VMC$ (11)	2076,806	47,643	215,537	0,891
Locomotiva	$LOC = - A + B*TU - C*VMC$ (12)	73,489	6,299	7,162	0,799
Malha	$ML = A + B*TU - C*VMC$ (13)	1769,186	3,452	3,480	0,850
Receita	$REC = - A + B*TU + C*VMC$ (14)	474841,7962	7317,549	130915,503	0,747

Fonte: Elaboração própria

Onde: A, B, C = constantes numéricas; VG = Vagões; LOC = Locomotivas; ML = Malha; REC = Receita; TU = Tonelada Útil; VMC = Velocidade média comercial; R<sup>2</sup> = coeficiente de ajuste da equação.

As equações 11,12, 13 e 14 que exprimem as variáveis em função da tonelada útil e da velocidade média comercial foram determinadas com auxílio do Excel® 2003 e os resultados completos se encontram no apêndice A.

Percebe-se que para todos os insumos a VMC contribui negativamente o que notado também nos trabalhos de Mendes (1995) e Ramos (2003), pois segundo os autores quando aumenta-se a velocidade diminui-se a necessidade destes insumos, o que pode ser explicado pela queda no tempo do ciclo carga-descarga que aumenta a capacidade de transporte otimizando os recursos.

Levantada as quatro funções de relação entre os parâmetros e as variáveis propostas para os cenários operacionais ferroviários, construiu-se a tabela 6, que expressa os cenários operacionais da pesquisa.

**Tabela 6 – Cenários**

Cenários 2015									
TU	Base Pessimista			Base Estimada			Base Estimada		
	161	169	177	183	192,4	202	202	213,0	224
Velocidade	23	24,6	26	24	25,4	27	26	26,9	28
Vagões	20744	21726	22709	23862	25009	26155	26444	27727	29009
Locomotiva	771	815	859	905	957	1008	1018	1076	1133
Extensão	2242	2267	2292	2316	2345	2374	2379	2411	2443
Receita	3.759.486	3.982.346	4.205.205	4.021.651	4.258.309	4.494.966	4.351.410	4.605.423	4.859.437

Cenários 2020									
TU	Base Pessimista			Base Estimada			Base Estimada		
	175	184	193	237	249,4	262	276	291,0	306
Velocidade	29	30,6	32	32	33,4	35	35	37,2	39
Vagões	21619	22648	23676	30219	31700	33181	35276	37023	38770
Locomotiva	819	866	913	1192	1258	1325	1415	1493	1572
Extensão	2272	2298	2324	2477	2514	2551	2601	2645	2688
Receita	4.609.980	4.877.602	5.145.224	5.412.854	5.722.733	6.032.612	6.174.649	6.524.622	6.874.595

Cenários 2025									
TU	Base Pessimista			Base Estimada			Base Estimada		
	197	208	218	266	279,6	294	325	342,4	360
Velocidade	32	34,1	36	35	36,7	39	38	40,2	42
Vagões	24251	25418	26586	33777	35446	37114	41870	43965	46059
Locomotiva	939	992	1045	1360	1425	1500	1702	1796	1889
Extensão	2338	2368	2398	2565	2607	2649	2759	2812	2864
Receita	5.211.251	5.510.520	5.809.788	6.033.116	6.375.640	6.718.164	6.905.055	7.293.471	7.681.887

Fonte: Elaboração Própria

As variáveis dos cenários foram projetadas a partir de regressão linear com base histórica de 1997 a 2010. Utilizando os parâmetros (tonelada útil e velocidade média comercial) do PNLT para os anos de 2015, 2020 e 2025 e as equações 8, 9, 10 e 11 geraram os valores esperados para cada cenário se mantidas as condições operacionais, comerciais, tecnológicas e demais condições de mercado.

Na tabela 6, verifica-se que a maior variação absoluta é da receita de R\$ 3.922.401 o que se justifica por se o produto de todo os fatores de produção da matriz ferroviária estudada. A segunda maior amplitude foi obtida pela variável vagão de 25.315 unidades, o que é atribuído ao fato deste item ser responsável pelo transporte uma vez que a ferrovia em foco é classificada como de carga. A variação da malha é de 621 km, o que demonstra a importância do item para a lógica de tráfego e capacidade de transporte. A locomotiva responde pela menor variação, 1118, o que indica que este recurso pode ser maximizado e esta mais próxima das necessidades futuras da companhia.

#### 4.4 Análise de Eficiência Operacional

A análise de eficiência operacional dos cenários levantados foi procedida por meio da Análise envoltória de dados no modelo CCR com orientação *input* resolvidos no *Excel*® 2003 com auxílio da ferramenta *solver*, com cenários agrupados conforme o ano base. Para o ano de 2015, os principais resultados são apontados na tabela 7.

Tabela 7 – Resultado inicial para 2015

Bases 2015		Pessimista			Esperada			Otimista		
DMU		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Eficiência (%)		92,9	96,9	100	93,8	96,9	100	97,4	98,6	100
Peso dos Inputs	Vagões (%)	0,005	0,0005	0,0004	0	0	0,002	0	0	0,001
	Locomotiva (%)	0	0	0	0	0	0	0,05	0,04	0,01
	Extensão (%)	0	0	0	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0

Fonte: Elaboração própria

A tabela 7 revela pela proximidade dos valores de eficiência o baixo poder discriminatório do modelo DEA adotado inicialmente, pois há três resultados 100% eficientes e a maior parte dos pesos é igual a zero. O que intuitivamente pode ser atribuído o fato de todas representarem um pronlogamento do mesmo passado. Contudo a principal causa para tal resultado apresentado pela literatura é a plena flexibilidade na escolha dos pesos em busca do melhor *score* de eficiência para cada DMU como destaca Lins e AnguloMeza (2000) e Ferreira e Gomes (2009, p. 228) asseveram: “atribuir pesos zeros a insumos e produtos pode não ser aceito como pertinente pelos especialistas do setor em análise”. No caso os insumos extensão e vagões apresentaram quase todos os resultados zero para peso o que implica em uma participação inexpressiva na decisão *do ranking* de eficiência, como esta constatação replicou-se para os anos base de 2020 e 2025, o que tornou necessário a aplicação de alguma técnica capaz de sanar o problema.

Para sanar esta dificuldade aplicou-se o modelo não arquemediano com coeficiente de  $5 \times 10^{-6}$ , que visou impedir o seu livre movimento. A aplicação desta variação do modelo básico permite uma melhor convergência para um verdadeiro valor de eficiência (FERREIRA e GOMES, 2009). Portanto visa aumentar o poder discriminatório e evitar o zero como fator multiplicador, os resultados estão apresentados na tabela 8.



**Tabela 8 – Resultado DEA cenário 2015 não arquemediano**

Bases 2015		Pessimista			Esperada			Otimista		
DMU		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Eficiência (%)		99,0	99,5	100	92,7	95,1	97,5	93,8	96,3	98,6
Peso dos Inputs	Vagões(x 10 <sup>-3</sup> )	0,014	0,014	0,043	0,013	0,012	0,11	0,011	0,011	0,01
	Locomotiva (x 10 <sup>-3</sup> )	0,903	0,854	0,005	0,232	0,219	0,208	0,206	0,195	0,185
	Extensão(x 10 <sup>-3</sup> )	0,005	0,005	0,005	0,212	0,209	0,206	0,206	0,203	0,201

Fonte: Elaboração própria

O primeiro resultado perceptível é a queda no número de DMU eficientes de três para um o que revela um aumento considerável no poder discriminatório da técnica. Para os outros anos base a aplicação do artifício não arquemediano revelou iguais resultados, portanto habilita-se o prosseguimento da análise.

A tabela 9 apresenta os resultados de *score* de eficiência e outros resultados do DEA para todos os anos bases.

**Tabela 9 – Resultado DEA para 2015, 2020 e 2025**

Bases		Pessimista			Esperada			Otimista		
DMU		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Eficiência (%)	2015	99,0	99,5	100	92,7	95,1	97,5	93,8	96,3	98,6
	2020	99,3	99,6	100	90,0	92,2	94,4	92,9	95,0	97,4
	2025	99,4	99,7	100	88,9	90,9	93,0	78,1	90,5	92,5
Alvos 2015	Vagões	20554	21631	22709	22130	23801	25511	24816	26967	28620
	Locomotiva	764	811	859	839	911	983	955	1036	1118
	Extensão	2037	2165	2292	2148	2232	2315	2232	2321	2410
Alvos 2020	Vagões	21479	22578	23676	27201	29244	31323	32794	35180	37753
	Locomotiva	814	863	913	1073	1160	1250	1315	1418	1531
	Extensão	2070	2197	2324	2229	2319	2408	2418	2522	2617
Alvos 2025	Vagões	24100	25342	26586	30052	32341	34538	32738	39819	42607
	Locomotiva	933	989	1045	1201	1296	1396	1331	1626	1747
	Extensão	2140	2269	2398	2282	2371	2465	2157	2547	2649

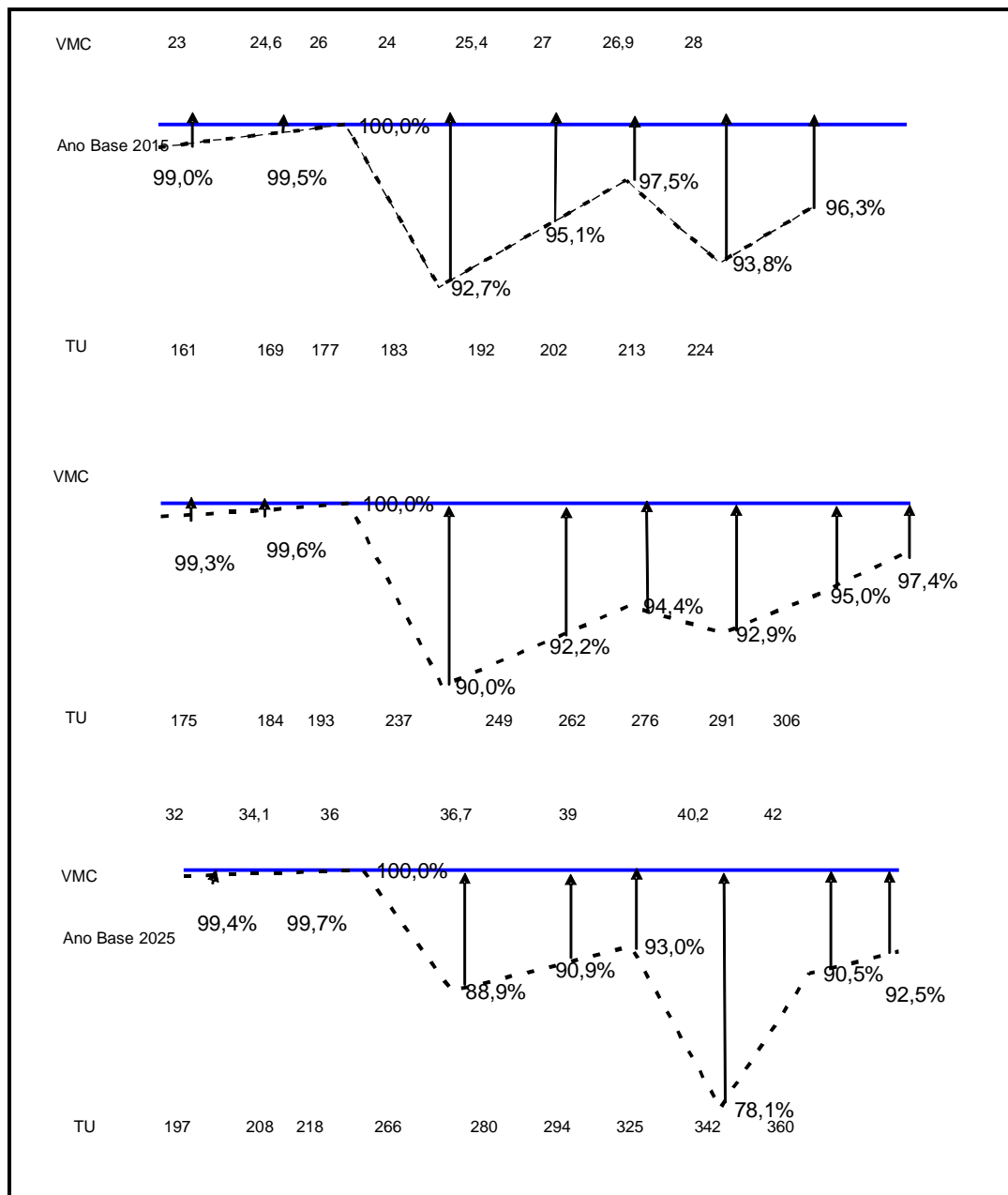
Fonte: Elaboração própria

A DMU “C” apresenta todos os seus alvos iguais à prospecção inicial dos cenários, pois apresentou 100% de eficiência em todas as análises, ou seja, neste ponto dado os parâmetros TU e VMC, as equações paramétricas produziram para os recursos vagões,

locomotivas e malha a melhor combinação possível para a receita a ser alcançada. Contudo outros pontos geram melhor resultado operacional (receita) e o seu transporte podem ser estabelecidos como meta pelo poder concedente, contudo todos podem sofrer intervenção para otimização dos recursos, neste ponto alicerça-se o planejamento a partir do estudo cenário uma vez que mudar o curso do futuro é um dos seus paradigmas adotados nesta dissertação em conformidade com Buarque (2003) e Heijden (2004) e pode ser revisto no quadro 8.

A variação canônica dos cenários pode ser obtida pela variação de uma ou mais variáveis dos cenários ora em estudo como afirmam Marcial e Costa (2001) e Buarque (2003) sendo o mais comum a variação dos insumos ou da demanda esperada, neste trabalho aplicou-se a eficiência como ponto de diferenciação, o que pode denominar-se como “variação canônica por eficiência”, para ilustrar este campo de amplitude apresenta-se a figura 14.

As equações de regressão paramétricas não lineares geraram os cenários livres de surpresas, contudo estes não são 100% eficientes, com exceção do cenário “C”, ajustar estas folgas aproximando cada cenário da fronteira de eficiência gera uma série de possibilidades que se diferenciem do passado e que exigem ações diferentes do passado. A área destacada contém “n” possibilidades que podem ser utilizadas para o planejamento, acompanhamento e posicionamento do tomador de decisão, configurando-se em um mapa estratégico por eficiência.



**Figura 14** – Mapa Estratégico por eficiência  
 Fonte: Elaboração própria

Embora seja uma tendência do tomador de decisão ter como alvo a máxima eficiência operacional, já que segundo Ballou (2007) este é o ponto onde se tende a obter o maior retorno possível sobre os ativos, este ponto nem sempre é alcançável por uma organização empresarial que é constituída por diversas áreas além da operação assim por questões políticas, sociais, comerciais e econômicas, nem sempre é possível conseguir a máxima aplicação dos recursos como lembra Barney e Hesterly (2007) devido à complexidade

envolvida nas relações internas e externas, desta forma detectar o ponto onde a DMU se encontra torna possível a promoção de ajustes na estrutura de atividade econômica fim.

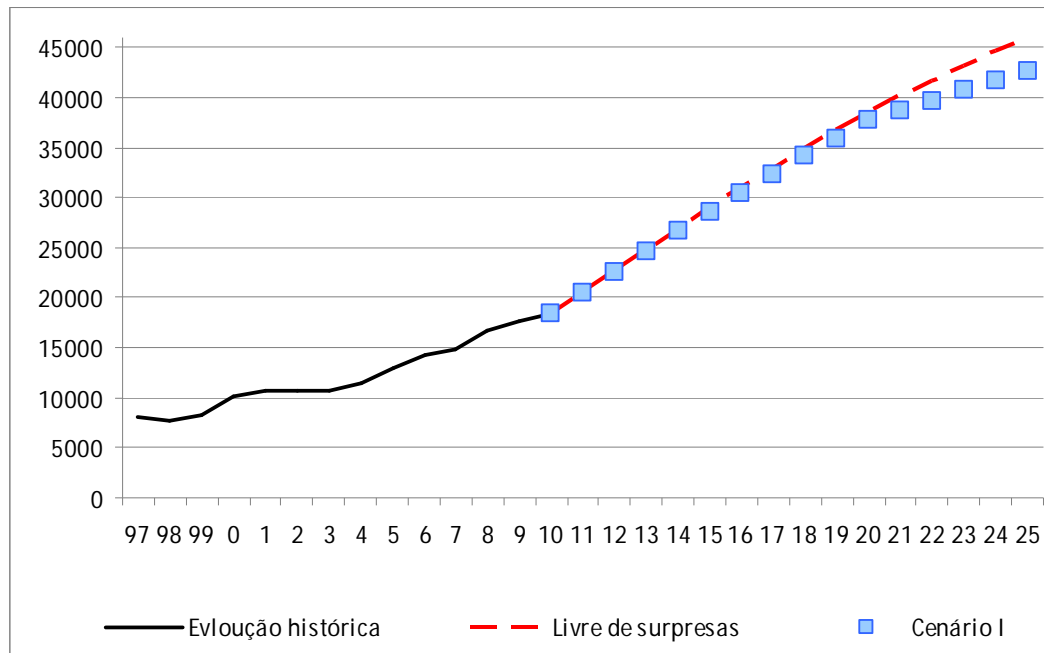
#### **4.5 Resultados**

Pode-se observar que a figura 20 encerra diversas possibilidades de planejamento uma vez que cabe aos gestores da empresa definir em que ponto de eficiência ocorrerá à operação, no presente trabalho considerou-se o ápice da receita em cada ano base como o alvo a ser conquistado o que coincide com o ponto máximo da capacidade de carga o que pode ser uma provável meta estabelecida pelo poder concedente, ou seja, as DMU “T” da tabela 9 que será utilizado como exemplo da implementação proposta. Uma vez que para Barney e Hesterly (2007) e Ghemawat (2007) a finalidade da empresa de administração privada é obtenção do maior retorno financeiro possível e Marques (1996) e Castro (2002) lembram que o não cumprimento das metas de produção estabelecidas podem levar a perda da concessão, caso já ocorrido com a Brasil Ferrovias em 2007 (ANTF, 2011). O Plano descrito é construído a partir de cada variável estuda dado que a demanda é admitida como certa uma vez oriunda do PNLT. As proposições apresentadas não encerram um produto fechado podendo sofrer melhorias, ampliações, contribuição de outros estudos, e principalmente revisões no decorrer do tempo, pois como destacam Buarque (2003) e Heijden (2007) o planejamento baseado em cenários é uma ferramenta que não tem nenhum valor se usada como um guia prescritivo isolado ou se após o esforço de construção for utilizado somente com adorno.

Este trabalho apresentou dois resultados um principal representado pelo o estudo das variáveis do mapa estratégico (figura 20) aqui somente explorado para o cenário “T”, é um secundário que é o planejamento de cenários por variação canônica.

##### **4.5.1 O Cenário “T”**

A primeira variável a ser estuda são os vagões, que são os componentes que recebem as mercadorias a serem transportadas, ou seja, sua quantidade varia principalmente em função do volume, do tipo de carga e velocidade de tráfego. A figura 15 mostra os comportamentos esperados para o recurso de 1997 a 2025.



**Figura 15** – Comportamento do recurso vago  
 Fonte: Elaboração própria

Na figura 15 a fim de facilitar a visualização os anos de 1997 a 2025 foram representados somente com seus algarismos finais. A linha sólida demonstra a evolução histórica do recurso, enquanto a linha tracejada representa o cenário livre de surpresas e os quadrados representam cenário “I” sobre o qual esta construído o planejamento proposto.

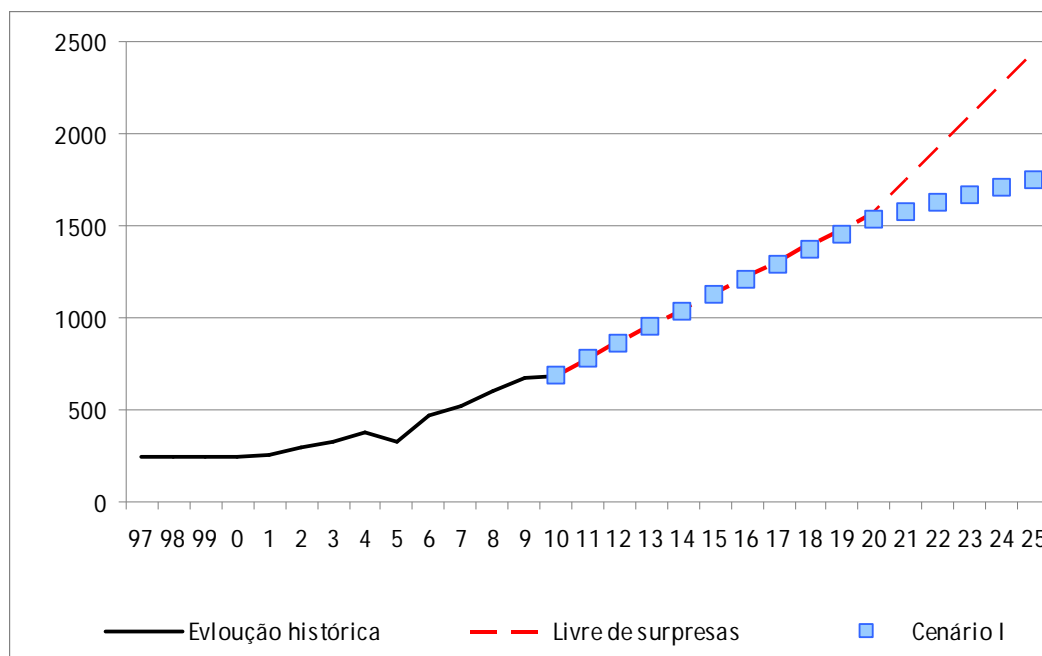
Nota-se que em 2025 a diferença entre o cenário I e o livre de surpresas é de 2.452 unidades o que ilustra o quanto de recurso seria subutilizado, caso decida-se pela manutenção do *modus operandi*. O crescimento médio esperado entre os quinquênios de 2015, 2020 e 2025 são respectivamente: 11,4%; 6,9% e 5,0%. Ou seja, compatíveis ao crescimento médio registrado nos últimos 14 anos que foi de 9,3% conforme a tabela 3. A variação entre 2010 e 2025 será de 91% enquanto de 1997 a 2010 chegou a 130%. A comparação dos índices médios e de variação total indica possível viabilidade desta expansão, uma vez que Buarque (2003) salienta que em estudos de cenários por variação canônica, um dos indicativos de portabilidade do futuro e que o fato já tenha sido verificado no passado.

A locomotiva tem como umas das principais características sua versatilidade, uma vez que o equipamento pode ser utilizado em qualquer fluxo de carga. Conforme Ramos (2003) esta vantagem somente foi alcançada graças a evolução tecnológica, autora cita como exemplo os trabalhos cita dePertense (1974) e Daganzoet *al*(1983) que chegaram a definir a especialização das máquinas como forma de aumentar a eficiência energética. Atualmente

somente prevalece a diferenciação entre o transporte de carga e passageiros, basicamente em função da velocidade, segurança e esforço trator exigido (GRAHAM, 2006).

Marques (1996) afirma que a situação encontrada pelas concessionárias em 1996 era de grande atraso técnico, má conservação do parque de tração e prática de canibalismo (retirar peça de uma máquina para outra) devido à falta de investimentos. No caso da MRS a situação reverte-se com grande aporte financeiro, compra de novas máquinas, desenvolvimento e compra de sistemas auxiliares a operação (MRS, 2010), contudo conforme dados da ANTT (2010) ainda há em trabalho equipamentos que datam de 1968.

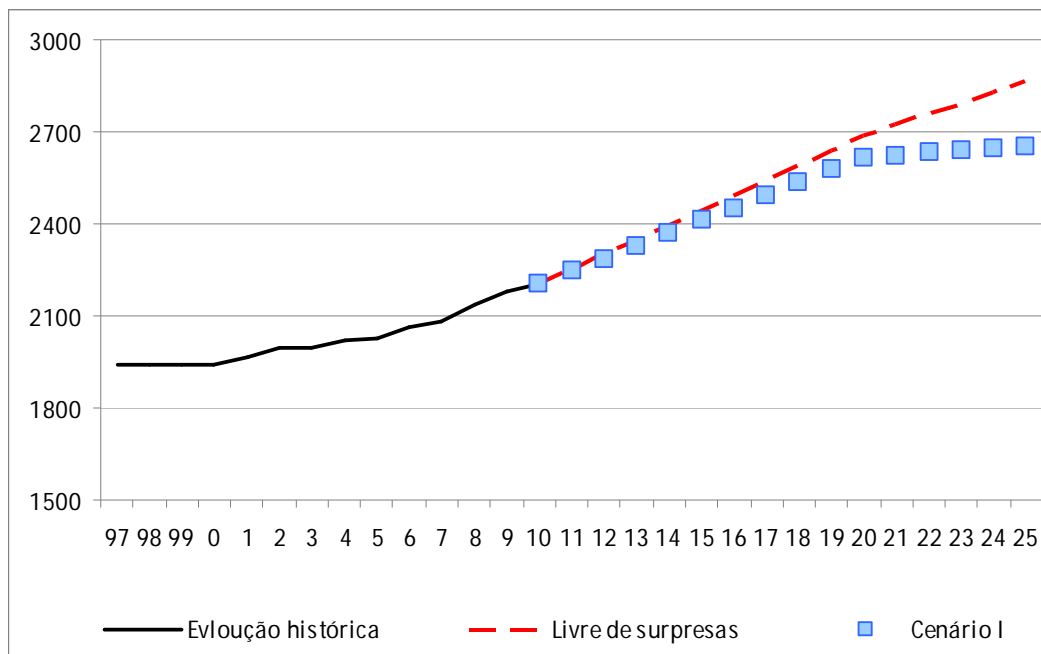
A evolução deste recurso é fundamental para sanidade operacional da malha, a figura 22 apresenta a evolução histórica, a livre de surpresas e a do cenário “T” proposto, utilizando dos mesmos recursos visuais informado para a figura 16.



**Figura 16**– Comportamento do recurso locomotiva  
Fonte: Elaboração própria

No período de evolução histórica nota-se um crescimento de 247 unidades em 1997 para 688 em 2010, ou seja, um crescimento médio anual de 13,7%, o pico negativo registrado em 2005 deve-se a devolução a RFFSA de máquinas, cuja fabricação datava da década de 1960. O cenário livre de surpresas chega a 2025 com um total de 2.443 locomotivas enquanto o cenário “T” aponta a necessidade de 1.747 para uma eficiência operacional de 100%.

A ampliação da malha (extensão) visa aumentar a capacidade de tráfego pelos extremos da ferrovia, tendo como principal efeito o aumento da TU transportada, o número de trens e a velocidade média comercial e de tráfego como se observa de forma complementar em Ramos (2003) e Mendes (1995). A figura 17 apresenta o comportamento da variável extensão, foram adotados os mesmo critérios visuais das figuras 15 e 16



**Figura 17**– Comportamento do recurso extensão  
 Fonte: Elaboração própria

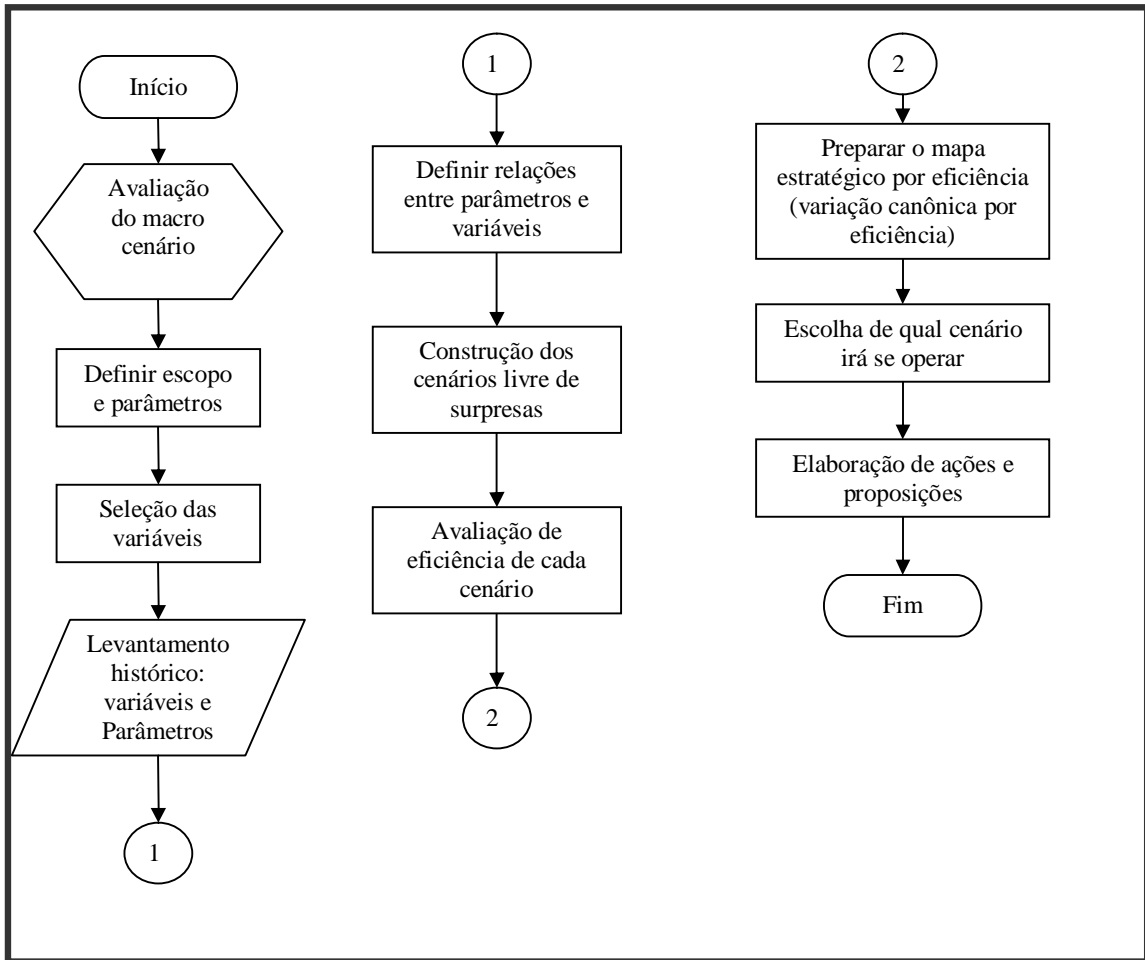
Dos recursos avaliados este é o que apresenta maior crescimento necessário para suportar a demanda futura se considerarmos o cenário livre de surpresas, no entanto no cenário “I” que prima pela eficiência o resultado a extensão quilométrico pouco irá aumentar. Em 2025, no cenário de variação canônica por eficiência, alcançará o total de 2.649 km, ou seja, um crescimento de 20,2% da disponibilidade atual.

#### 4.5.2 Variação Canônica por eficiência

Como subproduto desta dissertação destaca-se o meio utilizado para a resolução de seu problema central que se resume em um protocolo para construção e exploração de cenários de variação canônica por eficiência, construído a partir de um macro cenário pré desenvolvido.

Define-se como protocolo, pois conforme a classificação de Gil (2008) é um conjunto de regras e direcionamentos da forma como fazer algo, diferencia-se de método e modelo nas questões de profundidade, generalização e validação. Contudo isto não impede sua

aplicação em diversos campos como no próprio PNLT que dentro de seus cenários engloba diversas empresas de transporte marítimo, aéreo e terrestre, ou ainda, em outros macros cenários indicados por Buarque (2003), a saber: Brasil 2020, Desenvolvimento da Amazônia e Geração e Distribuição de Energia no Brasil, sempre com o intuito de traduzir cenários amplos para um mais estreito e focado na operacionalização em determinada organização. O esquema do protocolo é apresentado na figura 18 sob forma de um fluxograma.



**Figura 18**– Protocolo para Cenário de variação canônica por eficiência  
Fonte: Elaboração própria

O primeiro passo para a construção de cenários de variação canônica por eficiência é a exploração profunda do macro cenário de onde será derivada, entendendo a sua forma de construção, setores envolvidos, inter-relações existentes, enfim entender as nuances sob o assunto que se deseja tratar. Este passo fornecer indicativos e base para escolha do melhor modelo de DEA a ser aplicado para avaliação de eficiência, bem como os principais conceitos que deverão ser revisados.



A seguir deve ser processada a definição dos parâmetros, que equivalem às variáveis que são portadoras do futuro, ou seja, alvos básicos do macro cenário a partir do qual serão traçados os cenários operacionais. Esta seleção deve ser norteada pelo escopo de abrangência pretendido: setor, região, tempo e outros marcos que delimitem qual fatia do cenário mais amplo será explorada.

A terceira etapa constitui-se no levantamento das variáveis onde se devem seguir critérios rigorosos de representatividade, uma má seleção pode comprometer a utilidade do trabalho, três questões centrais devem ser verificadas: (1) o recurso é crítico para o sucesso da empresa e tende a permanecer desta forma no futuro (Barney e Hesterly, 2007), (2) As variáveis devem possuir relação com o objetivo fim da pesquisa, e (3) serão capazes de fornecer uma medida de eficiência relevante. Para auxílio nesta fase pode se recorrer a consulta a especialista, a literatura e ainda métodos estatísticos citados por Lins e AnguloMeza (2000) e Ferreira e Gomes (2009).

Seguido a seleção de variáveis, é necessário realizar um levantamento histórico inclusive dos parâmetros, que devem prover de fontes confiáveis e serem quantitativos para que seja possível aplicação da quinta fase que é a definição das equações que exprimem a relação entre os dados levantados. Conforme Mendonça (2011) geralmente em estudos de cenários opta-se por regressões não lineares que também exprimem o comportamento da variável conforme a evolução dos parâmetros, o que pode indicar uma melhor portabilidade do futuro, entretanto outros métodos de previsão podem ser utilizados observando sempre a representatividade da curva encontrada.

A sexta etapa é a construção dos cenários futuros baseado nos parâmetros dados pelo macro cenário em estudo, obtendo-se as variáveis operacionais (ou outro foco do estudo) que se obterá no futuro observando-se a margem de incerteza ou confiança do estudo balizador, assim obtém os cenários livre de surpresas. Prossegue-se então avaliação de eficiência por meio do modelo DEA mais adequado (maior poder discriminatório) onde cada cenário levantado é considerado uma DMU.

O oitavo passo é a construção do mapa estratégico onde se visualiza toda a variação de eficiência que pode ser obtida por meio de cada DMU projetada a 100% de eficiência, portanto obtém-se “n” cenários, ou seja, obtém, portanto a variação canônica por eficiência dos cenários. Neste ponto o protocolo apresentado gera uma ferramenta útil para a organização sob estudo uma vez que possibilita que o gestor se localize e determine em qual nível de eficiência deseja operar, esta escolha é uma fase fundamental que se desdobra na

décima fase que é a elaboração de ações e proposições para alcançar por meio da estratégia orientada por recursos o objetivo traçado.

#### 4.6 Discussão dos Resultados e Proposições

Primeiramente será apresentada a discussão quanto aos resultados para o cenário “I” a 100% de eficiência, posteriormente as considerações sobre o protocolo para a construção de cenários de variação canônica por eficiência.

A necessidade do recurso vagão se dá em função do aumento da TU, tamanho das composições e número de trens. Os parâmetros do cenário “I”, apresentados na tabela 6, apontam crescimento de 150% de 2010 até 2025, ou seja, 10% por ano, o recurso vagão não cresce na mesma proporção já que é maximizado em função do aumento da velocidade que proporciona acréscimo de trens na malha, tendo em vista que cada composição férrea ocupará menor espaço de tempo dentro da malha. Por outro lado o aumento da malha com inserção de duplicações e pátios proporciona a possibilidade de crescimento no número de vagões em trens unitários, como demonstra os relatórios da MRS (2010 e 2011), onde no lugar da tabela padrão de 132 vagões já circulam em teste trens de 160 vagões e projeta-se ampliação para 220 a 280 unidades de carga. Outro fator importante para apresentações de ações é o tipo de carga a ser transportada, na MRS predomina dos grupos, minérios (ferrosos, metálicos e não metálicos) e carga geral (produtos siderúrgicos, cimento, contêiner e demais cargas), baseado em dados do PNLT disponíveis em Ministério dos Transportes (2010) e da produção atual em MRS (2010) construiu-se a tabela 10.

**Tabela 10** –Evolução da TU por tipo de carga

Grupo de carga (TU)	Anos base							
	2010		2015		2020		2025	
	Volume	Parti. (%)	Volume	Parti. (%)	Volume	Parti. (%)	Volume	Parti. (%)
Minério	118,1	82,0	162,9	76,5	220,9	75,9	266,2	77,8
Carga Geral	25,9	18,0	50,1	23,5	70,1	24,1	75,8	22,1
Variações em relação ao ano anterior (%)								
Variação	-	-	37,9	-6,7	35,9	-0,8	20,5	2,5
	-	-	93,4	30,6	39,9	2,6	8,1	-8,3

Fonte: Elaboração própria

Visualiza-se que a carga geral apresenta um crescimento abrupto quanto a volume absoluto nos dois primeiros quinquênios (93,4 % e 39,9% respectivamente), enquanto o

minério mantém um crescimento de mesma ordem de grandeza, contudo decrescente. Verifica-se, ainda que haja uma discreta queda na participação do minério no *mix* de transporte, pois conforme atesta MRS (2010) houve concentração no transporte de minério em sua gestão de 68% em 1997 para 82% em 2010, pelo planejamento do PNLT em 2025 este grupo de carga terá 77,8% de participação, tendo em vista que um dos seus objetivos é racionalização da matriz de transporte (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2010)

Para o seguimento de carga geral no período de 2010 a 2015 sugerem-se duas ações: compra de vagões e melhoria do desempenhos terminais de carga e descarga. A primeira ação visa aumentar a capacidade da carga geral que tende a concentrar-se no carregamento siderúrgico e de contêineres que é atendido pelo mesmo tipo de vagão, no caso o plataforma (constituído por uma longa prancha metálica permitindo a amarração de diversos tipos de cargas). Esta tendência apresenta por MRS (2011) acarreta na necessidade de investimento na capacidade de processamento dos terminais, pois o produto siderúrgico segue principalmente o fluxo de exportação enquanto o de contêiner o de importação, portanto uma rápida carga/descarga aumenta a disponibilidade do ativo para o transporte.

Para o minério duas ações cabem em curto prazo a compra de vagões e o investimento em tecnologias que o aumentem da velocidade do ciclo dos vagões, pois como indicado por MRS (2010 e 2011) nos períodos chuvosos registra-se perda de transporte devido ao fato de se agregar o material nas paredes da caixa dos vagões o que acarreta na inserção de tempos de limpeza, também ocasiona a redução da velocidade de tráfego e em alguns casos gera acidentes devido à carga excêntrica, para tal sugere-se o investimento em revestimento das caixas dos vagões por placa de polipropileno (ou outro material que evite a aderência) ou ainda a adição química de algum dispersante de umidade.

Para sustentar o plano de crescimento de vagões para 2015 - 2020 a compra de novas unidades continua sendo uma ação fundamental, uma vez que os crescimentos da carga geral e do minério apresentam taxas de 35,9% e 39,9% respectivamente como pode ser verificado na tabela 10. Com o aumento do fluxo da carga geral sugere-se a criação de trens unitários e investimento em flexibilidade quanto ao tipo de carga, como berços móveis para vagões e adaptações tipo contêiner para cargas especiais frigoríficas, cimentos, dentro outras.

Para o período de 2020 a 2025, o crescimento da carga geral cai para 8,1% o que pode ser suprido com a compra de novas unidades, contudo para o minério, esta ação pode ser mitigada com investimento em aumento de capacidade por aumento do tamanho da caixa e troca dos componentes de distribuição de peso nos eixos. Esta ação somente é possível a

longo tempo, pois é necessário adequação da via permanente e adaptação de tabelas completas para garantir a dinâmica de tráfegos das composições férreas.

O aumento da capacidade de vagões irá diminuir a necessidade de número de unidades apontado na análise de eficiência, uma vez que esta considera a manutenção da TU unitária disponível para carga, contudo pode diminuir o investimento em ativos.

Para a variável locomotiva, na figura 22, no período de evolução histórica nota-se um crescimento de 247 unidades em 1997 para 688 em 2010, ou seja, um crescimento médio anual de 13,7%, o pico negativo registrado em 2005 deve-se a devolução a RFFSA de máquinas, cuja fabricação datava da década de 1960. O cenário livre de surpresas chega a 2025 com um total de 1272 locomotivas enquanto o cenário “T” aponta a necessidade de 1081 para uma eficiência operacional de 100%.

O maior crescimento do recurso apontado é para o intervalo de 2010 a 2015, onde no cenário eficiente a empresa passará de 668 unidades para 1.118, ou seja, um crescimento médio anual de 12,5% que é inferior a registrada no período pós-concessão donde verificasse que o aporte é possível coincidindo com o plano de crescimento divulgado pela empresa em MRS (2011) e reforçado pelo fato da principal fabricante de locomotivas de carga do mundo atualmente a *General Electric* – GE, ter-se instalado no Brasil devido à demanda crescente prevista para o setor nas próximas décadas (ANTF, 2010). A principal ação proposta para este período é a compra de novas unidades.

No quinquênio de 2015 a 2020, a evolução esperada é de 1.118 para 1.531, portanto bastaria a adição de 413 locomotivas, contudo a demanda real neste período tende a ser maior, já que as locomotivas possuem uma vida útil média de 40 anos conforme a ANTF (2010) e como a MRS herdou da RFFSA uma frota basicamente adquirida ao longo da década de 1970, a renovação da frota será uma ação necessária. Neste período tende-se a consolidar a implementação de duas tecnologias acessórias, cuja implantação deve iniciar-se no período anterior, é o Locotrol, que embora seja o nome do equipamento e não uma sigla pode ser explicada como controle local de locomotiva, permitindo que se controlem outras máquinas que estão operando no mesmo trem de forma independente geralmente via sinais de rádio e o SAI (Sistema de Aceleração Independente) analisados por Leal e Silva (2009).

O Locotrol permite a operação de mais de um conjunto de locomotivas simultaneamente permitindo a implantação da tração distribuída ao longo da composição férrea o que é necessário para o crescimento do tamanho dos trens, quer seja pelo esforço exigido e pelo perfil geométrico da via permanente que atravessa duas regiões de serra, possuindo variação de 0 a 1285 m de altitude.

OSAI, foi desenvolvido e patenteado pela MRS, e constituiu-se em um equipamento que permite a aceleração de cada máquina em um ponto sendo possível o desenvolvimento de um esforço trator adequado evitando o uso excessivo de combustível e do sistema de frenagem. Estas duas tecnologias dependem não só da instalação dos equipamentos nas cabines de comando, mas sim da comunicação entre máquinas, que devido à presença de grande quantidade de túneis, curvas acentuadas dentro de cortes e outros obstáculos são de implantação longa, portanto estima-se 10 anos para sua completa implantação na malha.

Para o próximo lapso temporal, de 2020 a 2025, a necessidade somente cresce em 216 locomotivas, logicamente a compra real deve-se pautar na observação anterior sobre renovação de frota. Uma nova ação para o será a introdução de novas fontes de energia em alternativa ao óleo diesel, que segundo a ANTF (2010) será preocupação constantes das ferrovias nas próximas décadas devido à crescente nos custos e a futura escassez do insumo.

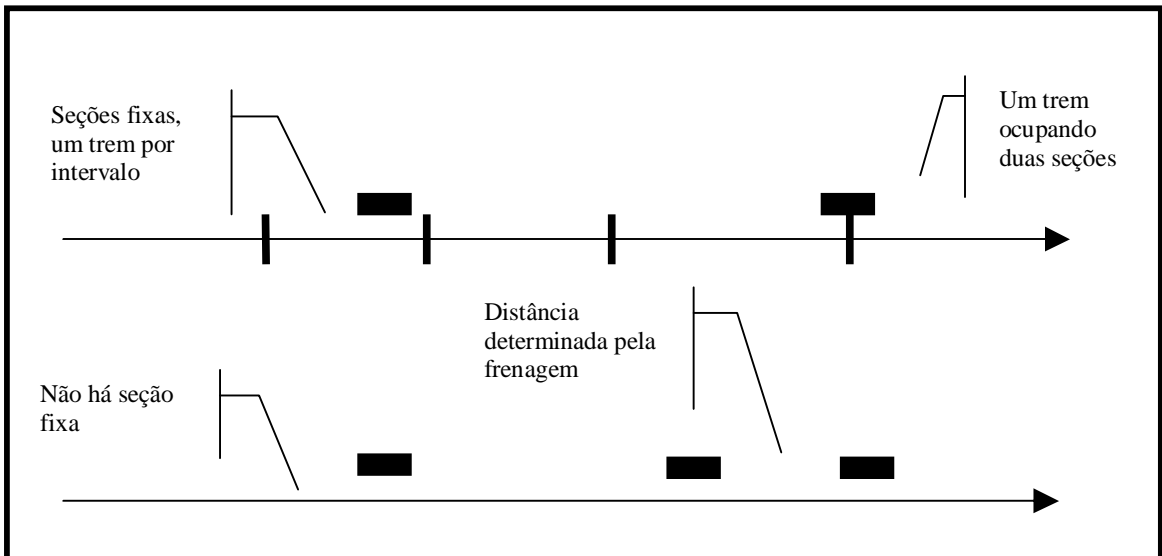
Deve-se notar que a compra de novas locomotivas aumenta a capacidade de tração da empresa, já que a potência oferecida em décadas anteriores era inferior a atual, no relatório da ANTT (2008) verifica-se que há em operação equipamentos com potência de apenas 1.100 HP, sendo que a média é de 5.890 HP e os equipamentos de maior capacidade 8.000 HP. As compras e encomendas atuais observam máquinas de 12.000 HP conforme a MRS (2010). Com isso serviços anteriormente executados por trios ou quádruplas poderá ser realizado com duplas diminuindo a necessidade real de unidades e aumentando a capacidade do parque de tração disponível.

Este efeito é esperado por Mendes (1995) e Batista (2003) uma vez que aumentar a TU transportada significa aumentar o espaço dinâmico disponível, e no período de 2010 a 2025 espera-se um crescimento de 140 para 360 milhões de TU, ou seja, 157%. Batista (2003) acrescenta que a otimização de vagões e locomotivas ajuda a diminuir a necessidade de espaço, mas não substitui sua utilidade tendo em vista a ferrovia é o transporte terrestre mais adequado para o transporte de grandes massas como referenda também Ballou (2007) e Novaes (2007). Portanto a adição de novos pátios de cruzamento e recomposição, a duplicação e triplicação de alguns trechos, construção de peras ferroviárias será uma ação constante em todos os períodos de planejamento.

Propõem-se duas outras ações, cuja implantação deve iniciar-se no período de 2010 a 2015 e consolidar-se no lustro seguinte, são elas: a troca da lógica de operação ferroviária e a implantação de novas tecnologias de manutenção.

Atualmente a MRS opera com uma lógica de tráfego discreta planejada em 1923 e implementa em 1930 com tecnologia inglesa na então Estrada de Ferro Central do Brasil. A

operação atual esta baseada na divisão das malha em intervalos fixos que variam de 2 a 25 km, e por questões de segurança somente um trem pode ocupar cada seção por vez o que limita a capacidade de tráfego . Portando discretização da malha poderá torná-la utilizável por mais de um trem simultaneamente, para tal um complexo sistema deve ser disponibilizado uma vez que a sinalização deixa de ser fixa no campo e passar para dentro da cabine de comando e a segurança de tráfego passa a considerar a distância de frenagem entre os trens conforme Bittencourt *et al*(2008), a figura 19 ilustra a mudança.



**Figura 19**– Lógica de Operação de Ferroviária  
Fonte: Elaboração própria

A alteração da lógica de operação demandará investimentos em sinalização e comunicação, bem como diversas obras de infra e superestrutura ao longo da malha, mas possibilitará a automação de procedimentos de manobras, carga e descarga até então completamente manuais diminuindo assim a necessidade do espaço dinâmico e contribuindo para o aumento da velocidade, esta alteração é mais bem discutida em Silva e Leal (2009).

Para proporcionar um aumento na velocidade comercial é necessário um aumento na confiabilidade da linha e queda no tempo de intervalo de manutenção como se observa na modelagem de Mendes (1995). Para tal é necessário a introdução de novas tecnologias que automatizem e padronizem os serviços de via, como socaria de linha, limpeza de ombro e leito de lastro, esmerilhadora, troca de dormentes e manutenção por substituição dentro de túneis e pontes. Para tal além de comprar, desenvolver e adaptar os equipamentos, também é necessário rever o acesso e área de trabalho ao longo da via.

Para o último lustro, 2020 a 2025, pretendem-se que todas as ações sobre a malha estejam implantadas bastando, portanto investimento em ampliação. O quadro 19 resume todas as ações propostas.

**Quadro 19** -Resumo das principais ações

Variável	Principais ações propostas		
	2010- 2015	2015- 2020	2020- 2025
Vagões	<p><b>Adquirir</b> vagões para o seguimento de carga geral e minério;</p> <p><b>Aumento</b> da <i>performance</i> dos terminais de descarga de carga geral;</p> <p><b>Adequação</b> dos vagões de minério aos períodos chuvosos;</p>	<p><b>Adquirir</b> vagões para o seguimento de carga geral e minério;</p> <p>Trens unitários e aumento da <b>flexibilidade</b> dos vagões de carga geral;</p>	<p><b>Adquirir</b> vagões para o seguimento de carga geral;</p> <p>Aumento da <b>capacidade</b> de carga dos vagões;</p>
Locomotiva	<p><b>Compra</b> de novas unidades;</p> <p>Início da <b>implantação</b> do Locotrol e SAI;</p>	<p><b>Compra</b> de novas unidades;</p> <p>Renovação da frota;</p> <p><b>Consolidação</b> das tecnologias acessórias Locotrole SAE;</p>	<p><b>Compra</b> de novas unidades;</p> <p><b>Renovação</b> da frota;</p> <p>Introdução de novos combustíveis</p>
Extensão	<p><b>Ampliação</b> da malha;</p> <p>Implantação da <b>troca de lógica</b> de operação de tráfego ;</p> <p>Ampliação da <b>tecnologia de manutenção</b>;</p>	<p><b>Ampliação</b> da malha;</p> <p>Consolidação da troca de lógica de operação do tráfego;</p> <p>Ampliação da tecnologia de manutenção;</p>	<p><b>Ampliação</b> da malha;</p> <p>Consolidação das tecnologias implantadas.</p>

Fonte: Elaboração Própria

Quanto ao protocolo utilizado como meio para elaboração dos cenários por variação canônica de eficiência a discussão é apresenta por fase.

Na primeira fase o macro cenário anterior a investigação deve ser explorado em profundidade, para que o pesquisador tenha pleno conhecimento do seu conteúdo e conceitos envolvidos que formaram a base para a elaboração e estruturação da pesquisa, os principais procedimentos técnicos aplicados são a pesquisa bibliográfica e a documental conforme indicam Roesch (2005) e Gil (2008) cabem também a visita a trabalhos correlatos que explorem a mesma base de informações como salientam em sua pesquisa Paiva (2000) e Kassai (2002).

A definição de escopo refere-se à limitação, justificativa e verificação da viabilidade do estudo, para esta tríade valem as recomendações de Carvalho *et al* (2000), Jung (2003),

Silva (2004), Roesch (2005), Kalmeyer-Mertens (2007) e Gil (2008) utilizados neste trabalho. Os parâmetros são geralmente definidos no próprio macro cenário como preconiza Buarque (2003), todavia nada impede, principalmente quando a pesquisa anterior é qualitativa, que seja executado procedimentos para obtê-los de forma numérica como recomenda o próprio autor, uma vez que a tradução do planejamento para o nível operacional necessita de objetividade que somente processos quantitativos podem oferecer. Percebe-se também que os parâmetros portadores do futuro geralmente são os alvos levantados pelo macro cenário, como exemplo no PNLT pode-se consultar o quadro 16.

A seleção das variáveis que serão estudadas, constituem um dos pontos elementares para o sucesso da construção de cenários quantitativos, pois se feita de forma correta podem gerar um trabalho sobre o qual não recaíra nenhum interesse. Recomenda-se primeiro uma busca de possíveis variáveis sobre o setor em análise principalmente por meio de pesquisa de literatura anterior e consulta a especialistas. Nesta pesquisa somente adotou-se a primeira opção devido à questão de restrição temporal. De posse desta lista, o primeiro descarte deve-se efetuado pela relação com o objetivo fim da pesquisa. As que ainda restarem devem ser submetidas ao teste de criticidade ao negócio como definem Barney e Hesterly (2007) observando se a condição permanecerá no futuro. Outra verificação importante realizada neste momento é a definição do que é insumo e produto, tendo claro que isto depende exclusivamente de como opera a organização ora em foco (SLACK, CHAMBERS, JOHNSTON, 2002).

O levantamento histórico do comportamento das variáveis e parâmetros deve prezar pela qualidade dos dados e confiabilidade, observando sua temporalidade e forma de cálculo deve-se preferir bases públicas e auditáveis. Contudo como lembra Marcial e Costa (2001) nem sempre isto é possível, sendo necessária uma pesquisa destes valores em outras fontes, mas não se deve deixar de observar a qualidade sob pena de inutilidade do trabalho desenvolvido.

Definir a relação entre os parâmetros e as variáveis, significa projetá-las num futuro por meio de meios estatísticos geralmente paramétricos Mendonça (2011) relaciona vários processos que podem ser utilizados, contudo a regressão é o método mais utilizado, pois condiciona o comportamento dos insumos e produtos em função dos parâmetros levantados, ressalta-se que este preconiza que o passado irá se repetir no futuro sem variação alguma, ou seja, construi-se o cenário livre de surpresas. É necessário verificar qual tipo de regressão será adotado tendo em face os dados e a tecnologia computacional disponível, toda via recomenda-se o uso da regressão não linear, por apresentar uma curva que pode conter também um comportamento verificável.



As construções dos cenários livres de surpresas, além das equações devem levar em consideração também a incerteza geralmente já levantada no macro cenário de onde a pesquisa teve origem, pois estes constituíram a amplitude esperada sem alteração do modo como se operava no passado. É importante que se apresentem de forma estruturada os cenários esperados divididos de forma habitual como informa Ghemawat (2007) em pessimista, esperado e otimista.

O próximo passo é aplicar a técnica DEA adequada a fim de se obter a eficiência em que cada cenário esta operando, ou seja, admiti-se neste ponto que cada cenário é uma DMU. Como resultado da técnica empregada obtém-se o alvo que cada *input* deverá ser reduzido para que DMU ora em análise alcance a eficiência de 100%.

O gestor pode optar por pela operação em qualquer nível de eficiência entre o ponto em que o cenário se encontra a 100% criando “n” possibilidades como ilustra a figura 20, assim constrói-se um mapa estratégico baseado em eficiência, onde se podem traçar diversos cenários de variação canônica por eficiência.

As duas próximas fases andam conjuntamente a escolha de qual cenário irá se operar e a elaboração de ações e proposições para seu alcance. Embora possa parecer óbvio que o cenário perseguido será sempre o de 100% de eficiência operacional, nem sempre é possível levar a empresa a este patamar por outras questões que não são inerentes a operação e muitas das vezes externas a empresa como a política, economia dentre outros fatores como defende Ghemawat (2007), portanto cabe ao gestor a função de perceber em qual caminho a organização será levada. De posse desta decisão, a técnica empregada oferece um referencial de qual alvo deverá ser perseguido para cada insumo, assim possibilita que o gestor trace um planejamento com ações e proposições para atingi-los, observando a tecnologia atual e em desenvolvimento, bem como o que a organização já foi capaz de fazer em situações semelhantes no passado.

Um resumo das principais pontos de discussão sobre o protocolo de construção de cenários de variação canônica por eficiência é apresentado no quadro 20.

**Quadro 20** -Protocolo de cenários de variação canônica por eficiência

<b>Fase</b>	<b>Ação</b>	<b>Observação</b>
1. Avaliação do macro cenário	Estudo aprofundado	Emprego de pesquisa bibliográfica e documental, e consulta a trabalhos correlatos;
2. Definir escopo e parâmetros	Avaliação dos limites e objetivos do macro cenário	Limitar, justificar e verificar a viabilidade do estudo. Definir quais os parâmetros que são portadores do futuro;
3. Seleção das variáveis	Listagem e análise e seleção das variáveis	Análise em relação ao objetivo da pesquisa e a criticidade da variável, definir o que será insumo e produto;
4. Levantamento histórico: variáveis e Parâmetros	Listagem de todos os valores	Procurar fontes públicas e auditáveis;
5. Definir relações entre parâmetros e variáveis	Calculo as equações que representam as relações	Determinar qual o melhor método de regressão que apresenta tanto a relação quanto o comportamento da curva;
6. Construção dos cenários livre de surpresas	Apresentação de forma estruturada	Levar em conta a incerteza já apresentada, que dará origem à amplitude livre de surpresas;
7. Avaliação de eficiência de cada cenário	Aplicação do modelo DEA adequado	Obter o nível de eficiência que cada cenário esta operando e a distância do alvo;
8. Preparar o mapa estratégico por eficiência	Apresentação da variação canônica por eficiência	Possibilita o gestor localizar-se e projetar melhorias para o nível de eficiência desejado;
9. Escolha de qual cenário irá se operar	Opção pelo cenário e patamar de eficiência	Levar em consideração fatores internos e externos a organização além da área foco já estudada;
10. Elaboração de ações e proposições	Definição de ações e Proposições	Observar tecnologia e projetos a serem desenvolvidos;

Fonte Elaboração própria

## 5 CONCLUSÕES

A dinâmica econômica e o equilíbrio da balança comercial brasileira são pautados em *commodities* agrícolas e minerais, que necessitam de meio adequado para sua movimentação a fim de garantir a competitividade no mercado internacional e as vantagens comparativas adquiridas no processo produtivo, neste plano reconhece-se o modo de transporte ferroviário como solução plausível, dado as proporções continentais do país e as características (volume e densidade) dos principais produtos transportados.

O planejamento do PNLT coloca uma série de desafios que visam dotar a nação de uma infraestrutura logística em todos os modos de transporte, observando as características de cada microrregião, sustentando as cadeias e parques produtivos, e a evolução da economia. Neste contexto surge a questão de como uma das concessionárias de transporte ferroviário pode enfrentar os novos desafios e atender a demanda futura da sua região de influência, dado que compõem fator chave de sucesso do programa nas dimensões regionais. Contudo este atendimento, sob a ótica de uma empresa privada, não pode ser realizado a qualquer custo e sim primando pela eficiência.

Neste sentido o presente estudo oferece algumas respostas aos dilemas mencionados acima, indicando cenários operacionais capazes de proporcionar ações planejadas visando à eficiência operacional, o que auxilia nas decisões dos gestores.

Para avaliar a eficiência operacional o primeiro passo foi à identificação dos *inputs* e *outputs* para avaliação de eficiência operacional na ferrovia foram definidos por meio de pesquisa na literatura observando a criticidade para o setor estudado, o foco da pesquisa desenvolvida. Guardando-se as limitações geográficas, temporais e epistemológicas, os insumos (vagões, locomotivas e malha) e o produto (receita), adequaram-se a avaliação de eficiência para qual foi empregada a técnica DEA

A partir do PNLT e das referências sobre planejamento por cenários, foram definidos os anos base para análise 2015, 2020 e 2025 e os parâmetros portadores do futuro, a saber: tonelada útil transportada (TU) e a velocidade média comercial (VMC). A partir do levantamento histórico dos parâmetros, insumos e produtos, construíram-se com auxílio de técnica estatística paramétrica de regressão não linear pelo método dos mínimos quadrados as expressões de relação, que permitiram a projeção de nove cenários operacionais principais (pessimista, esperado e otimista) livre de surpresas para cada ano de referência.

Com a aplicação da técnica DEA foi possível a identificação dos pontos de ineficiência e indicação de limitações a serem superadas em cada cenário, com indicação dos

alvos a serem perseguidos para elevação do patamar de eficiência. Foram propostas soluções para o avanço das principais variáveis identificadas. Para os recursos vagões, locomotivas e malha foram apresentados os patamares de redução para que se alcance uma eficiência de 100% (tabela 9) bem como proposições que visam à otimização dos recursos resumidas no quadro 21.

Para finalizar a análise foi escolhido o cenário de maior receita como alvo, e traçando-se uma série de indicações e proposições para alcançá-lo o patamar máximo de eficiência operacional a partir da otimização dos pontos ineficientes encontrados.

Trilhando cada objetivo específico foi possível verificar a eficiência dos cenários operacionais até o ano de 2025, aplicou-se principalmente a técnica de cenários em conjunto com análise envoltória de dados, que permitiu traçar os principais cenários e analisá-los sob a ótica da concessionária, sugerindo assim uma proposta de alternativas que pautam pela maior eficiência possível tendo como marcos principais os anos de 2015, 2020 e 2025, culminando com o exemplo da análise do cenário I sob a perspectiva da máxima otimização.

Os principais resultados desta pesquisa podem se dividir em três dimensões setor de transporte, acadêmica e mercado:

- A principal contribuição no setor de transporte é a forma objetiva de planejamento que pode auxiliar a ferrovia que foi objeto de estudo, contribuindo para o direcionamento de esforços e investimentos. De forma geral apresenta proposições que em última análise contribui para execução, consolidação e alcance dos objetivos do PNLT, podendo ser replicada para outras concessionárias;
- Na academia destaca-se que ao atingir dos objetivos traçados para o desenvolvimento desta dissertação e elaboração de um protocolo para a construção de cenários de variação canônica por eficiência, que pode ser utilizada para a quantificação e a segmentação de macro cenários diversos, apresentando um mapa estratégico que possibilita a localização da organização e a definição de qual patamar de eficiência a empresa terá como alvo;
- A contribuição para o mercado está na indicação de um procedimento que permite a prospecção e quantificação de cenários futuros, a partir de macro cenários previamente traçados, podendo ser utilizado não somente no setor de transporte mas por qualquer outra organização que deseje planejar seu futuro, cooperando com fortalecimento do pensamento sistêmico sobre a organização em relação ao setor e demais componentes da economia.

As principais limitações desta pesquisa surgem de seu foco e procedimento técnico adotado. Como a dissertação se restringiu a abordagem no setor operacional, como consequência não é possível traçar cenários, planejamento, proposições e ações que atinjam a organização com um todo. E o emprego do procedimento de estudo de caso impede a generalização dos resultados, uma vez que somente verificou-se um ente dentre os possíveis objetos de estudo. Deve-se ainda lembrar que se considerou o PNLT como um dado certo cujas previsões serão realizadas.

O uso da receita como output pode trazer distorções no desempenho, assim sugere-se para estudos futuros o uso do Lucro Operacional descontando a depreciação.

Outra limitação foi arbitrar a variação dos cenários em 5% para mais ou para menos, neste sentido sugere-se o desenvolvimento de variações baseadas nos intervalos de confiança o que amplia o número de cenários.

Para o avanço desta pesquisa propõem-se o emprego de modelagem matemática que considere a interação de todas as variáveis e não o seu cálculo independente em função dos parâmetros bem como outros modelos de previsão que não o de regressão, como por exemplo:

- Lógica *fuzzy*– Conforme (Mendes, 1995) pode ser utilizada como base para uma ferramenta que possibilite a geração de cenários dado as condições dos parâmetros;
- A rede neural – embora pressuponha para seu uso uma grande massa de dados, pode ser empregada para a concepção de cenários que simulem a aplicação do conhecimento dos gestores (Ramos, 2003);
- Pode-se trabalhar com o intervalo de confiança de cada estimativa, afim de gerar-se maior numero de cenários a serem avaliados.

Para avaliação da eficiência propõem-se utilização de outros modelos DEA com abordagens mais avançadas, como:

- Restrição de pesos – por meio de consulta aos especialistas, possibilitando hierarquizar as variáveis em estudo;
- DEA com variáveis categóricas e fatores não-controláveis – com intuito de permitir o tratamento de elementos que não podem ser facilmente alterados pelas concessionárias como o perfil da linha e acesso a terminais por questões geográficas;

E por fim propõem-se a aplicação do protocolo apresentado em outros estudos dentro do PNLT, outras ferrovias e modos de transporte, bem como outros macros cenários já

construídos como o Brasil 2020. E a generalização do protocolo para construção de cenários de variação canônica por eficiência que permita a concepção de um modelo aplicável em diversos outros setores.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE TERRESTRE, \_\_\_\_\_; **Concessões Ferroviárias**; Brasília, 2008; Disponível em: <http://www.antt.gov.br/concessaofer>; Acessado em 11 de novembro de 2010
- \_\_\_\_\_; **Evolução do Transporte Ferroviário**; Brasília, 2010; Disponível em: <http://www.antt.gov.br/concessaofer/EvolucaoFerroviaria.pdf>; Acessado em 04 de abril de 2011.
- \_\_\_\_\_; **Concessões Ferroviárias**; Brasília, 2011; Disponível em: <http://www.antt.gov.br/concessaofer/apresentacaofer.asp>; Acessado em 04 de abril de 2011
- AGNETIS, A.; MESSINA, E. ; PRANZO, M. **Call Planning um European Pharmaceutical Sales Force Management**; **IMA Journal of Management Mathematics**, Roma, V. 21 , p. 267-280, 2010
- ANDERSEN, P.; e PETERSEN, N. C. **A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis**; **Management Science**, V. 9, n.10, p. 1261-1264, 1993
- ANGULO MEZA, L. *et al* **Análise Envoltória de Dados** Mini Curso ministrado no XXXVII Simpósio Nacional de Pesquisa Operacional; Gramado, 2005
- ANGULO MEZA, L *et al* **Free software for Decision Analysis a software package for Data Envelopment models (2005)** ICEIS 2005 - Proceedings of the 7th International Conference on Enterprise Information Systems, pp. 207-212.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE JORNAIS **Maiores Jornais do Brasil**; Instituto Verificador de Circulação, 2010; Disponível em: <http://www.anj.org.br/a-industria-jornalistica/jornais-no-brasil/maiores-jornais-do-brasil>; Acessado em: 12 de janeiro de 2011
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS **Informações do setor**; Disponível em: <http://www.antf.org.br/>; Acessado em 11 de novembro de 2010
- ATHANASSOPOULOS, A. D.; LAMBROUKOS, N.; SEIFORD, L. **Data Envelopment Scenario Analysis for Setting Targets to Electricity Generating Plants**; **European Journal of Operational Research**, V. 115; p. 413 – 428, 1999
- AZADEH, A.; GHADERI, S. F.; IZADBAKHS, H. **Integration of DEA and AHP with computer simulation for railway system improvement and optimization**; **Applied Mathematics and Computation**; V. 195, p. 775-785, 2008.
- BAER, W. **A Economia Brasileira**; Editora Nobel, 2º Edição revista e ampliada; São Paulo, 2003
- BALLOU, H. R **Logística Empresarial: Transportes, Administração de Materiais e Distribuição Física**; Editora Atlas, São Paulo, 2007
- BANCO CENTRAL DO BRASIL – BCB; **Indicadores Econômicos: Produto Interno Bruto**; Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/pec/indeco/Port/iel-51.xls>; Acessado em: 12 de janeiro de 2011

BANKER, R. D; CHARNES, A; COOPER, W. W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis; **Management Science**, V. 30, n. 9, p 1078 – 1092, 1984.

BARAT, J. **Apagão Logístico**; O Estado de São Paulo, edição do dia 27 de agosto de 2008; Disponível em: <http://www.ie.ufrj.br/aparte/pdfs/barat270808.pdf>; Acessado em: 29 de julho de 2010.

BARNEY, J. B.; HESTERLY, W. **Administração Estratégica e Vantagem Competitiva**; Editora Prentice Hall, São Paulo, 2007.

BATISTA, C. **Contribuição à análise da capacidade de processamento de trens cargueiros em linhas ferroviárias singelas no Brasil**; Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de pós-graduação em Engenharia Civil; Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003

BITTENCOURT, P *et al* **Evoluindo de um sistema CTC para um CBTC numa ferrovia heavy-haul**; Disponível em: <<http://www.tetra-association.com/uploadedFiles/Files/Presentations/Brazil2008casestudy2MRS.pdf>>; Acessado em: 29 de maio de 2009

BOSSETI, V.; BUCHNER, B. Data Envelopment Analysis of Different Climate Policy Scenarios; **Ecological Economics**, V. 68, p. 1340 – 1354, 2009.

BRASIL. **Lei de concessão das estradas de ferro**. Decreto n° 101, de 31 de outubro de 1835. Autoriza o governo a conceder a uma ou mais companhias que fizerem uma estrada de ferro da Capital do império para as de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, e Bahia, o privilégio exclusivo por espaço de 40 anos para o uso de carros para transporte de gêneros e passageiros, sob as condições que se estabelecem. Rio de Janeiro, DF, 1835

BRITO, J. N. **Meio Século de Estradas de Ferro**. Editora: Livraria São José, Rio de Janeiro, 1961

BUARQUE, S. **Metodologia e Técnicas de Construção Globais e Regionais**; Texto para discussão 939, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília, 2003.

BUZELIN, J. E. ; SETTI, J. B. **MRS Logística S.A: A ferrovia Minas, Rio, São Paulo**; Editora: Memória do Trem, São Paulo 2002

CAMARGO, P. V. **Análise de um sistema de transporte ferroviário de granéis agrícolas por meio de uma abordagem integrada simulação-otimização**; Dissertação (mestrado) apresentada ao programa de pós graduação em engenharia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010

CARVALHO, A. *et al*. **Aprendendo Metodologia Científica**. Editora: O Nome da Rosa, São Paulo, 2000

CASTRO, N. Estrutura, Desempenho e Perspectivas do Transporte Ferroviário de Carga; **Pesquisa e Planejamento Econômico**, V. 32, n. 2, 2002



- CHARNES, A. *et al* **Data Envelopment Analysis : Theory, Methodology and Applications**; 1ª Edição; Editora: Kluwer Academic Publishers Group, Nonwell, 1994
- CHARNES, A.; COOPER, W. ; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units; **European Journal of Operational Research**; V. 2; p. 429 – 444, 1978.
- CHARNES, A.; COOPER, W.; HUANG, Z. M ; SUN, D. B Polyhedral Cone-Ratio DEA Models with an illustrative application to large commercial banks; **Journal of Econometrics, Amsterdam**, V.46, n 1-2, p 73 –91, 1990
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M. e TONE, K. **Data envelopment analysis a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software**; 2ª Edição, Editora Springer, Nova York, 2007
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. **Administração de produção e de operações, Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. Editora Atlas, São Paulo, 2005.
- DEBREU, G. The Coefficient of Resource Utilization; **Econometrica, Menasha**, V. 19, n 3, p 273 – 292, julho de 1951
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE **Histórico da Ferrovia**; Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/ferrovias/historico>; Acessado em 08 de novembro de 2010
- DYSON, R.G., THANASSOULIS, E. Reducing Weight Flexibility in Data Envelopment Analysis. **Journal of the Operational Research Society**, V. 39, n. 6 p. 563-576, 1988
- FARRELL, M. J; The Measurement of Productive Efficiency; **Journal of the Royal Society, Series A (General)**, V. 120, n. 3, p 253 -290, 1957.
- FIGUEIREDO, B.; **Eficiência sobre Trilhos**; O Globo, versão on-line, 2010. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/opiniao/mat/2010/08/09/eficiencia-sobre-trilhos-917354212.asp>; Acessado em 05 de janeiro de 2010.
- FLEURY, P. F. **Pontos fortes e fracos da fase pós-privatização**; Valor Econômico online, edição de 29 de setembro de 2006; Disponível em: [www.coppead/avaliacao\\_coppead.html](http://www.coppead/avaliacao_coppead.html); Acessado em 12 de outubro de 2010
- FOLHA DE SÃO PAULO; **Busca Folha.com**; Disponível em: <http://search.folha.com.br/search?site=jornal>; Acessado em: 12 de janeiro de 2011.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICA – FIPE; **O Transporte Ferroviário**; Disponível em: <http://www.fipe.org.br/web/index.asp?c=133&aspx=/web/indices/idet/default.aspx>; Acessado em: 28 de outubro de 2008
- GARCIA, F. **APRESENTAÇÃO in PARETO**, Vilfredo; **MANUAL DE ECONOMIA POLÍTICA**; Série Os Economistas; 1ª Edição; Editora Nova cultural Ltda, São Paulo, 1996

- GARCIA, P. A. A.; MELO, P. F. F.; SCHIRRU, R. Aplicação de um modelo fuzzy DEA para priorizar modos de falha em sistemas nucleares; **Pesquisa Operacional**, v.29, n.2, p. 383-402, 2009
- GHEMAWAT, P. **A estratégia e os Cenários dos Negócios**; 2º Edição; Editora: Bookman, Porto Alegre, 2007.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisas**; 4º Edição; Editora Atlas, São Paulo, 2008
- GOMES, A. P., DIAS, R. S; Produtividade e eficiência como fatores determinantes da Rentabilidade da atividade leiteira; **Revista de Pesquisa Agropecuária**, V. 30, n 2 p.20 – 39, 2010.
- GRAHAM, D. J Productivity and efficiency in urban railways: Parametric and non-parametric estimates; **Transportation Research Part**, V. 44, p. 84–99, 2008.
- GREMAUD, A. P. *et al* **Economia Brasileira Contemporânea**; 7ª Edição; Editora Atlas, São Paulo, 2008
- GUERREIRO, A. L **Análise da eficiência de empresas de comércio eletrônico usando técnicas de análise envoltória de dados**; Dissertação (mestrado) apresentado ao programa de pós-graduação em engenharia de produção . Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro 2006.
- HEIJDEN, K. V. D. **Planejamento de Cenários: A arte da conversão estratégica**; Editora Bookam, Porto Alegre, 2004.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA; **Série Países**; Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/paisesat>; Acessado em: 25 de março de 2011.
- JITSUZUMI, T.; NAKAMURA, A. Causes of inefficiency in Japanese railways: Application of DEA for managers and policymakers; **Socio-Economic Planning Sciences**, V. 44, p. 161–173, 2010.
- JUNG, C. F. **Metodologia Científica com Ênfase em Pesquisa Tecnológica**; 3º Edição revista e ampliada; FAACT, 2003. Disponível em: <http://www.jung.pro.br>; Acessado em 02 de fevereiro de 2011.
- KAHLMAYER-MERTENS, R. S. *et al* **Como Elaborar Projetos de Pesquisa: Linguagem e Método**; 1º Edição, Editora FGV, Rio de Janeiro, 2007
- KASSAI, S. **Utilização de Análise por Envoltória de Dados (DEA) na Análise de demonstrações contábeis**; Tese (doutorado) apresentado ao programa de pós-graduação em Contabilidade e Controladoria da Universidade de São Paulo, 2002
- KOOPMANS, T. C. **Analysis of Production as an Efficient Combination of Actives**; Cowles Commission for Research in Economics; The University of Chicago, 1951.
- LEVINE, D.M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN, D. **Estatística: Teoria e Aplicações Usando o Microsoft Excel em Português**; Editora: LCT – Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 2000

LINZ, M. P. E.; ANGULO MEZA, L. (Ed) **Análise Envoltória de Dados: e perspectivas de integração no ambiente de apoio a decisão**; Editora: COPPE/ UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

LORENZI, F. **Plano de Negócios das Ferrovias de Carga para 2011** Vale Vitória, 2010; Disponível em <http://www.antferrovias.org.br/joomla/pdfs/negocios-nos-trilhos-apresentacao-vale-fabiano-lorenzi.pdf>; Acessado em 05 de janeiro de 2011.

MALEKMOHAMMADI, N.; LOTFI, F. H.; JAAFAR, A. B. Data Envelopment Scenario Analysis with Imprecise Data; **Central European Journal of Operations Research**, V. 19, n. 1, p. 65-79, 2009

MARCIAL, E. C.; COSTA, A. J. L. **O uso de Cenários Prospectivos na Estratégia Empresarial: Vidência Especulativa ou Inteligência Competitiva ?**; Anais do 25º Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação em Administração, Campinas, 2001.

MARIANO, E. B.; ALMEIDA, M. R.; REBELATTO, D. A. **Princípios Básicos para uma Proposta de Ensino sobre Análise Envoltória de Dados**; Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006

MARQUES, S. **Privatização do Sistema Ferroviário Brasileiro**; Texto para Discussão N° 434; Agosto de 1996, Distrito federal; Encomendado pelo Ministério do Planejamento e Orçamento ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília, 1996.

MARTINS, R. S.; CAIXETA FILHO, J. V. **O Desenvolvimento dos Sistemas de Transporte: Auge, Abandono e Reativação Recente das Ferrovias**; **Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 6, n. 11, p. 69-91, 1998

MCMULLEN, P. R.; FRAZIER, G. V. Using Simulation and Data Envelopment Analysis to Compare Assembly Line Balancing Solutions; **Journal of Productivity Analysis**, V. 11, p. 149-168, 1998

MENDES, R. R.; **Transporte Multiproduto Generalizado: Modelagem e Aplicações à Ferrovia**; Dissertação (Mestrado) Apresentado ao programa de pós graduação em Engenharia Elétrica; Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995

MICHAELIS, **Dicionário da Língua Portuguesa**; Editora Melhoramentos versão on-line; Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/>; Acessado em: 22 de fevereiro de 2011

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES -- MT; **Plano Nacional de Logística e Transporte – PNLT – Reunião de acompanhamento e continuidade**; Brasília, 2009; Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/>; Acessado em 23 de julho de 2010

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES e MINISTÉRIO DA DEFESA; **Plano Nacional de Logística e Transporte – Relatório Executivo**; Brasília, 2007; Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/index/conteudo/id/3280>; Acessado em 06 de janeiro de 2011.

MRS Logística S/A **Relacionamento com investidores**; Juiz de Fora, 2011; Disponível em: <http://www.mrs.com.br/>; Acessado em 04 de abril de 2011.

NIGRIELO, A. **Planos Nacionais de Viação**; Notas de aula USP, Planejamento Urbano – Arquitetura; Disponível em: [http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arg\\_urbanismo/disciplinas/aup0270/4dossie/aulas/5-nigriello/a5-10-nigr-PNviacao.pdf](http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arg_urbanismo/disciplinas/aup0270/4dossie/aulas/5-nigriello/a5-10-nigr-PNviacao.pdf); Acessado em: 18 de março de 2011.

NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**; Terceira Edição; Editora Campus/Elsevier; Rio de Janeiro, 2007

O GLOBO; **Busca on-line**; Disponível em: <http://busca.globo.com/Busca/oglobo/>; Acessado em 12 de janeiro de 2011.

PAIVA Jr., H.; **Avaliação de desempenho de ferrovias utilizando abordagem integrada DEA/AHP**; Dissertação (Mestrado) apresentada ao Programa de pós graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

PAIXÃO, R. B. e KHOURY, C. Y. Um Estudo da Eficiência Relativa das Ferrovias de Carga Brasileira; **Revista P&D em Engenharia de Produção**; V. 8, n 2, p. 73-87, 2010.

PARETO, V. **MANUAL DE ECONOMIA POLÍTICA**; Série Os Economistas; 1º Edição; Editora Nova cultural Ltda, São Paulo, 1996

PEREIRA, W. A. N. **Modelo multicritério de avaliação de desempenho operacional do transporte coletivo por ônibus no município de Fortaleza – CE**. Dissertação (Mestrado) Programa de pós-graduação em Engenharia de Transporte, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

RAFAELLI, LA **Análise Envoltória de Dados Como Ferramenta para Avaliação do Desempenho Relativo**; Dissertação (Mestrado em engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009

RAMOS, G. M. **Análise Prospectiva da Capacidade de Processamento de Cargas pela Ferrovia no Porto de Santos**; Dissertação (Mestrado) apresentado ao programa de pós graduação em engenharia civil, Universidade São Paulo, São Paulo, 2003

RIBEIRO, P. C. C.; FERREIRA, K. A. **Logística e Transportes: Uma Discussão Sobre os Modais De Transporte e o Panorama Brasileiro**; XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002; Disponível em: <http://tecspace.com.br/paginas/aula/mdt/artigo01-MDL.pdf>; Acessado em: 21 de julho de 2010.

ROESCH; S. M. A. **Projetos de Estágio e de Pesquisa em Administração**: Guia para estágios, trabalhos de Conclusão, Dissertações e estudos de Caso; 3º Edição, Editora Atlas, São Paulo, 2005

ROLL, Y.; COOK, W; e GOLANY, B. **Controlling Factor Weights in Data Envelopment Analysis**, *IIE Transactions*, Vol. 23, N. 1, p. 2-9, 1991.

SALERIAN, J. e CHAN, C. Restricting Multiple-Output Multiple-Input DEA Models by Disaggregating the Output-Input Vector; **Journal of Productivity Analysis**, V. 24, 5–29, 2005

SEXTON, T. R.; SILKMAN, R. H.; HOGAN, A. J. **Data Envelopment Analysis: critique and extensions**; In Richard H. Silkman (ed); Measuring Efficiency: an assessment of Data Envelopment Analysis; Editora: Jossey Bass: American Evaluation Association; p. 73 – 105; San Francisco, 1986

SHEAPHARD, R. W. **Cost and Production Functions**; Editora: Princeton Univ NJ, Princeton, 1953

SILVA, C. R. O. **Metodologia e Organização do projeto de pesquisa**; Disponível em: <[www.cefet.br/Methodologia%20e%20Organiza%E7%E3o%20de%20pesquisa\\_apostila](http://www.cefet.br/Methodologia%20e%20Organiza%E7%E3o%20de%20pesquisa_apostila)>; Acessado em: 11 de novembro de 2008

SILVA, R. R. e LEAL Jr., I. C. **A Evolução dos Indicadores de Eficiência Operacional da Ferrovia Brasileira: Contexto Atual e Perspectivas Futuras de uma Empresa do Setor**; XXIII Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte – ANPET, Vitória, 2009

SILVA W.P.; SILVA, C. P. **Lab Fit**; Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2003

SILVEIRA, M. R. **A importância Geoeconômica das Estradas de Ferro do Brasil**; Tese (Doutorado) Programa de pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de São Paulo, Presidente Prudente, 2003.

SLACK, N. ; CHAMBERS; S.; e JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Editora Atlas S.A, 2º Edição, São Paulo, 2002

THOMPSON, R. G. *et al* Comparative Site Evaluations for Locating a High-Energy Physics Lab in Texas; **Interfaces**; V. 16; n 6; p. 35 –49, 1986

THOMPSON, R. G. *et al* The role of multiplier bounds in efficiency analysis with applications to Kansas farming; **Journal of Econometrics**; Amsterdam, V. 46, n 1-2, p 93 –108; 1990

VALDETARO, H. A. **Aplicação do DEA na Avaliação dos Indicadores de Produtividade das Concessionárias Ferroviárias de Cargas Brasileiras com Base nos Investimentos Realizados**; Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em engenharia civil da Universidade Federal do Espírito Santo; Vitória, 2008.

VIANNA, G. A. B. **O Mito do Rodoviarismo Brasileiro**; Editora Ntc&logística, versão eletrônica, 2007. Disponível em: <http://www.ntcelogistica.org.br/arquivos/tecnicos/mitorodoviarismo.pdf>; Acessado em 04 de janeiro de 2011

VILAÇA, R.; **O Futuro esta nos trens**; Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários, versão on-line, 2010; Disponível em: [http://www.antferrovias.org.br/joomla/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1836:o-futuro-esta-nos-trens-&catid=63:noticias&Itemid=786](http://www.antferrovias.org.br/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=1836:o-futuro-esta-nos-trens-&catid=63:noticias&Itemid=786); Acessado em: 05 de janeiro de 2011

VILLAR, L. B.; MARCHETI, D. S. **Dimensionamento do Potencial de Investimentos do Setor Ferroviário**; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, p. 247 – 288, 2005.

WANKE, P. e FLEURY, P. F. **Transporte de Cargas no Brasil: Estudo Exploratório das Principais Variáveis Relacionadas aos Diferentes Modais e às suas Estruturas de Custos**; Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicada – IPEA, Brasil, 2006; Disponível em: [http://desafios.ipea.gov.br/sites/000/2/livros/estruturadinamica/capitulo%2012\\_transportes.pdf](http://desafios.ipea.gov.br/sites/000/2/livros/estruturadinamica/capitulo%2012_transportes.pdf); Acessado em: 04 de janeiro de 2011.

WONG, Y. B.; BEASLEY, J. E. Restricting weight flexibility in data envelopment analysis; **The Journal of the Operational Research Society**; Oxford, V. 41, n 9, p 829 – 835, 1990.

## APÊNDICE A

Todos as formulas e gráficos apresentados neste apêndice foram gerados com auxilio do Excel® 2003.

### Vagões em função da Tonelada Útil Velocidade Média Comercial

$$VG = f(TU, VMC)$$

$$VG = 2076,80 + 147,64 X TU -219,07 X VMC$$

#### RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,9509
R-Quadrad	0,9042
R-quadract	0,8868
Erro padrã	1205,2765
Observaçõ	14,0000

#### ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	² de significação
Regressão	2,0000	150852243,2182	75426121,6091	51,9216	0,0000
Resíduo	11,0000	15979606,7818	1452691,5256		
Total	13,0000	166831850,0000			

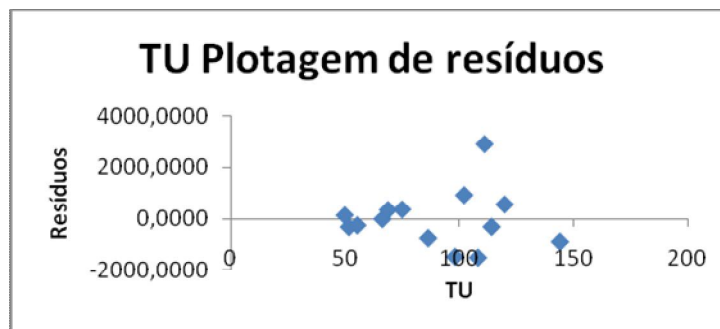
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	2159,6232	1097,9014	1,9670	0,0749	-256,8415	4576,0879	-256,8415	4576,0879
TU	147,4168	30,8919	4,7720	0,0006	79,4242	215,4094	79,4242	215,4094
Velocidade	-219,0753	203,5958	-1,0760	0,3049	-667,1867	229,0360	-667,1867	229,0360

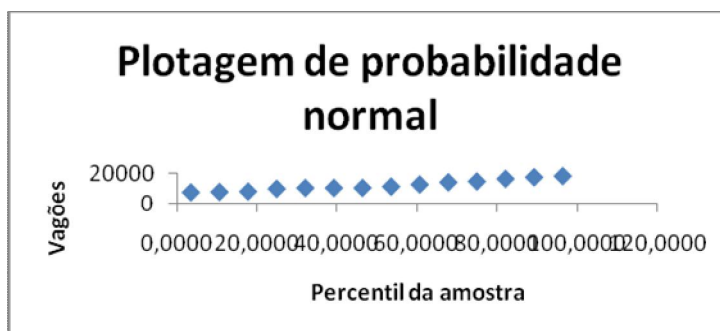
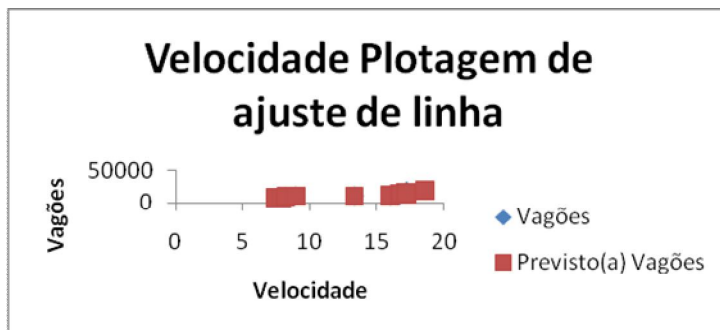
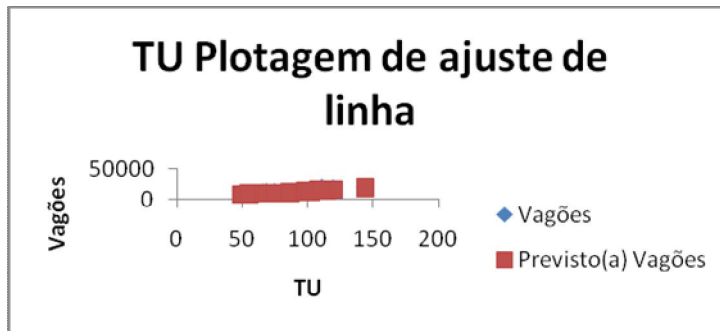
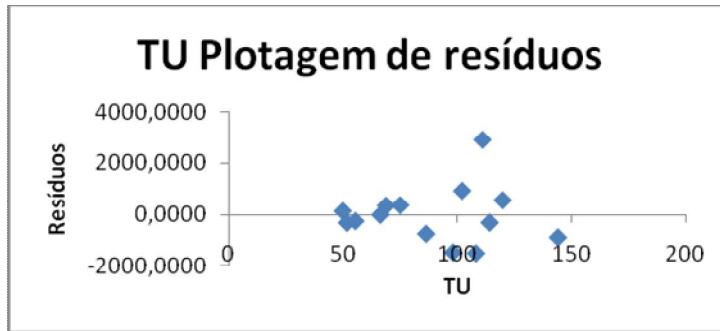
#### RESULTADOS DE RESÍDUOS

Observaçã	Previsto(a) Vagões	Resíduos	Resíduos padrão
1	7839,3864	155,6136	0,1404
2	8006,1528	-301,1528	-0,2716
3	8491,3494	-237,3494	-0,2141
4	10098,3294	7,6706	0,0069
5	10308,0418	364,9582	0,3292
6	10261,7459	384,2541	0,3466
7	11361,7480	-730,7480	-0,6591
8	12949,7394	-1451,7394	-1,3094
9	14413,0906	-1485,0906	-1,3395
10	13406,1359	949,8641	0,8567
11	15220,9152	-295,9152	-0,2669
12	16059,9131	581,0869	0,5241
13	14749,8657	2931,1343	2,6438
14	19327,5863	-872,5863	-0,7870

#### RESULTADOS DE PROBABILIDADE

Percentil	Vagões
3,5714	7705
10,7143	7995
17,8571	8254
25,0000	10106
32,1429	10631
39,2857	10646
46,4286	10673
53,5714	11498
60,7143	12928
67,8571	14356
75,0000	14925
82,1429	16641
89,2857	17681
96,4286	18455







## Locomotiva em função da Tonelada útil e Velocidade Média Comercial

$$LOC = f(TU, VMC)$$

$$LOC = -48,17 + 6,29 \times TU - 8,24 \times VMC$$

### RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,89677
R-Quadrado	0,80420
R-quadrado ajustado	0,76860
Erro padrão	79,35867
Observações	14

ANOVA					
	gl	SQ	MQ	F	de significação
Regressão	2	284535,9305	142267,9652	22,59011	0,000127336
Resíduo	11	69275,78381	6297,798528		
Total	13	353811,7143			

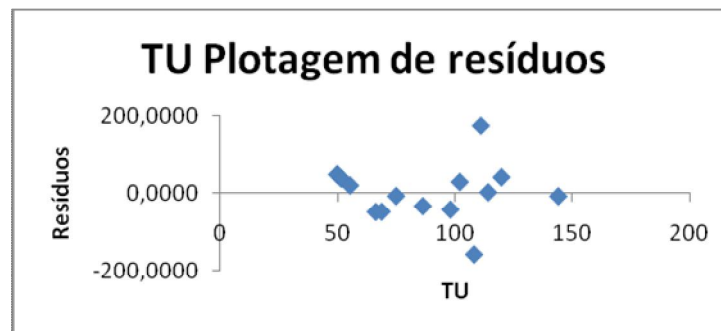
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	-48,1778	72,2888	-0,6665	0,5188	-207,2844	110,9288	-207,2844	110,9288
TU	6,2306	2,0340	3,0632	0,0108	1,7538	10,7074	1,7538	10,7074
Velocidade	-8,2444	13,4053	-0,6150	0,5511	-37,7493	21,2604	-37,7493	21,2604

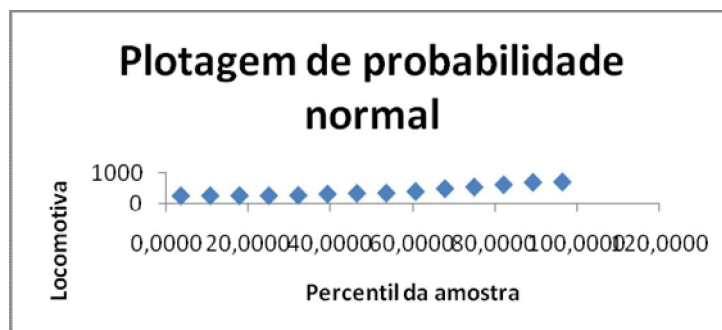
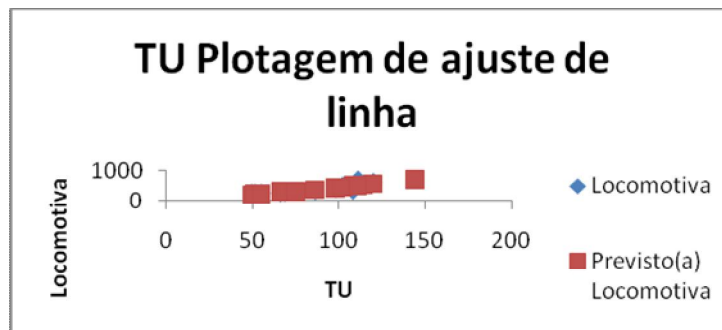
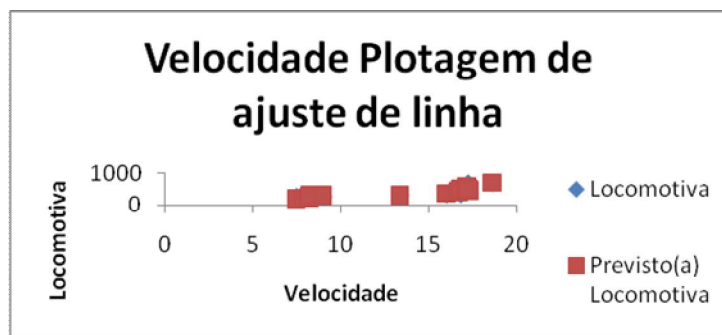
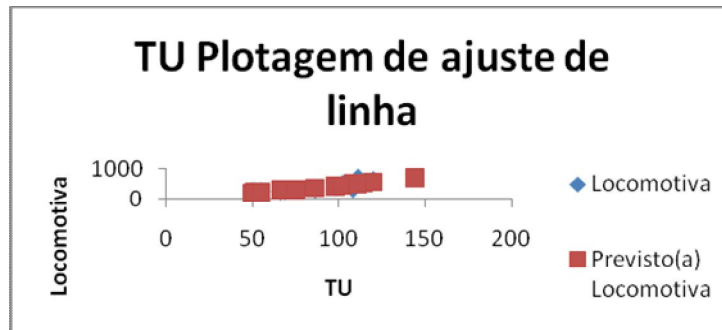
### RESULTADOS DE RESÍDUOS

Observação	Previsto(a) Locomotiva	Resíduos	Resíduos padrão
1	199,4395	47,5605	0,6515
2	206,9446	37,0554	0,5076
3	227,7306	19,2694	0,2640
4	295,7177	-48,7177	-0,6674
5	305,3170	-48,3170	-0,6619
6	307,8087	-7,8087	-0,1070
7	356,9899	-33,9899	-0,4656
8	424,8087	-42,8087	-0,5864
9	486,7760	-157,7760	-2,1613
10	444,7158	28,2842	0,3875
11	521,2741	1,7259	0,0236
12	556,7405	40,2595	0,5515
13	501,4302	173,5698	2,3777
14	696,3067	-8,3067	-0,1138

### RESULTADOS DE PROBABILIDADE

Percentil	Locomotiva
3,5714	244
10,7143	247
17,8571	247
25,0000	247
32,1429	257
39,2857	300
46,4286	323
53,5714	329
60,7143	382
67,8571	473
75,0000	523
82,1429	597
89,2857	675
96,4286	688





## Malha em função da Tonelada útil e Velocidade Média Comercial

$$ML = f(TU, VMC)$$

$$ML = 1780,52 + 3,42 \times TU - 3,96 \times VMC$$

### RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,9258
R-Quadrado	0,8571
R-quadrado ajustado	0,8312
Erro padrão	37,0463
Observações	14

### ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	Probabilidade de significação
Regressão	2	90574,38882	45287,19	32,99788	2,24953E-05
Resíduo	11	15096,69919	1372,427		
Total	13	105671,088			

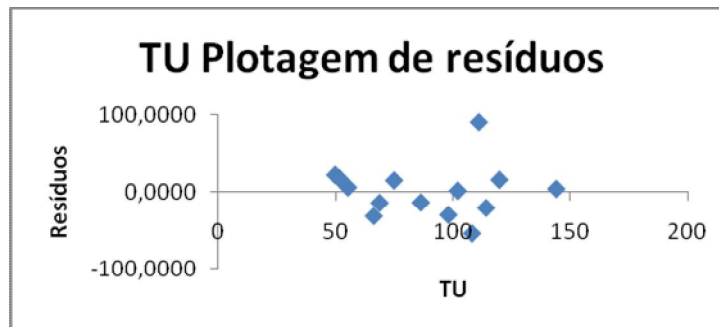
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	1780,52713	33,74592	52,76273	0,00000	1706,25285	1854,80140	1706,25285	1854,80140
TU	3,42194	0,94952	3,60388	0,00414	1,33207	5,51182	1,33207	5,51182
Velocidade	-3,96501	6,25787	-0,63360	0,53929	-17,73850	9,80848	-17,73850	9,80848

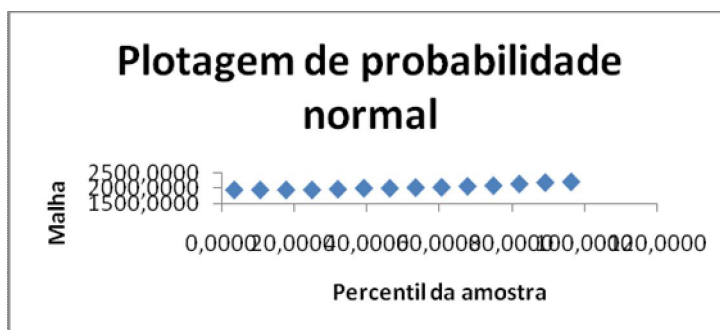
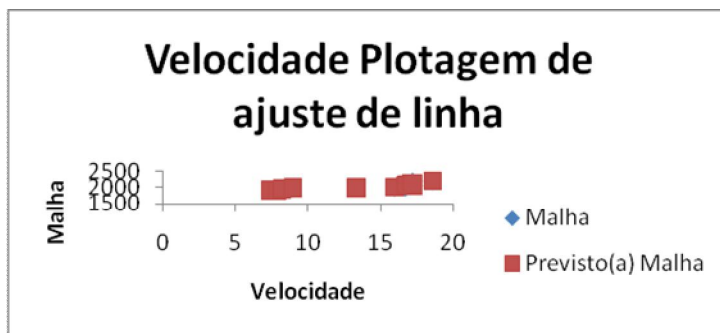
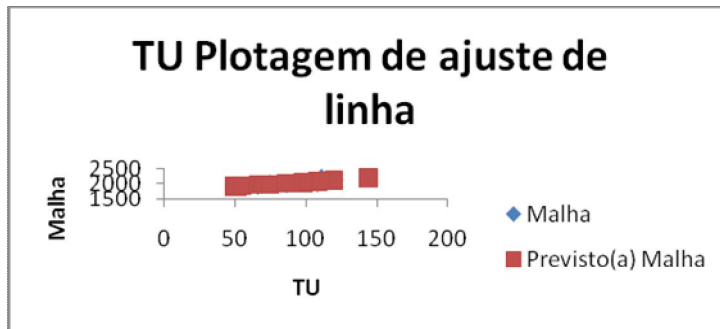
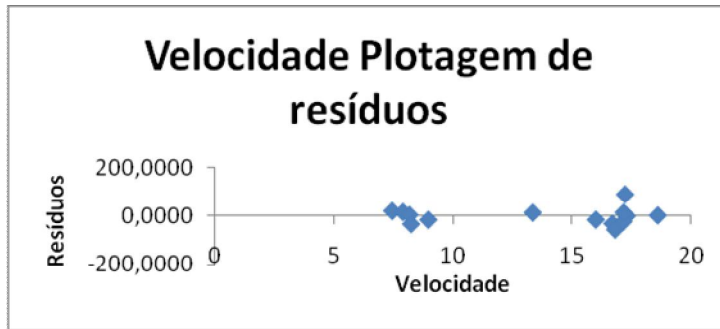
### RESULTADOS DE RESÍDUOS

Observação	Revisito(a) Malh	Resíduos	Resíduos padrão
1	1920,7162	21,3098	0,6253
2	1925,0915	16,9345	0,4969
3	1936,6623	5,3637	0,1574
4	1974,0393	-32,0133	-0,9394
5	1979,7195	-14,6915	-0,4311
6	1983,5556	14,3324	0,4206
7	2012,0585	-14,1705	-0,4158
8	2049,6950	-30,4480	-0,8935
9	2083,7940	-54,6890	-1,6048
10	2060,9707	0,9943	0,0292
11	2102,9379	-21,2569	-0,6238
12	2122,4199	15,1231	0,4438
13	2092,0755	89,8285	2,6360
14	2199,8800	3,3830	0,0993

### RESULTADOS DE PROBABILIDADE

Percentil	Malha
3,5714	1942,0260
10,7143	1942,0260
17,8571	1942,0260
25,0000	1942,0260
32,1429	1965,0280
39,2857	1997,8880
46,4286	1997,8880
53,5714	2019,2470
60,7143	2029,1050
67,8571	2061,9650
75,0000	2081,6810
82,1429	2137,5430
89,2857	2181,9040
96,4286	2203,2630





## Receita em função da Tonelada útil e Velocidade Média Comercial

$$REC = f(TU, VMC)$$

$$REC = -465506,022 + 7292,036 \times TU + 130516,63 \times VMC$$

### RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,8826
R-Quadrado	0,7790
R-quadrado ajustado	0,7388
Erro padrão	449425,0319
Observações	14

### ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	2	7,83E+12	3,92E+12	1,94E+01	2,48E-04
Resíduo	11	2,22E+12	2,02E+11		
Total	13	1,01E+13			

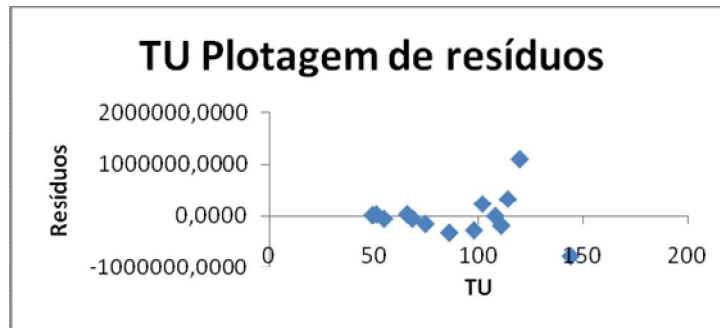
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	-465506,0223	409386,8582	-1,1371	0,2797	-1366560,4214	435548,3768	-1366560,4214	435548,3768
TU	7292,0362	11519,0111	0,6330	0,5396	-18061,1362	32645,2086	-18061,1362	32645,2086
Velocidade	130516,6305	75917,0565	1,7192	0,1136	-36575,6842	297608,9452	-36575,6842	297608,9452

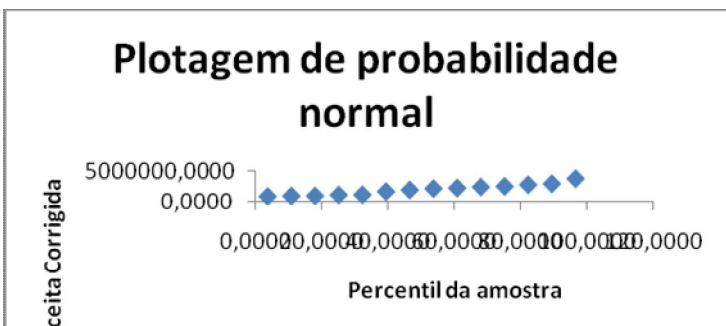
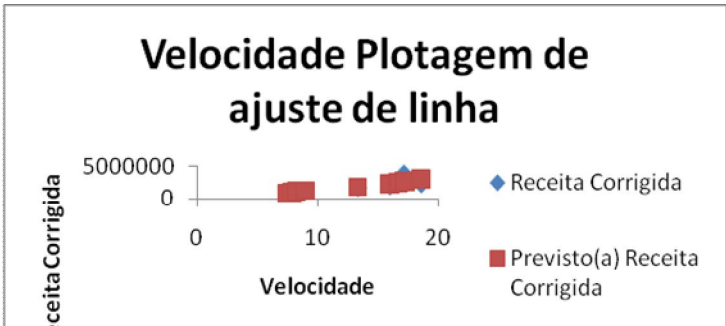
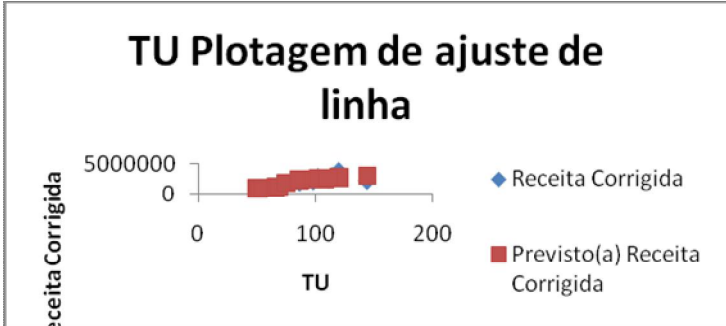
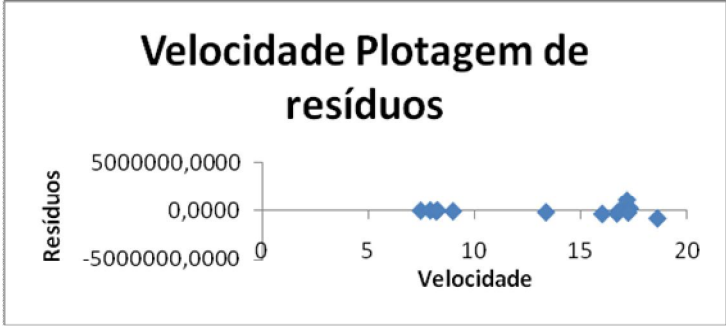
### RESULTADOS DE RESÍDUOS

Observação	sto(a)	Receita Cor	Resíduos	Resíduos padrão
1		868527,8715	17542,0404	0,0424
2		940386,0204	32880,2206	0,0795
3		1003258,6278	-50530,2107	-0,1222
4		1092172,1350	36533,6180	0,0884
5		1205026,7826	-45496,8713	-0,1101
6		1822335,3042	-146221,3341	-0,3537
7		2251333,5880	-316545,6343	-0,7657
8		2427653,6182	-269897,5360	-0,6529
9		2516530,1242	2060,5423	0,0050
10		2536219,3799	241710,4317	0,5847
11		2605963,1622	336594,0947	0,8142
12		2648289,1157	1108601,3872	2,6816
13		2591732,6671	-181473,0241	-0,4390
14		3012885,7245	-765757,7245	-1,8523

### RESULTADOS DE PROBABILIDADE

Percentil	Receita Corrigida
3,5714	886069,9119
10,7143	952728,4172
17,8571	973266,2411
25,0000	1128705,7529
32,1429	1159529,9113
39,2857	1676113,9701
46,4286	1934787,9537
53,5714	2157756,0822
60,7143	2247128,0000
67,8571	2410259,6430
75,0000	2518590,6665
82,1429	2777929,8117
89,2857	2942557,2569
96,4286	3756890,5029





## APENDICE B

Resultados aqui apresentados para o Análise Envoltória de Dados não Arquemediana foram resolvidos com auxílio da ferramenta Solver do Excel® 2003

### Resultados para os cenários do ano base 2015

Cenários 2015										
	Base Pessimista			Base Estimada			Base Estimada			
	TU	Velocidade	Vagões	Locomotiva	Extensão	Receita	Cenário	G	H	
	161	169	177	183	192,4	202		202	213,0	224
	23	24,6	26	24	25,4	27		26	26,9	28
	20744	21726	22709	23862	25009	26155		26444	27727	29009
	771	815	859	905	957	1008		1018	1076	1133
	2242	2267	2292	2316	2345	2374		2379	2411	2443
	3.759.486	3.982.346	4.205.205	4.021.651	4.258.309	4.494.966		4.351.410	4.605.423	4.859.437
	A	B	C	D	E	F		G	H	I

Alvos				
DMU	Eficiência	Vagões	Locomotiva	Malha
A	99,08%	20.554	764	2.037
B	99,56%	21.631	811	2.165
C	100,00%	22.709	859	2.292
D	92,74%	22.130	839	2.148
E	95,17%	23.801	911	2.232
F	97,54%	25.511	983	2.316
G	93,84%	24.816	955	2.233
H	96,28%	26.697	1.036	2.321
I	98,66%	28.620	1.118	2.410

Pesos das Variáveis			
DMU	Vagões	Locomotiva	Malha
A	0,00000005	0,00129631	0,00000005
B	0,00000005	0,0012256	0,00000005
C	0,00004404	0,00000005	0,00000005
D	0,00001257	0,00023204	0,00021157
E	0,0000120	0,00021944	0,00020896
F	0,00001147	0,00020833	0,00020640
G	0,00001134	0,00020629	0,00020597
H	0,00001082	0,00019517	0,00020324
I	0,00001034	0,00018535	0,00020057

## Resultados para os cenários do ano base 2020

	Cenários 2020								
	Base Pessimista			Base Estimada			Base Estimada		
TU	175	184	193	237	249,4	262	276	291,0	306
Velocidade	29	30,6	32	32	33,4	35	35	37,2	39
Vagões	21619	22648	23676	30219	31700	33181	35276	37023	38770
Locomotiva	819	866	913	1192	1258	1325	1415	1493	1572
Extensão	2272	2298	2324	2477	2514	2551	2601	2645	2688
Receita	4.609.980	4.877.602	5.145.224	5.412.854	5.722.733	6.032.612	6.174.649	6.524.622	6.874.595
Cenário	A	B	C	D	E	F	G	H	I

Alvos				
DMU	Eficiência	Vagões	Locomotiva	Malha
A	99,35%	21.479	814	2.070
B	99,69%	22.578	863	2.197
C	100,00%	23.676	913	2.324
D	90,01%	27.201	1.073	2.230
E	92,25%	29.244	1.161	2.319
F	94,40%	31.324	1.251	2.408
G	92,97%	32.794	1.315	2.418
H	95,02%	35.180	1.419	2.522
I	97,38%	37.753	1.531	2.618

Pesos das Variáveis			
DMU	Vagões	Locomotiva	Malha
A	0,00001386	0,00085450	0,00000005
B	0,00001324	0,00080801	0,00000005
C	0,00004223	0,00000005	0,00000005
D	0,00000993	0,00017617	0,00019782
E	0,00000946	0,00016693	0,00019491
F	0,00000904	0,00015849	0,00019208
G	0,00000850	0,00014841	0,00018839
H	0,00000810	0,00014066	0,00018463
I	0,00000774	0,00013359	0,00018229



## Resultados para os cenários do ano base 2025

	Cenários 2025								
	Base Pessimista			Base Estimada			Base Estimada		
TU	197	208	218	266	279,6	294	325	342,4	360
Velocidade	32	34,1	36	35	36,7	39	38	40,2	42
Vagões	24251	25418	26586	33777	35446	37114	41870	43965	46059
Locomotiva	939	992	1045	1350	1425	1500	1702	1796	1889
Extensão	2338	2368	2398	2565	2607	2649	2759	2812	2864
Receita	5.211.251	5.510.520	5.809.788	6.033.116	6.375.640	6.718.164	6.905.055	7.293.471	7.681.887
Cenário	A	B	C	D	E	F	G	H	I

Alvos				
DMU	Eficiência	Vagões	Locomotiva	Malha
A	99,38%	24.100	933	2.141
B	99,70%	25.343	989	2.269
C	100,00%	26.586	1.045	2.398
D	88,97%	30.052	1.201	2.282
E	90,98%	32.341	1.297	2.372
F	93,06%	34.538	1.396	2.465
G	78,19%	32.738	1.331	2.157
H	90,57%	39.819	1.627	2.547
I	92,50%	42.607	1.747	2.649

Pesos das Variáveis			
DMU	Vagões	Locomotiva	Malha
A	0,00001242	0,00074539	0,00000005
B	0,00001181	0,00070551	0,00000005
C	0,00001128	0,00020096	0,00020434
D	0,00000888	0,00015556	0,00019103
E	0,00000844	0,00014737	0,00018796
F	0,00000808	0,00014000	0,00018498
G	0,00000717	0,00012338	0,00017760
H	0,00000682	0,00011693	0,00017425
I	0,00000651	0,00011117	0,00017109