

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE
TRANSPORTES

A GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA
EM FERROVIAS BRASILEIRAS DE CARGAS

Alexildo Velozo Vaz

**Dissertação submetida ao Programa de
Mestrado em Engenharia de Transportes
da Universidade Federal do Ceará, como
parte dos requisitos para a obtenção do
título de Mestre em Ciências (M.Sc.) em
Engenharia de Transportes**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Waldemiro de Aquino Pereira Neto

Fortaleza
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

VAZ, ALEXILDO VELOZO

A Gestão da Inovação Tecnológica em Ferrovias Brasileiras de Cargas.
Fortaleza, 2008.

XII, 130 fl., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

1. Transportes - Dissertação 2. Planejamento
3. Gestão da Inovação 4. Transporte Ferroviário

CDD 388

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

VAZ, A. V. (2008). A Gestão da Inovação Tecnológica em Ferrovias Brasileiras de Cargas. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 130 fl.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Alexildo Velozo Vaz

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: A Gestão da Inovação Tecnológica em Ferrovias Brasileiras de Cargas.

Mestre / 2008

É concedida à Universidade Federal do Ceará permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito da autora.

Alexildo Velozo Vaz

Rua Jornalista Felipe Drumond 81 apto 76
30.380-310 – Belo Horizonte/MG – Brasil

A GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM FERROVIAS BRASILEIRAS DE
CARGAS

Alexildo Velozo Vaz

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE
MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE
TRANSPORTES.

Aprovada por:

Prof. Waldemiro de Aquino Pereira Neto, D.Sc
(Orientador)

Prof^a Nadja Glheuca da Silva Dutra Montenegro D.Sc
(Examinador Interno)

Prof. Rogério Teixeira Mâsih D.Sc
(Examinador Interno)

Prof^a Karênina Martins Teixeira Ph.D
(Examinador Externo)

FORTALEZA, CE – BRASIL
SETEMBRO DE 2008

Aos meus pais, Nilzette e Alexandre, pelo valor que deram à minha educação, pelo amor e pelas palavras de estímulo.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho foi possível graças à colaboração das seguintes pessoas, a quem dedico os meus sinceros agradecimentos:

A Prof. Waldemiro de Aquino Pereira Neto, pela orientação e apoio, fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao Prof. João Alencar Oliveira Junior que, por quase dois anos, me orientou e transmitiu o sentido de aprender e escrever para o mestrado.

Aos amigos das estradas de ferro Vitória a Minas, Carajás e da Companhia Ferroviária do Nordeste pelos ensinamentos ao longo de oito anos de trabalho.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho, especialmente a Ângelo Baptista, Odilon Guilherme Paraense e Mauricio Drumond.

Aos integrantes da banca pelas valiosos comentários.

Aos amigos, pelo incentivo e companheirismo.

À minha família, a quem dedico este trabalho.

Resumo da Dissertação submetida ao PETRAN/UFC como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências (M.Sc.) em Engenharia de Transportes

GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM FERROVIAS BRASILEIRAS DE CARGAS

Alexildo Velozo Vaz

Setembro/2008

Orientador: Waldemiro de Aquino Pereira Neto

O transporte ferroviário de cargas foi inventado há pouco mais de 200 anos e, desde então, sua tecnologia sofreu mudanças acentuadas, que foram diminuindo em intensidade e qualidade à medida que o setor amadureceu. A inovação tecnológica, que esteve sempre presente nas primeiras companhias ferroviárias como parte de sua estratégia empresarial, foi repassada pelas modernas empresas do setor, de forma gradual, aos seus fornecedores, enquanto a parte intrínseca ao serviço de transporte permaneceu no âmbito da empresa. Em um contexto no qual a pressão por redução de custos e aumento de eficiência operacional são cada vez maiores, ganha importância a compreensão da forma como surgem essas inovações incrementais. Enfoque especial deve ser dado às inovações voltadas para a eficiência energética, visto que até 70% do custo operacional é decorrente da compra de combustível. Considerando este cenário, esta pesquisa investigou as ferramentas e recursos que as três maiores empresas brasileiras de transporte ferroviário de cargas – Companhia Vale do Rio Doce, América Latina Logística e MRS Logística – usam para manter-se competitivas e atingirem os objetivos estratégicos estabelecidos por seus acionistas, transformando Pesquisa e Desenvolvimento em resultados pelo uso da gestão da inovação. O estudo de caso foi construído sobre os conceitos de inovação, trajetória tecnológica, modelos de inovação e sistemas de inovação, confrontados com a prática de gestão em inovação nas ferrovias. Os resultados apresentados foram obtidos a partir de entrevistas com especialistas das ferrovias e tiveram como objetivo principal identificar o tratamento dado às inovações tecnológicas pelas ferrovias de carga. Como contribuição da pesquisa são fornecidos subsídios para o apoio às políticas e estratégias de fomento à inovação no setor ferroviário.

Abstract of Thesis submitted to PETRAN/UFC as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.) in Transportation Engineering

TECHNOLOGICAL INNOVATION MANAGEMENT IN BRAZILIAN FREIGHT
RAILWAYS

Alexildo Velozo Vaz

September/2008

Advisor: Prof. Waldemiro de Aquino Pereira Neto

The railway freight transport system was invented 200 years ago and, since then, its technological framework has undergone a great deal of change that was reduced in intensity and quality while the industry matured. Technological innovation was very much present in the first railroad companies as part of their entrepreneurial strategy but it has been delivered to suppliers slowly in recent times, seen that a small part, inherent to transportation services, was retained. In a context where the pressure for cost reduction and operational efficiency increasing are higher every day, it becomes more important to understand how such incremental innovations can be generated. Considering that 70% of operational costs are spent on fuel, innovation in power efficiency is particularly important. This was the background for the search for the tools and resources used by the three main Brazilian freight railway companies – Companhia Vale do Rio Doce, América Latina Logística and MRS Logística – to remain competitive and to achieve their strategic objectives, established by their shareholders, transforming Research and Development into results by innovation management. The case study was built on the concepts of innovation, technological trajectory, innovation systems and models in parallel with railroad innovation management practices. Such practices are presented in the results of interviews with railway specialists and engineers and the main objective is to identify how the railways represented by these specialists deal with the innovations. The most important contribution of this research is to deliver additional information to policies and strategies to improve technological innovation in the national railway transportation industry.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO	1
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA E JUSTIFICATIVA	2
1.2. OBJETIVOS DA PESQUISA	5
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	6

CAPÍTULO 2

ESTRADAS DE FERRO	8
2.1. O SURGIMENTO DAS FERROVIAS	8
2.2. AS FERROVIAS BRASILEIRAS DE CARGA (FBC).....	10
2.3. A ORGANIZAÇÃO DA INDÚSTRIA FERROVIÁRIA BRASILEIRA	13
2.4. MARCO REGULATÓRIO DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE CARGAS	26
2.5. AS FBC NA MATRIZ ENERGÉTICA	27
2.5.1. Conceito de Eficiência Energética.....	27
2.5.2. Eficiência Energética no Brasil.....	28
2.5.3. Eficiência Energética em Ferrovias	29

CAPÍTULO 3

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	32
3.1. DESCOBERTA, INVENÇÃO E TECNOLOGIA.....	32
3.2. CONCEITOS DE INOVAÇÃO.....	34

3.2.1. Paradigmas tecnológicos.....	38
3.2.2. O Ciclo de Vida da Inovação	39
3.3. TIPOS DE INOVAÇÃO.....	41
3.3.1. Natureza da Inovação.....	41
3.3.2. Origens da Inovação	41
3.4. A INOVAÇÃO NAS FERROVIAS.....	42
3.4.1. Inovação em eficiência energética em Ferrovias	44
3.5. SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO.....	46
3.5.1. Sistema Brasileiro de Inovação (SBI).....	49
3.6. SISTEMAS SETORIAIS.....	50
3.6.1. Sistemas de Inovação em Transportes	50
 CAPÍTULO 4	
GESTÃO DA INOVAÇÃO	53
4.1. INOVAÇÃO COMO FUNÇÃO DA EMPRESA.....	54
4.2. A DIFUSÃO DA INOVAÇÃO.....	54
4.3. A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE PORTFÓLIO	56
4.4. MODELOS DE INOVAÇÃO	57
4.4.1. Principais Modelos de Inovação	57
4.4.2. Tipos de Modelos de Inovação	64
4.4.3. Modelos de Inovação em Empresas Ferroviárias	66
 CAPÍTULO 5	
ESTRATÉGIA E INOVAÇÃO.....	68
5.1. O QUE É ESTRATÉGIA EMPRESARIAL	68
5.2. O QUE É ESTRATÉGIA DE INOVAÇÃO	73

5.3. A INOVAÇÃO COMO ESTRATÉGIA	74
--	-----------

5.4. A ESTRATÉGIA DE INOVAÇÃO NAS FERROVIAS.....	75
---	-----------

CAPÍTULO 6

ESTUDO DE CASO.....	77
----------------------------	-----------

6.1. A ESCOLHA DO MÉTODO	78
---------------------------------------	-----------

6.2. A AMOSTRA	80
-----------------------------	-----------

6.3. O QUESTIONÁRIO.....	80
---------------------------------	-----------

6.4. VALIDAÇÃO	82
-----------------------------	-----------

CAPÍTULO 7

RESULTADOS E ANÁLISE	84
-----------------------------------	-----------

7.1. QUANTO AO MODELO DE INOVAÇÃO	84
--	-----------

7.2. QUANTO À GESTÃO DA INOVAÇÃO	87
---	-----------

7.2.1. Financiamento.....	87
---------------------------	----

7.2.2. Gestão de Portfólio	88
----------------------------------	----

7.2.3. Proteção	90
-----------------------	----

7.2.4. Originação de Inovações.....	90
-------------------------------------	----

7.2.5. Melhoria do Processo de Inovação	91
---	----

7.2.6. Gestão da Inovação em Eficiência Energética.....	92
---	----

7.3. QUANTO À ESTRATÉGIA EMPRESARIAL	93
---	-----------

7.4. QUANTO À ESTRATÉGIA DE INOVAÇÃO	94
---	-----------

CAPÍTULO 8

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	98
--	-----------

8.1. CONCLUSÕES	98
------------------------------	-----------

8.2. RECOMENDAÇÕES	101
---------------------------------	------------

8.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
APÊNDICE I	
QUESTIONÁRIO	116
APÊNDICE II	
QUESTIONÁRIO ALL.....	119
APÊNDICE III	
QUESTIONÁRIO MRS	121
APÊNDICE IV	
QUESTIONÁRIO VALE.....	124
APÊNDICE V	
INOVAÇÕES SELECIONADAS EM FERROVIAS	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Investimentos Públicos e Privados em Transporte Ferroviário 1997-2007 (R\$ Milhões)	15
Figura 2.2	Matriz Brasileira de Transportes (2001)	16
Figura 2.3	Evolução da Malha Ferroviária Brasileira – 1854 a 2005 (Km)	20
Figura 2.4	Pessoal Ocupado e Carga Transportada (Milhões de TKU) – 1942 a 2004	25
Figura 3.1	Esquema simplificado do <i>Market Pull</i>	41
Figura 3.2	Esquema simplificado de <i>Technology Push</i>	42
Figura 3.3	Modelo de Sistema Nacional de Inovação	47
Figura 3.4	Principais componentes de um Sistema Nacional de Inovação.	48
Figura 3.5	Sistema Brasileiro de Inovação – Modelo Simplificado	49
Figura 4.1	Ciclo de vida da inovação para a motorização de locomotivas.....	55
Figura 4.2	Modelo Linear de Inovação ou Modelo <i>Pipeline</i>	57
Figura 4.3	Modelo <i>Spin Off</i>	58
Figura 4.4	Modelo Conjugado	59
Figura 4.5	Modelo Interativo (<i>chain-linked</i>)	60
Figura 4.6	Processo de Inovação em Redes de Atacado para o caso em que a inovação flui do franqueador para o franqueado	62
Figura 4.7	<i>Open Innovation</i>	63
Figura 4.8	Modelo de Gestão Tecnológica.....	65
Figura 4.9	Stage Gate Process	67
Figura 5.1	Matriz BCG	69
Figura 5.2	Esquema de TRM.....	70
Figura 5.3	Linhas estratégicas (PORTER, 1998)	71
Figura 5.4	Cinco forças competitivas que afetam a lucratividade da indústria	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	A Evolução das Locomotivas	9
Tabela 2.2	Ferrovias brasileiras selecionadas por data de inauguração e tamanho de bitola	11
Tabela 2.3	Propriedade e Operação das Ferrovias no Brasil (1889-1930)	14
Tabela 2.4	Participação da Formação Bruta de Capital Fixo em Transportes no PIB	14
Tabela 2.5	Concessionárias de Transporte Ferroviário segundo Propriedade.....	17
Tabela 2.6	Extensão e Densidade da Malha Ferroviária em Países de Grande Extensão (2005)	19
Tabela 2.7	Produto Médio por Concessionária (2000 a 2004)	21
Tabela 2.8	Produção do Modo Ferroviário de 2000 a 2004 (em 10 ⁶ TKU)	22
Tabela 2.9	Produção (TKB) e Relação (TKU/TKB)	23
Tabela 2.10	Cargas Transportadas (em bilhão de TKU)	23
Tabela 2.11	Entrega de Equipamento, por Tipo - 1996-2004	24
Tabela 2.12	Ações voltadas para a Eficiência Energética	28
Tabela 2.13	Consumo Específico de Diesel em Ferrovias (10 ³ TKU/t de diesel).....	30
Tabela 3.1	Classificação das Soluções Criativas	33
Tabela 4.1	Portfólio de Projetos por Tipo de Desenvolvimento – 1990/2004	66
Tabela 5.1	Matriz Produto/Mercado	68
Tabela 6.1	Estrutura Metodológica da Pesquisa.....	78
Tabela 6.2	Resumo das Características das Empresas que compõem o estudo.....	80
Tabela 6.3	Funções da Gestão da Inovação	80
Tabela 6.4	Comparação entre as abordagens de submissão de questionários	82
Tabela 7.1	Inovações Recentes selecionadas por Empresa e Objetivo.....	86
Tabela 7.2	Função da Gestão de Inovação nas Companhias Ferroviárias	85
Tabela 7.3	Resumo dos Resultados	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABIFER - Associação Brasileira da Indústria Ferroviária
- AC - Corrente alternada
- ALL - América Latina Logística do Brasil S/A
- ANE - Academia Nacional de Engenharia (Brasil)
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
- ANPEI - Associação Nacional das Empresas Inovadoras
- ANPET - Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes
- ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários
- ANTF - Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários
- ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres
- ANUT - Associação Nacional de Usuários de Transporte
- B2 - diesel com 2% de biodiesel
- B20 - diesel composto por 20% de biodiesel
- B3 - diesel com 3% de biodiesel
- bar - medida de pressão igual a 14,5 PSI
- BCG - Boston Consulting Group
- BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CAPRE - Coordenação das Atividades de Processamento Eletrônico de Dados
- CDTE - Centro de Desenvolvimento de Tecnologia em Energia
- CENPES - Centro de Tecnologia de Petróleo
- CENTRAN - Centro de Excelência em Engenharia de Transportes
- CFN - Companhia Ferroviária do Nordeste
- CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
- CNPq - Conselho Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- CNT - Confederação Nacional do Transporte
- CO - monóxido de carbono
- CONIT - Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte
- CONPET - Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e Gás Natural
- CONSERVE - Programa de conservação de energia no setor industrial

CSN - Companhia Siderúrgica Nacional

CT-PETRO - Plano Nacional de Ciência e Tecnologia do Setor de Petróleo e Gás Natural

CTR - Center for Transportation Research

CT-TRANSPORTES - Fundo Setorial de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Setor de Transportes Terrestres e Hidroviários

DC - Corrente contínua

DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes

DNTF - Departamento Nacional de Estradas de Ferro

DTO - Diagnóstico Técnico Operacional

EE - Eficiência Energética

EFC - Estrada de Ferro Carajás

EFVM - Estrada de Ferro Vitória a Minas

EGTD - Energia Garantida por Tempo Determinado

ERP - *Enterprise Resource Planning*

FAPERJ - Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Rio de Janeiro

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FBC - Ferrovias Brasileiras de Carga

FCA - Ferrovia Centro Atlântica

FEPASA - Ferrovia Paulista S/A

FERROBAN - Ferrovia Bandeirantes

FERROESTE - Estrada de Ferro Paraná Oeste S/A

FERRONORTE - Ferrovias Norte Brasil S/A

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos

FNS - Ferrovia Norte Sul

FRN - Fundo Rodoviário Nacional

FSA - Ferrovia Sul Atlântica

FTC - Ferrovia Tereza Cristina

GEE - Gases Geradores de Efeito Estufa

GEIPOT - Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes

GERE - Grupo Executivo de Racionalização Energética

GPS - *Global Positioning System*

HC - Hidrocarbonetos

HCCI - Homogeneous-Charge Compression Ignition
HP - *Horse Power*, medida de potencia igual a 550 libras-pés por segundo
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDT - Instituto de Desenvolvimento do Transporte
IGP-M - Índice Geral de Preços - Mercado
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia
INPI - Instituto Nacional de Propriedade Intelectual
INT - Instituto Nacional de Tecnologia
IPR - Instituto de Pesquisa Rodoviária
IPT - Instituto de Pesquisa Tecnológica
IRT - *Institute for Railway Technology*
KFB - Kommunikationsforskningsberedningen (Comitê Sueco de Divulgação Científica)
l/mil TKB - litros por mil TKB
l/mil TKU - litros por mil TKU
LOG-IN - Logística Intermodal S/A
MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia
MLIT - Modelo Linear de Inovação Tecnológica
NAE - *National Academy of Engineering* (EUA)
NOVOESTE - Ferrovia Novoeste
NO_x - óxidos de nitrogênio
NSF - *National Science Foundation* (EUA)
OCDE - Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
OTRP - Otimizador de Tração e Redutor de Potência
P&D - Pesquisa e Desenvolvimento
P&G - Procter & Gamble
PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem
PD&I - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PDTEC - Plano Diretor de Tecnologia
PIB - Produto Interno Bruto
PINTEC - Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica
PME - Programa de Mobilização Energética
PNLT - Plano Nacional de Logística e Transportes

PROALCOOL - Programa Nacional do Álcool
PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PSI - medida de pressão (libra por polegada quadrada)
PUC - Pontifícia Universidade Católica
R\$/l - Reais por litro, medida de consumo
R\$/TKU - Reais por TKU (Produto Médio), medida de rentabilidade
RFFSA - Rede Ferroviária Federal S/A
RFID - *Radio Frequency Identification*
RFN - Rede Ferroviária do Nordeste
RVC - Rede Viação do Ceará
SBI - Sistema Brasileiro de Inovação
SBU - *Strategic Business Units*
SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio à Pequena e Média Empresa
SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SENAT - Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte
SIBRATEC - Sistema Brasileiro de Tecnologia
SNI - Sistema Nacional de Inovação
SOL - Sistema de Operação Logística
TE - Teste de Eficiência
TEP - toneladas equivalentes de petróleo
TI - Tecnologia da Informação
TKB - tonelada por quilômetros bruta, medida de produção
TKU - tonelada por quilômetros útil, medida de produção
TKU/t - Medida de Consumo Específico de Diesel em Ferrovias
TKU/TKB - medida de Produtividade para ferrovias
TPP - Tecnológicas em Produtos e Processos
TRIZ - *Theory of Inventive Problem Solving*
TRM - *Technology Roadmaps*
TTCi - *Transportation Technology Center Inc.*
UNICAMP - Universidade de Campinas
UPR - Union Pacific Railroad
USP - Universidades de São Paulo
VALEC - VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S/A.

VPL - Valor Presente Líquido

VSE - Vale Soluções em Energia

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Ferrovia e inovação caminham juntas. No início século XIX, os motores a vapor elevaram as estradas de ferro a outro patamar de desempenho, que as transformaram no mais importante meio de transporte de pessoas e cargas por mais de cem anos. As ferrovias, em todo o mundo, deixaram de andar no leito das estradas de rodagem e ganharam caminhos próprios. Em seguida, vieram melhorias nas estradas, que receberam lastro e dormentes. Novos materiais, como o aço, substituíram o ferro e a madeira, tanto no material rodante – locomotivas e vagões – quanto nos trilhos. Novos combustíveis, como o diesel e a eletricidade, substituíram o vapor. Os trens ficam mais longos, mais potentes e mais pesados. A microeletrônica e a tecnologia de informação chegaram com força no fim do século XX, automatizando os processos e, no início deste século, as tecnologias sem fio e o geoprocessamento prometem ainda mais ganhos de desempenho.

Mas, afinal, como aparecem as ferrovias brasileiras nesse quadro geral de avanço? O Brasil tem algumas das melhores ferrovias de carga do mundo – a Estrada de Ferro Carajás e a MRS – e outras de baixíssima produtividade. O sistema ferroviário brasileiro é frequentemente criticado pela sua pequena extensão em relação às dimensões continentais do país e pela incapacidade de contribuir mais para a redução do “custo Brasil”, com o aumento de sua participação na matriz de transportes. Mas o fato é que algumas companhias ferroviárias conseguem absorver as mais recentes tecnologias e atingir elevada produtividade em um país que não formava engenheiros ferroviários há décadas, não fabrica trilhos, nem locomotivas.

Este comportamento de algumas companhias ferroviárias brasileiras é uma indicação do reconhecimento da importância da inovação, que se tornou, nas últimas décadas, a grande ponte que une os países por elos de dependência e os separa no que tange a capacidade de gerar riqueza e bem-estar para o seu povo. Pode-se dizer que há quatro grandes grupos de nações inovadoras de uma lista de 37 países capazes de investir mais de US\$ 1 bilhão por ano em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). No primeiro grupo, isolado dos demais países estão os Estados Unidos, que gastaram US\$

344 bilhões em 2006. O segundo grupo, composto de três países – Japão, China e Alemanha – que conseguem investir entre US\$ 137 bilhões e US\$ 67 bilhões. O terceiro grupo corresponde àqueles que conseguem investir entre US\$ 41 bilhões e US\$ 14 bilhões, totalizando dez países liderados pela França e com o Brasil em último, sendo portanto o 14º. país em investimentos em pesquisa . Por fim, os demais países, que somam 11,7% do investimento total (OCDE, 2008).

Sabendo que o serviço de transporte ferroviário de cargas tem quase 200 anos de existência no mundo, e 150 no Brasil, e que as grandes inovações, como foi o caso da introdução do motor diesel, são cada vez mais escassas, restam as inovações incrementais. Estas, em geral, surgem dentro das próprias empresas ferroviárias ou de seus fornecedores. É, então, de grande importância investigar como surgem as inovações dentro dessas empresas. Como a inovação é parte de uma estratégia maior, a empresarial, este trabalho busca entender como a gestão da inovação está estruturada, se insere dentro do planejamento estratégico das principais empresas ferroviárias de carga do país e como ela se relaciona com o sistema nacional e setorial de inovação.

A extensão desse assunto e a variedade de aspectos em que a inovação se manifesta dentro das ferrovias, novos materiais, combustíveis, recursos eletrônicos, telecomunicações, interface roda-trilho, infra-estrutura, entre outras, levou à escolha da análise sob um ângulo em particular, o da gestão da inovação.

Portanto, o estudo sobre a gestão de inovação nas ferrovias brasileiras de carga, em seus principais aspectos – identificação, escolha, financiamento e difusão de inovações – auxilia na compreensão de como um sistema empresarial de inovação se relaciona com os demais sistemas de inovação do país e seus agentes, como, por exemplo, universidades e órgãos de fomento, para gerar eficiência e riqueza para o país e como pode ter seu potencial ampliado.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA E JUSTIFICATIVA

A adoção de inovações em transportes, que trazem dentro de si inovações em políticas de transportes, é o resultado de um processo político e não somente da difusão da inovação (FEITELSON e SALOMON, 2004). Isso se aplica a grandes sistemas

econômicos com cidades, regiões ou países, mas não necessariamente a sistemas) empresariais.

Enquanto que em países e cidades as políticas são criadas para se criar condições e ambiente propício ao desenvolvimento, nas empresas, as políticas, que podemos chamar de diretrizes estratégicas, são criadas para tornar real o desenvolvimento. No setor ferroviário de cargas do Brasil, todas as empresas citam os investimentos em tecnologia e sua capacidade de inovar como um fator que as distingue e as coloca em posição vantajosa em relação aos concorrentes. Isso fica claro nas “missões e visões” e objetivos dessas empresas, divulgados nos relatórios anuais e em campanhas publicitárias.

Nessas publicações, a inovação aparece como sendo capaz de reduzir custos, aumentar a produtividade, dar mais segurança ao transporte, às pessoas e à carga. Isso está de acordo com uma tendência que se tornou mais evidente neste milênio. Como afirmou JANSZEN (2000:3), depois da era da eficiência nos anos 1950 e 1960, a qualidade na década de 1970 e 1980 e a flexibilidade na de 1990, agora se vive em uma era de inovação.

Na maior parte do século XX, a eficiência sempre esteve em evidência na estratégia das empresas, enquanto a inovação ficava em segundo plano. Porém, em anos recentes a inovação passou a ser citada como fator determinante para que as empresas tenham vantagens competitivas sustentáveis (CLARK e STAUNTON, 1990). Nos anos oitenta, um dos grandes nomes da administração, Peter Drucker (DRUCKER, 1985) chegou a afirmar que as duas únicas funções do empreendedor são marketing e inovação, pois somente elas produzem resultados, enquanto as demais geram custos.

Contudo a inovação é um processo criativo e volátil que, por sua própria natureza torna-se difícil de lidar (CAROSELLI, 1994). Não basta ter recursos e uma equipe qualificada para que surjam. É preciso escolher bem o tipo de inovação a ser desenvolvido, o caminho a ser percorrido, proteger os resultados obtidos, ser capaz de queimar etapas pela observação e uso de inovações geradas dentro e fora do setor em que se atua. DOUGHERTY e HARDY (1996) ainda acrescentam que, em empresas maduras, como é o caso daquelas que compõem esta pesquisa, não basta disponibilizar recursos, incorporar a inovação ao planejamento estratégico e criar estruturas

colaborativas que reforcem as áreas de negócios que inovam – todas estas são sugestões típicas da literatura sobre inovam em organizações maduras – pois a inovação nessas empresas não são resultado das estruturas organizacionais, mas sim das redes pessoais desenvolvidas pelos indivíduos inovadores que fazem parte delas.

No Brasil, o que se constata é que existem ferrovias com desempenhos bastante heterogêneos, quando se trata de produtividade e eficiência energética, e que existem pressões econômicas, regulatórias e ambientais para o aumento da produção. Que respostas, afinal, as ferrovias de carga podem dar para um cenário de mudança como esse? Que novidades elas podem trazer para atender às expectativas da sociedade, e, ao mesmo tempo, manterem-se competitivas e lucrativas?

Do ponto de vista específico de eficiência estratégica, nota-se que o combustível é o mais importante item do custo das ferrovias de carga, representando até 70% do custo variável, como é o caso da Estrada de Ferro Carajás (EFC), a 55% para ferrovias como a Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN) (ANTT, 2002). Nas ferrovias norte-americanas, o diesel representa 7% do custo operacional total (custos operacionais fixos e variáveis) segundo STODOLSKY (2002). A participação do combustível nos custos depende do perfil da ferrovia, como o tipo de carga e as distâncias médias percorridas, e o seu rendimento energético. A EFC, por exemplo, é uma ferrovia de alto desempenho especializada em cargas pesadas e de grande volume, o que faz com que o diesel usado tenha uma participação relativamente alta.

Convivem no Brasil ferrovias que, em 2004, consumiam 10,7 litros de diesel para transportar uma tonelada ao longo de mil quilômetros, como a CFN, e outras, recordistas mundiais, que precisam de apenas 2,43 litros/mil TKU (toneladas por quilômetros úteis), como a Estrada de Ferro Vitória a Minas (ANTT, 2006b). A busca pela eficiência energética, um nicho específico em que foram desenvolvidas dezenas de inovações tecnológicas, tornou-se importante variável na estratégia das empresas de transporte. Em 2004, a Estrada de Ferro Carajás chegou a criar uma área específica para gerir e criar soluções para melhorar a eficiência energética. No ano seguinte, o mesmo foi feito na Vitória a Minas.

A partir do estudo de três companhias ferroviárias de carga, pretende-se entender como, no plano estratégico, as empresas brasileiras do segmento lidam com a variável

inovação tecnológica. A compreensão da forma como a inovação é tratada levará ao entendimento de quais realmente são os principais direcionadores das estratégias empresariais e como estes estão coordenados às estratégias governamentais.

Uma vez apresentados os principais elementos motivadores desta dissertação, pode-se destacar alguns pontos que justificam a sua relevância: (i) a escassez de referências teóricas sobre o tema gestão de inovação em ferrovias. Existem estudos de grande relevância sobre inovação e produtividade em ferrovias como os de USSELMAN (2002), VERNON (1966), e FISHLOW (1966), mas não foram encontrados trabalhos que tratem especificamente da gestão da inovação e sua ligação com a estratégia empresarial; (ii) a importância do tema para o crescimento sustentável das empresas brasileiras de transporte ferroviário; e (iii) a utilidade do trabalho para a formulação de regulamentação adequada e capaz de estimular a inovações no setor.

1.2. OBJETIVOS DA PESQUISA

O principal objetivo deste trabalho é identificar o tratamento dado às inovações tecnológicas pelas ferrovias brasileiras de carga. Para se alcançar esse fim, foram estabelecidos objetivos específicos que são:

- a) Identificar, em particular, como é feita a gestão de inovações voltadas para ganhos na eficiência energética;
- b) Apontar as principais ferramentas e estruturas organizacionais usadas para a gestão da inovação nas ferrovias brasileiras;
- c) Verificar o grau de importância atribuído à gestão da inovação e a sua ligação com o planejamento estratégico, a partir da investigação de empresas do setor ferroviário;
- d) Mapear as principais motivações para se investir em inovações tecnológicas e no aperfeiçoamento da sua gestão;
- e) Identificar os fatores exógenos às empresas que estimularam a investigação acerca da eficiência energética

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em oito capítulos. O Capítulo 1 se propõem a explicar a origem deste trabalho, a sua relevância e a estabelecer os objetivos da dissertação e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 contém um breve histórico da formação das estradas de ferro no Brasil, em especial as de carga, que são objeto deste trabalho. Esta parte mostra ainda a importância do modo de transporte no que diz respeito à matriz energética do país, juntamente com o conceito de eficiência energética, e explica o seu sentido para a área de transportes, em especial a de ferrovias de carga.

O capítulo 3 traz uma revisão da literatura no que se refere ao mais importante conceito tratado nesta dissertação, o de inovação tecnológica e seus tipos. E também explica como se dá a ligação entre os principais agentes de inovação (governos, empresas, instituições científicas) na formação de sistemas de inovação, responsáveis pela criação de ambientes que viabilizem as inovações. Neste capítulo, são investigados ainda os sistemas nacionais, setoriais e empresariais de inovação, com destaque para o sistema de inovação setorial de transportes no Brasil, dentro do qual se inserem as ferrovias.

O capítulo 4 identifica os elementos da gestão da inovação tecnológica e, por conseguinte, o conceito daquilo que transforma uma invenção em uma inovação dentro de uma empresa. Aqui são apresentados parte dos resultados da pesquisa: como é feita a gestão da inovação nas ferrovias brasileiras.

O capítulo 5 mostra que a estratégia empresarial está intimamente ligada à inovação, qual a estratégia tecnológica adotada pelas empresas pesquisadas e como isso se reflete no modelo de gestão de inovação de cada uma delas.

No capítulo 6 (Estudo de Caso) é apresentado inicialmente o método utilizado para a investigação das empresas ferroviárias brasileiras, sendo detalhado o questionário utilizado, assim como a forma de validação dos resultados obtidos.

O capítulo 7 (Resultados e Análise) traz os principais resultados do trabalho, baseado nas fontes primárias e secundárias, bem como a análise dos resultados obtidos.

O capítulo 8 finaliza este trabalho de dissertação, apresentando as principais conclusões acerca da gestão da inovação nas ferrovias brasileiras de carga e sua relação com o sistema nacional de inovação, além de serem feitas recomendações para estudos futuros nesta área de pesquisa e ações que poderiam ser adotadas por integrantes do sistema brasileiro de inovações em transportes.

CAPÍTULO 2

ESTRADAS DE FERRO

Não basta entender o que é inovação e sua gestão para desenvolver este trabalho. Faz-se necessário ir um pouco além e entender o que são ferrovias e o que a inovação representa para elas. Para isso, é preciso voltar um pouco no tempo e olhar para fora do Brasil. Assim, neste capítulo, ver-se-á uma breve história das estradas de ferro e de sua evolução tecnológica.

2.1. O SURGIMENTO DAS FERROVIAS

Não há uma data precisa para a primeira ferrovia construída no mundo. Sabe-se que trilhos de madeira existiam no século XVI, mas foi apenas no século XVII, na Inglaterra, que trilhos de ferro foram usados pela primeira vez para o transporte de carvão; porém, a tração ainda era animal (SETTI, 2000:3; JONES, 2005:1; NRHS, 2008). O inventor e engenheiro autodidata George Stephenson foi quem convenceu os proprietários da Stockton & Darlington Railroad Company, em 1825¹, a serem os pioneiros em usar motores a vapor no transporte de cargas e passageiros em trilhos de ferro. A primeira viagem transportou 90 toneladas de carvão e 450 passageiros ao longo de 14 km em uma hora (BELLIS, 2006). Essa façanha foi possível devido à convergência de várias tecnologias de geração de energia (motores) e siderurgia (trilhos e rodas). A importância desse fato está na aplicação comercial de novas tecnologias, fato que caracteriza a inovação.

Outro importante inventor, Richard Trevithick – que criou o motor a vapor de alta pressão², uma evolução da tecnologia a vapor, cujos primeiros modelos foram criados por James Watt – chegou a criar locomotivas para trilhos. A primeira delas funcionou em 1804, mas não teve aplicação comercial. Trevithick passou então a se dedicar à construção de máquinas a vapor que funcionassem em estradas (*road locomotives*), equipamentos que precederam os automóveis atuais (JONES, 2005). O que se buscou, desde os primeiros motores a vapor pressurizados, foi o aumento da

¹ Há divergência de fontes. LOWSON (1998) diz que o transporte de passageiros em ferrovias só começou em 1830, com a abertura da Liverpool to Manchester Railway e com outro equipamento de Stephenson, o Rocket.

² Alta pressão é aquela superior a 14,5 PSI (ou 1 bar), que é a pressão atmosférica ao nível do mar.

pressão e da potência, que traziam consigo maior peso transportado, velocidade e eficiência energética, isto é, menos unidades de energia necessárias para efetuar o transporte (Tabela 2.1).

Tabela 2.1: A Evolução das Locomotivas

Ano	Modelo	Combustível	Pressão (PSI)	Potência (HP)	Velocidade Máxima (milhas por hora)
1784	Murdoch (sócio de Watt), um modelo de motor movido a vapor.	Vapor			8
1808	Trevithick construiu uma ferrovia circular em Londres com uma locomotiva de 10t.	Vapor			15
1813	Locomotiva de William Hedley	Vapor	50	10	5
1825	Locomotion N ^o 1 de Stephenson.	Vapor			15
1831	A locomotiva de 3,5 t de De Witt Clinton	Vapor			25
1913	GE constrói a Locomotiva #100	Gasolina-elétrica		175	
1928	Beardmore ³ V12 12" x 12" o motor	Diesel		1330	63
1934	Baldwin GG-1	Elétrica		4620	100
1938	Brown Boveri (BBC) Am 4/6 1101	Gás-Elétrica		2200	68
1947	Fairbanks-Morse (FM) lança a H-15-44	Diesel-Elétrica		1500	65
1949	BBC 18000	Gás-elétrica		2500	90
1956	ALCO RSD-15	Diesel-elétrica		2400	65
1964	ALCO C855	Diesel-elétrica		5500	
1967	ALCO C636	Diesel-elétrica		3600	
1969	GE U50C	Diesel-elétrica		5000	
1984	EMD SD60	Diesel-elétrica		3800	
1995	EMD SD90MAC	Diesel-elétrica		6250	
2005	GM ES44DC, Linha Evolution de baixa emissão de poluentes	Diesel-elétrica		4400	

Fonte: Locomotivas e motores selecionados de PINKPANK (1973), CONNOR (2000) e GE (2008).

É claro que esta evolução foi acompanhada de diversas outras inovações, como o freio a vapor, desenvolvido pelo próprio Stephenson, em 1833, e depois substituído pelos freios a ar, criados por George Westinghouse em 1869. Como era uma nova indústria que se desenvolvia, ganhando mercado do transportes fluvial e de tração animal, houve um longo período durante o qual se consolidaram os padrões tecnológicos. Os motores pressurizados a vapor conviveram com os modelos atmosféricos e os *winding engines* (máquinas fixas a vapor que puxam os vagões por meio de cabos). A bitola, distância entre as faces internas das duas filas de trilhos, também foi motivo de disputa entre as primeiras ferrovias. Como ilustração de um processo de consolidação de padrões tecnológicos, pode-se mencionar um exemplo

³ Esse motor equipou a primeira locomotiva diesel elétrica para passageiros, construída por um consórcio formado por *Westinghouse, Canadian Locomotive Co., Baldwin and Commonwealth Steel Co.*

mais recente, que foi a disputa entre os fabricantes de videocassete na década de 1970, quando o sistema VHS (Consórcio da JVC e outros fabricantes) superou o Betamax (Sony), que continuou existindo, mas apenas em um nicho de mercado.

Somente em 1870, a tecnologia das locomotivas parece se estabilizar e ter como característica um maior nível de segurança. Até então, explosões eram freqüentes. Essa década corresponde a um segundo pico na construção de 6,9 mil quilômetros de novas linhas (LOWSON, 1998). Na última década do século XIX, uma invenção de Rudolf Diesel (1852-1913) entra definitivamente para a história da evolução tecnológica das estradas de ferro. Em 1913, começaram a ser fabricados, em série, motores diesel para locomotivas (CONNOR, 2000).

2.2. AS FERROVIAS BRASILEIRAS DE CARGA (FBC)

Foi nesse contexto de grande disputa na definição de padrões e tecnologias que surgiu a primeira ferrovia brasileira, conhecida como Estrada de Ferro de Petrópolis ou Barão de Mauá, fundada por Irineu Evangelista de Souza, o Barão de Mauá, em 1854. Somente naquela década foram construídos 7,5 mil quilômetros de ferrovias na Inglaterra (LOWSON, 1998). O Brasil viveu um momento semelhante, porém tardio. Entre 1884 e 1919, foram construídos 22,3 mil quilômetros, isto é, 6,3 mil quilômetros por década. Nesse ano, o país contava com 28 mil quilômetros de linhas em bitolas de 1,60m, 1,435m, 1,00m, 1,40m, 1,10m, 1,20m, 0,76m e 0,60m (SETTI, 2000), como mostra a Tabela 2.2.

6 **Tabela 2.2:** Ferrovias brasileiras selecionadas por data de inauguração e tamanho de bitola

Ferrovias Implantadas	Data de Inauguração	Bitola (m)
Estrada de Ferro de Petrópolis (E. F. Mauá)	1854	1,676
Recife and São Francisco Railway Company	1858	1,60
Estrada de Ferro D. Pedro II	1858	1,60
E. F. Santos a Jundiá	1867	1,60
E. F. Recife a Caxangá	1867	1,20
E. F. Recife a Olinda	1870	1,40
E. F. União Valenciana	1871	1,10
Cia Cearense de Via Férrea Baturité	1873	1,00
E. F. Paraná	1872	1,00
Companhia Ituana	1873	1,00
The Alagoas Railway Company	1873	1,44 e 1,00
Companhia Mogiana de Estradas de Ferro (CMEF)	1875	1,00
Ferrovias Sorocabana	1875	1,00
E. F. Oeste de Minas (EFOM)	1880	0,76
E. F. de Sobral	1881	1,00
Imperial Brazilian Natal and Nova Cruz Railway Company	1881	1,00
E. F. Bahia-Minas	1882	1,00
E. F. Dona Tereza Cristina	1883	1,00
E. F. do Corcovado	1884	1,00
Ferrovias de Dourados	1900	0,60
E. F. Vitória a Minas	1904	1,00
Companhia de Estrada de Ferro São Paulo-Rio Grande	1905	1,00
Viação Férrea Centro-Oeste	1910	0,76
E. F. Madeira-Mamoré	1910	1,00
E. F. Perus – Pirapora	1914	0,60
Estrada de Ferro do Amapá	1957	1,435
Estrada de Ferro Carajás	1985	1,60
Ferrovias Norte-Sul	1994	1,60/1,00
Estrada de Ferro Paraná Oeste	1996	1,00

Fonte: (PIMENTA *et alli*, 2003) e SILVEIRA (2003).

Apesar da crença de que a existência de diferentes bitolas tenha impedido o progresso do modo ferroviário, não há evidência de que a utilização de diferentes bitolas tenha sido uma estratégia colonialista para que fosse impedido o comércio entre países latino-americanos ou que isso tenha sido uma estratégia proposital para que a Inglaterra, que em 1846 optou pela bitola standard (1,435m), pudesse exportar os equipamentos disponíveis para outras bitolas (SETTI, 2000). Nos Estados Unidos, por exemplo, a unificação da bitola somente ocorreu após a Guerra Civil (1861-1865). Na Europa, até 1993, as linhas da Espanha e Portugal ainda não estavam integradas às linhas da União Européia (CASTRO e LAMY, 1996). A Austrália ainda convive com três bitolas distintas, mesmo tendo iniciado, em 1962, o processo de unificação das bitolas (Tabela 2.6).

Segundo BENÉVOLO (1953), o Instituto Politécnico Brasileiro nomeou, em 1874, uma comissão para estudar o assunto. O resultado apontou a bitola métrica como a melhor alternativa, pois esta tinha menor custo de implantação e oferecia maior retorno sobre o capital investido. O fracasso das ferrovias de bitola larga de Pernambuco e Bahia, a opção da França por bitola estreita e a falta de recursos para novas ferrovias contribuíram para a escolha, que não tinha força de lei, o que não impediu que fossem construídas ferrovias em outras bitolas.

Como não havia o compromisso com um futuro sistema ferroviário – o setor era fracamente regulado – a opção de menor custo que atendesse aos requisitos técnicos e à capacitação técnica disponível parecia ser a alternativa mais acertada. Como *Sir John HICKS* (1965:124) observou em 1932, a predominância de um determinado tipo de invenção – como, por exemplo, aquelas que reduzem o uso do trabalho – está ligada à mudança relativa nos preços dos fatores de produção que é, em si mesmo, um estímulo à invenção voltada para reduzir o uso do fator que se tornou relativamente mais caro. Note-se que aqui o termo invenção é usado de forma genérica, podendo ser entendido como inovação, e não com o sentido, posteriormente cunhado por SCHUMPETER (1982), de um avanço científico não utilizado comercialmente.

Esse padrão segue o que se chama de ciclo de vida da inovação ou, no caso, do produto. Ainda hoje é possível ver isso acontecer nas ferrovias brasileiras. Todas as ferrovias no período pós-desestatização adquiriram locomotivas usadas, beneficiando-se não só de incentivos – é um equipamento sem fabricantes no país – mas também de generosos descontos que têm duas origens: o baixo valor no mercado interno dos EUA para equipamentos usados e a obrigatoriedade de substituição de locomotivas a partir do ano 2000 devido à regulamentação mais rígida na emissão de poluentes atmosféricos, determinada pela *Clean Air Act* (EPA, 1997). Logo, equipamentos tecnologicamente defasados em um país – que chegaram ao fim de sua vida útil – são ainda modernos e de elevada produtividade em outros, ou seja, ainda não chegaram ao fim de sua vida útil.

Mas, como aponta BARAT (1993:1) em um relatório encomendado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), o fato de as primeiras ferrovias não serem integradoras, mas escoadoras de produtos de exportação para os portos, e a variedade existente de bitolas foram fatores preponderantes para o retardo do desenvolvimento

econômico até a década de 1950. A estes fatores se juntaram traçados antiquados e material rodante (vagões de carga e carros de passageiros) e de tração (locomotivas) obsoletos. Uma das principais tarefas da Rede Ferroviária Federal S/A (RFFSA) foi exatamente a unificação de dezenas de antigas linhas privadas e a sua modernização. Contudo, “o setor ferroviário apresentou um ritmo de modernização muito lento, com grande parte dos investimentos destinados a um esforço descontínuo de interligação de sistemas regionais, retificação de traçados e aquisição de materiais rodante e de tração, sem, contudo, oferecer uma base sólida para a consolidação de um amplo mercado industrial” (BARAT, 1993). A ausência de um sistema ferroviário eficiente facilitou a formação de uma matriz de transportes baseada no modo rodoviário.

Sobre a capacidade de o setor de transportes promover o desenvolvimento econômico, pode-se dizer que este setor é um dos fatores determinantes da competitividade empresarial. A competitividade não está restrita às empresas, depende de fatores externos, como situação macroeconômica e institucional do país, infraestrutura, capacitação técnica (educação) e outros requisitos capazes de gerar externalidades positivas sobre todo o sistema. Esses são os chamados fatores sistêmicos, que moldam e alteram o ambiente econômico e influenciam o poder competitivo das empresas (FERRAZ *et al.*, 1997).

2.3. A ORGANIZAÇÃO DA INDÚSTRIA FERROVIÁRIA BRASILEIRA

Diferentemente das primeiras ferrovias criadas na Inglaterra e nos Estados Unidos, que integravam mercados internos, as primeiras ferrovias brasileiras eram perpendiculares ao litoral e tinham o propósito de levar cargas de exportação (minérios, café, açúcar e algodão) para os portos (SILVEIRA, 2003). Além dessa característica geográfica, essa nova indústria no Brasil contou com grande participação do governo, seja ele monárquico ou republicano, na propriedade das ferrovias. Em 1865, o Governo adquiriu a ferrovia Pedro II, cuja construção autorizou em 1855. Em 1927, o governo já possuía 67% das ferrovias (DNIT, 2003), conforme se pode ver na Tabela 2.3.

Tabela 2.3: Propriedade e Operação das Ferrovias no Brasil (1889-1930)

Setor	% do total possuído em				% do total operado em			
	1889	1914	1930	2000	1889	1914	1930	2000
Governo Federal	34	53	59	1	34	18	29	1
Governos Estaduais		8	9	2,5		2	23	1
Empresas Privadas	66	39	31	96,5	66	80	48	98

Fonte: SILVEIRA (2003) e GEIPOT (2001).

Em 1957, todas as 18 ferrovias federais foram unidas em uma única, a RFFSA. A década de 60 foi marcada pelo maior número de trechos erradicados, 6,5 mil quilômetros, e pelo fim das locomotivas a vapor (IBGE, 2006). O estado de São Paulo seguiu o modelo da RFFSA e uniu cinco ferrovias que possuía, em 1971, para criar a Ferrovia Paulista (FEPASA). Na mesma década, a Rede Viação do Ceará (RVC) e a Rede Ferroviária do Nordeste (RFN) são incorporadas à RFFSA e transformadas em superintendências, novo modelo administrativo adotado em 1974 quando o Departamento Nacional de Estradas de Ferro (DNTF) foi extinto e a RFFSA assumiu parte de suas funções, como estudos, unificação do sistema ferroviário e outras atividades típicas de órgão regulador.

A perda de receitas que subsidiavam a atividade e a manutenção do sistema foi causada pela extinção de fundos específicos e pela elevada inflação, associada à recessão econômica, nos anos 1980, o que levou a uma expressiva redução do volume transportado. A Tabela 2.4 representa o resultado da extinção do Fundo Rodoviário Nacional (FRN) em 1988, que levou à redução nos investimentos em transportes de 2% para 0,8% do Produto Interno Bruto (PIB).

Tabela 2.4: Participação da Formação Bruta de Capital Fixo em Transportes no PIB do Brasil

Anos	1970/80	1981/89	1990/94	1995	1996	1997
%	2,06	1,49	0,75	0,77	0,77	0,85

Fonte: BIELSCHOWSKY (1999)

Segundo o relatório *Transport Sector Overview* (BANCO MUNDIAL, 2001), o padrão internacional para investimentos em infra-estrutura de transporte vai de 2% a 2,5% do PIB. No Brasil, os investimentos não chegaram a 0,3% do PIB, em média, no

período de 1989 a 2003 (VALE, 2006a). Especificamente no setor ferroviário de cargas do Brasil, no período de 1997 a 2007, os investimentos governamentais foram de R\$ 789 milhões, o que representou 5,2% do total investido, logo, o investimento no setor é predominantemente privado (Figura 2.1). O investimento privado já supera o público, que tende a declinar em função de uma rígida política fiscal. Os investimentos privados só não foram maiores devido a questões regulatórias que levaram a um situação de *hold up* (GREGG, 2006), na qual o fato de um contrato de concessão ser incompleto ou não ter clareza leva as partes a não fazerem investimentos necessários temendo prejuízos.

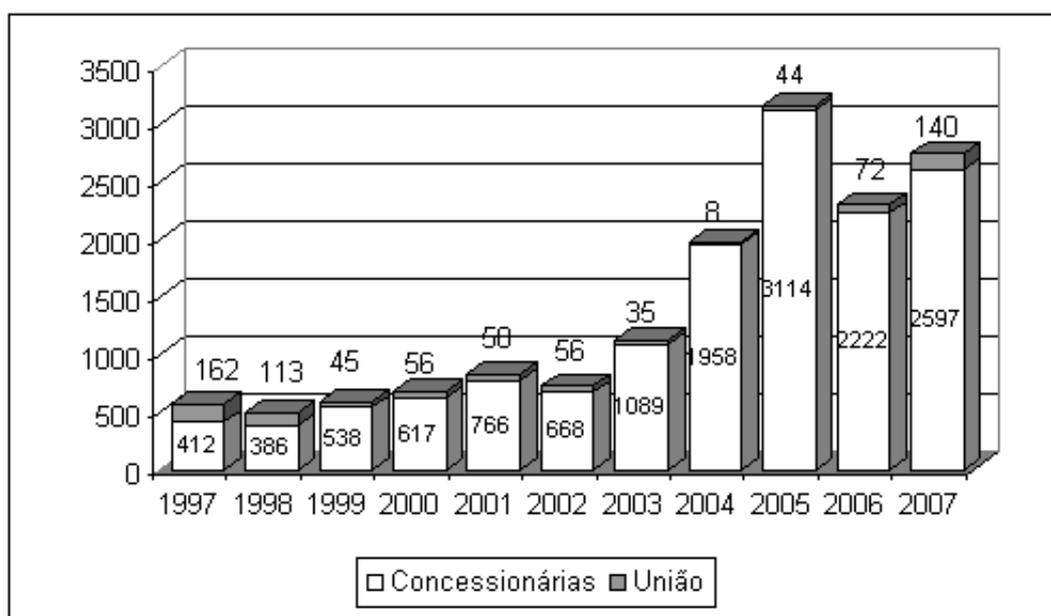


Figura 2.1: Investimentos Públicos e Privados em Transporte Ferroviário 1997-2007 (R\$ Milhões)

Fonte: Ministério dos Transportes, DNIT e Associadas ANTF (VILAÇA, 2008)

Um dos resultados da falta de investimentos foi a manutenção da baixa participação do modo ferroviário na matriz de transportes. Desde que existem estatísticas sobre a matriz de transportes, o modo ferroviário esteve com cerca de 20% e o rodoviário acima de 53%, como ilustra a Figura 2.2.

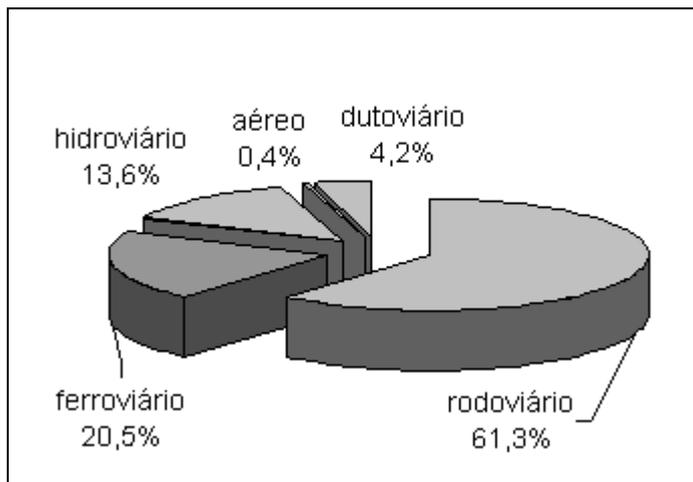


Figura 2.2: Matriz Brasileira de Transporte de Cargas (2001)

Fonte: ANTT (2005)

O governo, detentor da maior parte da malha, incapaz de aumentá-la ou mesmo mantê-la, decidiu, em 1992, incluir a RFFSA no Programa Nacional de Privatização. A FEPASA foi absorvida pela RFFSA e também entrou no programa em 1996. Três anos depois, todas as linhas de transporte de carga tinham sido arrendadas. Das sete grandes empresas ferroviárias formadas no período de privatização, restaram apenas quatro devido às aquisições (Tabela 2.5).

Tabela 2.5: Concessionárias de Transporte Ferroviário segundo Propriedade

Início Operação	Empresa	Operador	Controlador
1997	Ferrovias Sul Atlântica (FSA)	ALL	ALL (Judori Adm. e Empr. Part. S/A. 10,5%, Emerging Markets Capital Invest. 9,3% Hana Investments 8,3%, Delara Brasil Ltda 7,4%, Bndes Participações S/A. 13,7%)
1996	Ferrovias Centro Atlântica (FCA)	FCA	Vale (BNDES Participações S/A 6,7%, Valepar 52,3%)
1996	Ferrovias Tereza Cristina (FTC)	FTC	FTC
1996	Ferrovias Novoeste	ALL	ALL
1999	Ferrovias Bandeirantes	ALL	ALL
1998	Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN)	CFN	CSN (Vicunha Siderurgia S/A 43,4% Bndes Participações S/A 4,6% Caixa dos Empregados da CSN 4,4%)
1997	MRS Logística S/A	MRS	CSN, Vale, Usiminas (Vale 5,9%, Previ 10,4% Nippon Usiminas 21,6%, Camargo Corrêa Cimentos S/A 7,9%, Caixa dos Empregados da Usiminas 10,1% Votorantim Part. S/A 11,6%)
Empresas Ferroviárias que fizeram novos contratos com o órgão regulador			
1997	Ferrovias Norte	ALL	ALL
1997	Ferrovias Oeste	Governo Paraná	Governo Paraná
1997	Estrada de Ferro Carajás	Vale	Vale
1997	Estrada de Ferro Vitória a Minas	Vale	Vale
1994	Ferrovias Norte-Sul	Vale ⁴	Valec (Governo Federal)

Fonte: BOVESPA (2008)

Nota: O operador é aquele que usa os ativos da ferrovia mediante contrato, enquanto que o controlador é aquele, ou aqueles, que detém o maior número de ações ou a propriedade da empresa concessionária. Entre parênteses, na coluna Controlador, estão os principais donos de ações ordinárias do controlador.

Atualmente, a ALL controla 12,5 mil quilômetros; a Vale, 10 mil quilômetros; a CFN (controlada pela CSN), 4,5 mil quilômetros; a MRS (que tem entre os acionistas 3 dos seus maiores clientes, a Usiminas, a CSN e a Vale), com 1,7 mil quilômetros; e a FTC, com 169 quilômetros. Em termos de produção, em 2005, a ALL, a Vale e a MRS responderam por 99,5% do total. Foi esta a amostra escolhida para o trabalho de dissertação aqui apresentado.

O setor ferroviário de cargas ainda apresenta outras características que merecem ser mencionadas, pois algumas causam grande impacto na forma com se dá a inovação. São elas: extensão da malha; estoque de capital; produto médio; produtividade; cargas transportadas; equipamentos (vagões e locomotivas); uso misto da malha (passageiros e

⁴ A Vale opera mediante contrato operacional.

cargas); pessoal empregado e consumo de diesel. Apesar de ter grande importância e objeto de regulação, os índices de segurança (como o de número de acidentes por trem.km) não são contemplados neste trabalho devido ao seu baixo impacto na eficiência energética e na gestão de inovação.

Extensão da malha (km): Em 1960, o Brasil chegou a ter mais de 38 mil quilômetros de linhas (Figura 2.3). Em 2005, havia 29.252 quilômetros de estradas distribuídas em duas bitolas (20% larga e 80% métrica), extensão semelhante à de 1920. Se comparado a países de grandes dimensões (Tabela 2.6) constata-se que a densidade da malha (km/km^2) é realmente pequena. O Brasil tem apenas 3 km de linhas por quilômetro quadrado enquanto países como Canadá e Rússia têm $5 \text{ km}/\text{km}^2$. Para o Brasil chegar nesse patamar, seria necessário construir mais 15.000 km. Não existem sequer projetos suficientes para cobrir essa extensão. Os projetos de grandes ferrovias de carga, mesmo os mais distantes (Nova Transnordestina Fases 1 e 2, Norte Sul, Ferronorte, Pirapora-Unaí-Brasília, Ferrovia Bahia Oeste), somam cerca de 5.200 km de linhas novas. Essa característica de baixa densidade e capilaridade, apesar de marcante, tem pouca importância para a gestão da inovação nas ferrovias.

Tabela 2.6: Extensão e Densidade da Malha Ferroviária em Países de Grande Extensão (2005)

País	Extensão da Malha Ferroviária	Extensão Territorial de Cada País (km ²)	Extensão malha	Extensão territorial (terra)	Extensão malha km / territorial ('000 km ²)
Rússia	total: 87.157 km bitola larga: 86.200 km bitola de 1,520m (40.300 km eletrificada) bitola estreita: 957 km (1,067m) (na Ilha Sacalina)	Total: 17.075.200 km ² água: 79.400 km ² terra: 16.995.800 km ²	87.157	16.995.800	5
Canadá	total: 48.467 km bitola standard: 48.467 km	total: 9.976.140 km ² terra: 9.220.970 km ² água: 755.170 km ²	48.467	9.220.970	5
Austrália	total: 47.738 km bitola larga: 4.015 km 1.600-m bitola bitola standard: 28.662 km (1.397 km eletrificada) bitola estreita: 14.831 km 1.067-m bitola (2.462 km eletrificada) bitola mista: 230 km dual bitola	total: 7.686.850 km ² água: 68.920 km ² note: inclui a Ilha Lord Howe e a Macquarie terra: 7.617.930 km ²	47.738	7.617.930	6
EUA	total: 226.605 km bitola standard: 226.605 km	total: 9.629.091 km ² terra: 9.158.960 km ² água: 470.131 km ² note: inclui 50 estados e a capital	226.605	9.158.960	25
Brasil	total: 29.252 km bitola larga: 4.877 km 1,60m bitola (939 km eletrificada) bitola standard: 194 km 1,44m bitola bitola estreita: 23.785 km 1,0m bitola (581 km eletrificada) bitola mista: 396 km (1,0m e 1,60m bitolas) (3 trilhos) (78 km eletrificada)	total: 8.511.965 km ² terra: 8.456.510 km ² note: inclui o Arquipélago Fernando de Noronha, Atol das Rocas, Ilha da Trindade, Ilhas Martim Vaz e Penedos de São Pedro e São Paulo	29.252	8.456.510	3
Argentina	total: 31.902 km bitola larga: 20.858 km 1,676m bitola (141 km eletrificada) bitola standard: 2.885 km (26 km eletrificada) bitola estreita: 7.922 km 1,0m bitola; 237 km 0,750m bitola	total: 2,766,890 km ² terra: 2,736,690 km ² água: 30,200 km ²	31.902	2.736.690	12
Índia	total: 63.230 km bitola larga: 45.718 km 1,676m bitola (16.528 km eletrificada) bitola estreita: 14.406 km 1,0m bitola (165 km eletrificada); 3.106 km 0,762m bitola e 0,610m bitola	total: 3.287.590 km ² terra: 2.973.190 km ² água: 314.400 km ²	63.230	2.973.190	21
China	total: 74.408 km bitola standard: 74.408 km (19.303 km eletrificada)	total: 9.596.960 km ² terra: 9.326.410 km ² água: 270.550 km ²	74.408	9.326.410	8

Fonte: CIA (2007)

Nota: para efeito de cálculo de densidade de malha todas as linhas são consideradas singelas. A bitola standard tem 1,435m. Na Rússia existem 30.000 km de linhas exclusivas de indústrias.

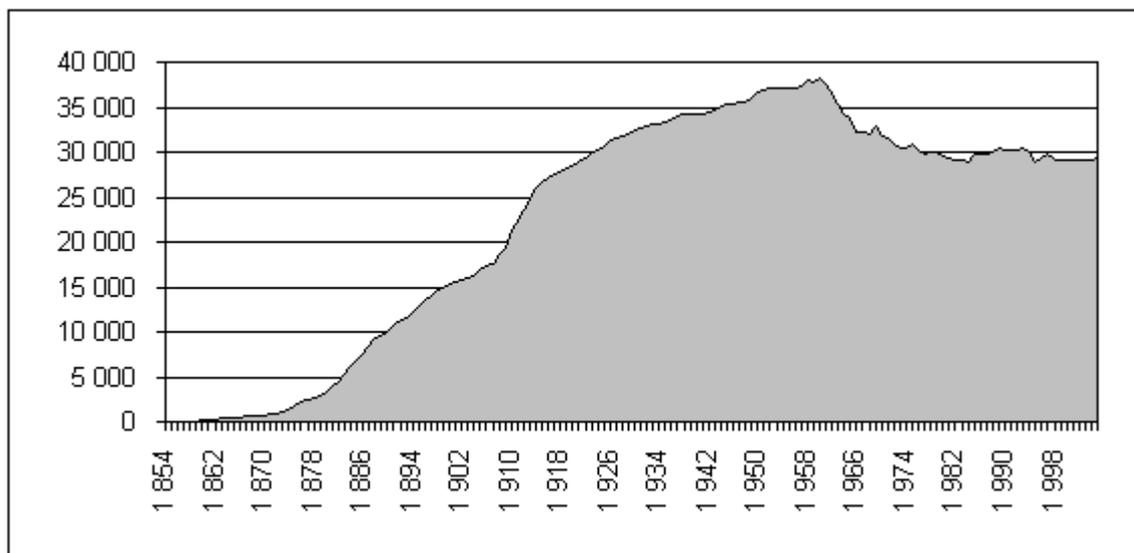


Figura 2.3: Evolução da Malha Ferroviária Brasileira – 1854 a 2005 (km)

Fonte: IBGE (2006), GEIPOT (2001) e ANTT (2006a)

Estoque de Capital: Como observou FERREIRA e MILLIAGROS (1998), apesar de a extensão da rede ferroviária ter sido reduzida, o PIB continuou a crescer durante década de 1960 enquanto as rodovias pavimentadas continuaram a se expandir. Esses autores afirmam que o setor ferroviário não apresentou, no período por eles analisado, de 1950 a 1995, relação de longo prazo com o produto e a produtividade total dos fatores, no sentido de que não é possível afirmar que o investimento no setor ferroviário foi capaz de induzir o crescimento do PIB. LACERDA e LIMA (2005) usaram o mesmo método de FERREIRA e MILLIAGROS (1998) no cálculo de estoque de capital (medido a partir do valor depreciado de linhas e material rodante), variável considerada mais eficiente do que a extensão das linhas para explicar a capacidade do modo ferroviário em influenciar positivamente o PIB. A conclusão é que o estoque de capital em 2002, no setor ferroviário, era similar ao de 50 anos antes. Com a privatização entre 1996 e 1999, esperava-se capitalizar o setor, o que de fato aconteceu em algumas das malhas concedidas com recuperação de trechos e material rodante e aquisição de equipamentos novos. Logo, mesmo sem aumento da malha existente, mas com aumento do estoque de capital, o setor pode ter voltado a ser vetor de crescimento do PIB, o que somente pode ser comprovado com a atualização desses trabalhos. O impacto disso sobre a inovação é considerado limitado, uma vez que se trata de investimentos correntes.

Produto Médio (R\$/TKU): Esta é a principal medida de resultado de qualquer ferrovia de carga, pois relaciona a receita obtida à produção realizada. No período de 2000 a 2004, o produto médio medido a partir dos valores agregados das ferrovias subiu de 15,74 para 35,78 R\$/TKU, um aumento nominal de 127% (Tabela 2.7) frente a uma inflação acumulada no período de 70,14%, medida pelo IGP-M, revelando um crescimento real de 33,7%. Logo, conclui-se que houve recuperação tarifária e aumento nos fluxos – definidos a partir do transporte de um tipo de mercadoria, com cliente, destino e origem definidos – melhor remunerados. Esta variável é importante, pois mostra que as ferrovias estão se capitalizando e são necessárias reservas para que haja gastos com pesquisa e desenvolvimento.

Tabela 2.7: Produto Médio por Concessionária (2000 a 2004)

Concessionária	Sigla	2000	2001	2002	2003	2004	Varição
América Latina Logística do Brasil S/A.ALL		27,76	32,38	36,02	43,70	49,60	79%
Companhia Ferroviária do Nordeste	CFN	28,24	32,72	36,07	46,85	60,46	114%
Estrada de Ferro Carajás	EFC	6,01	15,28	16,48	21,75	22,24	270%
Estrada de Ferro Vitória a Minas	EFVM	13,75	20,81	25,95	29,55	33,55	144%
Ferrovia Centro-Atlântica S/A.	FCA	32,34	35,54	45,40	68,59	69,75	116%
Ferrovia Novoeste S/A.	NOVOESTE	30,85	30,66	30,86	41,07	51,63	67%
Ferrovia Paraná	FERROPAR	5,89	N.D.	47,19	51,20	41,96	-11%
Ferrovia Tereza Cristina S/A.	FTC	151,09	108,37	127,86	148,77	182,92	21%
Ferrovias Bandeirantes S/A.	FERROBAN	19,39	21,53	15,13	15,95	20,00	3%
Ferrovias Norte do Brasil	FERRONORTE	86,66	106,39	128,76	177,46	193,28	123%
MRS Logística S/A.	MRS	22,36	24,03	36,54	39,03	41,20	84%
Produto Médio Brasil		15,74	22,22	27,67	33,09	35,78	127%

Fontes: Secretaria de Transportes Terrestres até 2001 (MT, 2001) e ANTT (2005).

Produção (Milhões de TKU): O Brasil transportou em 1950 cerca de 9 milhões de TKU. Em 2004, ultrapassou a marca de 200 milhões de TKU (Tabela 2.8), que representam 21% de toda a produção de transportes naquele ano. O aumento no período, apresentado na Tabela 2.6, foi de 32%, sendo que apenas três ferrovias (EFC, EFVM e MRS) explicam 4/5 do total do incremento, centrado na elevação das exportações de minério de ferro.

Tabela 2.8: Produção do Modo Ferroviário de 2000 a 2004 (em 10⁶ TKU)

Concessionária	Sigla	2000	2001	2002	2003	2004	Varição
América Latina Logística do Brasil S/A.	ALL	10.780	11.998	12.830	13.850	14.175	31%
Companhia Ferroviária do Nordeste S/A.	CFN	710	700	757	790	848	19%
Estrada de Ferro Carajás	EFC	44.090	48.023	49.075	52.411	63.622	44%
Estrada de Ferro Vitória a Minas	EFVM	56.670	54.413	56.990	60.487	64.773	14%
Ferrovias Centro-Atlântica S/A.	FCA	7.570	8.143	8.608	7.477	9.523	26%
Ferrovias Novoeste S/A.	NOVOESTE	1.670	1.465	1.708	1.232	1.191	-29%
Ferrovias Paraná	FERROPAR	890	381	374	406	323	-64%
Ferrovias Tereza Cristina S/A.	FTC	190	214	191	152	169	-11%
Ferrovias Bandeirantes S/A.	FERROBAN	5.980	8.277	8.308	9.221	9.473	58%
Ferrovias Norte do Brasil	FERRONORTE	540	1.251	1.906	2.103	2.259	318%
MRS Logística S/A.	MRS	26.600	27.370	29.431	34.515	39.355	48%
Total Brasil		155.690	162.235	170.178	182.644	205.711	32%

Fonte: ANTT (2006)

Produtividade (TKU/TKB): Essa medida dá uma idéia do grau de ocupação dos vagões de carga, uma vez que informa a produção (toneladas de carga transportada por quilômetro) em relação à produção total (toneladas brutas, peso da carga + tara de vagões e locomotivas) pela distância percorrida. Quanto mais próximo de 1 melhor é a relação. Nesse quesito, a EFVM, a EFC e a MRS se destacam positivamente frente à FCA e à ALL, pois as primeiras têm grande volume de cargas cativas, em especial minério de ferro, o que garante grande ocupação (Tabela 2.9). Em termos agregados, a relação TKU/TKB tem piorado no período em análise. A produtividade do ponto de vista de produção por empregado (TKU/empregado) aumentou 2,5 vezes entre 1996 e 2004, chegando a 6 milhões de TKU por empregado (ANTT, 2006b). Esta medida apresenta uma série de dificuldades de análise, em especial a comparação entre ferrovias devido a funções terceirizadas.

Tabela 2.9: Produção (TKB) e Relação (TKU/TKB)

Concessionárias	1997	1998	1999	2000	Variação
FTC	0,3	0,3	0,3	0,5	85%
NOVOESTE	2,8	2,8	3,1	3,0	8%
CFN	-	1,3	1,8	1,5	n.d.
FERROBAN	-	6,9	6,9	9,6	n.d.
FERRONORTE	-	-	0,2	0,9	n.d.
FCA	9,3	11,8	13,2	13,1	41%
MRS	35,6	33,5	37,0	47,0	32%
EFC	62,1	63,2	59,5	65,7	6%
EFVM	80,9	78,7	75,3	81,0	0%
ALL	10,9	15,0	17,1	18,1	66%
Bilhões TKB	201,8	213,5	214,5	240,4	19%
Bilhões TKU	138,7	142,4	141,0	155,7	12%
TKU/TKB	0,69	0,67	0,66	0,65	-6%

Fonte: TKU (IBGE, 2006), TKB (MT, 2001)

Nota: Não constam dados de TKB no Anuário da ANTT (ANTT, 2006b). Não disponível (n.d.).

Cargas Transportadas: Desde a década de oitenta, com a abertura da mina de Carajás, no Pará, houve um aumento significativo da participação de minérios, principalmente minério de ferro, nas cargas transportadas. Entre 1997 e 2002, houve um aumento significativo no transporte de cargas gerais, que chegaram a participar com 49% da produção total, medida em TKU. Em 2007, apenas 24% da carga total não são minerais ou carvão siderúrgico (Tabela 2.10), sendo que, se forem acrescentados os granéis agrícolas (açúcar, soja e fertilizantes), sobram menos de 10% de cargas gerais entre cimento, contêineres e produtos industrializados que incluem papel, celulose, siderúrgicos e químicos (ANTF, 2003). Os investimentos anunciados na área mineral pela CSN e pela Vale tendem a aumentar ainda mais a participação de minérios no matriz de cargas.

Tabela 2.10: Cargas Transportadas (em bilhão de TKU)

Tipo de Carga	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Minérios e Carvão	108,9	108,1	103,7	115,4	117,4	121,3	136,1	155,2	165,1	183,6	207,5
Carga Geral	29,1	33,7	35,5	39,4	45,7	49,4	44,4	47,5	56,1	48,6	49,9
Total	138,0	141,8	139,2	154,8	163,1	170,7	180,5	202,7	221,2	232,2	257,4
% Carga Geral	27%	31%	34%	34%	39%	41%	33%	31%	34%	26%	24%

Fonte: VILAÇA (2008)

Indústria de Equipamentos Ferroviários: A GE *Transportation*, única montadora de locomotivas no país, voltou a operar em 2008 na mesma fábrica que

fechou em 1999, em Contagem (MG), e já possui demanda de 20 unidades somente para a MRS (MRS, 2008). Já a indústria de vagões praticamente renasceu com a privatização. De 26 vagões fabricados em 1996, se chegou a 7,5 mil vagões em 2005 (Tabela 2.11). Ou seja, voltou ao patamar atingido entre 1973 e 1975.

Tabela 2.11: Entrega de Equipamento, por Tipo - 1996-2004

TIPO	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Carros	12	0	46	98	62	79	218	100	52	160	113
Locomotivas	1	2	9	7	1	0	0	0	0	0	0
Vagões	26	119	869	1114	1155	748	294	2028	4300	7500	3589

Fontes: de 1996 a 2000, GEIPOT (2001); de 2001 a 2004, ANTT (2005); 2005 e 2006, ABIFER (2007).

Consumo de Diesel (l/mil TKU): Esta medida – litros por mil TKU – foi adotada em função da indisponibilidade da produção medida em TKB. O indicador l/mil TKB tornaria a análise da eficiência energética mais precisa, uma vez que esta se refere ao peso total transportado, o que inclui o próprio peso dos vagões e das locomotivas, estando estas transportando ou não cargas. Isto é, o indicador capta a ineficiência no transporte de vagões vazios. Assim, a ineficiência operacional, que é medida, entre outros fatores, pela relação TKU/TKB, também estaria contemplada. Contudo, para efeito deste trabalho, considera-se satisfatório o uso do indicador litro por mil TKU, efetivamente usado por ferrovias e citado por CASTELLO BRANCO (1998) e por DIÓGENES (2002). A eficiência energética melhorou 1,65% ao ano de 2000 e 2004. O consumo médio do Brasil ficou em 4,4 litros de diesel por mil TKU, devido à predominância de ferrovias do tipo *heavy haul* – ferrovias com carga por eixo superior a 27 t – como MRS, EFC e EFVM. As ferrovias que transportam cargas mais diversificadas têm consumo em torno de 11,2 l/mil TKU e apresentaram melhora de 3% ao ano na eficiência. O assunto será abordado em detalhes no item 2.5 sobre eficiência energética.

Uso misto da malha: Somente as ferrovias da Vale (EFC e EFVM) estão autorizadas por contrato a fazer o transporte de passageiros. Nas demais, em trechos urbanos, as composições de carga partilham a linha com trens de passageiros operados por empresas públicas e privadas dedicadas ao transporte de passageiros.

Pessoal Empregado: O setor chegou a empregar mais de 214 mil pessoas em 1956, ano anterior ao da criação da RFFSA. Nos anos seguintes, com o setor quase

totalmente estatizado, iniciou-se uma redução acentuada de efetivo a partir de 1964, quando também foram fechados e extintos ramais e linhas anti-econômicas. Os dados disponíveis mostram um forte aumento no transporte de cargas a partir de 1976, em especial minério de ferro, com um novo salto a partir de 1986 com a criação da EFC, como revela a Figura 2.4. O resultado disso é um incremento de produtividade (TKU por trabalhador) da ordem de 10,5% ao ano de 1986 a 2004. Atualmente, privatizado, o setor produz cerca de 5% a mais por ano com o número de trabalhadores estabilizado em torno de 30 mil trabalhadores (ANTT, 2006b; VILAÇA, 2008)

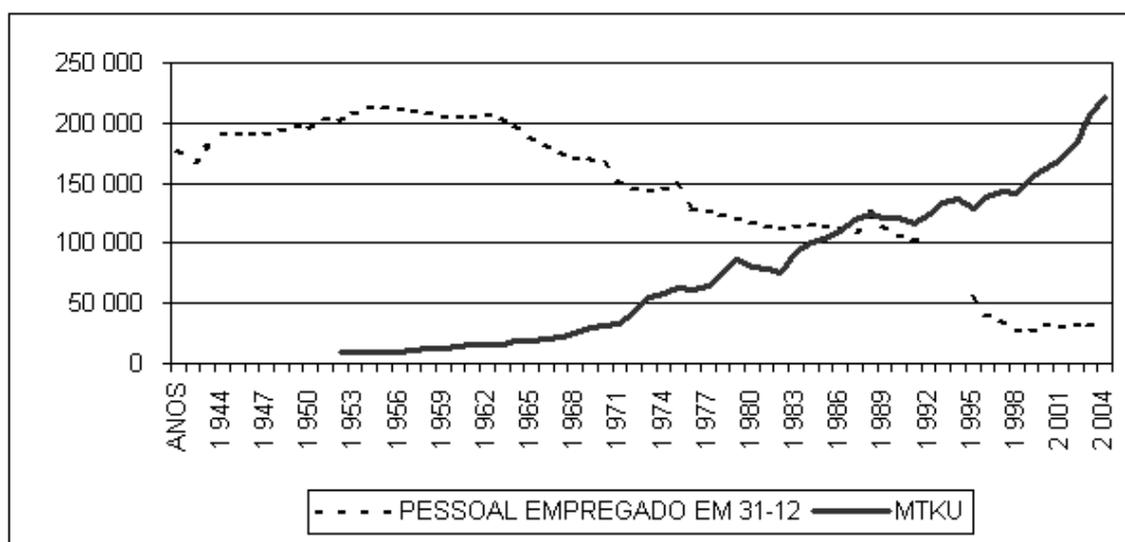


Figura 2.4: Pessoal Ocupado e Carga Transportada (Milhões de TKU) – 1942 a 2004

Fonte: IBGE (2006), GEIPOT (2001) e ANTT (2006a)

Em resumo, o setor ferroviário de cargas no país já possuiu importância muito maior do que a atual. Assim como substituiu o transporte aquaviário, o modo ferroviário foi, em grande parte, substituído pelo rodoviário que responde hoje por cerca de 60% de toda a carga transportada. Contudo, continua insubstituível para diversas cargas como minério de ferro, siderúrgicos, carvão, alguns grãos e minérios; isto é, existem cargas que continuaram a usar o modo ferroviário enquanto outras migraram para o rodoviário. O setor opera com mais de 98% de sua malha nas mãos da iniciativa privada e apresentou, no passado recente, enormes ganhos de produtividade e eficiência energética em uma ambiente moderadamente regulado. Atualmente, está quase tão concentrado quanto no período pré-desestatização e não sofre concorrência ou ameaça direta de outros setores ou empresas. As perspectivas são de manutenção desse quadro.

2.4. MARCO REGULATÓRIO DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE CARGAS

A regulação no transporte ferroviário no mundo e no Brasil em particular é um fator que marca de forma significativa este modo de transporte e sua trajetória econômica e tecnológica. Os Estados Unidos, por exemplo, concederam a primeira faixa de terras para a construção de uma ferrovia em 1855, para a *Illinois Central*, mas as ferrovias tinham começado a ser construídas na década de 1830. No Brasil, o reconhecimento da importância aparece em um decreto de 1835, conhecido como Lei Feijó, que autorizava a concessão de carta de privilégio à empresa que construísse ferrovia ligando a capital do Império às províncias de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Bahia. Este ato permitia ainda a desapropriação de terras, uso de insumos que estivessem em terras do império e isenções de impostos sobre trilhos e equipamentos.

Contudo, a primeira ferrovia brasileira surgiu vinte anos depois graças a um decreto de 1852 que acrescentava o privilégio da zona, isto é, a garantia de que não seria construída uma ferrovia paralela (OLIVEIRA, 2005). A arrancada na construção de ferrovias no país vem com um decreto posterior, o de 1873, que garantiu subsídio de 30 contos de réis por quilômetro construído. Segundo alguns autores, isso incentivou a construção de ferrovias mais longas do que o necessário e com traçado desfavorável aos equipamentos cada vez mais potentes e rápidos (OLIVEIRA, 2005), pois o incentivo era dado mas não estava condicionado a utilização de um tipo de bitola, rampa ou raio de curva. Isto levou construtores a escolherem traçados mais longos como forma de receber mais subsídios.

Em algumas situações, a legislação pode funcionar como um verdadeiro direcionador para inovações tecnológicas. Assim como há inovações originadas pela invenção de novas tecnologias, do tipo *technology push*, há aquelas que são originadas de uma necessidade do mercado (*demand* ou *market pull*), podendo ainda existir as que surgem por influência jurídica ou regulatória, chamada *legal push* (VAZ e OLIVEIRA JR, 2006). É o caso do *Clean Air Act*, promulgado em 1997, nos Estados Unidos. Entre outras conseqüência, essa lei forçou os fabricantes de locomotivas a adaptarem seus produtos a novos padrões de emissão de óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e material particulado (EPA, 1997). Note-se que a

regulação também pode atuar de forma adversa. GELLMAN (1986:4) afirma que a legislação federal dos Estados Unidos sobre tarifas afetou negativamente a mudança tecnológica do perfil dos vagões para carretas e contêineres de carga ao influenciar a receita das ferrovias.

Não foram, contudo, encontrados no marco regulatório brasileiro para as ferrovias exemplos de leis ou decretos que estimulassem o desenvolvimento tecnológico, apesar de a criação da ANTT pela Lei nº 10.233/2001 (BRASIL, 2001) dizer no seu Inciso IV, art.12, que entre suas obrigações está “promover a pesquisa e a adoção das melhores tecnologias aplicáveis aos meios de transporte e à integração destes”.

2.5. AS FBC NA MATRIZ ENERGÉTICA

O conceito e os investimentos em eficiência energética (EE) tomaram impulso no mundo com o fim da “energia barata”, marcada pela expressiva alta nos preços do petróleo na década de 1970. No transporte ferroviário a EE está associada diretamente à redução de custos. Em anos recentes, um novo impulso foi dado pela necessidade de reduções de gases geradores de efeito estufa (GEE).

O transporte ferroviário de cargas no Brasil é feito com locomotivas diesel-elétricas, logo, o combustível é o óleo diesel. Há uma exceção que são algumas poucas unidades de locomotivas elétricas usadas na MRS, contudo estas representam menos de 0,01% da energia consumida.

2.5.1. Conceito de Eficiência Energética

Eficiência energética é a relação entre a produção de um equipamento ou sistema, o serviço por ele prestado, e a energia nele usada. Em um motor, é expressa como um percentual da energia usada (*input*) convertida em energia produzida (*output*), seja ela para gerar movimento ou calor. Em uma locomotiva (equipamento), a eficiência energética é freqüentemente expressa em litros de combustível pela distância percorrida, enquanto em uma ferrovia (sistema) fala-se de litros de combustível por TKB ou TKU. Este é apenas um entre vários indicadores de produção. Outros podem relacionar a receita ao consumo de combustível, medido em unidades monetárias por TKU por litros de diesel (STODOLSKY, 2002). Em resumo, eficiência energética significa fazer mais

com igual ou menor quantidade de insumos, por exemplo, mais mercadorias produzidas, menos kilowatts por tonelada de alumínio, ou mais cargas transportadas por litros de diesel.

2.5.2. Eficiência Energética no Brasil

A história da EE no Brasil começou na década de 1970, após o primeiro choque do petróleo (1973) e ganhou impulso com o segundo choque (1979) com uma série de ações de incentivo à eficiência (Tabela 2.12). Na década de 1990 foi criado ainda o Grupo Executivo de Racionalização Energética (GERE) e as agências nacionais de energia elétrica (ANEEL) e do petróleo (ANP), com áreas específicas de economia de energia; e a reestruturação e privatização do Setor Elétrico que passou a ter metas de EE.

Tabela 2.12: Ações voltadas para a Eficiência Energética

Ano	Ação	Objetivo
1975	Programa Nacional do Álcool (Proalcool)	Estimular a substituição de derivados de petróleo.
1981	Programa de conservação de energia no setor industrial (Conserve)	Voltado para a redução ou substituição de combustíveis importados por energia elétrica.
1982	Energia Garantida por Tempo Determinado (EGTD)	Estímulo à troca de combustíveis fósseis pela energia elétrica.
1982	Programa de Mobilização Energética (PME)	Racionalizar a utilização da energia obtendo a diminuição do consumo dos insumos energéticos e substituir progressivamente os derivados de petróleo por combustíveis alternativos nacionais
1984	Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)	de Padronizar o nível de eficiência energética dos equipamentos e divulgá-los. Organizado pelo Inmetro.
1985	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)	de Organizado pelo Ministério de Minas e Energia
1991	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e Gás Natural (Conpet)	de Organizado pelo Ministério de Minas e Energia

Fontes: BRASIL (1982), BRASIL (1975) e LEONELLI (2006).

O racionamento de energia em 2001 – que trouxe redução no consumo residencial (22%), comercial (16%) e industrial (12%) segundo a ANEEL (2004) – foi grande fonte de estímulo à eficiência, pois levou à identificação de potencial de conservação nos diversos setores (LEONELLI, 2006). Contudo, o foco sempre foi a energia elétrica.

De todos os programas voltados para a racionalização no consumo de energia e eficiência energética, o único que atingiu o setor de transportes foi o CONPET que, até 2005, tinha 130.000 veículos monitorados e, auxilia na economia de 320 milhões de litros de diesel economizados por ano e na redução anual da emissão de 860.000 toneladas de CO₂ (CONPET, 2008). Gerido pelo Ministério de Minas e Energia, com apoio direto da Petrobrás, não possui projetos específicos para a eficiência energética em ferrovias. A conclusão que se chega nesta análise é que não houve ainda ação dedicada ao aumento da eficiência energética das ferrovias de carga brasileiras.

2.5.3. Eficiência Energética em Ferrovias

As estimativas de melhoria na eficiência energética e seus impactos sobre a demanda por energia são baseadas em premissas quanto a fatores técnicos, custo de equipamentos, taxas esperadas de ganhos de mercado, comportamento dos clientes e políticas regulatórias incluindo as de meio ambiente.

Porém, existem duas perspectivas para se abordar a eficiência energética: a tecnológica e a do consumidor. No primeiro caso, são enfocados os resultados do equipamento do ponto de vista de eficiência nominal ou de projeto, por exemplo, quanto consome um determinado modelo de locomotiva por quilômetro. No segundo caso, interessa saber o consumo de energia para realizar o transporte.

Em 2005, o país consumiu 32,4 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (TEP) de diesel (BEN, 2006). Deste total, 26,7 milhões foram utilizados no setor de transportes e apenas 561 mil em transporte ferroviário de carga, ou seja, o consumo ferroviário responde por menos de 1,8% de todo o diesel consumido no país e 2,1% do que é gasto com transportes. Nos Estados Unidos, em 1997, estas proporções eram respectivamente 2,3% e 10% (DAVIS, 1997, *apud* STODOLSKY, 2002). Isso reflete a já conhecida distorção da matriz de transportes brasileira, na qual o modo rodoviário é predominante.

Ao se detalhar algumas informações das empresas analisadas, o que se verifica é que em apenas cinco anos, a eficiência energética, quando medida pela produção (TKU) dividida pelo consumo de diesel (em toneladas) melhorou em 8,7%, logo, precisou-se de menos energia para realizar o transporte. Certamente esta melhora não pode ser

atribuída integralmente a inovações técnicas, nem é o propósito deste trabalho medir isso, sendo, entretanto, importante constatar que existe uma constante melhoria na eficiência energética (Tabela 2.13).

Tabela 2.13: Consumo Específico de Diesel em Ferrovias (10^3 TKU/t de diesel)

Concessionária	2000	2001	2002	2003	2004	Varição
ALL	100,3	104,4	112,4	117,1	133,1	32,8%
EFC	519,2	484,4	523,4	540,6	587,8	13,2%
EFVM	329,1	322,6	340,1	340,9	346,5	5,3%
FCA	79,1	82,8	74,5	68,2	79,6	0,7%
MRS	189,5	187,1	188,8	198,0	194,3	2,5%
TOTAL	243,5	239,1	242,6	249,2	264,5	8,7%

Fonte: ANTT (2005) e Secretaria de Transportes Terrestres até 2001 (MT, 2001).

Nota: A medida mais adequada para a eficiência energética é 10^3 TKB/t, contudo essa informação não foi fornecida pela ANTT, nem consta no anuário (ANTT, 2005). A medida usada é citada em documentos da GEIPOT.

Para que isso ocorresse, alguma ação foi necessária. Como será visto adiante, as duas perspectivas são abordadas quando se trata de buscar formas de se melhorar o desempenho energético de uma ferrovia. Os itens abaixo mostram de forma simplificada onde são procuradas economias e mais eficiência (STODOLSKY, 2002):

- a) Otimização da operação (minimização de paradas, alinhamento entre despachantes e equipagem);
- b) Interação roda/trilho e Resistência ao rolamento;
- c) Traçado e geografia da linha férrea;
- d) Treinamento de maquinistas;
- e) Combustíveis melhorados;
- f) Novos motores.

Como não há regulação específica para a emissão de gases provenientes do transporte ferroviário ou obrigações contratuais – os contratos das concessionárias falam de produção, mas não de eficiência energética – a principal motivação é a redução de custos e aumento de competitividade, incluindo aqui a capacidade de oferecer serviços com preços mais atrativos. Mesmo sem obrigação regulatória, a Vale, por exemplo, optou pelo uso do B20 (mistura de 80% de diesel fóssil com por 20% de biodiesel) na EFC e na EFVM desde o início de 2007 apesar de o consumo com este combustível ser 2,1% maior nos teste de bancada e 3,2% maior na prática (VALE, 2007a). Esta decisão está aliada às políticas e estratégias de estímulo ao desenvolvimento sustentável da

companhia. Note-se que a obrigatoriedade de B2 (diesel com 2% de biocombustíveis) ocorreu somente a partir de janeiro de 2008, a do B3 (diesel com 3% de biodiesel) a partir de julho do mesmo ano, no Brasil, segundo o Programa Nacional de Produção e Uso de Biocombustíveis.

Em resumo, a quantidade de energia na forma de óleo diesel consumida nas ferrovias é pouco expressiva em termos de políticas nacionais, não tendo sido considerada em nenhum grande programa de eficiência energética, o que torna a economia no modo ferroviário pouco atraente do ponto de vista de economia energética ou mesmo de emissões. Contudo, dado o peso dos combustíveis na estrutura de custos das ferrovias, a redução no consumo ou no preço relativo pode aumentar a atração de cargas, modificando a matriz de transportes em favor do modo ferroviário, o que, de forma indireta, causaria redução significativa de consumo e emissões no modo rodoviário. O resultado é que as ações mais relevantes para melhoria na eficiência energética de ferrovias se originam nas próprias companhias ferroviárias e não em políticas públicas e incentivos governamentais. Estas ações, como será visto a seguir, estão refletidas na forma como essas companhias gerem a inovação.

CAPÍTULO 3

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Antes de entrar no assunto da inovação nas ferrovias, é preciso estabelecer os conceitos com os quais se está lidando. A inovação, por exemplo, pode ser vista por diversas ópticas, entre elas a sociológica e a econômica, contudo o conceito pertinente a este trabalho é o de teor administrativo-econômico. Assim, este capítulo mostra as origens do principal conceito evocado pelo estudo: a inovação tecnológica, além de outros conceitos que a definem, como o de ciclo de vida da inovação e o de paradigma tecnológico. Ao fim são apresentados os principais tipos de inovação (radical, incremental e ordinária) e como estas se manifestam nas ferrovias de carga.

3.1. DESCOBERTA, INVENÇÃO E TECNOLOGIA

Os conceitos de invenção, tecnologia e inovação são, com frequência, usados como sinônimos. De uma forma resumida, uma inovação é uma invenção que passou a ser explorada comercialmente, sendo a tecnologia o conjunto de conhecimentos necessários para torná-la real. FREEMAN (1982) relacionou invenção e inovação da seguinte forma:

“Uma invenção é uma idéia, um esboço ou um modelo para um novo ou melhorado dispositivo, produto, processo ou sistema (...). Uma inovação no sentido econômico é acompanhada pela primeira transação comercial envolvendo o novo produto, processo, sistema ou dispositivo, embora a palavra seja usada para descrever todo o processo” FREEMAN (1982).

Genrich Altshuller, criador de um modelo de gestão para o estímulo da invenção, o TRIZ, classificou soluções inventivas em cinco diferentes níveis conforme a Tabela 3.1:

Tabela 3.1: Classificação das Soluções Criativas

Nível	Tipo de Solução	Conceito	Frequência	Nº de Tentativas	Exemplos
1	Solução Convencional/Aparente	Soluções que usam métodos dominados dentro de determinada especialidade.	32%	Máx. 10	Aumento da espessura de uma parede para aumentar o isolamento
2	Pequena invenção dentro do paradigma existente	Melhoria de um sistema existente.	45%	10-10 ²	Coluna de direção ajustável aumenta a variedade de tipos de corpos que podem dirigir confortavelmente
3	Invenção dentro da tecnologia disponível	Melhoria essencial em sistema existente.	18%	10 ² -10 ³	Substituir transmissão padrão em um carro por uma automática
4	Invenção fora da tecnologia disponível	Nova geração de um projeto, usando ciência e não tecnologia.	4%	10 ³ -10 ⁴	Uso de material com memória térmica em anéis de vedação que abrem com água quente.
5	Descoberta	Uma invenção de grande impacto; gera uma nova ciência.	1%	>10 ⁵	Laser, Transistor

Fonte: SALAMATOV (1999)

Nota: A frequência diz respeito à quantidade em que o tipo de solução surge, enquanto o número de tentativas se refere à quantidade de ensaios necessários para comprovar a solução.

Enquanto as soluções criativas de Altshuller estão intimamente associadas ao conceito de inovação, a definição de Freeman está ligada ao que se chama pesquisa aplicada que, por sua vez, complementa a noção de pesquisa básica (ou fundamental), um processo contínuo de acúmulo de conhecimento. MACHLUP (1962), *apud* WYATT (1986), afirma que a diferença entre pesquisa básica e aplicada é que a primeira leva às descobertas, enquanto a outra conduz às invenções.

Já a tecnologia é definida de forma ampla por STEWARD (1977) como todas as habilidades, conhecimentos e procedimentos requeridos para fazer, usar ou tornar úteis as coisas. Incluindo habilidades e práticas de *marketing* e gerenciamento.

PAVITT (1995) traz uma importante explicação adicional que une os conceitos de ciência e tecnologia presentes na economia da tecnologia e na sociologia das ciências para mostrar a utilidade econômica da pesquisa. Segundo ele, “a ciência tende a simplificar a fim de compreender e prever, enquanto a tecnologia, por sua vez deve fazer com que os produtos funcionem num mundo real, complexo – em larga medida imprevisível e não totalmente especificado – utilizando conhecimentos provenientes de domínios variados, entre os quais está o científico”. Neste ponto, o conceito de

tecnologia é indissociável do conceito de engenharia. Como diz o glossário da Academia Nacional de Engenharia dos Estados Unidos (NAE, 2008), a tecnologia é um produto de engenharia e ciência.

Uma definição estreitamente ligada aos de invenção, pesquisa e tecnologia é o de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Para este, considera-se a definição contida no Manual de Frascati (FECYT, 2003) que diz ser P&D o trabalho criativo levado a cabo de forma sistemática para aumentar o volume de conhecimentos, incluindo o conhecimento do homem, da cultura e da sociedade, e o uso desse conhecimento para criar novas aplicações. O Manual de Frascati faz parte da Família Frascati, série destinada a sistematizar o estudo e a coleta de dados referentes a P&D e inovação. A família compreende manuais sobre: P&D (Manual de Frascati), inovação (Manual de Oslo), recursos humanos (Manual de Canberra), balanço de pagamentos tecnológicos e patentes, considerados como indicadores de ciência e de tecnologia.

Logo, as definições de invenção e de tecnologia são relevantes para a estratégia tecnológica, contudo, como neste trabalho o foco é a gestão de inovação, a invenção e tecnologia serão vistas apenas como etapas necessárias, como fonte e meios de materializar a inovação tecnológica. Assim, o conceito relevante passa a ser o de inovação conforme descrito em detalhes a seguir.

3.2. CONCEITOS DE INOVAÇÃO

Neste trabalho é considerado, sobretudo, o conceito atribuído à inovação por SCHUMPETER (1982). Apesar do seu viés essencialmente econômico, o pensamento de Schumpeter influenciou outras áreas, como é o caso da Administração, domínio ao qual a Gestão da Inovação pertence, uma vez que essa atividade tem por objetivo manter e apropriar o valor criado por inovações dentro de empresa ou organização que as criou.

Do ponto de vista econômico se destaca a importância da inovação para o desenvolvimento:

“O impulso fundamental que cria e mantém o motor do capitalismo em funcionamento vem de novos bens de consumo, novos métodos de produção ou transporte, novos mercados... (Este processo) revoluciona incessantemente a estrutura econômica de dentro para fora, incessantemente destruindo o que é

velho, incessantemente criando o que é novo. Este processo de Destruição Criativa é o fator essencial do capitalismo” (SCHUMPETER, 1984).

Ainda segundo SCHUMPETER (1982), a inovação se apresenta em cinco situações:

1. A introdução no mercado de um novo bem ou classe de bens (produtos ou serviços) com os quais os consumidores não estão ainda familiarizados;
2. A introdução de um novo método de produção ainda não experimentado, que se baseia em um novo descobrimento científico. Também pode existir inovação em uma nova forma de tratar comercialmente um novo produto;
3. A abertura de um novo mercado, exista em outro local ou não;
4. A conquista de uma nova fonte de insumos, matérias-primas ou produtos semi-elaborados, exista ela em outro local ou não;
5. Implantação de uma nova estrutura em um mercado, como, por exemplo, a criação de um monopólio.

Novos serviços podem depender ou não de uma inovação tecnológica. Por exemplo, se uma ferrovia não transporta farelo de soja e passa a fazê-lo, isso é uma inovação dos tipos 1 e 3, pois se passa a prestar um novo tipo de serviço (produto: transporte de farelo de soja) e, ao mesmo tempo, a atuar em um novo segmento de mercado. Neste trabalho de dissertação o enfoque se dará no item 2 (inovação de processo), pois o objeto de pesquisa se limita à eficiência energética em ferrovias.

Pode-se argumentar que, se uma empresa ferroviária passar a produzir seu próprio combustível, como o biodiesel, ou garantir exclusividade sobre ele, isto poderia ser caracterizado como uma inovação do tipo 4, considerando-se o combustível como insumo do transporte. Mas o caso em estudo é o da eficiência energética, assim, toda melhora desta é, por definição, resultante da introdução de um novo processo ou da melhoria de um já existente. Um novo combustível pode fazer ou não parte do processo de melhoria.

Assim, as inovações são criadas dentro das firmas ou grupo de firmas e espalham seus efeitos sobre sistemas econômicos nacionais e supranacionais. O conceito criado por Schumpeter serviu de base até mesmo para aplicações em sociologia, dado sua amplitude. Para os propósitos aqui declarados, um conceito mais específico, dentro apenas do âmbito da firma se torna suficiente, pois é ele que guia a gestão dentro das empresas e para este nível de gestão é que são criados os sistemas nacionais de inovação.

Já na perspectiva administrativa, SENGE (1990) afirma que, para os engenheiros uma nova idéia é inventada quando se prova, no laboratório, que funciona. Já a idéia se torna inovação somente quando pode ser replicada em grande escala a um custo realista. Esta visão aproxima o conceito de inovação da realidade das empresas, nas quais a inovação ocorre se e somente se há viabilidade econômica, isto é, se o retorno financeiro para os acionistas justifica o risco envolvido no seu desenvolvimento e aplicação.

Por sua vez, o Manual de Oslo (FINEP, 2005), documento que tem o objetivo de normatizar a coleta de dados e as interpretações para as pesquisas sobre inovação tecnológica, retrata de forma sintética os conceitos anteriores. Consta no manual que:

“Inovações Tecnológicas em Produtos e Processos (TPP) compreendem as implantações de produtos e processos tecnologicamente novos e substanciais melhorias tecnológicas em produtos e processos. Uma inovação TPP é considerada implantada se tiver sido introduzida no mercado (inovação de produto) ou usada no processo de produção (inovação de processo). Uma inovação TPP envolve uma série de atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais. Uma empresa inovadora em TPP é uma empresa que tenha implantado produtos ou processos tecnologicamente novos ou com substancial melhoria tecnológica durante o período em análise.” (FINEP, 2005).

Será este o conceito de inovação adotado nesta dissertação. O Manual ressalta ainda que a exigência mínima é que o produto ou processo deve ser novo, ou substancialmente melhorado, para a empresa que o adotou, não precisando ser inédito no mundo. As inovações TPP podem ser discriminadas entre produtos (ou serviços) e processos, e por grau de novidade da mudança introduzida em cada caso.

Um “produto tecnologicamente novo” é um produto cujas características tecnológicas ou usos pretendidos diferem daqueles dos produtos produzidos anteriormente. Tais inovações podem envolver tecnologias radicalmente novas, podem basear-se na combinação de tecnologias existentes em novos usos, ou podem ser derivadas do uso de novo conhecimento.

“Produto tecnologicamente aprimorado” é aquele cujo desempenho tenha sido significativamente aprimorado ou elevado. Um produto simples pode ser aprimorado (em termos de melhor desempenho ou menor custo) através de componentes ou materiais de desempenho melhor, ou um produto complexo que consista em vários subsistemas técnicos integrados pode ser aprimorado através de modificações parciais em um dos subsistemas.

Por fim, “inovação tecnológica de processo” é a adoção de métodos de produção novos ou significativamente melhorados, incluindo métodos de entrega dos produtos. Tais métodos podem envolver mudanças no equipamento ou na organização da produção, ou uma combinação dessas mudanças, e podem derivar do uso de novo conhecimento. Os métodos podem ter por objetivo produzir ou entregar produtos tecnologicamente novos ou aprimorados, que não possam ser produzidos ou entregues com os métodos convencionais de produção, assim como podem ter o objetivo de aumentar a produção ou eficiência na entrega de produtos existentes.

Uma vez explicitadas essas diferenças, é importante lembrar que na indústria ferroviária de carga, as inovações de produtos, isto é, dos serviços, não interessam aos objetivos deste trabalho, pois não se encontram no âmbito da gestão da inovação, mas sim na gestão de mercado (*marketing*). Por exemplo, a oferta do serviço de trem expresso pela Ferrovia Centro Atlântica (FCA) é um produto inovador para essa empresa, mas não de interesse deste trabalho. Contudo, se uma ferrovia desenvolve ou introduz um *software* que viabilize a consolidação de cargas no trem expresso ou um novo tipo de vagão refrigerado (*reefer*) e assim cria um novo produto (transporte de mercadorias que precisam de refrigeração), estes eventos passam a interessar, pois houve alguma forma de gestão da inovação tecnológica, seja desde o desenvolvimento ou somente na transferência de tecnologia. Como lembra CHEN (1996:183), a

transferência de tecnologia não é apenas aquisição de conhecimento em produção, mas também a construção da capacitação tecnológica de um país.

Cabe acrescentar, ainda, o conceito de inovação contido na Lei de Inovação (BRASIL, 2004): “inovação é a introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo ou social que resulte em novos produtos, processos ou serviços”. Esta definição genérica, que não leva em consideração a característica fundamental que é a comercialização, atende ao propósito do texto legal que é estimular o processo (pesquisa, provas, protótipos e outros), que culmina com a produção, lançamento e comercialização de novos bens e serviços no mercado.

3.2.1. Paradigmas tecnológicos

No âmbito da filosofia da ciência, surgem dois conceitos de interesse que são os de paradigma científico (KUHN, 1975) e paradigma tecnológico (DOSI, 1982). Segundo KUHN (1975), o paradigma científico é composto de realizações científicas universalmente aceitas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência. A partir desse conceito ele afirma que uma revolução científica é reconhecida pela mudança de paradigma e ocorre quando cientistas encontram anomalias que não podem ser explicadas pelo corpo de conhecimentos universalmente aceito dentro do qual o progresso científico, até esse momento, tem sido feito. Um dos exemplos de Kuhn para mudança de paradigma científico é a transição da biologia baseada no modelo criacionista para o modelo evolucionista. Outro exemplo são as mudanças sociais provocadas por inovações tecnológicas como a pólvora, o microchip e o motor de combustão interna.

Inspirado por Kuhn, DOSI (1982) definiu paradigma tecnológico como um “modelo” de solução de problemas tecnológicos selecionados, baseado em princípios selecionados derivados das ciências naturais. Dentro de um paradigma, existe ainda a trajetória tecnológica, definida como o padrão normal da atividade de solução de problemas. Tais trajetórias são determinadas pelos paradigmas que apontam a direção da mudança tecnológica que deve ser adotada e aquelas que devem ser ignoradas. DOSI (1988) afirma ainda que é a natureza cumulativa e paradigmática do conhecimento tecnológico que leva à relativamente organizada natureza dos padrões observados de mudança tecnológica.

Do ponto de vista da firma, o conceito de paradigma tecnológico assume um aspecto mais sucinto, refere-se à tecnologia partilhada pelas firmas dentro de uma indústria ou grupo de indústrias. A maioria das empresas partilha do mesmo conjunto de abordagens para resolver seus problemas tecnológicos, embora isso não defina que há uma abordagem única para a solução de problemas. A indústria ferroviária não foge a esta regra. Mudam os materiais (de ferro para o aço); mudam os combustíveis (vapor para diesel), mas os objetivos das pesquisas ainda são essencialmente os mesmos nos últimos 150 anos: redução de custos e aumento da eficiência de trens maiores, maior capacidade por eixo e redução do atrito.

3.2.2. O Ciclo de Vida da Inovação

VERNON (1966) é o autor da Teoria do Ciclo de Vida do Produto que se confunde com o Ciclo de Vida da Inovação. A intenção original deste autor era mostrar como a introdução de um novo produto no mercado afetava o comércio exterior, do país responsável pela criação desse produto. Esse autor sugere que nas suas fases iniciais a ênfase é sobre a inovação de produto, o que demanda capital de risco, espírito empreendedor, e a presença de conhecimentos científicos, técnicos e de *marketing*. Nestas fases, o desempenho do produto é o fator principal para a competitividade. À medida que a indústria atinge a fase de maturidade, reduz-se o campo dos pequenos produtores devido ao custo crescente da produção, resultado da estandardização dos produtos, e à mudança de ênfase da tecnologia do produto para a melhoria de processos. Contudo, sua idéia, que divide o ciclo em 3 fases (desenvolvimento de novo produto, maturação e estandardização⁵) foi apropriada por teóricos da inovação e empresas de consultoria.

A consultoria ARTHUR D. LITTLE (1981), por exemplo, desenvolveu um modelo de ciclo de vida para a inovação, do ponto de vista de sua permanência no mercado, composto de quatro fases: introdução, crescimento, amadurecimento e declínio.

⁵ Métodos que permitem a produção em massa.

- Introdução: as vendas crescem lentamente, os usuários tem dúvidas, algumas deficiências tecnológicas ainda não estão totalmente resolvidas, poucos fabricantes, vários padrões;
- Crescimento: aumenta a aceitação no mercado, crescimento acentuado das vendas, surgem mais concorrentes, há convergência de padrões;
- Amadurecimento: mercado saturado, padrão definido, vendas em grandes quantidades, disputa entre competidores se foca nos preços e na diferenciação;
- Declínio: Diminuem os clientes, vendas em queda, surgem substitutos, empresas abandonam esse mercado, restrições ao mercado.

A importância do ciclo de vida está na ajuda que o conceito dá ao entendimento das opções por uma determinada trajetória tecnológica e a estratégia correspondente. A idéia básica é que a capacidade de inovar, ou seja, lançar novos produtos e serviços, era mais importante quando feita nos estágios iniciais, quando ainda existem muitas versões competindo entre si e não há um padrão dominante. Chegou-se a fomentar a idéia de que os primeiros entrantes eram os mais bem-sucedidos, contudo o trabalho de TELLIS e GOLDR (2002), no qual são apresentados casos emblemáticos como o da reprografia e da lâmina descartável de barbear, mostrou que isso é apenas um mito, pois demonstrou que as empresas dominantes nesses mercados não estavam entre os primeiros.

Mas é grande a influência desse conceito, pois estratégias podem ser erguidas com o seu auxílio. Exemplo disso foi a Política Nacional de Informática, criada por lei em 1984, que entre outras ações, promoveu a ampliação da reserva de mercado e o fomento à indústria nacional de componentes e microinformática. A reserva havia sido criada em 1977, pela Coordenação das Atividades de Processamento Eletrônico de Dados (CAPRE), para as empresas que fizessem pesquisa e desenvolvimento na área de equipamentos de computação no país (MARQUES, 2000). Uma das justificativas era que esse novo segmento estava em seu estágio inicial, quando não há padrões ou tecnologias dominantes e definidas. Nesse ambiente seria possível o país se tornar um

grande ator no segmento. Logo, a estratégia do país e das empresas tem que se ajustar à fase em que se encontra a indústria.

3.3. Tipos de Inovação

Além das categorias de inovação definidas por Schumpeter (produto, processo, mercado, fonte de matéria-prima e organizacional), existem outras formas de classificação: quanto à natureza e quanto à origem.

3.3.1. Natureza da Inovação

MARQUIS (1969) define três tipos de inovação: a comum, ou incremental, criada dentro da firma e imprescindível para sua sobrevivência; a radical, rara e capaz de mudar a característica de uma indústria inteira (motor a jato, som estéreo, xerografia) e criar novos mercados (computadores pessoais); e a resultante de sistemas complexos que são caras e resultantes de longo planejamento, que o autor cita como exemplo a missão tripulada para a Lua. Apesar de este último tipo de inovação ser um assunto muito discutido, é de pouca importância para as ferrovias de cargas atuais, cuja indústria é madura e se utiliza somente de inovações incrementais. A ferrovia é, em si, uma inovação radical que criou um novo mercado, substituindo outras formas de transporte. Pode-se argumentar que o trem de levitação magnética é uma inovação radical capaz de alterar a indústria de transporte de cargas, contudo, sua aplicação ainda se restringe ao transporte de passageiros.

3.3.2. Origens da Inovação

Uma inovação pode ter duas fontes de estímulo: uma necessidade expressada pelos consumidores (Figura 3.1) ou uma necessidade criada a partir de uma invenção ou tecnologia disponível (Figura 3.2). Muitas vezes, é uma combinação das duas formas que leva à inovação.

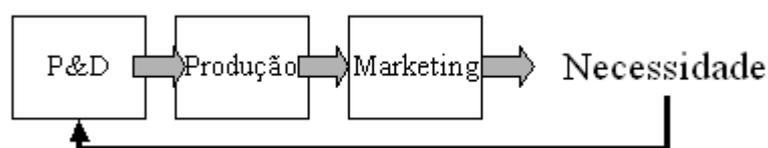


Figura 3.1: Esquema simplificado do *Market Pull*

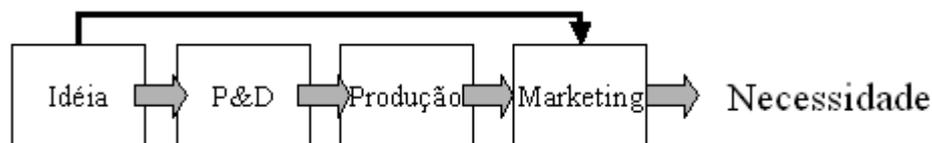


Figura 3.2: Esquema simplificado de *Technology Push*

A ferrovia, por exemplo, surgiu da necessidade de incrementar a escala de transporte de carvão das minas para as cidades, onde era o principal combustível para o aquecimento e energia para as primeiras máquinas a vapor. Este caso é um exemplo de *demand* ou *market pull*. Mas não seria possível sem a tecnologia de motores a vapor. Esta última origem da inovação é freqüentemente associada ao Modelo Linear de Inovação (MAHDJOUBI, 1997; GODIN, 2005), uma vez que apresenta a inovação como resultante da pesquisa.

3.4. A Inovação nas Ferrovias

Existem três trabalhos que são esclarecedores no que diz respeito à trajetória tecnológica das ferrovias, tendo por objeto de estudos as companhias ferroviárias norte-americanas no período de 1840 a 1950. Apesar da distância, no tempo e no espaço, as conclusões são úteis à compreensão da gestão contemporânea da inovação em companhias brasileiras, pois moldaram o complexo industrial no qual se inserem a trajetória tecnologia e o seu paradigma.

O primeiro destes trabalhos, escrito por FISHLOW (1966), afirma que as ferrovias norte-americanas obtiveram elevados ganhos de produtividade entre 1870 e 1910 principalmente devido à redução de custos associada a constantes inovações incrementais em locomotivas e vagões de carga. No mesmo período, inovações externas auxiliaram estes resultados: freio a ar, acoplagem automática, novos sistemas de sinalização e trilhos de aço.

Schmookler, no seu livro de 1966, *Invention and Economic Growth* (*apud* WYATT, 1986), investiga a correlação entre geração de inovação – medida pelo número de patentes registradas para trilhos, carros de passageiros e vagões de carga – e a formação de capital nas ferrovias dos Estados Unidos entre 1837 e 1950. O que descobre é uma curva em forma de U invertido, com o pico em torno de 1910, configurando uma tendência tanto para a curva de patentes quanto para a de investimentos das empresas ferroviárias. A originalidade do seu trabalho está no fato de

Schmookler ir contra o pensamento dominante segundo o qual as invenções seriam exógenas ao sistema econômico, ou seja, a pesquisa é que gera inovação, teoria que está de acordo com o Modelo Linear de Inovação. Ao contrário, o autor identifica causalidade do investimento sobre as invenções (patentes), sendo a inovação na indústria estudada, portanto, do tipo puxada pela demanda (*market pull*).

O terceiro e último trabalho é o de USSELMAN (2002) que divide a história das ferrovias em três fases entre 1840 a 1920. A primeira delas, que termina em 1876, seria de preparação do terreno para a expansão da indústria ferroviária, o período em que as ferrovias se expandiram e se multiplicaram, estimulada pelo baixo custo de entrada no mercado e pela multiplicidade de tipos de vagões, locomotivas e trilhos, quase todos de baixa capacidade que conviviam no mesmo mercado. Essa fase foi marcada por um grande número de patentes e invenções.

O período seguinte vai até 1904, quanto o foco das companhias está concentrado na engenharia, isso é, na capacitação interna para inovar e se adaptar ao novo modelo de concorrência, no qual havia menos rivais e a estratégia de expansão fora substituída pela de excelência operacional. Entre outras ações, as principais ferrovias se uniram para formar um poderoso *pool* (atuação conjunta) de patentes com o objetivo de utilizar todos os avanços feitos sem necessariamente pagar por eles. Nesse período, em busca de ganhos de escala e redução de custos, o peso dos trilhos aumentou de 24,8 kg/m para 49,6 kg/m (FISHLOW, 1966), enquanto a capacidade dos vagões cresceu de 5t para 50t (USSELMAN, 2002). Segundo este autor, isso foi feito sem que houvesse registros de patentes que dessem respaldo a esse avanço. Nesta fase, os avanços foram totalmente internalizados pelas companhias ferroviárias, com ou sem o apoio de fornecedores, com quem passaram a ter relações bastante íntimas (USSELMAN, 2002). A conclusão é que o sistema de patentes, criado para proteger o conhecimento e socializar os benefícios do progresso, foi na primeira fase uma oportunidade e, na segunda, uma ameaça.

Do ponto de vista do ciclo de vida, o mercado de serviços ferroviários se aproximava da maturidade assim como a tecnologia ferroviária. Na última parte de sua obra, USSELMAN (2002) narra a fase (1904-20) em que o pesado investimento em soluções técnicas deixou de ser suficiente para lidar com as mudanças do mercado e a crescente regulação federal. A estratégia baseada na engenharia caminhou em direção à

criação de serviços especializados e transportes de curta distância. A inovação passou a ser mais focada na segurança (freios automáticos e sinalização) e novos serviços, em atendimento às novas regras e à demanda dos clientes. No início da década de 1920, enquanto ainda se comemorava o centenário da ferrovia nos EUA, mesmo antes do diesel se mostrar melhor alternativa que o carvão, essa indústria iniciou um longo período de declínio.

Os resultados destes estudos indicam que a indústria da qual as companhias ferroviárias fazem parte tem a inovação originada majoritariamente pela necessidade do mercado (redução de custos, ganhos de escala, segurança); foi capaz de internalizar as inovações realizadas (*pool* de patentes, investimentos em engenharia, laboratórios de testes, associações de engenheiros, periódicos técnicos); necessita de um ambiente institucional, econômico e regulatório propício; ampliou-se com concentração das empresas e formação de grandes grupos ferroviários.

3.4.1. Inovação em eficiência energética em Ferrovias

As ferrovias têm características únicas que influenciam a forma como é tratada a eficiência energética no transporte ferroviário (STODOLSKY, 2002). Entre elas estão:

- a) Os motores das locomotivas têm maiores camisas de cilindros e menores velocidades que o de caminhões, o que altera os sistemas de combustão desenvolvidos para caminhões, o que impede que os desenvolvimentos feitos para esses equipamentos sejam transferidos diretamente para as locomotivas;
- b) O resfriamento dos motores é mais trabalhoso; conseqüentemente, a sua temperatura é (que afeta a formação de NO_x) é muito mais alta que a do ambiente;
- c) A expectativa de vida útil é muito maior (40 anos), o que requer substancial durabilidade dos materiais e a necessidade de reformar as locomotivas em serviço várias vezes ao longo do seu ciclo de vida.

Logo, os tópicos potenciais de pesquisa para aumento da economia de energia no transporte ferroviário listados por STODOLSKY (2002) são:

- a) Sistemas de gestão de trens

- Otimização das Operações: inclui o treinamento de maquinistas e auxiliares; sistemas de navegação e de informação a bordo;
- Gestão de consistência: manipulação do comprimento do trem e posicionamento de vagões e locomotivas;
- Gestão de Frotas de Trens: incluir os sistemas de ferrovias inteligentes, com sensores e coletores de dados que são processados para auxiliar o planejamento, a gestão e a segurança de frotas de trens.
- Aerodinâmica: estima-se que até 5% do consumo se deve à resistência aerodinâmica.
- Atrito Roda/Trilho: as condições dos trilhos, o projeto do truque (conjunto de eixos e rodas), o perfil das rodas são alguns dos fatores que afetam o consumo de combustíveis e a segurança.
- Resistência ao Rolamento: inclui estudos sobre a superfície das rodas, suspensão e seus componentes.

b) Sistemas de Locomotivas

- Redução do Tempo Parado: inclui o desligamento ou redução da atividade dos motores quando a locomotiva aguarda manobra ou carregamento.
- Recuperação de Energia: aproveitamento da energia gerada no processo de frenagem e movimentos descendentes.
- Motores de Tração: o desempenho e durabilidade dos motores afetam o consumo.

c) Motores de Locomotivas

- Sensores e Controles: dispositivos de monitoramento e controle detalhados, por exemplo, para cada cilindro.
- Combustão/Injeção de Combustíveis: ajuste das misturas de ar/combustível.
- Dispositivos de controle e tratamento das emissões.
- Uso da energia contida nos gases de exaustão

d) Combustíveis e Geração de Energia Avançados

- *Homogeneous-charge compression ignition* (HCCI): é um sistema alternativo ao processo de combustão que reduz o material particulado e o NO_x.
- Combustíveis Alternativos: turbinas a gás (natural ou liquefeito), biocombustíveis, locomotivas elétricas, hidrogênio.
- *Fuel Cells*: alternativa para a substituição de motores de combustão interna.

Trabalho similar pode ser encontrado na ANPET (2002), em que são sugeridas linhas de pesquisa em inovação com recursos do Fundo Setorial de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Setor de Transportes Terrestres e Hidroviários (CT-Transportes). Entre aquelas capazes de afetar a eficiência energética constam:

- a) Melhoria na eficiência dos combustíveis: avaliar formas de redução de custos com combustíveis, a partir da otimização de processo, eficiência térmica ou substituição por combustíveis alternativos;
- b) Dinâmica do trem: desenvolvimento de ferramentas para auxiliar no dimensionamento do trem, otimização da condução e avaliação/redução de acidentes;
- c) Desenvolvimento de equipamentos de bordo para locomotivas: monitoramento e controle de patinação de rodas, avaliação geral, consumo de combustíveis;
- d) Automação de locomotivas: desenvolvimento de sistemas nacionais de automação.

3.5. Sistemas Nacionais de Inovação

FREEMAN (1988) foi o primeiro autor a usar o termo Sistema Nacional de Inovação (SNI), mas aponta Lundvall como o criador do conceito. Segundo ele, o SNI consiste em um conjunto de elementos e relações que interagem na produção, difusão e uso de conhecimentos novos e economicamente úteis (Figura 3.3). Desta forma, o sistema inclui todas as partes e aspectos da estrutura econômica e arcabouço

institucional que afetam o aprendizado, assim como a pesquisa e a exploração (LUNDVALL, 1988).

Por sua vez, PATEL e PAVITT (1998) definem SNI em termos das instituições envolvidas na geração, comercialização e difusão de novos e melhores produtos, processos e serviços, e das estruturas de incentivo e competências destas instituições que influenciam a taxa e a direção das transformações derivadas da mudança tecnológica, entendida aqui como “uma forma criativa no crescimento das corporações e uma força destrutiva que torna as corporações vulneráveis à concorrência” (DOSI, 1988).

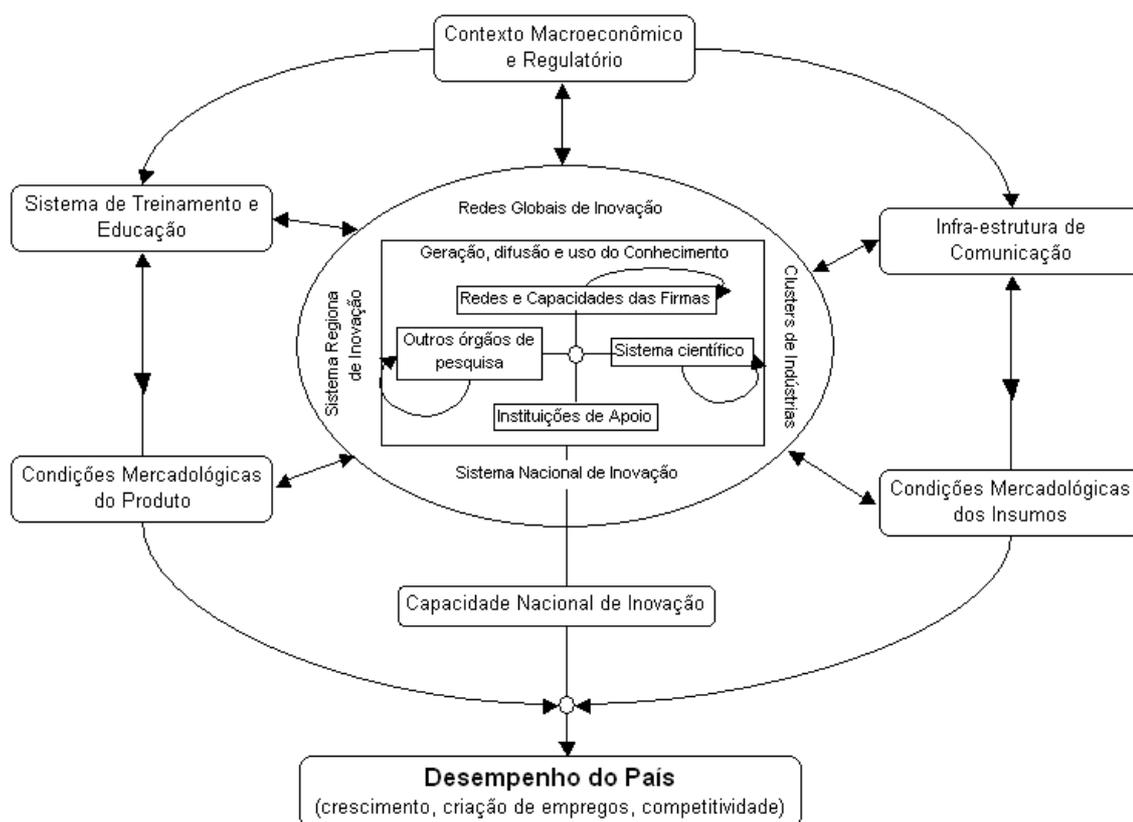


Figura 3.3: Modelo de Sistema Nacional de Inovação

Fonte: FREEMAN (1995)

O conceito de sistema nacional avançou em direção ao de sistema regional de inovação. Como explica BRACZYK *et al.* (1998), os países têm diferentes capacidades (em pesquisa, educação e transferência de tecnologia) e modelos de governança para a inovação, que são determinados pela estrutura de tomada de decisão, fluxo dos recursos

financeiros e a orientação política. Um exemplo de sistema regional é o Vale do Silício, nos EUA.

O mais relevante no SNI é que ele: (1) torna evidente a importância das instituições envolvidas, (2) coloca o aprendizado e inovação no centro do processo de desenvolvimento nacional e regional, (3) evidencia a estrutura multidisciplinar que envolve a inovação; e (4) enfatiza a interdependência e não-linearidade na criação de inovações (EDQUIST, 2004). De uma forma simplificada, sem as estruturas administrativas como ministérios e agências reguladoras, um sistema de inovação pode ser visto na forma da Figura 3.4.

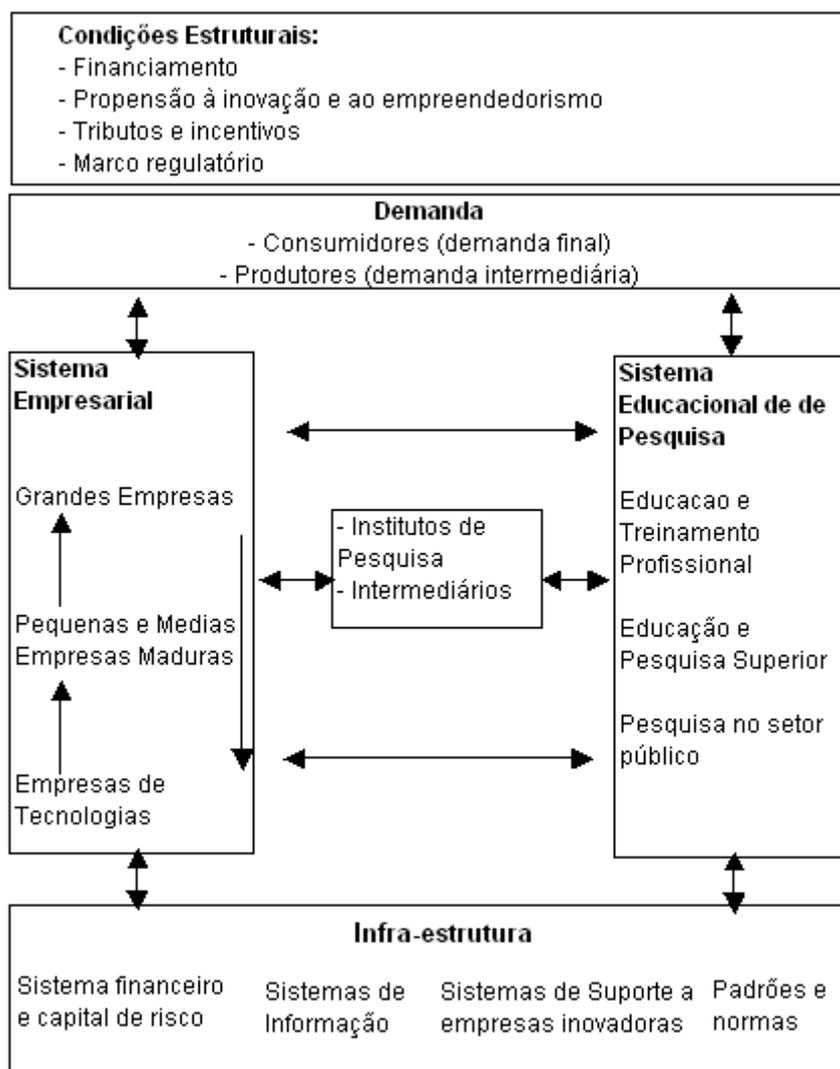


Figura 3.4: Principais componentes de um Sistema Nacional de Inovação.

3.5.1. Sistema Brasileiro de Inovação (SBI)

O sistema brasileiro possui todos os elementos que constituem um SNI típico: estruturas de ensino e pesquisa, formado por universidades privadas e públicas; ensino e treinamento para o nível técnico (Sebrae, CAPES); sistemas de patentes, padrões e normas (Instituto Nacional de Propriedade Intelectual – INPI, Instituto Nacional de Metrologia – Inmetro; Instituto Nacional de Tecnologia - INT); um marco regulatório definido, incluindo uma moderna Lei de Inovação (BRASIL, 2004); estruturas de fomento, financiamento e de capital de risco (BNDES, Finep, CNPq); sistemas setoriais de inovação e sistemas estaduais (FAPERJ, FAPESP, Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT, dentre outros).

Este SBI pode ser visto de forma esquemática na Figura 3.5, note-se que, da mesma forma que a figura anterior, não cabem aqui as estruturas burocráticas e sistemas formados por estruturas existentes, como o Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec) que, em 2007, substituiu a Rede Nacional de Tecnologia.

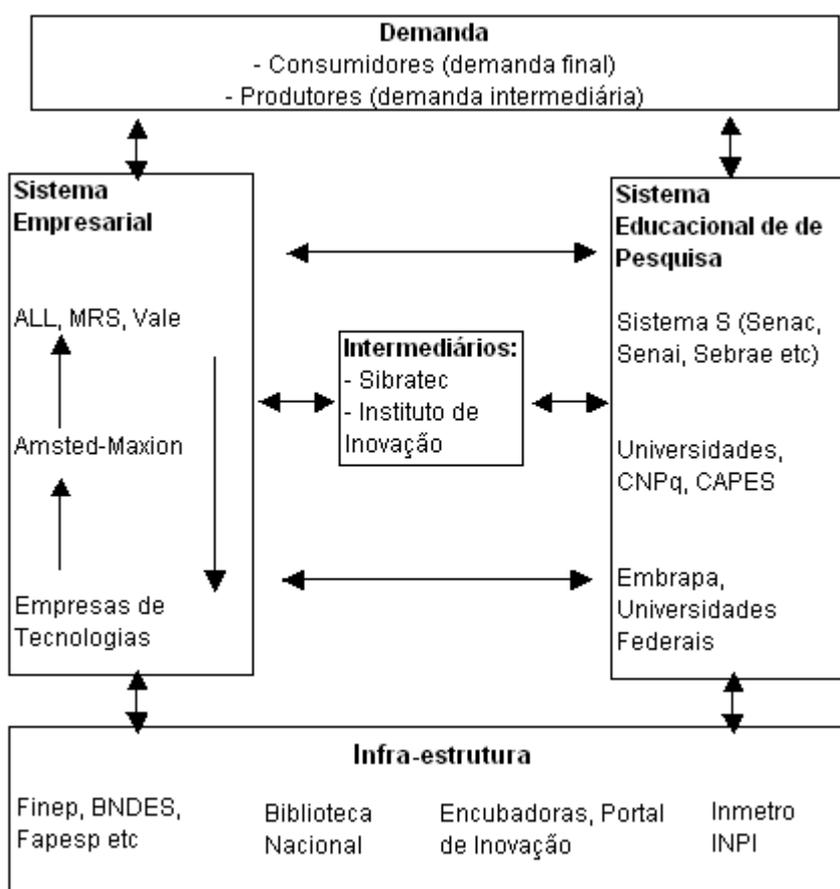


Figura 3.5: Sistema Brasileiro de Inovação – Modelo Simplificado

3.6. Sistemas Setoriais

Um sistema setorial de inovação é aquele dedicado a uma disciplina ou setor econômico, logo não é definido geograficamente ou em função de geo-política. Incluem-se aqui as disciplinas de caráter social, de interesse geral da sociedade, mas de pouco interesse das empresas privadas.

A política de ciência e tecnologia do país optou, em 2003, por concentrar esforços em quatro áreas ditas estruturantes: semicondutores, *software*, fármacos e medicamentos e bens de capital (BRASIL, 2003a). Estas áreas foram consideradas estruturantes, pois tem relação, por exemplo, com a política industrial de infra-estrutura, dentro da qual se inserem os transportes.

O setor de petróleo, por exemplo, conta com um programa específico, o Procap 1000 (BRASIL, 2004), o Plano Nacional de Ciência e Tecnologia do Setor de Petróleo e Gás Natural (CTPetro), o Centro de Tecnologia de Petróleo (CENPES) entre outras estruturas.

3.6.1. Sistemas de Inovação em Transportes

As principais estruturas que compõem o sistema de inovação em transportes no Brasil são:

- a) Ensino e Pesquisa: escolas especializadas tanto em nível técnico quanto superior, a exemplo da PUC/MG com uma pós-graduação em engenharia ferroviária e o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, com curso de manutenção em sistemas ferroviários; Centro de Excelência em Engenharia de Transportes (CENTRAN); Instituto de Pesquisa Rodoviária (IPR), ligado ao Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT); Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte (SENAT), ligado à Confederação Nacional do Transporte (CNT).
- b) Sistemas de Informação: Instituto de Desenvolvimento do Transporte (IDT/CNT); ANTT, ANTAQ, IBGE;

- c) Divulgação: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET); Associação Nacional das Empresas Inovadoras (ANPEI); Associação Brasileira da Indústria Ferroviária (ABIFER); Associação Nacional de Transporte Ferroviário (ANTF); Associação Nacional de Usuários de Transporte (ANUT)
- d) Fomento: CT-Transportes.
- e) Planejamento: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT); Conselho Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte (CONIT)

Pode ser observado que muitas destas instituições não atuam exclusivamente na área de transportes. O CT-Transportes, em particular, inclui nas suas diretrizes estratégicas específicas para o setor de transporte ferroviário:

- Redução dos custos de transportes
- Redução dos desgastes dos trilhos
- Aumento da segurança e confiabilidade do transporte ferroviário
- Aumento da eficiência.
- Aumento da segurança contra roubos e avarias de cargas
- Desenvolvimento de dormentes usando materiais compostos
- Melhoria no equipamento
- Controle e otimização de terminais
- Automação
- Nacionalização de componentes

O DNIT, desde 2003, projeta um Instituto Nacional de Pesquisas Ferroviárias com o propósito de resgatar a capacidade tecnológica do país no setor. Apesar de constar do planejamento estratégico do órgão (BRASIL, 2003b) para o período 2003-2007, o instituto ainda não saiu do papel (BRASIL, 2003c). Como ressalta o documento, um dos pontos fracos do DNIT é a “ausência de estudos e pesquisas na área ferroviária”. Por fim, o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), divulgado no fim de 2007, propõe que seja criada uma estrutura de pesquisa e assuntos estratégicos “capaz de agregar tecnologia e conhecimento ao setor de transportes”, com

participação de órgãos públicos e privados para apoiar, do ponto de vista técnico, o CONIT (BRASIL, 2007). Esta é a única proposta do documento no que diz respeito à ciência e tecnologia em transportes.

CAPÍTULO 4

GESTÃO DA INOVAÇÃO

Neste capítulo, são apresentados os principais modelos de inovação, incluindo o pioneiro, denominado Modelo Linear de Inovação Tecnológica (MLIT) e as críticas feitas a este modelo. É abordado ainda o estudo da inovação especificamente em transportes e ferrovias para que se possa mostrar como este tipo de indústria avançou conforme foram feitos investimentos em inovações e na forma de se inovar.

Na visão de DRUCKER (1985), a inovação é uma das duas únicas funções de uma empresa. A outra é o *marketing*, entendido de uma forma ampla como vendas, atendimento a clientes e estratégia, do qual a inovação não pode ser dissociada. Dentro da empresa, esta função se manifesta através da gestão da inovação.

Sob uma óptica eminentemente econômica, a gestão da inovação busca mover a curva de *trade-off* (comparação de alternativas) entre o desempenho de dois indicadores em direção à satisfação de necessidades existentes ou criar indicadores/dimensões de desempenho para necessidades latentes ou novas, isto é, que não foram solicitadas.

De forma breve, gerir a inovação é criar um ambiente no qual surjam inovações (HAUSER, 1998; TIDD *et al.*, 1997:51), o que pode ser potencializado caso a empresa esteja em um *milieux* (ambiente ou meio, em francês) de inovação, definido por CASTELLS e HALL (2000:9) como as estruturas sociais, institucionais, organizacionais, econômicas e territoriais que criam as condições para a geração contínua e sinérgica para a produção de inovações. Para uma firma isso significa estimular o surgimento de idéias (dentro e fora da empresa); organizar as idéias; oferecer condições técnicas e financeiras para materializar as idéias; proteger as idéias e inovações, como se protege um patrimônio; monitorar, controlar e manter um modelo sempre atualizado que envolva estes aspectos que formam o processo de inovação. É ainda aprender a encontrar a solução mais adequada para um problema e, consistentemente, gerir esse processo (TIDD *et al.*, 1997:42).

4.1. INOVAÇÃO COMO FUNÇÃO DA EMPRESA

O dilema organizacional da inovação é que a criação e a exploração de tecnologias inovadoras requerem estruturas orgânicas e pequenas, enquanto inovações incrementais para a efetiva exploração dessas invenções, em contraste, demandam organizações rígidas e de grande porte (BURNS e STALKER, 1961; NONAKA e KONNO, 1998; NONAKA *et al.*, 1994; MARTINS e TERBLANCHE, 2003; STERN, 2004; *apud* HARRYSON, 2006:91). Empresas que buscam elevado grau de empreendedorismo via invenções criativas e inovações rápidas estão mais propensas a sofrer com esse dilema.

Quantitativamente, os programas formais de P&D estão concentrados em poucas empresas, as 20 maiores empresas dos países pesquisados concentram metade dos gastos com P&D (FREEMAN, 1995). No Brasil, em 2005, 75% das empresas com mais de 500 empregados inovam, enquanto apenas 26% das empresas com 10 a 49 pessoas criam algum tipo de inovação (PINTEC, 2007).

Como foi visto na estruturação dos sistemas nacionais de inovação, estruturas de administração direta do governo, universidades e centros de tecnologia, bancos, participam do processo de criação, mas cabe às empresas, públicas ou privadas, transformar a tecnologia e a invenção de produtos e serviços, em inovações.

4.2. A DIFUSÃO DA INOVAÇÃO

MANSFIELD (1968), um dos grandes teóricos da difusão da inovação nas empresas, estudou a taxa de difusão de 12 importantes produtos industriais em grandes empresas dos setores de carvão, siderurgia, bebidas e indústria de equipamentos ferroviários e descobriu que em 75% dos casos a difusão completa para essas principais empresas demorou mais de 20 anos. Por causa disso, muitos usuários dessas inovações estavam muito à frente do mercado em geral.

Em um estudo anterior MANSFIELD (1961), *apud* TIGRE (2006:79) e PORTER (1998:302), mostrou que a adoção de uma nova tecnologia pode ser representada por uma função logística de crescimento chamada Lei de Pearl que assume a forma de um S (Figura 4.1), similar à do ciclo de vida do produto, com 4 fases: introdução, crescimento, maturação e declínio. A importância da difusão está na

possibilidade de se fazer estimativas quanto ao tempo necessário para uma mudança tecnológica. Naturalmente, o ritmo de difusão não se dá de modo uniforme e constante, pois as empresas e os diferentes setores econômicos estão sob a influência de diferentes variáveis econômicas e sociais.

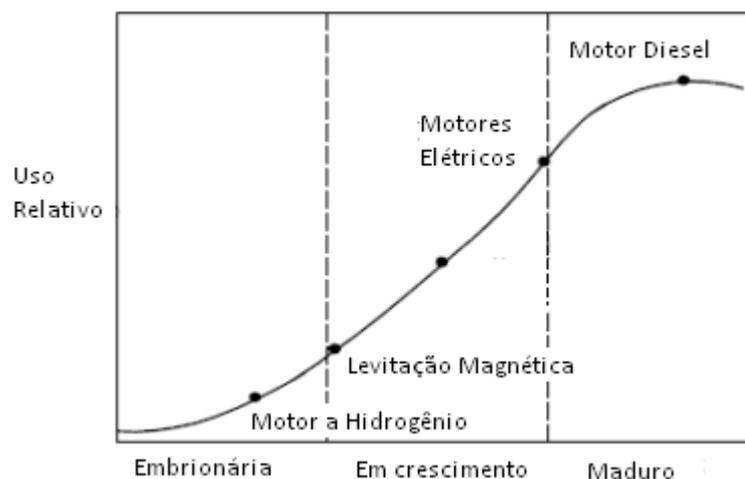


Figura 4.1: Ciclo de vida da inovação para a motorização de locomotivas

Fonte: Adaptado de CASTELLS e PASOLA (2003)

A pesquisa de MANSFIELD (*apud* FISHLOW, 1966) sugere ainda que empresas de grande porte são, tipicamente, as inovadoras mais agressivas e também as mais rápidas seguidoras. FISHLOW (1966) afirma ainda que SCHMOOKLER obteve resultados que demonstram a relação entre a atividade inventiva e o tamanho e taxa de crescimentos de indústrias. A velocidade de difusão da inovação seria, segundo esse autor, diretamente proporcional à expectativa de lucratividade e inversa ao volume de investimento necessário (GIANNETTI, 2005).

Por sua vez, ROGERS (2003) mostrou que os adotantes de qualquer inovação podem ser classificados como⁶: inovadores (2%), seguidores rápidos (14%), seguidores (34%), seguidores tardios (34%), retardatários (16%) distribuídos em uma curva normal que está de acordo como ciclo de vida da inovação. A vontade e a habilidade para adotar uma inovação depende do grau de informação, do interesse, da avaliação, do teste e da adoção em si. Grandes empresas têm uma propensão a adiar a adoção de novos processos e tecnologias por dois motivos: em geral tem uma estrutura mais

⁶ Do inglês, no original: innovators, early adopters, early majority, late majority e laggards.

burocrática e hierarquizada que é pouco favorável a inovações (MINTZBERG, 1982; WEBER, 1971; ALTER, 1995; *apud* DESLEE, 2007); em segundo, porque são conservadoras no que se refere a alterar a forma como trabalham.

4.3. A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE PORTFÓLIO

Portfólio é o conjunto de projetos escolhidos por uma empresa. Logo, quando se fala em gestão de inovação, o portfólio é a carteira de projetos que está associada à estratégia de inovação tecnológica da empresa. A principal função da gestão de portfólio é a escolha de projetos que efetivamente possam contribuir para o sucesso dessa estratégia. Segundo COOPER (2005), um portfólio de inovações balanceado tem as seguintes características:

- Desenvolve uma estratégia tecnológica e de inovação de produto para o negócio;
- Deixa a estratégia estabelecer as partes componentes do desenvolvimento do portfólio;
- Considera o uso de *strategic buckets* (reservas de recursos estratégicos);
- Adota métricas atualizadas;
- Equilibra velocidade (tempo de entrega do projeto) com lucratividade e impacto;
- Tem critérios de seleção constantemente atualizados;
- É constantemente acrescido de novos projetos.

Estas características estão de acordo com o trabalho de JONASH (2000), para quem a visão estratégica está no centro da capacidade de gerar inovações e imersa na cultura e valores da empresa e apoiada por métricas e sistemas de apoio.

COOPER (2005) acrescenta que a gestão de portfólio é mais do que a priorização de projetos e a orçamentação. Quando feita da forma adequada e efetiva é capaz de alinhar projetos às competências de uma empresa, otimiza o balanço entre

risco e retorno, manutenção e crescimento, curto e longo prazos para o fluxo de caixa almejado; aloca os recursos da forma apropriada no futuro.

4.4. MODELOS DE INOVAÇÃO

Um modelo de inovação é a descrição sistematizada da forma pela qual uma inovação é gerada. Sem exceção, todos os modelos aqui apresentados foram criados *a posteriori* pela observação de casos e procedimentos reais, ou seja, são modelos teóricos de base empírica.

4.4.1. Principais Modelos de Inovação

Existem dezenas de modelos de inovação (SAREN, 1994; CLIQUET e NGUYEN, 2003; GODIN, 2005). O primeiro modelo formal foi o Modelo Linear, também chamado de modelo *Pipeline* (MAHDJOUBI, 1997; GODIN, 2005). Este foi seguido do modelo *Spin-Off*, Modelo Não Linear (MARQUIS, 1969), modelo de *Connect and Develop* (HUSTON e SAKKAB, 2006), modelo *Chain Linked* (KLINE e ROSENBERG, 1986) e, mais recentemente, os modelos de Rede (*Network*) (CLIQUET e NGUYEN, 2003) e o *Open Innovation* (CHESBROUGH, 2003). Segue uma descrição sucinta de cada um deles:

Modelo *Pipeline* ou Linear

O conceito de P&D que está na base do Modelo Linear foi criado originalmente no National Science Foundation (NSF) dos Estados Unidos, na década de 1950. Segundo a premissa do modelo, quanto mais se investisse em pesquisa, mais resultados seriam obtidos, em geral os investimentos eram canalizados para um grande laboratório central (Figura 4.2). O trabalho era feito de forma centralizada e sem uma estratégia tecnológica explícita. A gestão da inovação se confundia com a gestão dos projetos havendo, portanto pouco alinhamento com os objetivos estratégicos da empresa.

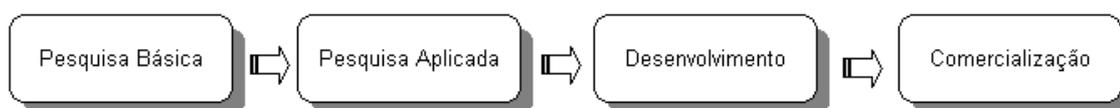


Figura 4.2: Modelo Linear de Inovação ou Modelo *Pipeline*

Fonte: MAHDJOUBI (1997)

Modelo Spin Off

Este modelo do processo de inovação, defendido por MARQUIS (1969) está focado na definição de um tipo de inovação chamada de comum e que surge dentro da empresa para dar suporte à sua sobrevivência (Figura 4.3). É formada por seis grandes partes: (i) reconhecimento (de que é exequível tecnicamente e de que existe demanda para a inovação); (ii) formulação da idéia, que funde técnica e demanda em um projeto conceitual; (iii) solução do problema; (iv) solução, que é, freqüentemente, na opinião do autor, uma invenção ou, em menor escala, uma adaptação ou imitação; (v) desenvolvimento, quando são ajustadas as questões de produção em escala e as incertezas com respeito à demanda; e finalmente (vi) a utilização e difusão no mercado. Este modelo supera algumas das críticas ao modelo Linear: não é confinado a P&D; dá papel mais relevante ao projeto e ao *feedback*; reconhece que o processo não se dá de forma linear. O trabalho de MARQUIS (1969) apontou que apenas 20% das inovações nas indústrias pesquisas são originadas em novas tecnologias em busca de um uso, ou seja, deu mais ênfase ao papel do mercado. Este é, justamente, a principal crítica a este modelo, o excesso de importância dado ao *demand-pull* como origem da inovação.

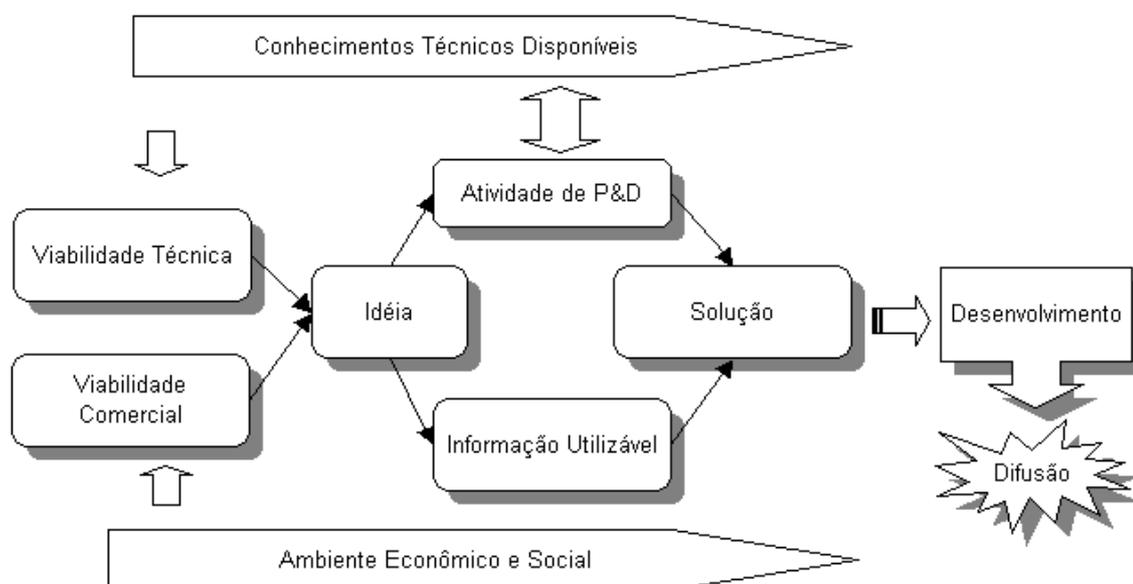


Figura 4.3: Modelo *Spin Off*

Fonte: CASTELLS e PASOLA (2003)

Modelo Conjugado (*Coupling Innovation Model*)

Divulgado no fim da década de 1970, este modelo apresenta uma pequena evolução em relação ao anterior, pois mostra ciência, tecnologia e mercado juntos para gerar inovações (ROTHWELL *et al.*, 1974; MOWERY e ROSENBERG, 1978; *apud* ALWIS e HARTMANN, 2004). Esse modelo conjugado se constitui de processo aproximadamente seqüencial que ligam P&D ao mercado (via engenharia, desenvolvimento tecnológico, produção, mercado e vendas) mas com a adição de retroalimentações (*feedbacks*) e variações, ao longo do tempo, de mecanismos *pull e push* (Figura 4.4).

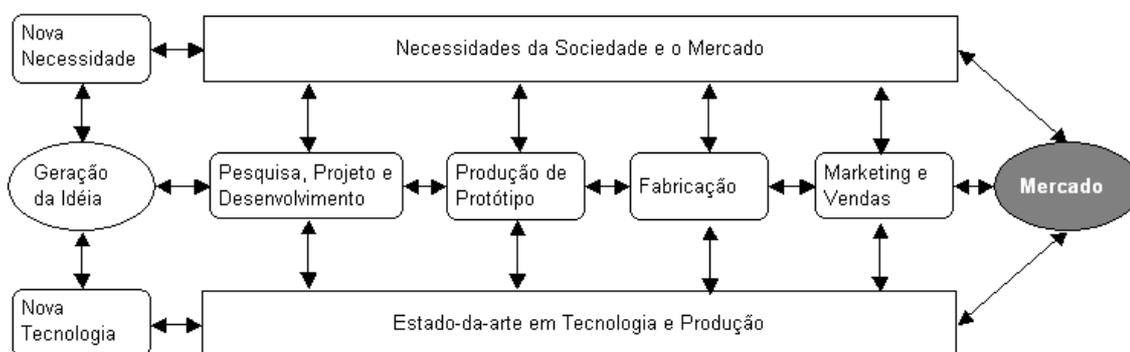


Figura 4.4: Modelo Conjugado

Fonte: MOWERY e ROSENBERG (1978), *apud* ALWIS e HARTMANN (2004).

Modelo *Chain Linked*

Proposto por KLINE e ROSENBERG (1986), este modelo divide o processo de inovação em cinco estágios. No primeiro, é identificada uma necessidade em um mercado potencial. O segundo estágio começa com uma invenção ou um projeto para um novo produto ou processo pensado para preencher essa necessidade. O terceiro estágio é marcado pelo detalhamento e teste do projeto ou o desenvolvimento efetivo da inovação. Durante o quarto estágio o projeto passa por uma reformulação para, eventualmente, entrar em produção. No último estágio a inovação é introduzida no mercado e são iniciados os esforços de comercialização e distribuição. Uma importante característica do modelo é a identificação de cinco rotas inter-relacionadas para a

inovação, descrevendo diferentes fontes de inovação e *inputs* de conhecimento relacionados ao processo de inovação, conforme está ilustrado na Figura 4.5.

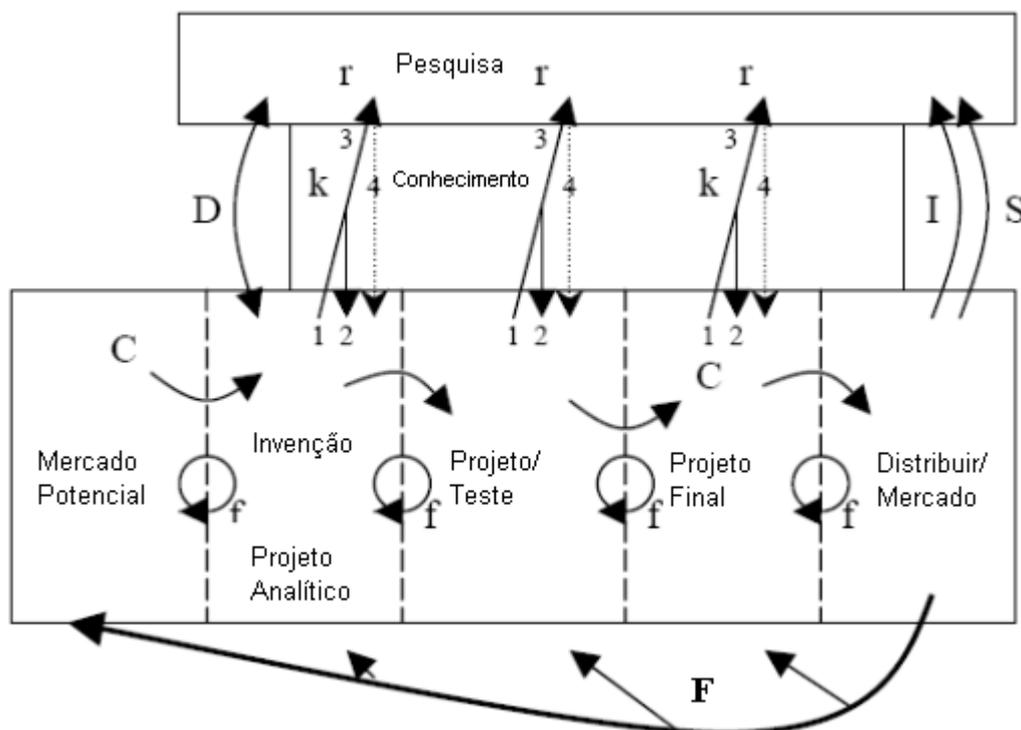


Figura 4.5: Modelo Interativo (*chain-linked*)
Fonte: Palmberg (2002)

A primeira rota de inovação é a cadeia central de inovação (C). Ela generaliza o processo de inovação que emerge da percepção de uma necessidade do mercado. A segunda enfatiza a retroalimentação (f, de *feedback*) ao longo da cadeia (*chain*) central de inovação. A retroalimentação mais importante vem de clientes ou futuros usuários da inovação (F), enquanto o *feedback* entre os estágios representa a interação entre, por exemplo, as áreas de P&D e de produção.

A terceira rota liga a cadeia central (C) ao conhecimento científico, definido como a criação, descoberta, verificação, reorganização e disseminação do conhecimento de natureza física, biológica e social (KLINE e ROSENBERG, 1986). O interrelacionamento entre o processo de inovação e o desenvolvimento nas ciências é indicado pela seta D na Figura 4.5. Assim, a quarta rota (setas k) captura a alimentação do processo de inovação, num primeiro momento no *pool* de tecnologias existentes (setas 1 e 2) e somente num segundo momento em pesquisa básica se o conhecimento

disponível é insuficiente para resolver os problemas ao longo da cadeia central de inovação (1 e 3).

A última rota de inovação, chamada de I na Figura 4.5, é menos importante pois mostra as oportunidades abertas pelos avanços do conhecimento científico, exemplificada pelo desenvolvimento de microprocessadores mais rápidos, necessários a um determinado campo da pesquisa básica.

Assim, nesse modelo, considerado o mais moderno, sendo inclusive adotado oficialmente por alguns países, a inovação resulta de repetidas interações e retroalimentações que caracterizam o seu processo. Tais interações são representadas em torno da atividade de *design* (projeto), tomada como a atividade aglutinante da nova tecnologia. O grande mérito do modelo está na forma de apresentar a inovação como resultados de múltiplas fontes, enquanto que o principal defeito está ignorar o ambiente institucional dentro do qual o processo inovador acontece, sem deixar espaço, por exemplo, para mudanças regulatórias.

Modelo em Rede (*Network*)

Este modelo foi proposto por CLIQUET e NGUYEN (2003) para o setor de serviços, em especial empresas de atacado que estão organizadas em várias filiais ou franquias em rede. Uma rede, neste caso, é um conjunto de unidades de negócios e os laços que as unem, caracterizando-se pela comunicação (criação e troca de informação) e cooperação para a busca da eficiência operacional. O modelo se divide em cinco fases: geração de idéias, comunicação, projeto de inovação, teste e avaliação e difusão da inovação (Figura 4.6).

Similar aos modelos anteriores, este se difere pelo estágio da comunicação que realça a importância do relacionamento interno da organização dividida em unidades, em geral geograficamente distantes. A separação entre o negócio principal e suas unidades (próprias ou franqueadas) pode fazer com que a inovação flua do centro para os franqueados ou ao contrário.

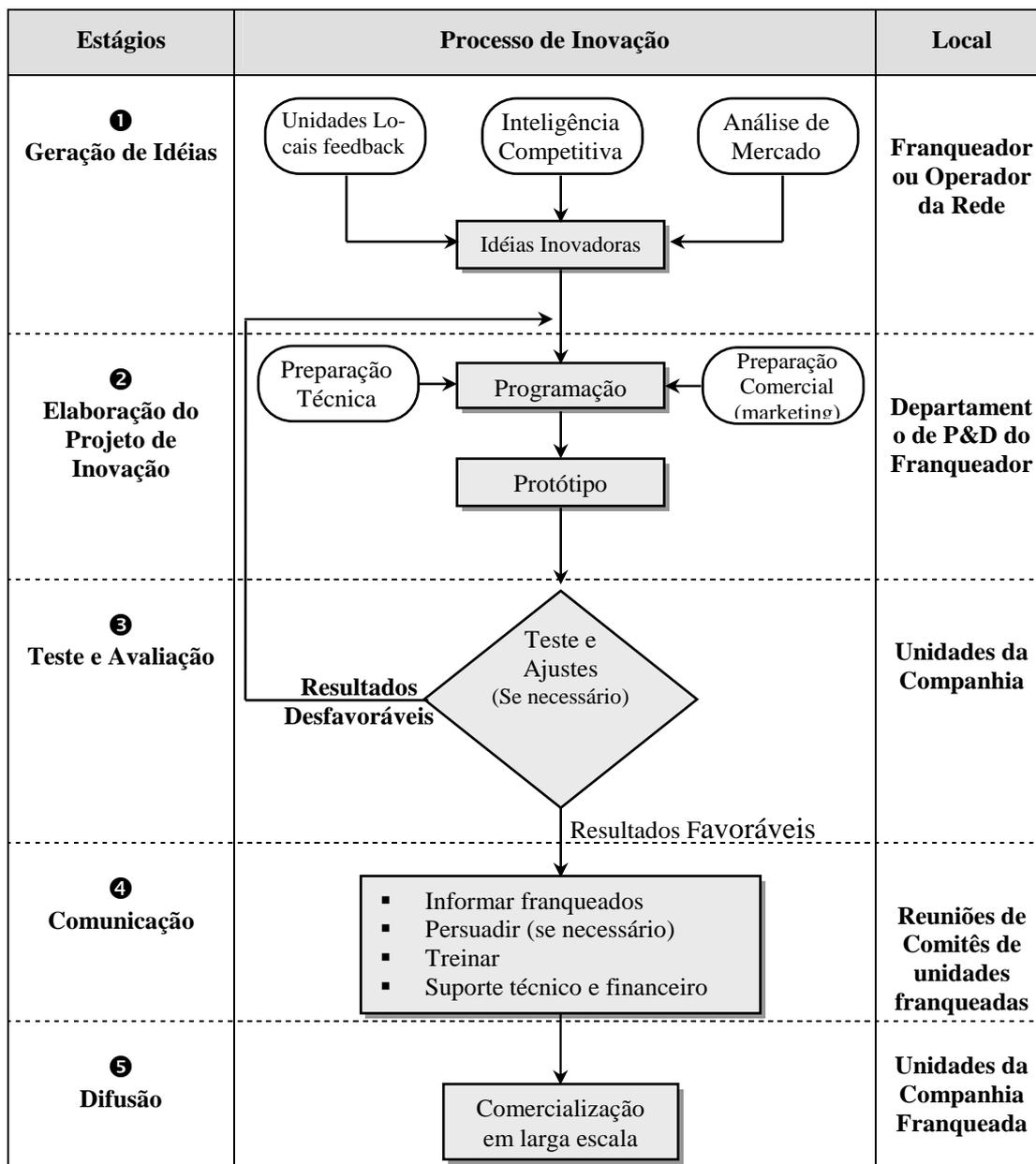


Figura 4.6: Processo de Inovação em Redes de Atacado para o caso em que a inovação flui do franqueador para o franqueado
 Fonte: CLIQUET e NGUYEN (2003).

Modelo *Open Innovation*

Esta expressão foi cunhada por CHESBROUGH (2003). Esse tipo de processo de inovação acontece ao longo de uma rede de organizações e não se restringe somente aos limites de uma única organização. As principais características desse modelo são: o uso do P&D interno é necessário para realizar o valor do uso do P&D externo; não é preciso ser o primeiro a desenvolver uma tecnologia para obter lucro com ela; construir

um modelo de negócio é mais importante do que ser o primeiro a entrar em um mercado; deve-se ganhar quando outras empresas usam inovações geradas internamente e licenciar tecnologias alheias sempre que elas contribuírem para o modelo de negócio. Dessa forma, a organização A (Figura 4.7) pode se beneficiar de elos com diversas organizações, sejam eles bidirecionais (A e D) ou unidirecionais (A e B), como pela aquisição de licenças e tecnologia (relação entre as organizações A e B); e de elos entre organizações com as quais se relaciona (D e F).

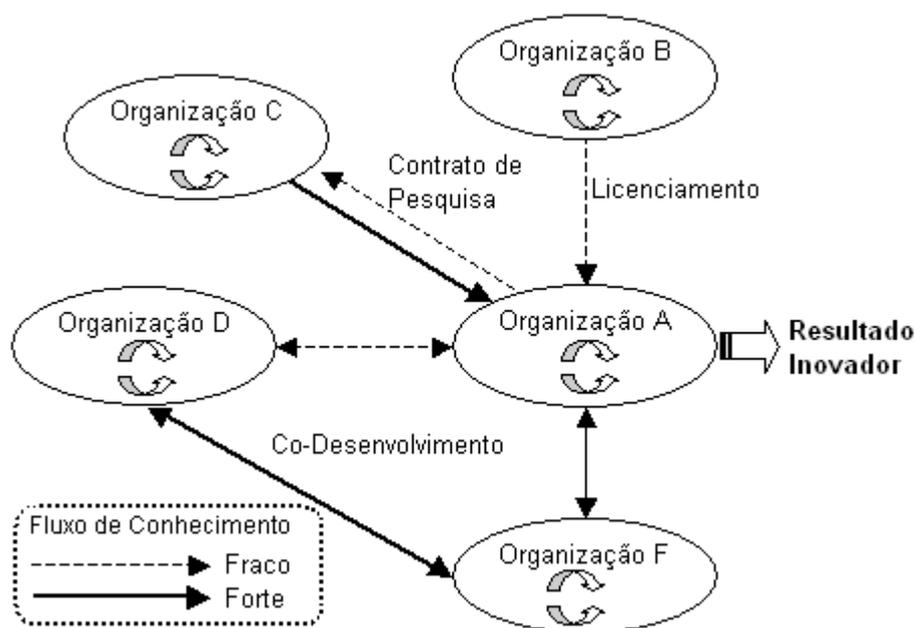


Figura 4.7: Modelo *Open Innovation*

Fonte: DOOLEY e SULLIVAN (2005)

A Procter & Gamble (P&G), uma das empresas que usa um modelo aberto de inovação, tinha, em 2005, 35% dos novos produtos com alguma contribuição externa e alcançou uma redução do tempo de lançamento em mais de 50% e diminuição dos custos em P&D, de 4,8% do faturamento em 2000 para 3,4% (IN, 2007).

Modelo *Conected and Developed*

Este modelo, descrito por HUSTON e SAKKAB (2006), faz um contraponto à forma como são desenvolvidas internamente as inovações nas grandes corporações, como é o caso citado, da P&G. O modelo anterior, chamado de *invention model*, seria interno, focado em P&D, exclusivo, e do tipo “tijolo e cimento” (do inglês, *brick and mortar*), isto é, dependente de laboratórios reais e pertencentes à empresa. A única

mudança em 20 anos teria sido a passagem de um modelo centralizado para um modelo globalizado, com novos laboratórios espalhados no mundo. Este modelo é chamado por BARTLETT e GHOSHAL (1987) de modelo transnacional de inovação.

O novo modelo, do tipo Conectar e Desenvolver, seria um subtipo de Modelo *Open Innovation*, focado nas necessidades do consumidor e utilizaria uma imensa rede de pesquisadores externos (segundo o artigo haveria um pesquisador interno para cada 200 externos). O objetivo da empresa é ter uma forma mais barata, rápida e melhor de criar novos produtos e comercializá-los. Pode-se afirmar que chegaram a um tipo de terceirização da inovação, mas ainda em sua fase inicial – corte de custos – em que os gastos com P&D caíram de 4,8% para 3,4% de 2000 a 2005.

4.4.2. Tipos de Modelos de Inovação

Somente para os modelos separados em estágios (*stage models*), SAREN (*apud* CLIQUET e NGUYEN, 2003) propôs a tipologia abaixo:

- Modelos departamentais em estágios: consideram o processo de inovação em relação ao departamento operacional da firma (P&D, Projeto, Tecnologia, Produção e *Marketing*);
- Modelos de decisão em estágios: estão relacionados a uma série de decisões tomadas (coletar informação, avaliar informação, validar informação, identificar riscos, tomar decisão);
- Modelos de conversão de processo: tratam o desenvolvimento da inovação como um processo de transformação de matérias-primas e informação (*input*) em produtos finais (*output*);
- Modelos reativos: são construídos em função das respostas da firma a estímulos internos e externos (demandas de mercado, novas idéias de produtos, conceitos, aceitação ou rejeição da inovação);
- Modelos em estágios baseados em atividades: definem o processo de inovação como uma seqüência de estágios e atividades.

Diferentemente do ciclo de vida do produto, o modelo mostra as fases internas a uma empresa ou organização para a introdução de uma inovação. Existem vários modelos de gestão de inovação, sendo que o modelo utilizado aqui para efeito de

comparação aos modelos encontrados nas ferrovias analisadas é aquele exposto por PHAAL *et al.* (2004). Nota-se na Figura 4.8 que ele leva em consideração tanto fatores internos quanto externos (ambiente). Seus principais processos de gestão de tecnologia (Identificação, Seleção, Aquisição, Exploração e Proteção) se movem entre as perspectivas comerciais e tecnológicas. Note-se que este modelo foi desenvolvido tendo em vista empresas de base tecnológica.

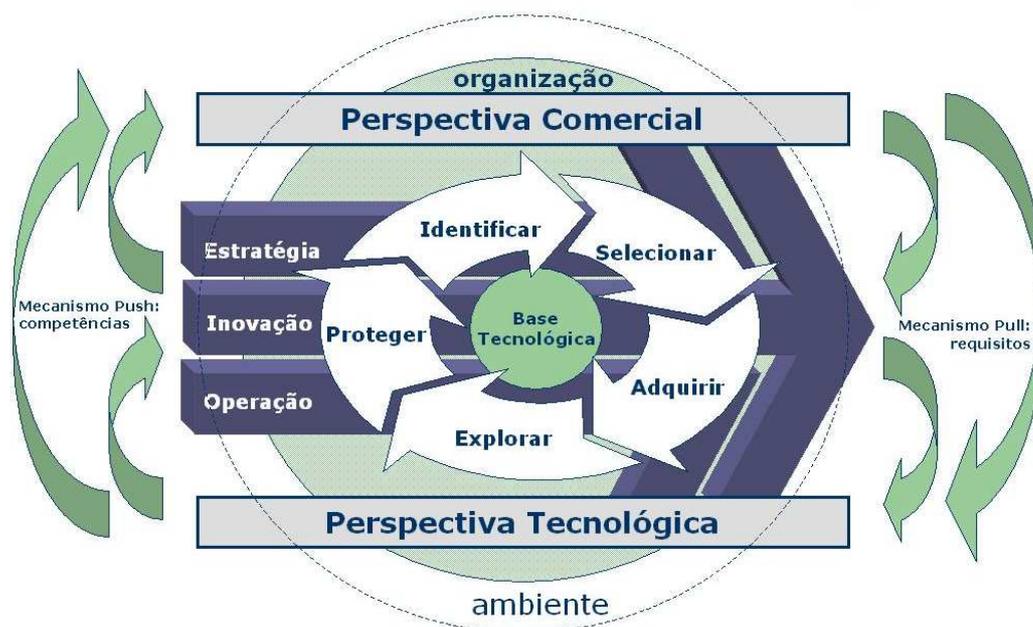


Figura 4.8: Modelo de Gestão Tecnológica

Fonte: Adaptado de PHAAL *et al.* (2004).

Vê-se que no modelo proposto acima se refere à gestão da tecnologia (*technology management*) cujo foco é a criação e utilização de tecnologia que, por sua vez, é o conhecimento aplicado, isto é, diz respeito ao conhecimento individual ou coletivo para de forma implícita ou explícita facilitar a utilização do conhecimento científico e de engenharia. Já a gestão da inovação trata de transformar o conhecimento aplicado (tecnologia) em produtos e processos, ou seja, em algo que tenha valor e utilidade para consumidores. Gestão de inovação tecnológica e gestão de tecnologia são indissociáveis como mostra Phaal no seu esquema.

4.4.3. Modelos de Inovação em Empresas Ferroviárias

HUSTON e SAKKAB (2006) afirmam que modelos de inovação usados por empresas nos anos 90 não seriam mais adequados para uso na década atual. Os dois principais motivos apontados são: (i) o fato de um modelo baseado na invenção em laboratórios próprios, que foi substituído pelo que se chama modelo transnacional, descrito por BARTLETT e GHOSHAL (1987) e (ii) as taxas decrescentes de inovação, isto é, cada vez mais as empresas lançam menos produtos e processos, conforme pode ser visto na Tabela 4.1. As alternativas foram olhar mais para fora da empresa e da própria indústria, em busca de inovações. Para aumentar a taxa de inovação, a alternativa foi, em alguns setores como informática (hardware e software) e alimentos, o desenvolvimento compartilhado – chamado de co-criação (BROWN e HAGEL III, 2005) – e *joint-ventures* para novos negócios.

Tabela 4.1: Portfólio de Projetos por Tipo de Desenvolvimento – 1990/2004

Tipo de Desenvolvimento	1990 (%)	2004 (%)	Varição (%)
Novo para o Mundo	20,4	11,5	- 43,7
Novas linhas de produtos para a empresa	38,8	27,1	- 30,1
Novos produtos para uma linha existente	20,4	24,7	+ 20,8
Melhorias e Modificações em produtos existentes	20,4	36,7	+ 80,1
Total	100	100	

Fonte: COOPER (2005)

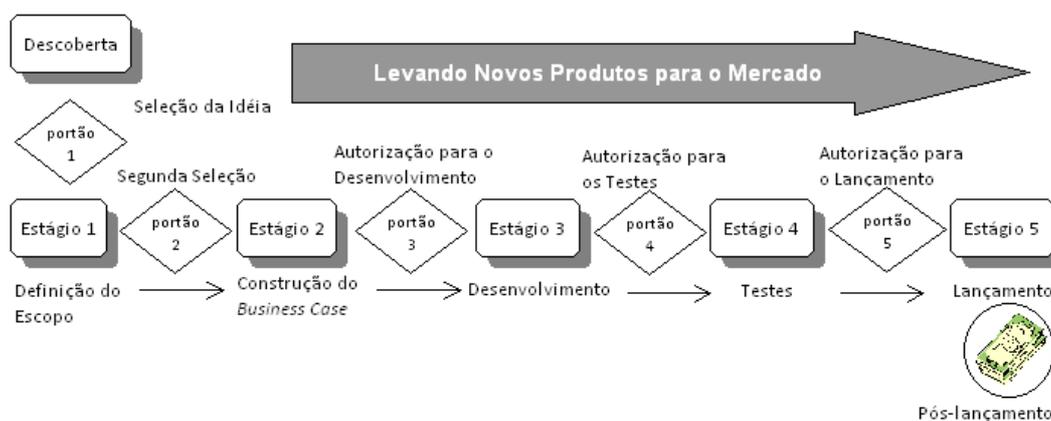
Ao contrário, segundo SMITH (2001), as empresas ferroviárias sempre foram muito pobres no diz respeito ao desenvolvimento de inovações, contentando em aproveitar os desenvolvimentos gerados fora da sua indústria, bem diferente da indústria aeronáutica e automobilística, capazes de grandes desenvolvimentos internos. Contudo, como USSELMAN (1988) aponta, a *Pennsylvania Railroad*, uma das quatro maiores dos EUA no século 19, foi a primeira a criar laboratórios e departamento de engenharia mecânica em 1875. Esforços dessa natureza foram comuns até 1910 quando as ferrovias iniciam uma nova fase em que a importância da inovação diminuiu em favor da melhoria operacional. Logo, as companhias ferroviárias modernizaram-se rapidamente, uma vez que deixaram de internalizar as inovações e passaram a se apropriar daquelas geradas em outros setores e pelos fornecedores.

SMITH (2001) afirma que a única área em que as ferrovias inovam sozinhas é na disciplina interface roda-trilho. Este assunto tem implicações significativas em

eficiência energética, segurança e manutenção. A severidade de condições que afeta o ponto de contato roda-trilho levou a estudos sobre o balanço entre o desgaste e a fadiga dessa interface crítica. Na medida em que os trilhos foram se tornando mais duros para suportar o desgaste e ter a vida útil prolongada, fraturas se tornaram mais frequentes devido ao aumento da carga por eixo, velocidades mais altas e condições de tração e de frenagem. Fora este assunto, as demais áreas estão ocupadas pelos fornecedores.

O mesmo autor atribui isso à onda de desestatização verificada nos anos 80 e 90. Ao sair das mãos do governo, as atividades específicas de pesquisa voltada para as ferrovias antes feitas pelas próprias ferrovias, pelo menos nos casos da Inglaterra e do Japão, foram bastante reduzidas. A suposição é que tais atividades seriam absorvidas pelos fornecedores. O governo japonês encontrou uma solução intermediária que foi reservar parte das receitas de transporte urbano para pesquisas ferroviárias. Mas a conclusão é que as privatizações levaram ao declínio da pesquisa ferroviária integrada. Existe um modelo largamente conhecido de portões (*gates*) de aprovação, o *Stage Gate*[®], desenvolvido por COOPER (1993), e que consiste em um processo formal para o desenvolvimento de produtos e serviços (Figura 4.9). O ponto focal do processo é a decisão de prosseguir ou não com o projeto (*Go/No Go*), baseada nos méritos do projeto de inovação em relação a cumprir todas as tarefas, associada a uma fase antes de passar para a seguinte. Esses méritos devem ser apoiados em fatos e critérios objetivos que são apreciados em um comitê de revisão de portão de aprovação (*Gate Review Board*), que avalia se os riscos pertinentes a mercado, tecnologia, comercialização e confiabilidade são aceitáveis.

Figura 4.9: Stage Gate Process



Fonte: COOPER (2008)

CAPÍTULO 5

ESTRATÉGIA E INOVAÇÃO

O alinhamento entre estratégia e inovação é de extrema importância para que uma empresa atinja seus objetivos, seja ele competitividade, sustentabilidade, lucratividade ou apenas sobrevivência (PORTER, 1998; DRUCKER, 1985). Mais importante do que desenvolver novos produtos e tecnologias, que podem ser imitados, é ter uma gestão de inovação que gere uma vantagem competitiva efetiva e duradoura (HAMEL, 2006:3).

5.1. O QUE É ESTRATÉGIA EMPRESARIAL

Inovações são geradas por empresas como parte de uma estratégia proposital ou não de entrar em novos mercados, ampliar sua participação ou apenas permanecer no mercado. A estratégia empresarial é uma disciplina que estabelece os meios pelos quais uma empresa pretende alcançar seus objetivos. Segundo ADER (1983), a estratégia consiste na escolha, por meio de análise da competência e das perspectivas futuras, das áreas nas quais atuará a empresa e na determinação da intensidade e da natureza dessa atuação. Este conceito embute a visão clássica de ANSOFF (1979), um dos primeiros teóricos do assunto. Para este autor, a essência da estratégia empresarial está em se pensar o futuro da empresa a partir de uma matriz produto-mercado (Tabela 5.1). Isto é, baseava-se na função *marketing* que, segundo DRUCKER (1985) é junto com a inovação uma das duas únicas funções do empreendedor.

Tabela 5.1: Matriz Produto/Mercado

	Produto Atual	Produto Novo
Mercado Atual	II – Penetração de Mercado	I – Desenvolvimento de Produto
Mercado Novo	III – Desenvolvimento de Mercado	IV – Diversificação

Fonte: ANSOFF (1979).

Além da matriz de ANSOFF (1979), há uma outra criada pelo Boston Consulting Group (BCG), empresa que criou o conceito de unidades estratégicas de negócios (SBU, do inglês, *Strategic Business Units*). Segundo este conceito, a empresa

deve pensar estrategicamente do seu portfólio de negócios. Inicialmente, deve analisar o portfólio atual e decidir quais negócios devem receber menos ou mais investimentos. Depois deve desenvolver estratégias de crescimento (novos negócios e produtos) a serem adicionados ao portfólio. Ao mesmo tempo deve decidir quais linhas de produtos e negócios devem ser abandonados. Nesse contexto, existem SBUs – uma divisão, linha de produtos ou mesmo um marca – que podem ter um planejamento exclusivo, com missões e objetivos distintos de outros negócios.

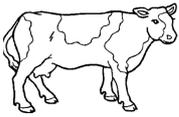
		Participação no Mercado	
		Alto	Baixo
Crescimento do Mercado	Alto	 Estrelas	 Interrogação
	Baixo	 Vacas Leiteiras (Gerador de Caixa)	 Abacaxi (Gerador de Problemas)

Figura 5.1: Matriz BCG

Fonte: DORNELAS (2006)

Como ilustra a Figura 5.1, “estrelas”, por exemplo, são negócios ou produtos com alto nível de crescimento e no qual a empresa tem uma parcela significativa de mercado. Demandam grandes investimentos e trazem alto retorno. Quando a taxa de crescimento se reduz, as “estrelas” transformam-se em “vacas leiteiras” (*cash cows*). Quando uma empresa reduz os investimentos em um produto “estrela” para otimizar seus lucros e aumento o fluxo livre de caixa, essa estratégia se chama “colheita” (*harvest*). Existem outras três estratégias possíveis: aumentar participação (transformar “interrogações” em “estrelas”), reter ou desinvestir.

Estes são exemplos de orientações que conduzem a estratégia de empresas. Mas, para transformar uma estratégia em ação é preciso um plano. KOTLER (1998) propôs o seguinte conceito de planejamento estratégico: “é uma metodologia gerencial que permite estabelecer a direção a ser seguida pela Organização, visando maior grau de interação com o ambiente”. Tal direção diz respeito ao âmbito de atuação, macro-

políticas, políticas funcionais, filosofia de atuação, macro-estratégia, estratégias funcionais, macro-objetivos, objetivos funcionais.

Uma definição ainda mais completa diz que estratégia é a direção e o escopo de uma organização no longo prazo durante o qual se adquire uma vantagem competitiva a partir da configuração dos seus recursos em um ambiente desafiador de forma a atender as necessidades do mercado e às expectativas dos acionistas (JOHNSON e SCHOLLES, 2001).

O ponto em comum dos conceitos de Planejamento Estratégico é projetar onde e como a empresa estará no futuro. Para realizar isso, ACKOFF (1966) explica que o plano estratégico é pertinente à organização como um todo, enquanto os planos táticos estão relacionados às diversas áreas da organização, por exemplo, podem existir planos táticos de financeiros e de *marketing* para apoiar o planejamento estratégico. Para fazer funcionar os planos táticos, são preparados os planos operacionais, que orientam a alocação de recursos para cada parte dos planos táticos. Os planos de P&D e inovação situam-se nessa esfera operacional e, em algumas corporações, alcançam o nível tático. Em poucas, estão presentes no nível estratégico como é o caso de empresas, como a Motorola, que usam *technology roadmaps* (TRM) que são capazes de integrar o desenvolvimento tecnológico ao planejamento estratégico (PHAAL *et al.*, 2004).

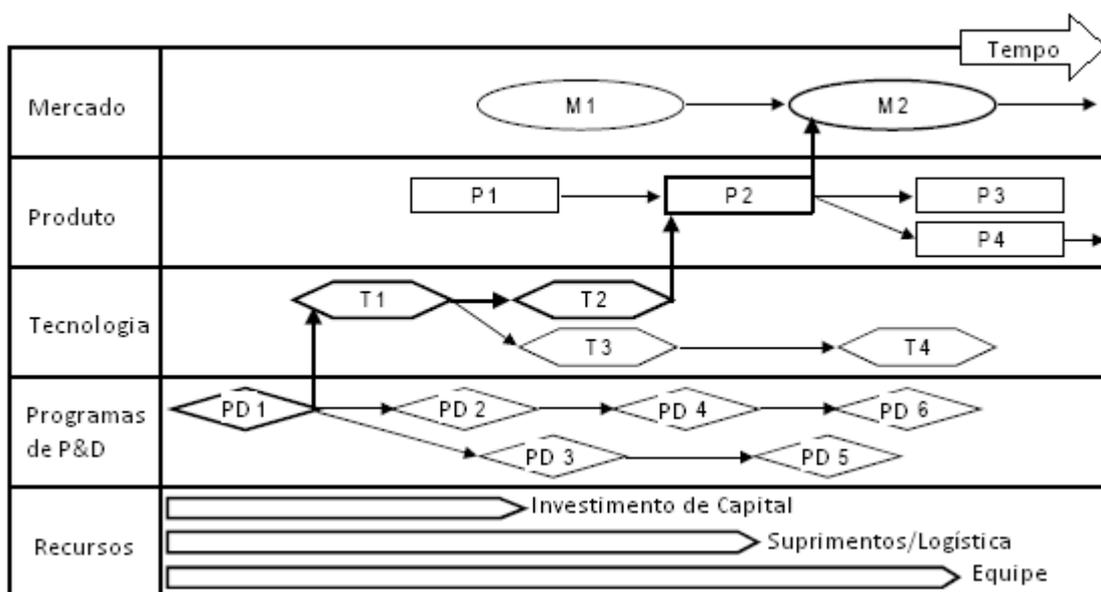


Figura 5.2: Esquema de TRM

Fonte: PHAAL (2003)

Uma pesquisa com 2 mil empresas industriais do Reino Unido mostrou que 10% delas (a maior parte grandes empresas) usaram o TRM (Figura 5.2), sendo que 80% mais de uma vez ou de forma contínua (PHAAL, 2003).

PORTER (1998) defende que o planejamento estratégico deve contemplar a criação de vantagens competitivas, isto é, a criação de uma vantagem sobre os concorrentes a partir da oferta de mais valor aos clientes seja pelo menor custo seja pela oferta de mais benefícios e serviços que justifiquem um preço mais elevado. Para se alcançar uma posição de destaque, a empresa teria quatro linhas estratégicas a seguir (Figura 5.3).

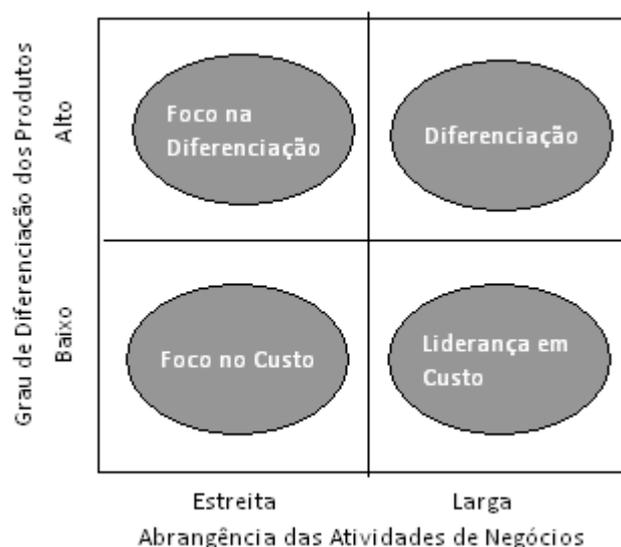


Figura 5.3: Linhas estratégicas
Fonte: PORTER (1998)

Duas delas – diferenciação e liderança em custos, tendo como exemplo veículos da Mercedes e Nissan respectivamente – se aplicam a negócios de amplo escopo, isto é, a amplas faixas de mercado e segmentos industriais; enquanto as demais estratégias – foco em diferenciação ou custos – são aplicáveis em mercados mais segmentados.

PORTER (1998) sugere que a escolha da estratégia venha depois da análise competitiva da indústria em que se atua, tendo em vista o modelo das “5 Forças” (Figura 5.4). Essas forças determinariam o grau de atratividade da indústria e sua lucratividade no longo prazo. São elas: a ameaça de novos entrantes (novos

concorrentes), a ameaça de substitutos, o poder de barganha dos compradores, o poder de barganha dos fornecedores e o grau de rivalidade entre os concorrentes existentes.

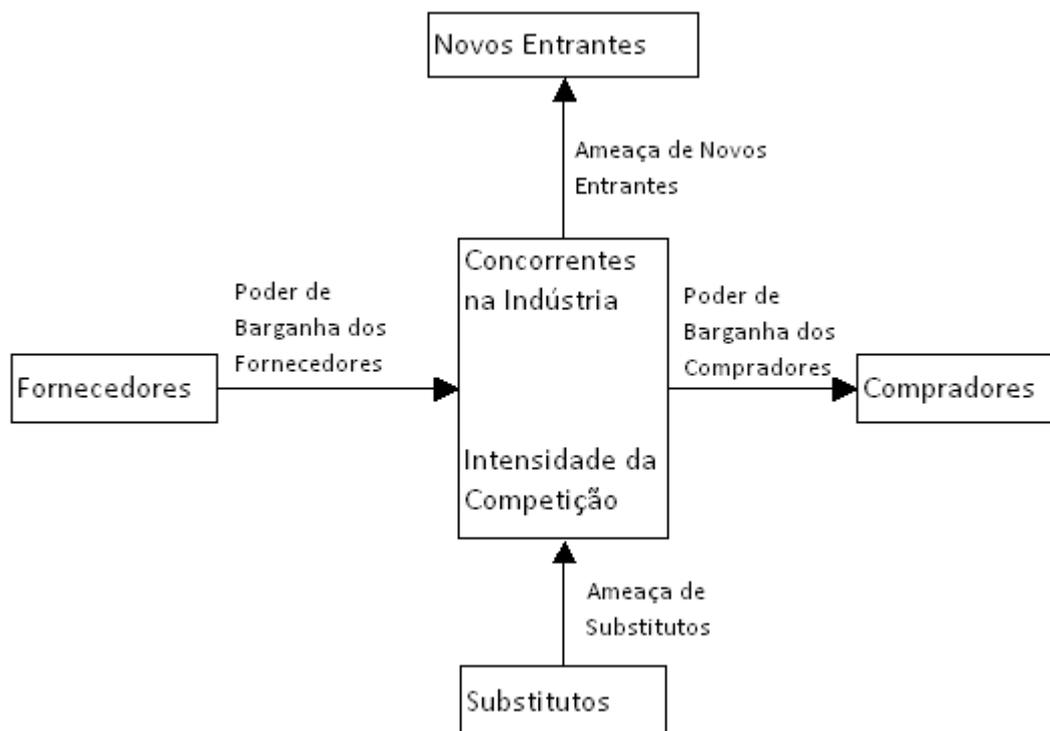


Figura 5.4: Cinco forças competitivas que afetam a lucratividade da indústria
Fonte: PORTER (1998)

No modelo de PORTER (1998), a capacidade de gerar inovações tecnológicas pode se tornar uma vantagem competitiva a partir do momento em que as inovações podem reduzir custos ou acentuar a diferenciação de produtos e serviços ao mesmo tempo. O autor conclui que a inovação somente é desejável quando cria nova vantagem competitiva. A tecnologia, assim como a inovação tecnológica, faz parte de toda a cadeia de valor de uma empresa, indo desde a logística das matérias primas até a área de vendas e pós-venda. Desde que surgiram os conceitos de estratégia empresarial e planejamento estratégico, somente em Porter a inovação ganhou um papel de tanto destaque.

Na década seguinte, o foco se deslocou do desenvolvimento de unidades de negócios e da vantagem competitiva para o universo das competências essenciais (*core competences*). Segundo HAMEL e PRAHALAD (1994), a empresa deve ser vista como um conjunto de competências essenciais, mais do que um conjunto de unidades de negócios. As competências são um conjunto de habilidades e tecnologias que tornam as companhias capazes de prover um benefício específico para os consumidores.

Essa visão, tão em moda na década de 1990, foi duramente criticada na década seguinte devido à sua abordagem superficial. As principais críticas referiam-se à habilidade dos seus autores em usar a linguagem para confundir os leitores (O'REILLY, 2000), a não ser aplicável a qualquer companhia ou indústria (HARDY, 1995) e a ter um conceito de difícil compreensão e aplicabilidade, o de competências essenciais. Segundo COYNE *et al.* (1997), a maior parte das empresas não é capaz de identificar tais competências. Estes comentários negativos, contudo, não afetam os dois motivos pelos quais as propostas de Hamel interessam a este trabalho.

Em primeiro lugar, o livro “*Competing for the Future*” (HAMEL e PRAHALAD, 1994) mostra que a abordagem da transformação tornou-se mais eficiente do que a do posicionamento. Isto é, mais do que se posicionar em relação à indústria e ao mercado, como propôs Ansoff trinta anos antes, deve-se olhar para a estrutura futura da indústria e tentar se antecipar a essa mudança. Isso porque, segundo eles, a produtividade e o sucesso da empresa depende mais de fatores organizacionais internos do que somente de fatores estruturais e políticos. Seguindo este raciocínio, dedicar-se mais à inovação e ao crescimento é mais relevante do que aumentar a eficiência operacional. A crítica à ênfase na eficiência operacional também está presente em PORTER (1996), para quem as melhores práticas podem ser facilmente imitadas. Assim, uma das características mais importantes da competência essencial é ser de difícil de copiar, as outras são ser capazes de abrir novos mercados e por fim possibilitar o desenvolvimento sustentável da empresa.

Em segundo lugar, os conceitos lançados nesse artigo serviram de base a um outro conceito importante para este trabalho, o de plataforma de inovação, um tema dentro do qual os esforços de inovação devem ser focados (PATEL *et al.*, 2005). Isso fica mais evidente em um trabalho posterior de HAMEL (2006) no qual ele defende que, mais do que ser inovadora – criar novos produtos ou novos processos que, por exemplo, aumentem a eficiência operacional – uma corporação deve se especializar em ter uma gestão de inovação em série (*serial management innovation*).

5.2. O QUE É ESTRATÉGIA DE INOVAÇÃO

A estratégia de inovação pode ser definida pela forma como uma empresa muda a estratégia de negócio de forma a criar novo ou maior valor tanto para o cliente quanto

para a corporação (JOHNSTON e BATE, 2003). Christopher FREEMAN (1974), um dos seus maiores teóricos, classificou as possíveis estratégias tecnológicas em seis tipos:

- a) Ofensiva: a empresa pretende ser o líder técnico, colocando-se à frente dos demais competidores na introdução de novos produtos e serviços.
- b) Defensiva: não quer assumir o grande risco de ser o primeiro a inovar nem quer ficar atrás. Espera tirar vantagem dos erros dos outros e melhorar seus projetos.
- c) Imitativa: contenta-se em seguir os líderes nas tecnologias estabelecidas há algum tempo. Adquire licenças e *know-how*.
- d) Dependente: a empresa assume uma posição de satélite. Os novos produtos respondem a iniciativas e especificações externas, por exemplo, de uma empresa matriz.
- e) Tradicional: aguarda o apelo do mercado (*market pull*). A empresa se limita à adoção de inovações de processo geradas fora da empresa.
- f) Oportunista: identifica uma nova oportunidade ou um projeto mais complexo que permite ser bem sucedida em algum nicho.

Nota-se que há uma similaridade entre essa classificação e a de ROGERS (2003), que se refere à posição de uma empresa em relação ao ciclo de vida da inovação. Apesar das FCB se declararem como seguidores rápidos, equivalente aqui à estratégia defensiva, há muitas evidências de que são, de fato, seguidores, ou seja, tem uma estratégia tecnológica majoritariamente imitativa, o que fica claro quando, por exemplo, nacionalizam tecnologias prontas e disponíveis para serem adquiridas, como no caso dos computadores de bordo ou no uso de GPS.

5.3. A INOVAÇÃO COMO ESTRATÉGIA

PORTER (1998) aponta a automação de locomotivas diesel-elétricas, que ganharam inteligência com microprocessadores, como exemplo de diferenciação de baixo custo. A introdução de componentes de automação reduziu o consumo de combustível com um custo adicional mínimo. O custo da diferenciação reflete os principais direcionadores (*drivers*) de custos de cada indústria. Se o combustível é um forte *driver* de custo variável das ferrovias, ele será objeto de estratégias de diferenciação.

Segundo PHAAL *et al.* (2004), a integração dos fatores tecnológicos à estratégia de negócios é um importante aspecto do planejamento. Mas uma premissa para isso é que a estratégia tecnológica não deve ser desenvolvida de forma independente da estratégia da corporação, mais do que isso, os fatores tecnológicos devem ser parte integrante do planejamento estratégico. Este autor faz a ligação entre PORTER (1980), que aponta a necessidade de alinhamento das atividades de uma empresa para se seja criada posição competitiva sustentável, e HAMEL e PRAHALAD (1994) cujo trabalho sugere que somente a visualização de mercados ainda inexistentes pode realizar todo o potencial das competências essenciais.

Uma vez estabelecida a relação entre estratégia de inovação e planejamento estratégico, observa-se que uma estratégia de inovação ganha impulso quando é oficializada pela empresa (JOHNSTON e BATE, 2003). A principal vantagem é que alguém passa a ser responsável pela inovação, tanto para levantar as questões a serem objeto de inovação e fornecer informações, quanto para receber os resultados alcançados.

5.4. A ESTRATÉGIA DE INOVAÇÃO NAS FERROVIAS

Uma companhia ferroviária é considerada um negócio de média complexidade tecnológica. Já a indústria de equipamentos de transporte ferroviário é considerada de média-alta tecnologia (OCDE, 2005). Algumas indústrias classificadas como de alta tecnologia são a aeroespacial, farmacêutica e equipamentos de comunicação e óticos.

Os trens que circulam hoje usam basicamente a mesma tecnologia que usavam há um século. Mudaram os combustíveis – carvão, diesel, eletricidade –, mudaram a distância entre os trilhos – bitolas estreitas deram lugar a bitolas largas – houve mon trilhos no século XIX, mas não vingaram como padrão –, as locomotivas ficaram mais potentes, mas não houve o que se poderia chamar de inovação radical capaz de transformar ou extinguir o serviço de transporte ferroviário. O transporte aéreo de passageiros, por exemplo, surgiu com o uso de novas tecnologias como o zepelim, mas foi drasticamente transformado e ampliado com a introdução da propulsão a jato e, entre outras façanhas, tirou do mercado o transporte marítimo transoceânico de passageiros. No segmento de transporte de passageiros pode-se apontar os trens de levitação magnética, que permitem velocidades superiores a 400 km/h, como uma mudança

radical, mas o fato é que esse modo de transporte ainda não foi capaz de criar o seu espaço no mercado de médias e longas distâncias, dominado pelo transporte rodoviário e aéreo.

O fato é o que o transporte ferroviário de cargas avançou tecnologicamente, nos últimos 60 anos, com base em constantes inovações incrementais que estavam alinhadas ao contexto de cada período (SMITH, 2001:16). Isso fez com que as companhias ferroviárias mudassem suas estratégias e passassem, cada vez mais, a depender de fornecedores para melhorar o seu desempenho.

CAPÍTULO 6

ESTUDO DE CASO

Este estudo trabalha com os conceitos de inovação e estratégia empresarial em transportes ferroviário. Em particular o transporte ferroviário de cargas que é uma indústria madura, situação em que são esperadas inovações com menor poder de alterar significativamente a indústria. Esses conceitos são unidos à luz da gestão da inovação, conjunto de ações capazes de materializar a inovação na forma de aumento de produção, produtividade ou, no caso deste trabalho, maior eficiência energética. Descrito desta forma, trata-se de um assunto pouco explorado, como mostra a revisão da literatura.

Logo, optou-se por desenvolver um estudo de caso que, segundo YIN (2003) é uma investigação empírica na qual se averigua um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto real, especialmente, quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes. Ainda segundo este autor, esse tipo de estudo pode ser feito para um indivíduo, uma comunidade ou um conjunto de organizações, como é o caso deste trabalho, em que três empresas representam um setor da área de transportes.

A ênfase no método qualitativo está em descrever e compreender, mais do que explicar e medir. Assim, esta pesquisa busca responder porque as empresas estruturaram seus sistemas de inovação da forma que são, fazendo uso de uma investigação exploratória. Logo, somente ao final do trabalho haverá uma hipótese explicativa que responda a essa pergunta e que, por sua vez, pode se tornar o tema para um estudo futuro de confirmação, possivelmente através do uso de métodos quantitativos.

O trabalho foi estruturado a partir da revisão da literatura no que diz respeito a estudos sobre sistemas e gestão de inovação (Tabela 6.1). Na ausência de estudos específicos sobre a gestão da inovação das ferrovias, recorreu-se a pesquisas sobre outras indústrias, como a de fármacos e Tecnologia da Informação (TI). O conhecimento adquirido com os principais conceitos e estudos de caso similares deram origem ao formato desta dissertação.

Tabela 6.1: Estrutura Metodológica da Pesquisa

#	ATIVIDADE	OBJETIVOS	OBSERVAÇÕES
1	Revisão da Literatura e Pesquisa	Identificar casos, definir principais conceitos	Consulta a especialistas em inovação, pesquisa em sítios especializados, bases de dados, periódicos e livros
2	Estudos de Caso Exploratórios	Validar, de forma empírica, as observações encontradas na literatura sobre inovações e processos de inovação em diversas indústrias	Análise de conteúdo e interpretação pessoa
3	Desenvolvimento da Estrutura	Integração e síntese das informações obtidas com a literatura e estudos de caso para gerar a estrutura de pesquisa	Análise de conteúdo
4	Validação da Estrutura	Assegurar a confiabilidade e validação das conclusões da pesquisa qualitativa	Amostra pequena (3), abrangente e representativa; gerar explicações para o estudo de caso (<i>explanation building</i>); revisão de pares (<i>peer review</i>)
5	Criação de Ferramenta	Operacionalizar a estrutura na forma de um instrumento de pesquisa (questionário)	Comparar informações obtidas com fontes estabelecidas (relatórios anuais, matérias jornalísticas, folhetos); mais de uma entrevista em cada empresa.
6	Teste da Ferramenta	Validação do questionário	Entrevista pessoal com especialista da área, empregado em uma ferrovia que não faz parte da amostra
7	Aplicação de Questionário	Obter informações sobre as estruturas e as práticas de gestão de qualidade das empresas selecionadas	Entrevista por telefone tendo o questionário semi-estruturado como roteiro
8	Análise de Dados	Buscar e interpretar os pontos em comum das práticas encontradas	Redução e tabulação das respostas
9	Análise e Conclusões	Consolidar as principais conclusões e recomendações	

6.1. A ESCOLHA DO MÉTODO

A opção por métodos qualitativos e uma abordagem indutiva deveu-se por diversas razões:

1. A inovação é um assunto complexo e multidisciplinar (engenharia, economia, administração, história e outras), logo, a abordagem qualitativa se mostra mais adequada para investigar as inter-relações que definem a inovação e sua gestão;

2. O assunto abordado, a gestão da inovação em ferrovias, não conta com dados comparativos gerados no Brasil ou no exterior referentes a práticas, volumes de investimentos ou índices que permitam a comparação. Não há conhecimento prévio algum formalizado sobre a situação que foi encontrada, nada que pudesse, por exemplo, dar subsídios para a elaboração de uma hipótese;
3. Há uma preocupação especial com os detalhes das relações entre a gestão da inovação nas ferrovias brasileiras e os fornecedores, os órgãos reguladores, o sistema setorial e o sistema nacional de inovação;
4. O universo de estudo é restrito – nove companhias – e heterogêneo, visto que algumas das empresas pertencem a grandes grupos multinacionais, outras são dedicadas ao transporte de cargas dos acionistas e outras fizeram parte de investimentos orientados a atender questões sociais e políticas;
5. As três empresas escolhidas para serem objeto do estudo são, juntas, responsáveis por mais de 95% da produção total medida em tonelada-quilômetro bruta (TKB), 98% da receita total gerada e cerca de 85% da malha total. Isto é, representam quase todo o universo de estudo e têm escala para gerar inovações e não serem apenas seguidoras.

Segundo GROSVENOR (2002), a pesquisa qualitativa em transportes pode ser usada antes da quantificação com o objetivo de explorar uma gama de questões presentes em uma dada população e isso pode guiar o planejamento de pesquisas quantitativas subsequentes. Logo, este trabalho abre a perspectiva de futuras pesquisas que podem utilizar métodos quantitativos que, devido a suas características mais rigorosas, podem medir a opinião do público envolvido na gestão da inovação.

Do ponto de vista de métodos, foram utilizados três ferramentas: questionários semi-estruturados, análise de conteúdo, a partir de documentos produzidos pelas Ferrovias Brasileiras de Carga (FBC) sobre seus sistemas de inovação; e entrevistas de aprofundamento dos questionários com pessoas que responderam aos questionários e outras indicadas por estes.

As informações produzidas pelos métodos acima foram utilizadas para construir o estudo de caso em que se baseia esta dissertação que, por sua vez, é uma intensiva investigação de um grupo de empresas (FBC).

6.2. A AMOSTRA

O propósito inicial era buscar informações nas companhias ferroviárias de carga: ALL, CFN, MRS, Brasil Ferrovias (Ferrobán, Ferronorte e Novoeste), FTC e Vale (EFC, EFVM e FCA). Durante o trabalho, a ALL assumiu o controle da Brasil Ferrovias, então, optou-se por usar a CFN como teste, devido à proximidade e facilidade de acesso, e descartar a FTC, pois esta tem apenas 140 km de linhas e transportava, em 2006, 2 tipos de cargas.

Estas três empresas que restaram – ALL, MRS e Vale – somam mais de 85% das vias, do combustível consumido e dos volumes transportados em ferrovias de carga do país, como demonstram os dados apresentados na Tabela 6.2. Fica, portanto, evidente a relevância destas empresas dentro do transporte ferroviário de cargas no Brasil. Mais detalhes sobre a amostra serão vistos no capítulo sobre o transporte ferroviário no país.

Tabela 6.2: Resumo das Características das Empresas que compõem o estudo

	ALL	MRS	Vale	Total
Extensão da Malha (km)	20.000	1.674	10.060	31.734
Locomotivas (unidades)	980	494	1.047	2.521
Vagões (unidades)	28.000	12.560	40.782	81.342
Empregados	6.580	3.476	16.531	26.587
TKU (bilhões)	30,9	52,7	159,2	242,8

Fontes: Dados de 2006 para a ALL (ALL, 2008) e de 2005 para MRS e Vale (ANTT, 2006a). A extensão da ALL inclui ferrovias na Argentina.

6.3. O QUESTIONÁRIO

As informações contidas nos questionários (ver APÊNDICES I a IV) e nas entrevistas foram elaboradas de acordo com as funções da gestão de inovação conforme definidas por MORIN (1985), conforme a Tabela 6.3.

Tabela 6.3: Funções da Gestão da Inovação

Função	Definição
Inventariar	Identificar as tecnologias que se domina.
Vigiar	Acompanhar a evolução das novas tecnologias. Vigiar as tecnologias dos concorrentes.
Avaliar	Determinar o potencial tecnológico próprio. Estudadas possíveis estratégias.
Enriquecer	Planejar projetos de pesquisa. Comprar tecnologias. Formar alianças.
Otimizar	Usar os recursos da melhor forma possível.
Proteger	Defender a propriedade industrial com patentes, marcas etc.

Fonte: CASTELLS e PASOLA (2003).

Este esquema genérico de funções serviu como ponto de partida para depois se verificar quais funções estão contempladas e como elas se manifestam no aparato de gestão de inovação nas ferrovias. Todas as funções estão representadas nos questionários enviados às empresas ferroviárias.

O questionário foi dividido em quatro partes: (i) definição e controle das práticas de Gestão; (ii) aprendizagem; (iii) estratégia de inovação; e (iv) finalização. Estas categorias correspondem a algumas das classes usadas no documento de avaliação de empresas que participam do Premio Nacional de Qualidade (PNQ, 2005). Esse prêmio, versão brasileira do americano Malcolm Bridge, leva em consideração a busca sistematizada de inovações como característica de empresas que primam pela melhoria contínua.

Foi enviado um questionário semi-estruturado com 20 questões abertas, para cada uma três empresas selecionadas. A pessoa selecionada para receber o questionário foi definida após contatos telefônicos. Somente na MRS não foi necessário buscar outras pessoas dentro da empresa para que o questionário fosse completado. Na ALL e na Vale, foi preciso entrevistar, por telefone, funcionários de outras áreas, em especial, jurídica, qualidade, tecnologia e TI. Ao todo foram 15 entrevistas complementares por telefone, sendo 2 na MRS, 5 na ALL e 8 na Vale.

Apesar da possibilidade de algumas entrevistas serem feitas pessoalmente, optou-se por fazer todas por telefone para manter a uniformidade dos resultados quanto à qualidade das respostas. Outras características deste tipo de entrevista (Tabela 6.4), como o menor tempo de implementação e custo também foram levadas em consideração.

Tabela 6.4: Comparação entre as abordagens de submissão de questionários

Aspecto Considerado	Entrevista Pessoal (Face-a-Face)	Telefone	Correspondência ou E-Mail	Técnica Preferencial
Limitações ao planejamento do questionário	Dá grande flexibilidade para a formulação da pergunta e para lidar com tópicos de pesquisa mais complexos. Pode demorar mais do que as demais alternativas.	Similar à pessoal, porém menos adequada para lidar com assuntos complexos. Possivelmente tem duração menor.	Tem baixo desempenho quando se trata de perguntas longas, complexas e abertas.	1. Face-a-face 2. Telefone 3. Correspondência
Qualidade das Respostas	Desempenho não tão bom quando se trata de obter respostas precisas devido a: influência de características observáveis do entrevistador, contaminação do entrevistador, viés social (responder o que é socialmente mais adequado).	Melhor do que a face a face visto que está menos propensa à contaminação do entrevistador.	Melhor para se obter respostas precisas. Distância do entrevistador evita a sua influência. Permite ao destinatário tempo e espaço para a resposta.	1. Correspondência 2. Telefone 3. Face-a-face
Problemas de Implementação	Dificuldade em se conseguir equipe adequada pode levar a problemas. Pode ser cara e de lenta mobilização.	Tende a apresentar as mesmas dificuldades que a entrevista, porém de forma menos acentuada.	É a forma menos onerosa em termos de equipe, velocidade e custo.	1. Correspondência 2. Telefone 3. Face-a-face

Fonte: Adams (2003).

Antes de ser usado com a amostra selecionada, o questionário foi testado com um engenheiro da Companhia Ferroviária Nacional (CFN), com 14 anos de experiência em projetos de tecnologia ferroviário, cujas sugestões foram aceitas e incorporadas.

6.4. VALIDAÇÃO

A pesquisa qualitativa tem duas grandes vantagens. A primeira é que encoraja a criatividade no projeto da pesquisa e a conduta do pesquisador. Os melhores estudos qualitativos são aqueles que tiram vantagem da natureza exploratória e flexibilidade de planejamento oferecida por este tipo de abordagem. Isto é especialmente importante quando se lida com um novo assunto, questão ou situação, o que é o caso deste trabalho.

A segunda grande vantagem dos métodos qualitativos é que eles tendem a ter um alto grau de realismo, “são entendidos intuitivamente” (STECHEER, 2002). Essa característica também é chamada de *face validity*, o que significa que os resultados são plausíveis (BURNS, 1995; STECHER, 2002).

A validação em trabalhos que usam métodos qualitativos pode ser feita de várias formas. As mais comuns delas são: auditoria independente, *peer review*, triangulação, notas do trabalho de campo e a verificação pelos próprios entrevistados (CLELAND, 2003). A validade deste estudo de caso reside na multiplicidade das empresas analisadas, no uso de diversas fontes dentro das empresas consultadas e na comparação de padrões (*pattern matching*) identificados na gestão da inovação das empresas pesquisadas a um modelo previamente definido de sistema de inovação organizado segundo suas funções por MORIN (1985).

A qualidade do questionário foi validada pelo que se chama *content validity* (validade de conteúdo). Esta técnica para validar instrumentos de pesquisa, como testes psicológicos, é feita pela revisão dos itens do instrumento por pessoas treinadas para isso ou pessoas que compõem a população-alvo. Este foi o caso desta dissertação, como já mencionado, o questionário foi testado com um especialista da CFN. Os indivíduos fazem seus julgamentos sobre a relevância das perguntas e sobre a ambigüidade de sua formulação. A maior diferença entre *face validity* e *content validity* é que os indivíduos que participam da avaliação são especialistas no campo de estudo ou pertencem ao universo estudado, isto é, não foram escolhidos casualmente. Mas, em ambos os casos, os resultados normalmente não são quantificados (STATISTICS, 2006).

CAPÍTULO 7

RESULTADOS E ANÁLISE

Os resultados e análises apresentados neste capítulo estão baseados nos questionários, entrevistas e pesquisas em materiais de divulgação (relatórios, atas de assembléias, sítios da internet, comunicados de imprensa) das empresas que compõem o estudo de caso e matérias jornalísticas.

7.1. QUANTO AO MODELO DE INOVAÇÃO

Alguns exemplos ilustram bem os modelos de inovação presentes no setor de transporte ferroviário de cargas no Brasil. O uso do *Global Positioning System* (GPS), sistema de satélites que geram coordenadas de localização, criado para uso militar que entrou em funcionamento em 1973 e foi aberto para uso civil em 1994, passou a ser utilizado pelas ferrovias desde meados dos anos 90 (UPR, 2004), assim como é usado em ferrovias brasileiras desde o início dos anos 2000. O equipamento foi uma alternativa aos caros equipamentos convencionais de sinalização e gerou outras aplicações além do licenciamento de composições, como a manutenção da via permanente (VILAÇA, 2008). Nesse caso, o serviço de GPS foi desenvolvido por empresas americanas, a Rockwell, que tem patentes registradas, entre 1979 e 1992 (PATENT, 2008), para dispositivos para rastreamento de plataformas móveis como navios, caminhões e trens. O GPS é uma evidência da importância do uso sistemas de informação em ferrovias, bem como, a telemetria, que aparece na transmissão de temperatura de trilhos e na transmissão de dados de desempenho da locomotiva para o centro de controle da ferrovia.

O que se observa nestes exemplos é que parte foi desenvolvida e utilizada inicialmente em outros países – GPS para licenciamento, localização e manutenção de vias, este último foi usado pela *Union Pacific Railroad*, maior ferrovia norte-americana em 2004, quatro anos antes da ALL – enquanto outras foram desenvolvidas internamente com o apoio de fornecedores – a criação de vagões de uso bimodal (rodotrilho), feito pela Maxion junto com a Vale; e o uso do biodiesel, desenvolvido pela Petrobras junto com essa mesma empresa.

Outro exemplo interessante é do dormente de plástico. O primeiro tipo pronto para comercialização surgiu em 1996 nos Estados Unidos e foi desenvolvido pela *Earth Care, Rutgers* e pelo *U.S. Army Corps of Engineers Research Laboratories* junto com várias ferrovias (RAILWAY, 1996). No Brasil, começaram a ser estudados em 2001 e testados em 2006 pela MRS e pela Vale, como alternativa ao dormente de madeira. No caso da Vale, foram importados dormentes dos EUA que foram testados com o apoio das Universidades de São Paulo (USP) e de Campinas (Unicamp), além de empresas locais com capacidade de licenciar a tecnologia. O objetivo é adaptar a tecnologia estrangeira de moldagem a materiais locais (tipos de borrachas, plásticos e fibras vegetais como bagaço de cana) (VALE, 2008). O importante neste exemplo é que deixa claro o tempo aguardado para que houvesse uma tecnologia estável que pudesse ser adaptada. Na terminologia de ROGERS (2003), este é o comportamento de um seguidor, aquele que busca minimizar o risco de aderir a um novo produto, mas também não quer deixar de aproveitar suas vantagens enquanto ainda está em uma fase de expansão.

A ALL, por sua vez, se autodenomina um seguidor rápido, e pelo menos no que diz respeito a sistemas de informação, isso é verdade. O caso do uso de GPS para manutenção de via; ter sido a primeira FBC a implantar um *Enterprise Resource Planning* (ERP), sistema de gerenciamento integrado, monitoramento da temperatura de trilhos; registro de operações ferroviárias (*Translogic*); mostram que a empresa deixa um espaço curto entre o lançamento da tecnologia e sua adoção (ALL, 2008).

No que se refere às principais fases usadas nos modelos das empresas estudadas, eles têm fases similares ao de PHAAL *et al.* (2004): geração da idéia, avaliação inicial do potencial de valor da idéia (usualmente a partir de indicadores financeiros como o Valor Presente Líquido - VPL), desenvolvimento de prova de conceito e protótipo, reavaliação de valor potencial (VPL) e implantação. Como no modelo genérico, este modelo é em fases e separado por portões de aprovação (*gates*), em função de viabilidade técnica e econômica. São avaliadas também as alternativas (para se atingir o mesmo fim) e os impactos sobre o processo de transporte como um todo e, se for o caso, sobre as partes interessadas (*stakeholders*). Logo, os modelos encontrados assemelham-se ao Modelo Reativo com fortes características do Departamental em Estágios.

As inovações estão sempre associadas à solução de um problema. A Tabela 7.1 mostra a motivação, ou seja, algumas das categorias de problema que as inovações nas FCB buscam resolver.

Tabela 7.1: Inovações Recentes selecionadas por Empresa e Objetivo

#	Inovação	Empresa	Custo	Produtividade	Segurança	Eficiência energ.	Market Share	Legislação	Sustentabilidade
1	Biodiesel	MRS, Vale, ALL	✘					✘	✘
2	Computador de bordo para locomotivas	MRS, Vale, ALL		✘	✘	✘			
3	Desguarnecedora de ombro de lastro	MRS	✘						
4	Detector de descarrilamento	MRS, Vale, ALL		✘	✘				
5	Detector de Trens	Vale			✘				
6	Dormentes de Plástico	MRS, Vale	✘						
7	ERP	MRS, Vale, ALL	✘						
8	GPS	MRS, Vale, ALL	✘						
9	Locomotivas AC (Corrente Alternada)	MRS		✘					
10	Locotrol	Vale		✘		✘			
11	Monitoramento da temperatura do trilho	Vale, ALL	✘		✘				
12	Monitoramento de via permanente	MRS, Vale, ALL	✘						
13	Otimizador de Tração e Redutor de Potência (OTRP)	Vale		✘		✘			
14	Rebitolagem	MRS, Vale, ALL	✘						
15	RFID no rastreamento de vagões	MRS	✘	✘					
16	Rodotrilho ou Roadrailer	MRS, Vale, ALL					✘		
17	Serviço Limitado Móvel Privado	MRS	✘						
18	Simulador de Condução de Locomotiva	MRS, Vale, ALL	✘		✘	✘			
19	Sistema de Aceleração Independente	MRS		✘		✘			
20	Software de Distribuição de Trens	MRS, Vale, ALL		✘					
21	Software de Distribuição de Vagões	MRS, Vale, ALL		✘					
22	Software Trains	ALL, Vale, CFN		✘					
23	Uso de Estações Meteorológicas	Vale		✘	✘				
24	Uso de <i>Frame Brace</i>	Vale		✘		✘			
25	Vagão de 6 eixos	ALL		✘			✘		
26	Vagão de Plástico	FTC	✘			✘			
27	Vagão Multiuso para Prod. Siderúrgicos	MRS		✘			✘		
28	Vagão Refrigerado	ALL		✘			✘		
29	Aumento de Carga por Eixo	MRS, Vale		✘		✘			

Fonte: RF (2008), ALL (2008), Vale (2008), MRS (2008a). O APÊNDICE V contém uma breve explanação de cada uma das inovações citadas nesta tabela.

Na Tabela 7.1, a coluna custo deve ser entendida como redução de custo de manutenção, investimento e operação. O aumento de produtividade se dá de várias formas, como o aumento do peso por eixo, redução de peso do vagão, aumento de velocidade, redução do tempo parado. O *market share* se refere à conquista ou aumento de participação em um mercado específico, enquanto o item legislação está associado a

uma obrigação legal. O item sustentabilidade refere-se a ações empresariais, freqüentemente associadas à melhoria do meio ambiente, que visam aumentar a aceitação da empresa junto a vários setores sociais como comunidades vizinhas e organizações não-governamentais.

7.2. QUANTO À GESTÃO DA INOVAÇÃO

Nesta seção são analisados quatro aspectos da gestão da inovação e o objetivo é identificar e analisar pontos de contato com entre o sistema formal ou informal criado em cada uma das três ferrovias com os sistemas setorial e nacional de inovação descritos no Capítulo 5.

De uma forma geral, as funções da gestão da inovação, conforme descritas por MORIN (1985), estavam presentes em maior ou menor grau nas empresas analisadas. As exceções seriam a otimização do processo de gestão em si e a avaliação, cuja essência é a gestão do portfólio de projetos de inovação, ambos serão melhor explicados adiante. As funções foram assim identificadas nas companhias:

Tabela 7.2: Função da Gestão de Inovação nas Companhias Ferroviárias

Função	ALL	MRS	VALE
Aprimorar	✓	✓	✓
Avaliar		✓	
Identificar/Vigiar		✓	✓
Otimizar			✓
Proteger	✓	✓	✓

Fonte: Questionários e Entrevistas.

7.2.1. Financiamento

A ordem de grandeza dos investimentos em P&D deixa claro que os investimentos são feitos com recursos próprios. A Vale gastou, em 2004, US\$ 23 milhões (VALE, 2005), incluindo aqui P&D para as áreas de mineração e beneficiamento de minerais. Valores da ordem de R\$ 1 bilhão por ano se referem a investimentos dedutíveis em desenvolvimento mineral, majoritariamente sondagens e investigação de novas jazidas, e não em inovações (VALE, 2007b). Note-se que estes valores não incluem a aquisição de uma nova tecnologia para a empresa, eles se

restringem a recursos que são passíveis de ser descontados da base de cálculo do lucro tributável.

No caso da ALL, existem evidências de que são investidos cerca de 10% dos investimentos totais em tecnologia. Contudo está se falando em aquisição de computadores de bordo para locomotivas e outros equipamentos e não gastos em P&D (ALL, 2006). Também não foi identificado o uso de linhas de investimentos governamentais ou de fornecedores, sendo o mesmo verificado na MRS, cujo valor informado quanto aos investimentos totais em tecnologia corresponderam a 16% do faturamento em 2006.

O que há em comum é que nenhuma das empresas divulga quanto ou no que gasta os recursos em tecnologia, separando-os de inovação. Nenhuma das empresas informou sobre o uso ou a intenção de uso de recursos previstos na Lei de Inovação que consta no questionário. Segundo ANDRADE (2007), “esta reestruturação – referindo-se a gestão da inovação na Vale – facilitará à CVRD se credenciar aos incentivos governamentais a dispêndios de P&D”. A Vale usou recursos do fundo Verde Amarelo para pesquisa na área mineral (ANDRADE, 2007). Este fundo financia projetos de empresas com universidades e é gerido pela FINEP, mas não para a área de logística.

7.2.2. Gestão de Portfólio

O mais importante em gestão de portfólio é como escolher a inovação certa a ser desenvolvida e priorizada. As três empresas pesquisadas tem critérios objetivos de escolha em modelos similares do tipo *Balance Score Card* (BSC), sistema de decisão para seleção da carteira de projetos que levam em consideração fatores que são relevantes para cada uma das empresas como riscos, alternativas e valor gerado (ganhos). No caso da Vale são avaliados: custos, segurança, impactos ambientais, riscos materiais, vida útil de equipamentos, impacto na produtividade, impacto na qualidade do produto/serviço. Todos os projetos são avaliados por um Comitê de Tecnologia com representantes de todas as unidades de negócios. Há um plano diretor para cada uma dessas unidades e todos estão alinhados ao planejamento estratégico da empresa (NAIMARA, 2007). Note-se que a área de logística, onde se inserem as ferrovias de carga, é apenas uma das partes desse processo e montam seu portfólio com base em critério diferentes.

Na ALL, o projeto em geral surge de um processo de solução de problemas, assim é mais orientado ao operacional (NORO, 2006). A MRS é aparentemente a mais avançada das FBC. A cada ano lança novos critérios para o BSC, por exemplo, o BSC 2007 foi substituído pelo BSC 2008. Isso torna o processo bastante dinâmico e atualizado. A empresa classifica, porém não separa os projetos de inovação, que seguem o mesmo roteiro que os demais projetos de recursos humanos, TI ou operações. A única separação formal é para Projetos Especiais, que incluem projetos de engenharia ferroviária, dos quais alguns podem ser considerados inovações.

Os principais critérios são:

- Valor (< US\$ 1 milhão; entre US\$ 1 milhão e US\$ 5 milhões; > US\$ 5 milhões);
- Disponibilidade da Tecnologia
- Tempo de Entrega (*Time to market*)
- Impacto na produção

O item disponibilidade de tecnologia diz muito sobre o posicionamento da empresa em relação à inovação. Ela não pretende, na acepção de ROGERS (2003), ser uma inovadora, mas sim uma seguidora rápida contanto que isso colabore para os objetivos operacionais. Cerca de 80% de todos os projetos estão na Diretoria de Ativos, ou seja, na área operacional.

As métricas mais comuns incluem número de engenheiros e especialistas ocupados; percentual de receita com novos produtos ou serviços; tempo entre a idéia e o lançamento; e número de idéias geradas (HAMEL, 2006:5; RICKNE, 2001, *apud* CARLSSON *et al.*, 2002:243). Na Vale, foram encontradas métricas tradicionais como o número de pedidos de patentes e o valor investido em P&D. Na ALL, nenhuma métrica específica para inovação foi encontrada.

Já a MRS se mostrou mais rica em termos de métricas. No BSC 2007, são monitorados objetivos estratégicos como: (i) “Garantir Gestão de Inovação”, com o indicador Desenvolvimento de Itens (%) e Resultados obtidos com os investimentos em inovação, em R\$; (ii) “Desenvolver Mercado”, com os indicadores: novos negócios (TU) e inovação nas soluções de atendimento para novos clientes (quantidade); e (iii)

“Desenvolver Solução de Atendimento”, com os indicadores: novas soluções implementadas (quantidade) e Receita com novas soluções, em R\$.

A conclusão é que todos os projetos de inovação têm cunho operacional e buscam a melhoria de desempenho, basicamente com redução de custos e aumento de produtividade (ver Tabela 7.1). O foco está em usar tecnologias conhecidas, testadas e aprovadas em outras ferrovias. Quanto ao posicionamento, a meta é ser um seguidor rápido, mas isso pode ser deixado de lado se as condições de mercado e tecnologias mais antigas possam ser usadas para se atingir os objetivos. Apesar de haver sinais de inovação verdadeira, ser o primeiro no mundo, como no caso do uso biodiesel e na rebitolagem, o posicionamento é de um seguidor. Isso porque em alguns casos, como no de computadores de bordo e sistemas de informação, o sistema está disponível contudo o seu custo, junto com a customização, justifica o desenvolvimento *in house*.

7.2.3. Proteção

Este item, que aparece na pergunta 4 do questionário (APÊNDICE I), diz respeito às formas adotadas pela empresa para proteger inventos e inovações desenvolvidos com recursos da empresa, dentro ou fora dela. Na Vale, foi encontrado um exemplo específico que é o Programa de Incentivos a Inventos e Aperfeiçoamentos Patenteáveis (PIIA). Criado em 1992, ele tem os objetivos de (i) proteger direitos da Vale (inventos e aperfeiçoamentos); (ii) explorar economicamente as patentes; (iii) incentivar e reconhecer a criação do empregado que propicie melhorias; (iv) ampliar e disseminar a capacitação tecnológica (NAIMARA, 2007).

A MRS informou que solicita a patente dos inventos realizados na empresa por seus empregados, como foi o caso do Sistema de Aceleração Independente. A ALL informou o mesmo sendo que mantém com o empregado um contrato que garante os direitos de propriedade intelectual para a empresa. A Vale, por outro lado, tem iniciativas isoladas para mostrar aos empregados a importância de proteger e patentear inventos (VALE, 2007d).

7.2.4. Originação de Inovações

As inovações podem ter três origens: fornecedores, a própria empresa e seus clientes (HIPPEL, 1988). Nas FBC este importante ponto é tratado, internamente, com

programas motivacionais – como o “Idéias & Ações”, da ALL, e o “Idéias em Ação”, da MRS – que premiam os empregados que apresentam inovações tecnológicas que sejam implementadas. Mas não há formas sistemáticas de capturar novas idéias junto a clientes e parceiros ou fornecedores, nem os programas internos estão alinhados à estratégia de obter inovações dessas fontes.

As idéias, nos dois casos acima, são submetidas a comitês e grupos técnicos de avaliação em várias etapas similares ao processo por estágios desenvolvido por COOPER (1993). No caso da Vale, existem grupos de estudo denominados grupos de *Sourcing* que conduzem pesquisas e auxiliam na resolução de problemas. No caso específico da eficiência energética, em virtude de sua importância no fator de custo para a ferrovia, existem fóruns de estudo, com a participação de todas as áreas que podem afetar o indicador. Cada área da logística (vagões, locomotivas, via permanente) possui projetos de tecnologia, que são controlados e monitorados mensalmente através de um Comitê, sendo que cada projeto possui escopo, análise de viabilidade, cálculo de Valor Presente Líquido (VPL), riscos, cronogramas e responsáveis.

7.2.5. Melhoria do Processo de Inovação

Este item, que aparece na pergunta 8 do questionário (APÊNDICE I), refere-se à forma como as empresas buscam melhorar o processo existente de estímulo, desenvolvimento, proteção e disseminação das inovações. Não foram identificadas formas sistemáticas de se fazer isso. Contudo, nos últimos 15 anos a Vale passou por duas revisões na estrutura de gestão de inovação e tecnologia, a primeira, em 1992, alterou a estrutura para um sistema matricial em que a decisão era partilhada pelas diretorias da empresa, baseada nos Planos Diretores de Tecnologia (PDTEC) de cada uma delas. Em 2003, as regras para a gestão da inovação se tornaram mais formais e as tecnologias essenciais passaram a ter uma gestão diferenciada, com fóruns temáticos de disseminação das melhores práticas (ANDRADE, 2007). Quanto à MRS, pode-se afirmar que a substituição sistemática dos critérios do BSC é uma forma de melhoria contínua do processo de planejamento estratégico como um todo e não da gestão da inovação em particular.

7.2.6. Gestão da Inovação em Eficiência Energética

Apesar de ser um assunto que merece especial atenção por parte das ferrovias, devido ao impacto nos custos variáveis e futuros impactos e restrições ambientais, essa linha de P&D não conta com linhas de financiamento ou proteção específica, mas tem certos privilégios quando se trata de entrar no portfólio e ainda estruturas específicas dentro das organizações.

A Vale, por exemplo, anunciou, em 2007, a criação da Vale Soluções em Energia (VSE), cujo o propósito é: (i) desenvolver tecnologias, equipamentos e sistemas de geração de energia, através de um centro de desenvolvimento de tecnologia em energia (CDTE) e (ii) fabricar e comercializar equipamentos e sistemas integrados de geração de energia (turbinas a gás, gaseificadores de carvão e biomassa, e centrais termelétricas), visando à geração de energia elétrica de forma distribuída junto aos pontos de consumo, sem custos de transmissão e distribuição (OESP, 2008), o que inclui também a área de logística, que conta com outro importante investimento que é a produção de biodiesel (TN, 2007).

Em 2005, na Vale, foram selecionadas 219 iniciativas de inovação para os 13 Planos Diretores de Tecnologia (PDTEc). Deste total, 69 iniciativas eram da unidade de Logística e dessas, 6 eram referentes à eficiência energética. O objetivo do PDTEc sistematiza o que deve ser escolhido, otimizando o uso de recursos para P&D.

Estritamente na área de ferrovias, a Vale usa duas ferramentas para avaliar a eficiência energética, o DTO (diagnóstico técnico operacional) e o TE (teste de eficiência). Existe ainda o treinamento de maquinistas – que devem desligar a locomotiva que for permanecer parada por mais de 30 minutos –, ênfase em lubrificação, exemplo disso foi a constatação de que o bastão de grafite é melhor do que grafite em outras formas. Merece destaque também o uso da metodologia 6 Sigma, baseada em análise de falhas e outras ferramentas estatísticas, para se estudar os principais aspectos que têm impacto na eficiência energética. Essa metodologia auxiliou na escolha de alternativas que levaram à redução no consumo de diesel de 2,31 para 2,14 litros por mil TKB no primeiro semestre de 2006 (VALE, 2007a). O 6 Sigma é usado também na ALL e na MRS. O que se observa é que as soluções adotadas em uma

empresa são rapidamente disseminadas nas demais de forma cooperativa, uma vez que não há uma concorrência direta entre elas.

7.3. QUANTO À ESTRATÉGIA EMPRESARIAL

As três empresas pesquisadas apresentam estratégias empresariais distintas em função do tipo de ferrovia, da propriedade e dos objetivos.

A Vale, por exemplo, opera duas ferrovias do tipo *heavy haul* (EFC e EFVM), com capacidade por eixo superior a 27 t, de alta produtividade e cargas pouco variadas. A função delas é manter a competitividade dos principais produtos da empresa, pelotas e minério de ferro. Após um período (2001-2005) em que se tentou ampliar os negócios em logística via diversificação de serviços (trens expressos, novos tipos de cargas, novos clientes, novos modelos de vagões), incluindo empresas baseadas em internet (Solostrata e Multistrata, que não existem mais) que tinham o propósito de fazer o casamento de demandas por serviços logísticos, voltou-se a focar no principal negócio que é o transporte de minério. O fim da fase de diversificação foi marcado pela criação da Logística Intermodal S/A (Log-In) em dezembro de 2006 (VALE, 2007c).

Assim, essas duas ferrovias têm que reduzir custos e ampliar a capacidade para atender ao negócio de minério de ferro e a principal estratégia, que é o crescimento orgânico. A Vale tem ainda uma ferrovia extensa (10 mil km) e com vocação para cargas gerais, a FCA. Esta se tornou importante fornecedora da Log-in, assim, recebe investimentos mais modestos que estão de acordo com o tipo de mercado em que atua, mas buscou, por exemplo, acordos que garantissem o acesso ferroviário a clientes potenciais como em Campinas.

A ALL, similar à FCA, é uma ferrovia com cargas diversificadas e muito extensa (20 mil quilômetros) que faz ligação entre as mais industrializadas áreas do país (São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul), além de regiões produtoras de soja aos principais portos (Santos e Paranaguá). A ALL começou com apenas a malha Sul da RFFSA, em 1997, e se expandiu absorvendo: (i) a Brasil Ferrovias (Ferroban e Ferronorte) e a Novoeste, em 2006; (ii) a operação da Ferropar (cujo acordo foi suspenso em 2007); (iii) duas ferrovias argentinas, a Ferrocarril Mesopotámico-General

Urquiza e a Ferrocarril Buenos Aires al Pacífico-General San Martín, em 1999; e (iv) se fundindo, em 2001, à Delara, empresa de logística e transporte rodoviário.

A estratégia de horizontalização da ALL foi baseada no crescimento através de fusões e aquisições e visava o incremento do transporte porta-a-porta com ênfase em rotas e mercados nos quais a combinação de modos se mostrava mais competitiva. Outro aspecto importante dessa estratégia foi o controle criterioso de custos e investimentos, feitos quase exclusivamente nas rotas mais lucrativas.

Já a MRS, originada na malha Sudeste, entre Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, possui a linha com acessos privilegiados ao porto de Santos, Rio de Janeiro, Sepetiba e ao Terminal de Guaíba. Suas principais cargas são minérios e produtos siderúrgicos e carvão, praticamente cargas cativas dos principais sócios: Vale, Usiminas e CSN. Isso deixa pouco espaço para outras cargas como contêineres e a caracteriza como uma ferrovia *heavy haul*, característica que deve se aprofundar. Em 2003, 73% da carga era de minério de ferro e, com os planos da CSN de aumentar a produção da mina de Casa de Pedra, esta participação deve se ampliar. A principal estratégia da MRS está alinhada à eficiência operacional e controle de custos uma vez que atua como “centro de custo” dos sócios majoritários.

7.4. QUANTO À ESTRATÉGIA DE INOVAÇÃO

Ter uma estratégia formalizada ajuda ainda na consolidação da inovação como pilar da cultura da empresa. A Vale, por exemplo, tinha até 2006 diversas políticas formalizadas – Comunicação, Informação, Contratação de Obras e Serviços, Divulgação, Comercial, Gestão Ambiental e Gestão de Riscos Corporativos – porém entre elas não constava uma de inovação. Apesar de haver uma política específica e de não constar formalmente no nível estratégico, a empresa conta, no nível tático, com um Plano Diretor de Tecnologia – PDTec (ANDRADE, 2005).

Segundo ANDRADE (2005), então coordenadora de análises técnicas da Diretoria de Serviços Técnicos, a Companhia Vale do Rio Doce é conservadora e não atua em uma área *high tech*. “A maior parte das inovações que fazemos é incremental e de melhoria operacional, voltada para o curto prazo”. A empresa tinha, em 2005, uma carteira de 301 projetos de desenvolvimento tecnológico, com investimento estimado

em US\$ 23 milhões, o que, afirma ANDRADE (2005), é compatível com os investimentos das concorrentes em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D&I). Neste investimento não constavam os setores de pesquisa e desenvolvimento geológico, foco da empresa, mas constavam, por exemplo, investimentos em pesquisa para a área de logística, notadamente as ferrovias EFC e EFVM, em linhas como a de eficiência energética e a substituição de combustíveis de locomotivas (gás natural e biodiesel).

A empresa usa o PDTEc, uma metodologia desenvolvida em parceria com a Universidade de São Paulo (USP) que foi abandonada em 1994 e retomada no ano passado. A inovação dentro da Vale é tratada de modo transversal ou matricial. O acompanhamento é feito pelo Comitê de Tecnologia, virtual e composto por representantes das oito diretorias. Cada departamento faz seu plano diretor de tecnologia e tem um gerente designado para o mesmo. Como existem projetos similares entre as diversas diretorias, a metodologia proporciona sinergia, evitando duplicação de esforços e determinando as tecnologias essenciais para a empresa. Dessa forma, a empresa organiza sua carteira de projetos (portfólio), faz a adequação em tempo real, quando necessário, descobre os pontos fortes e consegue uma análise de riscos confiáveis, para poder assim tomar a decisão de investir nos projetos (REVISTA INOVAÇÃO, 2005). A empresa estava caminhando para formalizar essa estrutura virtual de gestão de P,D&I, mas teve o projeto adiado em 2006. Naquele ano, em vez de criar um departamento de inovação para toda a empresa, foi criado um departamento de tecnologia somente para a área de minério de ferro, que responde por 60% da receita (VALE, 2007).

Na MRS, os projetos de inovação são tratados como os demais projetos da empresa, sejam sobre meio ambiente, melhoria operacional, implantação de um novo *software*, sejam investimentos correntes, de capital ou de P&D são tratados de forma similar. O principal *driver* é a geração de valor a partir do aumento do caixa livre (MRS, 2006). Nesse contexto, inovações e melhorias que levem à redução do consumo específico de diesel têm posição de destaque. Entre os principais investimentos da concessionária está a compra de locomotivas novas e mais modernas que têm mais confiabilidade e maior eficiência energética.

Assim como a MRS, a ALL não dispõe de uma unidade específica para tratar da inovação tecnológica, apesar de contar com uma unidade gerencial de Tecnologia

Operacional e uma das empresas do grupo, a ALL Tecnologia. Criada em 2004, essa empresa não tem a função de gestão da inovação na empresa, mas sim foi uma forma de terceirização da área de TI. Entre as funções dessa empresa estão a criação e manutenção de sítios na internet, manutenção, criação e suporte a sistemas, entre eles o Translogic, um sistema de registro e gestão das operações realizadas nos modos ferroviário e rodoviário, e o Sistema de Operação Logística (SOL), criado para fazer o controle de custos e dos volumes movimentados, em trânsito ou em estoque. Na ALL as propostas de inovação, surgem das áreas operacionais e são avaliadas em função das economias que são capazes de gerar.

A estratégia de inovação e a gestão da inovação precisam estar alinhadas aos objetivos das empresas. E uma forma de identificar tais objetivos é pela análise da visão e da missão enunciadas pelas empresas, que são usadas para fazer o desdobramento de objetivos estratégicos e táticos. Nos documentos que enunciam essas missões nota-se que há vários pontos em comum: a busca pela eficiência operacional, maximização da utilização dos ativos, a redução de custos, a previsibilidade e a segurança operacional.

A missão da MRS é “oferecer transporte de carga com foco na ferrovia, priorizando fluxos que gerem escala e relações de longo prazo, a preços competitivos e com previsibilidade, para agregar valor crescente ao negócio”. Entre os valores da MRS estão inovação, criatividade e qualidade (FONTANA NETO, 2005).

Para a unidade de negócios de Logística da Vale, é considerada como missão “prover as melhores soluções logísticas para gerar vantagens competitivas para a empresa e seus clientes, suportada pela capacitação, motivação e segurança de seus profissionais, excelência dos ativos e permanente atualização tecnológica” (VALE, 2006b) que, além de operar ferrovias, opera também portos. Assim, do ponto de vista de inovação tecnológica, o posicionamento é o de seguidor rápido (*fast follower*).

A ALL não tem propriamente uma visão e uma missão declaradas. Mas os objetivos que constam em seu relatório anual (ALL, 2007) são: crescimento nos mercados e rotas em que possui clara vantagem competitiva, cumprir os compromissos com os clientes, rígido controle de custos, máximo retorno sobre o capital empregado; e alianças e aquisições. A gestão da inovação e tecnologia se insere no controle de custos e nas alianças.

A conclusão é que somente a Vale coloca a inovação tecnológica no nível tático. Enquanto que na ALL e na MRS, a inovação se restringe ao nível operacional. Apesar de todas terem a inovação tecnológica presente em seus objetivos estratégicos, enunciados aqui na forma de visão e missão das empresas, o uso da tecnologia para se cumprir tais objetivos resume-se à aquisição de equipamento e desenvolvimento de sistemas para a melhoria operacional.

A Tabela 7.3 apresenta, de forma esquemática, a principal característica de cada empresa para os aspectos abordados no capítulo.

Tabela 7.3: Resumo dos Resultados

	ALL	MRS	VALE
Modelo de Inovação (Comportamento)	Seguidor Rápido	Seguidor	Seguidor
Tipo de Modelo de Inovação	Departamental em Estágios e Reativo	Departamental em Estágios e Reativo	Departamental em Estágios e Reativo
Gestão da Inovação			
- Financiamento	Recursos Próprios	Recursos Próprios	Recursos Próprios
- Investimento em P&D	10%	16%	-
- Gestão do Portfólio	Orientado para a solução de problemas	BSC ligado ao Planejamento Estratégico	BSC e Planos Diretores de Tecnologia
- Proteção	Contrato com empregados	Patentes	Patentes
- Originação	Interno/Fornecedores	Interno/Fornecedores	Interno/Fornecedores
- Melhoria do Processo de Inovação	-	Atualização do BSC	Planos Diretores de Tecnologia
- Gestão de Inovação em Eficiência Energética	Não há tratamento especial	Não há tratamento especial	Tecnologia-chave do Plano Diretor da Logística alinhada ao plano estratégico
Estratégia Empresarial	Horizontalização via fusões e aquisições.	Dar suporte aos principais acionistas e clientes (Vale, Usiminas e CSN)	Contribuir com as metas do companhia, cujo principal negócio é mineração.
Estratégia de Inovação	Operacional	Operacional	Tática/Operacional

Nota: o investimento em P&D se refere a um percentual sobre o faturamento de 2006. A Vale não divulga dados separados as ferrovias.

CAPÍTULO 8

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1. CONCLUSÕES

O objetivo da dissertação era identificar o tratamento dado às inovações tecnológicas pelas ferrovias brasileiras de carga. O que se descobriu, em resumo, foi que:

1) Não há um tratamento especial para a economia de combustível, que é apenas uma das linhas de atuação das áreas responsáveis pelos avanços tecnológicos junto com a interação roda-trilho, sistemas inteligentes de controle e planejamento, pesquisa operacional, engenharia de infra-estrutura e outros. Apesar de existirem iniciativas isoladas e pontuais para atacar o problema, como a constituição de grupos ou comitês, isso não é feito de forma sistemática nem faz parte do esforço de gestão de inovação;

2) Os projetos de inovação desenvolvidos para aumentar a eficiência energética da ferrovia ou que têm efeito sobre ela, são conduzidos por áreas operacionais – Gerência de Tecnologia Operacional, Gerência de Manutenção de Locomotivas – e não por áreas dedicadas à inovação. Assim, o esforço dessas pessoas é dividido entre a rotina operacional e a de inovação;

3) Existem poucas pessoas dedicadas à função “inovar” dentro das empresas estudadas. Em 2006, a Vale tinha cerca de 200 pessoas dedicadas à gestão de inovação e destas, apenas 5% na área de logística, ou seja, 10 pessoas. Assim, as inovações dependem quase que exclusivamente de esforços individuais. Tampouco existem estruturas dedicadas à inovação nas ferrovias, como foi o caso do *Institute for Railway Technology* (IRT), formado pela BHP Billiton, principal concorrente da Vale, com a Universidade de Monash (Austrália) utilizando parte dos seus recursos internos de inovação. A BHP Billiton criou, em 1972, laboratórios para aperfeiçoar a tecnologia usada nas suas ferrovias e os doou em 2000 para uma universidade local, com a qual mantém contratos não exclusivos de desenvolvimento de tecnologia para o transporte ferroviário (BHP, 2000; IRT, 2008);

4) As empresas mantêm convênios e acordos com universidades e institutos de pesquisa, no Brasil e no exterior, mas estes atuam como prestadores de serviços e não como parceiros de inovação. Patentes ou inventos que por ventura surjam são, por contrato, internalizados pela empresa contratante. Os mais recentes estudos para aumento do peso por eixo da Vale foram feitos com o *Transportation Technology Center Inc* (TTCi) de Puebla, EUA (RF, 2007);

5) A inovação está presente nos objetivos estratégicos, mas não faz parte do planejamento estratégico, é apenas uma premissa. São divulgados os projetos de crescimento orgânico, aquisições, suprimentos, recursos humanos, mas não o que se pretende fazer em termos de inovação e novas tecnologias. As empresas não usam tipo algum de TRM, capaz de alinhar as inovações às estratégias empresariais, e as ferramentas para escolher e monitorar as inovações necessárias se restringem à gestão de portfólio de projetos, entretanto de forma incipiente. Os projetos de inovação são de curto prazo e uso de portões de aprovação (*stage-gates*) é pouco disseminado. Não há um processo formal para gerar, coletar, armazenar ou avaliar idéias. Enfim, há mais habilidade em executar do que planejar a inovação;

6) Não existem métricas para medir o processo de inovação (*key leading indicators*) ou o resultado das inovações (*key performance indicators*). A principal métrica é o valor gerado;

7) Não existe um meio, no sentido de *milieu innovateur* (MAILLAT, 1995, *apud* AMARAL FILHO, 2001), isto é, um espaço de processos de ajustes, transformações e evoluções permanentes, processos que são acionados por uma lógica de interação e por uma dinâmica de aprendizagem. Em parte, isso pode ser atribuído à estrutura organizacional das empresas, em departamentos e burocrática, que não favorece o surgimento de inovações. A estrutura da organização e a forma como seus grupos aprendem a trabalhar juntos podem afetar a forma como podem e não podem projetar novos produtos e serviços (CHRISTENSEN, 1997:38). MEDINA *et al.* (2007:3) sugerem que estruturas orgânicas (pouco formalizadas, descentralizadas e com poucos níveis hierárquicos) são mais propícias à inovação. A Vale possui hoje 7 níveis hierárquicos e suas estruturas de inovação se situam nos dois últimos;

8) Não há falta de recursos financeiros para os projetos que indiquem boa perspectiva de resultados. Contudo, inovação é, por definição, uma atividade de risco, logo, não é possível saber, a priori, a rentabilidade, pois não se sabe o tempo de retorno nem prazo de lançamento. As empresas se referem sempre a investimentos em tecnologia em seus relatórios anuais, mas P&D e inovação são gastos. Outra evidência deste tópico é o fato de nenhum dos entrevistados ter mencionado o uso de fundos setoriais ou financiamento de inovações, como aqueles disponíveis no BNDES;

9) Vigilância tecnológica é um recurso pouco usado e quando isso acontece, não é feito de forma sistemática;

10) Fora do âmbito da inovação tecnológica são conduzidas uma série de ações que têm efeito sobre a eficiência energética, como a melhoria de postos de abastecimento (dispositivos eletrônicos informam quantidades abastecidas e o consumo *on line* de cada locomotiva); competições entre maquinistas (Rali Diesel, na MRS; Copa Diesel e Rally dos Maquinistas, na ALL); e o treinamento de maquinistas. Este último item é tratado em várias frentes: treinar com uso de simuladores, informar com os computadores de bordo e outros recursos, educar (desligamento da locomotiva quando viável); premiar e reconhecer. Um dos entrevistados chegou a afirmar que pelo menos metade da economia possível depende de melhor performance dos maquinistas.

As ferrovias brasileiras de carga concentram recursos e esforços na melhoria operacional (Vale, MRS) e ampliação dos serviços prestados (ALL). A inovação é vista como uma forma secundária de ganho de vantagens competitivas e, quando realizada, é proposta no sentido de encontrar a melhor solução para problemas imediatos e não como alternativas para crescimento futuro ou ganho de uma posição competitiva única. Assim, existe pouco desenvolvimento e pesquisa internos às ferrovias, sendo limitados a inovações cotidianas, pequenos avanços incrementais nos processos e equipamentos usados. Este esforço, contudo não é contínuo e sistemático, surgindo apenas em função do trabalho individual de equipes ou empregados, catalisadas de forma superficial pelas estruturas de gestão, que não são dedicadas ao assunto.

Por fim, considerando-se que (i) a atividade de transporte ferroviário de cargas faz parte de uma indústria madura, com tecnologia consolidada, ou seja, há pouco espaço para inovações radicais; (ii) as FBC são monopolistas por natureza (não existem

ferrovias paralelas), têm clientes cativos em diferentes graus e não competem entre si; (iii) há intensa troca de mão-de-obra especializada entre as FBC, pois são pouco mais de 30 mil empregados em cinco grupos ferroviários; (iv) os tipos de inovações geradas pelas estruturas atuais – majoritariamente, soluções com tecnologias dominadas e melhorias em processos existentes, conforme a Tabela 4.1 confrontada com a Tabela 7.1 – estão de acordo com as estratégias de maximização do uso de ativos e redução de custos baseada em inovações de baixo custo e tempo de implementação. Logo, as ações associadas à gestão da inovação surtem efeitos positivos e imediatos para as empresas mas têm alcance limitado, e não mensurado, e portanto não contribuem significativamente para o setor ferroviário nem para o seu complexo industrial no país.

8.2. RECOMENDAÇÕES

Ao longo do trabalho, foram identificados alguns pontos cuja melhoria tem potencial para aumentar em quantidade e qualidade as inovações tecnológicas nas FCB. A maior parte deles se refere a políticas e práticas já difundidas em outros países e algumas delas já foram anunciadas ou planejadas, apesar de, até este momento, não terem sido implantadas.

- a) Elaboração de um *technology roadmap* para a indústria ferroviária, com o objetivo de estabelecer as estratégias e tecnologias prioritárias para o setor. Existe grande separação entre as oportunidades de mercado e as tecnológicas. Esse hiato pode ser reduzido com o uso de técnicas que unam tecnologia e negócios desde o nível estratégico. Uma delas é o TRM, outras são do tipo ferramentas de análise estratégica (*strategic analysis tools*), citado por PHAAL *et al.* (2004:9). O *Center for Transportation Research*, do Argonne National Laboratory, operado pela Universidade de Chicago, mas sob a responsabilidade do Departamento de Energia dos EUA, por exemplo, realizou um trabalho deste tipo somente para o aspecto energético das ferrovias de carga nos EUA (STODOLSKY, 2002);
- b) Criação de um grupo técnico, ligado ao Ministério dos Transportes e aos órgãos de financiamento e capacitação de pessoal (FINEP e CNPq) do Ministério de Ciência e Tecnologia, para avaliar as tecnologias a serem desenvolvidas nas empresas e institutos de tecnologia; fazer *peer review* de projetos em andamento, como o KFB na Suécia (ARNOLD e WHITELEGG, 2000:19), com o objetivo

de identificar gargalos e propor planos de ação para a sua solução; e usar um sistema de portões para gerir o pipeline de projetos, com poder para cancelar ou adiar aqueles com baixas expectativas de sucesso ou que deixem de ser estratégicos;

- c) Criação de um sistema centralizado de informações sobre transporte e engenharia ferroviária, com a função de difundir o conhecimento e as atividades em andamento. Isso pode ser feito, por exemplo, com o uso do Vortal de Engenharia desenvolvido pela Academia Nacional de Engenharia (ANE), capaz de organizar em rede os conhecimentos e soluções desenvolvidas no país ou fora dele. Trata-se de um projeto em andamento (ANE, 2007);
- d) Levar adiante a proposta contida no PNLT de criação de uma estrutura nacional para estudos e pesquisas em transportes. Esta pode ser feita com a criação de um órgão que centralize todas as atividades de P&D no país no que diz respeito a transportes ferroviário nos moldes do Instituto de Pesquisas Rodoviárias ligado ao DNIT;
- e) Inclusão de metas nos contratos das concessionárias que estimulem o desenvolvimento tecnológico e a inovação em eficiência energética, eco-eficiência, aumento de produtividade e segurança;
- f) Um fundo setorial específico que forneça meios para se atingir as metas contratuais das concessionárias referentes à inovação.

8.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho é uma contribuição inicial para o entendimento do processo de gestão de inovação tecnológica em empresas brasileiras de transportes, por isso, abre a perspectiva a outros trabalhos que podem aprofundar o assunto, ou ampliá-lo, no sentido de aumentar a compreensão do significado e importância da inovação para o setor de transportes. Podem ser destacadas as seguintes investigações:

- a) Elaborar um *Technology Roadmap* (TRM) para uma companhia ferroviária de cargas ou de passageiros no Brasil;
- b) Identificar os elos perdidos no processo de inovação tecnológica ferroviária em relação ao sistema brasileiro de inovação e propor alternativas para complementá-los;

- c) Medir a eficiência do processo de gestão de inovação em uma companhia ferroviária e a contribuição das inovações para o seu valor;
- d) Desenvolver um modelo de gestão de inovação para uma companhia ferroviária de cargas;
- e) Investigar a gestão de inovação tecnológica em empresas rodoviárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIFER (2007) *Associação Brasileira da Indústria Ferroviária*. Disponível em: <www.abifer.org.br>. Acesso em: 15 janeiro 2007.
- ACKOFF, R.L. (1966) The meaning of strategic planning. *McKinsey Quarterly*, Summer, p.48-61.
- ADAMS, R. (2003) *Perceptions of innovations: exploring and developing innovation classification*. Tese de Doutorado School of Management, University of Cranfield., Cranfield, UK.
- ADER, E. (1983) L'analyse strategique moderne et ses outils. *Futuribles*, Paris, dezembro.
- ALDAY, H.E.C. (2000) O Planejamento Estratégico dentro do Conceito de Administração Estratégica. *Revista FAE*, Curitiba, v.3, n.2, p.9-16, maio/ago.
- ALL (2008) *Relatórios Anuais*. Disponíveis em <www.all-logistica.com>. Acesso em: 2/8/08.
- ALWIS, R.S.; HARTMANN, E. (2004) The significance of tacit knowledge on company's innovation capability. In: Bekavac, Bernard; Herget, Josef; Rittberger, Marc (Hg.): *Informationen zwischen Kultur und Marktwirtschaft. Proceedings des 9. Internationalen Symposiums für Informationswissenschaft (ISI 2004)*, Chur, 6.-8.Oktobre2004. Konstanz: UVK Verlagsgesellschaft mbH, 2004. S. 373-394.
- AMARAL FILHO, J. (2001) A Endogeneização no Desenvolvimento Econômico Regional e Local. *Planejamento e Políticas Públicas - PPP*, Instituto de Pesquisas Econômicas e Sociais Aplicadas (IPEA), Rio de Janeiro, N° 23, junho.
- ANDRADE, V. (2005) Gestão da Tecnologia na CVRD. *3ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (CNCTI)*, Brasília. Disponível em: <www.cgee.org.br/atividades/redirect.php?idProduto=2288>. Acesso em: 2 maio 2007.
- ANDRADE, V. (2007) Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico na CVRD. *XII Congresso Brasileiro da Mineração*, Belo Horizonte.
- ANE (2007) *Academia Nacional de Engenharia*. Disponível em: <www.anebrasil.org.br>. Acesso em: 13 dezembro 2007.
- ANPET (2002) *Atividades Prioritárias em Pesquisa e Desenvolvimento no CTTRANPO*. Leal, J.E. (coord.), Associação Nacional de Pesquisa e Ensino de Transportes, Brasília.
- ANSOFF, H.I. (1979) *Estratégia empresarial*. São Paulo: McGraw Hill, 1979.
- ANTF (2003) *Contribuições e Desafios do Setor Ferroviário*. Apresentação da Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF), Brasília, dezembro.
- ANTT (2005) *Transporte Terrestre - Números do Setor*. Relatório da Agência Nacional de Transportes Terrestres. Brasília, 27/4/05. Disponível em <www.antt.gov.br>. Acesso em: 13 dezembro 2007.

- ANTT (2006) *Anuário Estatístico dos Transportes Terrestres*. Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), Brasília. Disponível em: <www.transportes.gov.br/bit/ANTT/index.htm>. Acesso em: 16/09/2006.
- ANTT (2006a) *Evolução Recente do Transporte Ferroviário*. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Brasília. Disponível em <www.antt.gov.br>. Acesso em: 13 dezembro 2007.
- ARNOLD, E.; WHITELEGG, C. (2000) Evaluation of the Railway Research Group at KTH. *KFB Reports*, Kommunikationsforskningsberedningen, Stockholm, Maio.
- ARTHUR D. LITTLE (1981) *The Strategic Management of Technology*, Cambridge, Massachusetts.
- BANCO MUNDIAL (2001) *Transport Sector Overview*. The World Bank Group. Disponível em: <www.worldbank.org/html/fpd/transport/whysimp.htm>. Acesso em: 13 março 2007.
- BARAT, J. (1993) *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira*. Relatório. FINEP/MCT, Campinas.
- BARTLETT, C.A.; GHOSHAL, S. (1987) Managing Across Borders: New Strategic Requirements. *Sloan Management Review* 28 (4): 7-17.
- BELLIS, M. (2006) *Outline of Railroad History*. Disponível em: <<http://inventors.about.com/library/inventors/blrailroad.htm>>, Acesso em 10 junho 2006.
- BEN (2006), *Balanço Energético Nacional*, Ministério de Minas e Energia, Brasília, DF. Disponível em: <www.mme.gov.br/programs_display.do?prg=9>. Acesso em: 7 janeiro 2008.
- BENÉVOLO, A. (1953) *Introdução à Historia Ferroviária do Brasil – Estudo Social Político e Histórico*. Edições Folha da Manhã, Recife.
- BHP (2000) *BHP and Monash announce Railway and Maintenance Technology Institutes*. Press release. Disponível em: <<http://www.railpage.org.au/ausrail/00june/msg01431.html>>. Acesso em: 5 agosto 2008.
- BIELSCHOWSKY, R. (1999), *Os Investimentos Fixos na Economia Brasileira nos Anos Noventa; apresentação e discussão dos números relevantes*. Projeto de Pesquisa “Determinantes dos investimentos na transição brasileira nos anos 90”. Brasília: CEPAL.
- BOVESPA (2008) *Composição Acionária*. Disponível em: <www.bovespa.com.br>. Acesso em 21 julho 2008.
- BRACZYK, H.J.; COOKE, P.; HEIDENREICH, M. (1998) *Regional innovation systems*, London: UCL Press.
- BRASIL (1975) Decreto Nº 76.593, de 14 de novembro de 1975, cria o Programa Nacional do Alcool, *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF.
- BRASIL (1982) Decreto Nº 87.079, de 02 de abril de 1982, cria o Programa de Mobilização Energética, *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF.

- BRASIL (2001) Lei N° 10.233, de 05 de junho de 2001, dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providências, *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 06 junho 2001.
- BRASIL (2002) *Diretrizes Estratégicas do Fundo Setorial de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Setor de Transportes Terrestres e Hidroviários*. CGEE/MCT, Brasília.
- BRASIL (2003a) *Diretrizes de Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior*. Governo Federal, Brasília, 26/11/2003. Disponível em <www.br.gov.br>. Acesso em 13 junho 07.
- BRASIL (2003b) *Análise Estratégica, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transporte*. Ministério dos Transportes, Brasília. Disponível em: <www1.dnit.gov.Br/intranet/download/DNIT%20Planejamento%20Estrategico.PDF>. Acesso em: 31 julho 2008.
- BRASIL (2003c) *Brasil ganhará Instituto de Pesquisa Ferroviária*. Assessoria de Comunicação Social/DNIT/MT, Brasília, 6/11/2003. Disponível em <www1.dnit.gov.br/imprensa/informes.asp>. Acesso em 31 julho 2008.
- BRASIL (2004) Lei No 10.973, de 2 de dezembro de 2004, estabelece medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF.
- BRASIL (2007), *Plano Nacional de Logística de Transportes – Relatório Executivo*, Ministério dos Transportes e Ministério da Defesa, Brasília.
- BROWN, J.S.; HAGEL III, H. (2005) From Push to Pull: The Next Frontier of Innovation. *McKinsey Quarterly*, Number 3. Disponível em: <www.mckinsey.com>. Acesso em: 5 abril 2006.
- BURNS, T.; STALKER, G. (1961) *The Management of Innovation*, London, Tavistock.
- BURNS, W.C. (1995) *Content Validity, Face Validity, and Quantitative Face Validity*. William C. Burns and Associates, San Francisco, USA. Disponível em: <<http://www.burns.com/wcbcontval.htm>>. Acesso em: 23 maio 2008.
- CARLSSON, B.; JACOBSSON, S.; HOLMÉN, M.; RICKNE, E. (2002) Innovation Systems: analytical and methodological issues. *Research Policy* 31, 233-245p.
- CAROSELLI, A. (1994). *Creativity*. Sage. London.
- CASTELLO BRANCO, J.E.S. (1998) *Indicadores de Qualidade e Desempenho de Ferrovias - Carga e Passageiros*. Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF), Rio de Janeiro.
- CASTELLS, M. e HALL, P (2000) *Technopoles of the world: the making of 21st Century Industrial Complexes*. Routledge: London.
- CASTELLS, P.E. e PASOLA, J. (2003). *Tecnología e Innovación en la Empresa*. Ediciones UPC, Barcelona.

- CASTRO, N., LAMY, P. (1996) *Os Aspectos Institucionais e Regulatórios da Integração de Transportes do Mercosul*. Instituto de Pesquisas Econômica Aplicada, Rio de Janeiro, Texto para Discussão N° 44, outubro.
- CHEN, E.K.Y. (1996) Transnational corporations and technology transfer to LDCs. *In: Transnational Corporations and World Development*. United Nations. Thomson Business Press.
- CHESBROUGH, W.H. (2003), *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Publishing, USA.
- CHRISTENSEN, C. M. (1997) *The innovator's dilemma : when new technologies cause great firms to fail*. Harvard Business School Press. Boston, Massachusetts.
- CIA (2007) *CIA Factbook*. Disponível em: <www.cia.gov>. Acesso em: 17 novembro de 2007.
- CLARK, P.; STAUNTON, N. (1990). *Innovation in Technology and Organization*. Routledge. London.
- CLELAND, K. (2003) *Conceptual Frameworks and Research Methodologies*. Apresentação. ARIN2000 - Research Methods in IS, the Humanities and Social Sciences, Sidney. Disponível em: http://teaching.arts.usyd.edu.au/informatics/arin2000/research_framework.ppt. Acesso em: 16 outubro 2007.
- CLIQUET, G.; NGUYEN, M. (2003) Innovation management within the plural form network. *Conference of Economics and Management of Franchising Networks - EMNet*. Viena, Áustria, Junho 26 – 28.
- CONNOR, P. R. (2000) Locomotivas Diesel. In: *Tratado de Estadas de Ferro – Material Rodante*, Castelo Branco, J.E. e Ferreira, R (org.), AENFER, Rio de Janeiro, RJ.
- CONPET (2008) *Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e Gás Natural*. Disponível em: <www.conpet.gov.br>. Acesso em: 2 fevereiro 2008.
- COOPER, R. G. (1993) *Winning at New Products*, 2nd edition. Reading, MA: Addison-Wesley.
- COOPER, R.G. (2005) Your NPD portfolio may be harmful to your business's health. *PDMA Visions*, April, Volume XXIX, No. 2. Disponível em: <www.pdma.org>. Acesso em: 8 setembro 2007.
- COOPER, R.G. (2008) *The Stage-Gate Idea-to-Launch Process – Update, What's New and NexGen Systems*. Product Development Institute Inc. Reference paper #30. Disponível em: <http://www.prod-dev.com/research_articles.php>. Acesso em: 6 junho 2008.
- COYNE, K.P.; HALL, S.J.D.; CLIFFORD, P.G. (1997) Is your core competence a mirage? *McKinsey Quarterly*, Number 1. Disponível em: <www.mckinsey.com>. Acesso em: 5 abril 2006.
- DAVIS, S.C. (1997) *Transportation Energy Data Book*, Edition 17, Oak Ridge National Laboratory, Aug.
- DESLEE, C. (2007) *Comment innover dans une grande entreprise traditionnelle? Le cas de l'innovation participative à la SNCF*. Centre Lillois d'Analyse et de Recherche sur l'Evolution des Entreprises, Université de Lille, mai. Disponível em: <www.strategie-aims.com/actesateliers/InnovTrad/DESLEE%20C.pdf> Acesso em: 17 outubro 2007.

- DIÓGENES, G.S. (2002) *Uma Contribuição ao Estudo dos Indicadores de Desempenho Operacional de Ferrovias de Carga: O Caso da Companhia Ferroviária do Nordeste – CFN*. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- DNIT (2003). *Histórico das Ferrovias Brasileiras*. Disponível em: <www.dnit.gov.br>. Acesso em: 20 julho 2008.
- DOOLEY, L.; O’SULLIVAN, D. (2005) *Managing within Distributed Innovation Networks*. Disponível em: <<http://www.owl.ie/>>. Acesso em: 09 junho 2008.
- DORNELAS, J (2006). *Como fazer a descrição dos Produtos e Serviços do seu Plano de Negócios*. Disponível em: <<http://www.planodenegocio.com.br>>. Acesso em: 15 novembro 2006
- DOSI, G. (1982) Technological Paradigms and Technological Trajectories. *Research Policy* (11), 1982, 147–162.
- DOSI, G. (1988) The nature of the innovative process, in G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg and L. Soete (eds) *Technical Change and Economic Theory*. Pinter Publishers, United Kingdom.
- DOUGHERTY, D.; HARDY, C. (1996). Sustained Product Innovation in Large, Mature Organizations: Overcoming Innovation-to-Organization Problems, *Academy of Management Journal*, Vol. 39, N.5, Chicago, USA. pp.1120-1153
- DRUCKER, P. (1985) The Discipline of Innovation. *Harvard Business Review*, May/June, p.67-72..
- EDQUIST, C. (2004) Systems of Innovation – Perspectives and Challenges. In: Fagerberg, J. Mowery, D. and Nelson, R. (ed.) *Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Oxford, November, 27 pp.
- EPA (1997) *Final Emissions Standards for Locomotives*. Disponível em:<<http://www.epa.gov/OMSWWW/locomotv.htm>>. Acesso em 12 junho 08.
- FECYT (2003) *Manual de Frascati - Propuesta de Norma Práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental*. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Disponível em <www.ocde.org>. Acesso em: 23 dezembro 2008.
- FEITELSON, E.; SALOMON, I. (2004). The Political Economy of Transport Innovations. In: *Transport Developments and Innovations in an Evolving World*, M Beuthe, V. Himanen, A. Reggiani and L. Zamparini (eds) Springer Verlaag, Berlin.
- FERRAZ, J.C.; KUPFER, D.; HAGUENAUER, L. (1997) *Made in Brazil: desafios competitivos para a indústria*. Rio de Janeiro: Campus.
- FERREIRA, P. C. e MILLIAGROS, T. G. (1998) Impactos Produtivos da Infra-Estrutura no Brasil – 1950/95. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Instituto de Pesquisas Econômicas e Sociais Aplicadas (IPEA), v. 28, N° 2, Brasília.
- FINEP (2005). *Manual de Oslo*. Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP, Brasília. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/imprensa/sala_imprensa/manual_de_oslo.pdf>. Acesso em: 25 maio 2006.

- FISHLOW, A., (1966) Productivity and Technological Change in the Railroad Sector, 1840-1910, In: *National Bureau of Economic Research, Output, Employment, and Productivity in the United States After 1800*, London: NBEC/Columbia University Press.
- FONTANA NETO, J. (2005) Produtos e Serviços MRS para a Indústria e suas Perspectivas de Expansão da Oferta de Transporte. *3º Seminário sobre Ferrovias - Retomada e Ampliação do Setor Ferroviário*, CIESP, São Paulo.
- FREEMAN, C. (1974) *The Economics of Industrial Innovation*. London: Penguin Modern Economic.
- FREEMAN, C. (1982), *The Economics of Industrial Innovation*, The MIT Press, Boston, EUA.
- FREEMAN, C. (1988) Introduction. in Dosi, G. et al. (eds) *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, United Kingdom.
- FREEMAN, C. (1995) The "National System of Innovation" in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, v.19, n.1.
- GE (2008). *GE Transportation Systems. Evolution Series Locomotive*. Disponível em : <www.getransportation.com>. Acesso em 31/03/2008.
- GEIPOT (2001) *Anuário Estatístico de Transportes*. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. Ministério dos Transportes, Brasília. Disponível em: <<http://www.geipot.gov.br/anuario2001/rodoviario/rodo.htm>>. Acesso em: 12 junho 2005.
- GELLMAN, A.J. (1986) Barriers to Innovation in the Railroad Industry. *Transportation Journal*, Summer/86, Vol. 25 Issue 4, p4-11, 8p.
- GIANNETTI, R. (2005) *La Tecnologia*. Dipartimento di Studi Storici e Geografici dell'Università di Firenze.
- GODIN, B. (2005) *The Linear Model of Innovation: The Historical Construction of an Analytical Framework*. Project on the History and Sociology of S&T Statistics, Working Paper No. 30. Montreal, Quebec.
- GREGG, D.S. (2006) *Parcerias Público-Privadas como alternativa para mitigar o problema de Hold Up em Investimentos de Infra-estrutura no Setor Ferroviário: estudo de caso*. Tese de Mestrado em Finanças e Economia Empresarial, FGV, Rio de Janeiro.
- GROSVENOR, T. (2002) *Qualitative Research in the Transport Sector*. Workshop on Qualitative/Quantitative Methods, Transportation Research Circular E-C008: Transport Surveys: Raising the standard. Disponível em: <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/circulars/EC008/workshop_k.pdf> Acesso em: 13 maio 2008.
- HAMEL, G. (2006) The Why, What, and How of Management Innovation. *Harvard Business Review*, February.
- HAMEL, G.; PRAHALAD, C.K. (1990) The Core Competence of the Corporation. *Harvard Business Review*, May/June, 90 (3): 79-91.
- HAMEL, G.; PRAHALAD, C.K. (1994) *Competing for the Future*. Harvard Business School Press, Boston, MA.

- HARDY, C. (1995) Book Review – Competing for the Future, G. Hamel and C.K. Prahalad. *Journal of Contingencies & Crisis Management*; Sep95, Vol. 3 Issue 3, p189, 2p.
- HARRYSON, S. J. (2006) The Japanese Know-Who Based Model of Innovation Management – Reducing Risk at High Speed. In: *Management of Technology and Innovation in Japan*. Herstatt, C., Stockstrom, C., Tschirky, H. e Nagahira, A. (eds), Springer, New York.
- HAUSER, M. (1998). Organizational culture and innovativeness of firms—an integrative view. *International Journal of Technology Management*, 16, 239–255.
- HICKS, J. (1963). *The Theory of Wage*. London: Macmillan, p.124-125.
- HIPPEL, E. (1988) *The Sources of Innovation*. New York: Oxford University Press, p.116.
- HUSTON, L.; SAKKAB, N. (2006) P&G's New Innovation Model. *Harvard Business School*, Vol. 84, No.3.
- IBGE (2006) *Estatísticas do Século XX*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. Disponível em: <www.ibge.gov.br/seculoxx/estatisticas_economicas.shtml>. Acesso em: 12 abril 2006.
- IN (2007) *Open Innovation – Conceitos*. Apresentação. Disponível em: <www.institutoinovacao.com.br>. Acesso em: 6 novembro 2007.
- IRT (2008) Institute of Railway Technology. Engineering Department, Monash University, Australia. Disponível em: Acesso em: 7 agosto 2008.
- JANSZEN, F. (2000). *The Age of Innovation: making business creativity a competence, not a coincidence*. Prentice-Hall. London.
- JOHNSON, G. e SCHOLLES, K. (2001) *Exploring Corporate Strategy: Text and Cases*. FT Prentice Hall, 6th Revised Edition.
- JOHNSTON JR., R. E.; BATE, D. (2003) *The power of strategy innovation: a new way of linking creativity and strategic planning to discover great business opportunities*. Amacom, New York. 286p.
- JONASH, R. S. (2000) *Driving Sustainable Growth and Innovation: Pathways to High Performance Leadership*. Innovation Management Inc. The Monitor Group. Cambridge, MA. Disponível em: <<http://www.monitor.com/>>. Acesso em: 10 janeiro 2007.
- JONES, S.K. (2005) *From the World's First Railway Locomotive to the First Locomotive Railway in Wales*. Institute of Welsh Affairs. Disponível em: <www.iwa.org.uk/publication/pdfs/stephenjones.pdf>. Acesso em: 10 agosto 2008.
- KLINE, S.; ROSENBERG, N. (1986) An overview of the process of innovation. In: LANDAU, G.; ROSENBERG, N. (eds.) *The positive sum strategy: harnessing technology for economic growth*. National Academy Press, Washington.
- KOTLER, P. (1998) *Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle*. 5.ed. São Paulo: Atlas.
- KUHN, T. (1975) *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva.

- LACERDA, G. e LIMA, L.S. (2005) Ferrovias e o Desenvolvimento Nacional. In: *Ferrovia: um projeto para o Brasil*, Antonio de Pádua Gurgel *et alli* (org.), Contexto, São Paulo.
- LEONELLI, P.A. (2006) Eficiência Energética no Brasil Avanços Recentes e Perspectivas. *Seminário Internacional de Eficiência Energética – Siefe*, Campinas, 11 e 12 de Maio.
- LOWSON, M.V. (1998) Surface transport history in the UK: analysis and projections. *Proc. Instn. Civ. Engrs Transp.*, 129, Feb., 14-19.
- LUNDEVALL, B.-Å. (1988) Innovation as an Interactive Process: From User-producer Interaction to the National System of Innovation. In: Dosi, G. *et al.* (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, United Kingdom, pp. 349-369.
- MACHLUP, F. (1962) “The Supply of Inventors and Inventions”, in Nelson, R. (ed.) *The Rate and Direction of Inventive Activity*, NBER, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- MAHDJOUBI, D. (1997) *The Linear Model of Technological Innovation*. Disponível em: <http://www.gslis.utexas.edu/darius/lnr_md/lnr_md.html>. Acesso em: 6 março 2005.
- MANSFIELD, E. (1961) Technological Change and the Rate of Imitation. *Econometrica*, Vol. 29, No. 4, October, pp. 741-766.
- MANSFIELD, E. (1968) *The Economics of Technological Change*. New York: Norton, pp.134-35.
- MARQUES, I. (2000) Reserva de Mercado: um mal-entendido caso político-tecnológico de “sucesso” democrático e “fracasso” autoritário. *Economia*, Editora da UFPR, Curitiba, n. 24, p. 89-114.
- MARQUIS, D.G. (1969) The Anatomy of Successful Innovations, in Tushman, M.; Moore, W. (editors) *Readings in the Management of Innovation*, HarperCollins: London.
- MARTINS, E.; TERBLANCHE, F. (2003) Building Organizational Culture that Stimulates Creativity and Innovation, *European Journal of Innovation Management*, vol. 6, n° 1; pp. 64-75, MCB University Press.
- MEDINA, C.C.; LAVADO, A.C.; CABRERA, R.V. *Características organizativas de las empresas innovadoras: estudio de caso preliminar en 4 empresas andaluzas*. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España. Disponível em: <www.madrimasd.org/revista/revista12/investigacion/investigacion1.asp>. Acesso em: 12 agosto 2008.
- MORIN, J. (1985) *L'Excellence Technologique*. Editions Jean Picollec, Publi-Union, Paris.
- MRS (2006). Entrevista com Joaquim Barros, responsável pelo Planejamento Estratégico da MRS.
- MRS (2008) *GE entrega primeira locomotiva brasileira para MRS*. Disponível em <www.mrs.com.br>. Acesso em: 27 maio 2008.
- MRS (2008a) *Comunicados de Imprensa*. Disponível em <www.mrs.com.br>. Acesso em: diversas datas.
- MT (2001) Secretaria de Transportes Terrestres. Ministério dos Transportes, Brasília. Disponível em: <www.transportes.gov.br>. Acesso em: 14 agosto 2005.

- NAE (2008) *National Academy of Engineering*. Disponível em <www.nae.edu/nae/techlithome.nsf>. Acesso em: 28 julho 2008.
- NAIMARA, D. (2007) A Propriedade Intelectual na Vale. *Seminário Inovação e Criatividade como Ferramentas de desenvolvimento*, São Paulo, Outubro. Disponível em: <www.interfarma.org.br/news/3dradenise.pdf>. Acesso em: 3 julho 2008.
- NONAKA, I.; BYOSIERE, P.; KONNO, N. (1994) Organizational Knowledge Creation Theory: A First Comprehensive Test, *International Business Review*, vol. 3, n° 4, pp. 337-51.
- NONAKA, I.; KONNO, N. (1998) The Concept of “Ba”: Building a Foundation for Knowledge Creation’, *California Management Review*, Spring, vol. 40, no. 3, pp. 40-54.
- NORO, G.B. (2006) A maturidade em gerenciamento de projetos logísticos: o caso América Latina Logística. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- NRHS (2008) *Railroad Historical Almanac 1720 – 1999*. National Railway Historical Society, Philadelphia. Disponível em: <<http://www.nrhs.com/almanac/>>. Acesso em: 16 junho 2008.
- O’REILLY, D. (2000) On the Precipice of a Revolution with Hamel and Prahalad. *Journal of Marketing Management*, 16, p.95-109.
- OCDE (2005) *Science, Technology and Industry Scoreboard*. Organization for Economic Co-Operation and Development, Paris, France.
- OCDE (2008) *Organization for Economic Co-Operation and Development*, Paris, France. Disponível em: <www.oecd.org/statistics>. Acesso em: 15 julho 2008.
- OESP (2008) Empresas adotam programas para evitar racionamento. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 10 jan. 2008.
- OLIVEIRA, R. W. C. (2005) *Direito dos Transportes Ferroviários*, Lúmen Júris Editora, Rio de Janeiro, p.264.
- PALMBERG, C. (2002) *Successful innovation. The determinants of commercialisation and breakeven times of innovations*. Espoo 2002. VTT Publications 486. 74 p. Disponível em: <www.inf.vtt.fi/pdf/>. Acesso em: 31 maio 2007.
- PATEL, H.; WYATT, S.; MAHIZHNAN, A. S. (2005) Make Innovation a National Imperative. *IPS-Monitor Business Times, Innovation Series*, Article 6, 4 p.
- PATEL, P.; PAVITT, K. (1998) *National Systems of Innovation Under Strain: The Internationalization of Corporate R&D*. Electronic Working Papers Series. Paper No 22. Science Policy Research . Sussex University.
- PATENT (2008) *US Patent 5129605 - Rail vehicle positioning system*. Disponível em: <<http://www.patentstorm.us/patents/5129605.html>>. Acesso em: 6 agosto 2008.
- PAVITT, K. (1995) Tem a pesquisa uma utilidade econômica? In: Witcowski, N. (coord.) *Ciência e Tecnologia Hoje*, São Paulo, Ensaio:1995, p. 85-86.

- PHAAL, R. (2003) *Technology Roadmap*. Centre for Technology Management, University of Cambridge, United Kingdom, p.129-153.
- PHAAL, R., FARRUKH, C. e PROBERT, D., (2004) Technology roadmapping—A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting & Social Change* 71, 5–26
- PIMENTA, D.J. ELEUTERIO, A.B. e CARAMURU, H.(2003) *As Ferrovias em Minas Gerais*, SESC/MG, Belo Horizonte.
- PINKEPANK, J. A. (1973). *The Second Diesel Spotter's Guide*. Milwaukee, WI: Kalmbach Publishing Co.
- PINTEC (2007) *Pesquisa de Inovação Tecnológica - 2005*. FINEP/IBGE, Rio de Janeiro. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 3 março 2007.
- PNQ (2005) *Rumo à Excelência 2006 - Critérios para avaliação do desempenho e diagnóstico organizacional*, Fundação Nacional da Qualidade, São Paulo, SP.
- PORTER, M.E. (1980) *Competitive Strategy - Techniques for Analysing Industries and Competitors*. Macmillan, New York.
- PORTER, M.E. (1996) What is Strategy? *Harvard Business Review*, November/December.
- PORTER, M.E. (1998) *Competitive Advantage: creating and sustaining superior performance*, New York: Free Press.
- RAILWAY (1996) Plastic ties: a substitute for wood? *Railway Age*, September. Disponível em: <www.findarticles.com>. Acesso em 4 agosto 2008.
- REVISTA INOVAÇÃO (2005) V Conferência da Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Industriais (ANPEI), Unicamp, 19/05/2005 Disponível em: <<http://www.inovacao.unicamp.br/report/news-Vconferencia-anpei.shtml>>. Acesso em: 15 dezembro 2006.
- RF (2007) Mais toneladas por eixo, este é o objetivo das ferrovias. *Revista Ferroviária*. Disponível em: <www.revistaferroviaria.com.br> Acesso em: 12 dezembro 2007.
- RF (2008) *Revista Ferroviária*. Rio de Janeiro: Empresa Jornalística dos Transportes. Disponível em: <www.revistaferroviaria.com.br>. Acesso em: diversas datas.
- ROGERS, E. M. (2003) *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press.
- SALAMATOV, Y. (1999) *TRIZ: The Right Solution at the Right Time*. Amsterdam: Insytec B.V.
- SAREN, M.A. (1984) A Classification and Review of Models of the Intra-Firm Innovation Process, *R&D Management*, 14 (1), pp. 11-24.
- SCHUMPETER, J. A. (1982) *Teoria do Desenvolvimento Econômico*. Abril Cultural, São Paulo.
- SCHUMPETER, J. A. (1984). *Capitalismo, Socialismo e Democracia*. Zahar Editores, Rio de Janeiro.

- SENGE, P. (1990). *The Fifth Discipline*. New York: Doubleday Currency.
- SETTI, J. B. (2000) História do Trem. In: *Tratado de Estradas de Ferro – Material Rodante*, CASTELO BRANCO, J.E. e FERREIRA, R (org.), Rio de Janeiro: AENFER. P. 1-15.
- SILVEIRA, M.R. (2003) A Importância Geoeconômica das Estradas de Ferro no Brasil. Tese de Doutorado, Unesp, Presidente Prudente (SP).
- SMITH, R. (2001) Railway Technology – The last 50 years and futures prospects. *Japan Railway & Transport Review* 27, June.
- STATISTICS (2008) *Face Validity*. Disponível em: <www.statistics.com/resources/glossary/f/facevalid.php>. Acesso em: 10 maio 2008.
- STECHEER, C.C. (2002) *Workshop Summary*. Workshop on Qualitative/Quantitative Methods, Transportation Research Circular E-C008: Transport Surveys: Raising the standard. Disponível em: <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/circulars/EC008/workshop_k.pdf> Acesso em: 13 maio 2008.
- STERN, S. (2004) How to Make Creativity Contagious, *Management Today*, March, pp. 52-56.
- STEWART, F. (1977) Inappropriate Technology. In: *Technology and Underdevelopment*. Macmillan Press, London.
- STODOLSKY, F. (2002) *Railroad and Locomotive Technology Roadmap*, Center for Transportation Research, Energy Systems Division, Argonne National Laboratory, USA.
- TELLIS, G.J. e GOLDBERGER, P.N. (2002) *Ação e Visão – como vencer os que chegaram primeiro*. Rio de Janeiro: Campus.
- TIDD, J., BESSANT, J., PAVITT, K., (1997) *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change*, West Sussex, England, John Wiley & Sons.
- TIGRE, P.B. (2006) *Gestão da Inovação: a Economia da Tecnologia no Brasil*. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus.
- TN (2007) CVRD abre uma frente de sustentabilidade. *Tecnologia & Negócio Sustentável*, No. 2, São Paulo.
- UPR (2004) *Using GPS in the field to streamline track inspection and maintenance*. Union Pacific Railroad, 13th July 2004. Disponível em: <http://www.linkspoint.com/docs/UPRR_CS.pdf>. Acesso em: 19 julho 2008.
- USSELMAN. S. (1988) Running the Machine: The Management of Technological Change on American Railroads, 1850-1910. *Business and Economic History*, Second Series, Volume Seventeen, 1988.
- USSELMAN. S. (2002) *Regulating Railroad Innovation: Business, technology and politics in America, 1840-1920*, Cambridge: Cambridge University Press.
- VALE (2006a) *Logística para Exportação: Ambiente Favorável às Atividades de Exportação*. Companhia Vale do Rio Doce, Rio de Janeiro, 11/05/2006, Apresentação em Powerpoint.

- VALE (2006a) *Vale Logística - Inovações Tecnológicas para Alavancar o Crescimento*, apresentação em PowerPoint, Rio de Janeiro, RJ.
- VALE (2007a) Metodologia 6 Sigma diminui consumo de combustível na EFVM *Vale@Informar*, boletim eletrônico interno da Vale, janeiro.
- VALE (2007b) *Relatório Anual 2007*. Companhia Vale do Rio Doce, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <www.vale.com/ri>. Acesso em: 4 maio 2008.
- VALE (2007c), *Formulário-20 F*. Comissão de Valores Mobiliários dos Estados Unidos, Companhia Vale do Rio Doce. Disponível em: <www.vale.com>. Acesso em: 05/05/06.
- VALE (2007d) Você sabe como proteger suas idéias e inventos? *Vale@Informar*, boletim eletrônico interno da Vale, julho.
- VALE (2008) CVRD desenvolve tecnologia para preservar florestas. Comunicado de Imprensa, 31/10/2007. Disponível em: <www.vale.com/saladeimprensa/pt/releases>. Acesso em: 15/01/08.
- VAZ, A.V. e OLIVEIRA JR, J.A. (2006) O Protocolo de Quioto e o Futuro dos Modelos de Inovação Tecnológica. *Anais do Encontro Técnico-Científico da 6ª. Ecolatina*, Belo Horizonte, MG.
- VERNON, R. (1966), International Investment and International Trade in the Product Cycle, *Quarterly Journal of Economics*, 80, pp. 190-207.
- VILAÇA, R. (2008) Transporte Ferroviário de Carga: Inovação Tecnológica e a Importância da Infra-Estrutura. Apresentação da Associação Nacional de Transportadores Ferroviários (ANTF) no *Seminário Propostas para o Crescimento Sustentado da Infra-Estrutura de Transportes do Brasil*. Brasília, 8/7/08. Disponível em: <www.antf.org.br>. Acesso em: 3/8/08.
- WYATT, G. (1986) *The Economics of Invention: A Study of the Determinants of Inventive Activity*. New York: St. Martin's Press. 20p.
- YIN, R. (2003) *Case study research: design and methods*. London: Sage Publishing.

APÊNDICE I - QUESTIONÁRIO

Questionário

Prezado (a) Senhor (a),

Agradeço antecipadamente o apoio a este trabalho. Como se trata de uma avaliação qualitativa, solicito que entre em contato para a programação de uma entrevista por telefone (30 minutos) ou pessoal (60 minutos). Nesta página constam algumas informações importantes e nas páginas seguintes 20 perguntas que fazem parte da entrevista para que o entrevistado possa se preparar com antecedência. Se preferir, envie as respostas por e-mail. Se tiver alguma dúvida, por favor, entre em contato: Alexildo Vaz, alexildo@det.ufc.br, celular: (31) 9649-8475. Abaixo, seguem algumas informações importantes.

O Projeto

Este questionário faz parte da dissertação de mestrado intitulada *A Gestão da Inovação Aplicada à Eficiência Energética nas Ferrovias Brasileiras de Cargas*, orientada pelo Prof. João Alencar Oliveira Júnior, D.Sc.⁷, do Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes (PETRAN) da Universidade Federal do Ceará (UFC)⁸.

O Objetivo

O propósito deste questionário é identificar as práticas das empresas ferroviárias no que se refere à gestão da inovação e, em particular, ao tratamento dado à gestão da eficiência energética. Neste questionário, *Inovação* é a criação de novos produtos ou serviços ou promoção de mudanças significativas para melhorar os produtos e os processos da organização e criar valor adicional para as partes interessadas.

Sigilo

As informações deste questionário serão utilizadas em uma dissertação de mestrado, isto é, um trabalho acadêmico, logo, poderão ser divulgadas em parte ou totalmente (com exceção do item *Finalização*). O nome do informante será informado somente na parte de agradecimentos, se ele assim concordar. As informações coletadas serão atribuídas à Empresa à qual o entrevistado pertence.

O Autor

Alexildo V. Vaz, economista e mestrando em Engenharia de Transportes pela UFC, trabalhou nas ferrovias EFVM, EFC e CFN por oito anos entre 1992 e 2005 nas áreas de planejamento estratégico, desenvolvimento de negócios e comercial. Atualmente é

⁷ E-mail: jalencarjr@yahoo.com e alencar@det.ufc.br. O Prof. Alencar foi orientador desta dissertação até março de 2008.

⁸ <http://www.det.ufc.br/petran/>

analista no Departamento de Engenharia de Implantação de Projetos da Companhia Vale do Rio Doce.

Dados do Entrevistado

Nome:

Cargo:

Função:

Tempo na Função (em anos):

Tempo na Empresa (em anos):

Formação:

Telefone:

E-mail:

Definição e Controle das Práticas de Gestão

1. A empresa tem mecanismos para estimular a inovação? (ex: campanha de sugestões, premiação de idéias e invenções).
2. Como são selecionadas essas idéias e inovações? (ex: Comitês, Análise de Viabilidade Econômica, cálculo de VPL).
3. Como são levadas adiante, as inovações escolhidas?
4. Como a empresa retém e protege a inovação? (ex: patentes)
5. Existe o propósito de comercialização das inovações?
6. Como são gerenciadas as informações comparativas necessárias a apoiar a melhoria e a inovação?
7. O processo de inovação é sistematizado? Existe uma estrutura formal para gerir a inovação?
8. Como a empresa melhora o processo de inovação?
9. A empresa tem conhecimento da legislação federal de incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo (Lei de Inovação Tecnológica – Lei N^o 10.973/2004 e Decreto N^o 5.563/ 2005)?

Aprendizagem

10. Quais os principais indicadores de desempenho ou informações qualitativas e quantitativas (métricas) usados para monitorar o processo de inovação e seus resultados?
11. Cite as principais inovações e melhorias na área de eficiência energética.

12. São feitos acordos ou parcerias com fornecedores na área de eficiência energética?
13. Como são esses acordos?
14. Em que medida a empresa utiliza os incentivos previstos na legislação federal em parcerias para o desenvolvimento da inovação em eficiência energética?

Estratégia de Inovação

15. Como a estratégia de inovação tecnológica está alinhada à estratégia de negócios?
16. Qual o nível de investimento em P&D na empresa?
17. A empresa desenvolve projetos dentro do conceito de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que permite compra e venda de créditos de carbono resultante da inovação na área de eficiência energética?

Finalização

18. Você considera sua empresa inovadora?
19. Cite empresas que você considera inovadoras (pelo menos uma delas deve ser do setor de transporte de cargas ferroviárias de âmbito nacional ou internacional).
20. Você conhece empresas no setor ferroviário de cargas que tenha utilizado a Lei de Inovação Tecnológica no Brasil? Quais?

Obrigado pela colaboração!

APÊNDICE II - QUESTIONÁRIO - ALL

1. A empresa tem mecanismos para estimular a inovação? (ex: campanha de sugestões, premiação de idéias e invenções). *Existe o programa “Idéias e Ações” no qual qualquer colaborador pode uma idéia que possa ser implantada. Exemplo, uma máquina para recuperar e esmerilhar trilhos “economizou milhões para a empresa”. Este ano: um portal que consolida informações e melhora a gestão comercial e prioriza clientes mais rentáveis isso proporciona “melhor gestão de vagões”.*
2. Como são selecionadas essas idéias e inovações? (ex: Comitês, Análise de Viabilidade Econômica, cálculo de VPL). *Há um fluxo para as idéias, que devem já estar implantadas. Primeiro, o gerente da área verifica se é de fato inovadora e tem aplicação. Segundo, um comitê da diretoria (das 7 idéias selecionadas passam 4) junto com mais 300 pessoas da empresa assistem apresentação de 10 minutos das idéias selecionadas. Terceiro, no fim do ano, 12 serão escolhidas para a final, que é decidida pela diretoria (hoje são 5 diretores). Ao todo são 2 rodadas ao longo do ano (no fim do 2º e do 3º trimestres). Reconhecemos que o processo de escolha é mais intuitivo. Estão sendo estudadas métricas para dar mais transparência ao processo.*
3. Como são levadas adiante, as inovações escolhidas? *As inovações já devem estar em funcionamento mas, se for um maquinista que muda a condução em um trecho, isso precisa ser comprovado antes. “Damos muita autonomia”. Outro exemplo, catraca para evitar roubos em vagões.*
4. Como a empresa retém e protege a inovação? (ex: patentes) *A partir deste ano, o colaborador assina um termo cedendo os direitos sobre o invento. Complementar com XXXX.*
5. Existe o propósito de comercialização das inovações? *Em geral, sim. Comercializamos, por exemplo, um sistema de informática para o computador de bordo para uma ferrovia da África do Sul. Complementar com XXXX*
6. Como são gerenciadas as informações comparativas necessárias a apoiar a melhoria e a inovação? *Não.*

7. O processo de inovação é sistematizado? Existe uma estrutura formal para gerir a inovação? *Não. Temos uma gerencia de Tecnologia Operacional. Vamos ter uma estrutura formal no futuro.*
8. Como a empresa melhora o processo de inovação? *Não é sistematizado.*
9. A empresa tem conhecimento da legislação federal de incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo (Lei de Inovação Tecnológica – Lei Nº 10.973/2004 e Decreto Nº 5.563/ 2005)? *Não.*
10. Quais os principais indicadores de desempenho ou informações qualitativas e quantitativas (métricas) usados para monitorar o processo de inovação e seus resultados? *Não. Não há histórico dos programas anteriores. Começou há 5 anos.*
11. Cite as principais inovações e melhorias na área de eficiência energética. *Falar com FFFF ramal RRRR.*
12. São feitos acordos ou parcerias com fornecedores na área de eficiência energética? *Tem parceria, não sei com quem. Falar com FFFF ramal RRRR.*
13. Como são esses acordos? *Falar com FFFF ramal RRRR.*
14. Em que medida a empresa utiliza os incentivos previstos na legislação federal em parcerias para o desenvolvimento da inovação em eficiência energética? *Falar com FFFF ramal RRRR.*
15. Como a estratégia de inovação tecnológica está alinhada à estratégia de negócios? *Falar com FFFF ramal RRRR.*
16. Qual o nível de investimento em P&D na empresa? *Falar com FFFF ramal RRRR.*
17. A empresa desenvolve projetos dentro do conceito de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que permite compra e venda de créditos de carbono resultante da inovação na área de eficiência energética? *Falar com FFFF do Meio Ambiente ramal RRRR.*
18. Você considera sua empresa inovadora? *SIM.*
19. Cite empresas que você considera inovadoras (pelo menos uma delas deve ser do setor de transporte de cargas ferroviárias de âmbito nacional ou internacional). *Embraco, natura, Eletrolux, Vale, TNT.*
20. Você conhece empresas no setor ferroviário de cargas que tenha utilizado a Lei de Inovação Tecnológica no Brasil? *Não. Quais?*

APÊNDICE III - QUESTIONÁRIO - MRS

1. A empresa tem mecanismos para estimular a inovação? (ex: campanha de sugestões, premiação de idéias e invenções).

- No processo de formação de Portfólio da empresa, todas as áreas são livres para criar e sugerir qualquer tipo de projeto.

- A MRS possui também o Programa "Idéias em Ação", onde são premiadas idéias inscritas que contribuem, através de inovações, para o cumprimento da Estratégia.

- Outro programa é o Torneio Diesel, projeto da MRS visando a redução do consumo de combustível (óleo diesel).

2. Como são selecionadas essas idéias e inovações? (ex: Comitês, Análise de Viabilidade Econômica, cálculo de VPL).

- Todos os projetos de melhoria e expansão possuem análise de viabilidade econômico/financeira, com cálculo de TIR e VPL.

- No programa "Idéias em Ação", as sugestões são analisadas por comitês e grupos técnicos.

- No Torneio Diesel, são estabelecidos critérios e metas por comitê especializado.

3. Como são levadas adiante, as inovações escolhidas?

- Os projetos seguem um ciclo de vida pré-estabelecido, tendo como base o PMI.

- As inovações do programa "Idéias em Ação", são premiadas somente se implementadas. Há um comitê que acompanha e audita a implementação.

4. Como a empresa retém e protege a inovação? (ex: patentes)

Através de registro no INPI.

Ex: SAI (Sistema de Aceleração Independente)

5. Existe o propósito de comercialização das inovações?

Ainda não.

6. Como são gerenciadas as informações comparativas necessárias a apoiar a melhoria e a inovação?

- Através do pós-projeto, com a finalidade de verificar se o retorno proposto (premissas de ganho ou redução de custos) foi atingido.

- Através de estudos de benchmarking.

7. O processo de inovação é sistematizado? Existe uma estrutura formal para gerir a inovação?

- Os projetos são sistematizados através do SGP (Sistema de Gerenciamento de Projetos), onde todas as informações geradas são registradas e monitoradas durante o ciclo de vida do projeto.

- *A área de Engenharia da MRS também está sendo estruturada para tratar inovação.*

8. Como a empresa melhora o processo de inovação?

- *Através de base de dados (lições aprendidas), registradas nos projetos.*

- *Através de Estudos de Benchmarking*

9. A empresa tem conhecimento da legislação federal de incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo (Lei de Inovação Tecnológica – Lei Nº 10.973/2004 e Decreto Nº 5.563/ 2005)?

Sim.

10. Quais os principais indicadores de desempenho ou informações qualitativas e quantitativas (métricas) usados para monitorar o processo de inovação e seus resultados?

No BSC 2007, temos alguns Objetivos Estratégicos que nos permitem monitorar o processo de inovação:

- *"Garantir Gestão da Inovação", com os indicadores: Desenvolvimento de Itens (%) e Resultados obtidos com os investimentos em inovação (R\$)*

- *"Otimizar a Gestão de Projetos e Investimentos", com o indicador: Critérios Conjugados*

- *"Desenvolver Mercado", com os indicadores: Novos Negócios (TU) e Inovação nas soluções de Atendimento para novos clientes (quantidade).*

- *"Desenvolver Solução de Atendimento", com os indicadores: Novas soluções implementadas (quantidade) e Receita com novas soluções (R\$).*

11. Cite as principais inovações e melhorias na área de eficiência energética.

Adequação/otimização do esforço de tração.

Aumento de carga por eixo.

Biodiesel.

12. São feitos acordos ou parcerias com fornecedores na área de eficiência energética?

Sim, com a Ipiranga (otimização do uso de lubrificantes e desenvolvimento de tecnologia de controle de consumo).

13. Como são esses acordos?

Formalizados através de contratos.

14. Em que medida a empresa utiliza os incentivos previstos na legislação federal em parcerias para o desenvolvimento da inovação em eficiência energética?

A empresa ainda não utiliza.

15. Como a estratégia de inovação tecnológica está alinhada à estratégia de negócios?

Através dos Objetivos de BSC.

16. Qual o nível de investimento em P&D na empresa?

Em 2007, o percentual de investimentos em P&D representa 16% em relação ao total.

17. A empresa desenvolve projetos dentro do conceito de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que permite compra e venda de créditos de carbono resultante da inovação na área de eficiência energética?

Não

18. Você considera sua empresa inovadora?

Sim

19. Cite empresas que você considera inovadoras (pelo menos uma delas deve ser do setor de transporte de cargas ferroviárias de âmbito nacional ou internacional).

MRS, EMBRAER, PETROBRAS, NATURA, GOOGLE, 3M, APLE.

20. Você conhece empresas no setor ferroviário de cargas que tenha utilizado a Lei de Inovação Tecnológica no Brasil? Quais?

Não.

APÊNDICE IV - QUESTIONÁRIO - VALE

1. A empresa tem mecanismos para estimular a inovação? (ex: campanha de sugestões, premiação de idéias e invenções).

As práticas de inovação são incentivadas através do estabelecimento de metas, onde, ano após ano, são inseridas metas que para serem alcançadas exigem o constante aperfeiçoamento do assunto em questão.

Existe também como ferramenta para disseminação da informação e evento de Melhores práticas, onde são apresentados os melhores e mais interessante trabalhos desenvolvidos no ano anterior.

2. Como são selecionadas essas idéias e inovações? (ex: Comitês, Análise de Viabilidade Econômica, cálculo de VPL).

Grupos de estudo denominados grupos de Sourcing conduzem pesquisas e auxiliam na resolução de problemas. Além disso, no caso específico da eficiência energética, em virtude de sua importância no fator de custo para a ferrovia, existe fóruns de estudo, com a participação de todas as áreas que podem impactar no indicador.

Outro ponto de destaque é que cada área possui projetos de Tecnologia, que buscam inovar processos e produtos em prol do desenvolvimento. Esses projetos de Tecnologia são controlados e monitorados mensalmente através de um Comitê, sendo que cada projeto possui escopo, análise de viabilidade, cálculo de VPL, riscos, cronogramas, responsáveis, etc.

3. Como são levadas adiante, as inovações escolhidas?

A CVRD é dividida em diversas áreas. Um assunto levantado nos grupos de estudo, por similaridade de assuntos, é tratado em uma dessas áreas correspondentes, com a participação eventual de uma outra área.

A agenda estratégica definida a cada ano serve também como direcionamento para a priorização dos projetos de Tecnologia. Após essa priorização, os projetos “escolhidos” são monitorados.

4. Como a empresa retém e protege a inovação? (ex: patentes)

Na execução de contratos onde é utilizada uma determinada tecnologia, ou que desenvolve uma tecnologia, são realizadas cláusulas de sigilo comercial.

Associado a isso, para alguns projetos, podem ainda ser configuradas patentes, no caso de desenvolvimento de tecnologia, onde certos produtos são tratados de forma específicas para a nossa empresa e negócio.

5. Existe o propósito de comercialização das inovações?

Em primeiro momento o interesse no desenvolvimento de uma tecnologia está em seu ganho direto. Mas não é descartada a “venda” de tecnologia. Entretanto esse assunto ainda não é tratado abertamente dentro dos fóruns de discussão.

6. Como são gerenciadas as informações comparativas necessárias a apoiar a melhoria e a inovação?

Através do acompanhamento das metas específicas de cada gerência da área de logística e do Comitê, sendo cada dono o real responsável pelo projeto. Existem também na CVRD programas internos que premiam os melhores projetos.

7. O processo de inovação é sistematizado? Existe uma estrutura formal para gerir a inovação?

Dentro da estrutura da CVRD/Logística existe uma área responsável por conduzir testes de campo. Essa área fornece resultados técnicos desses testes para os grupos de Sourcing, que conduzem as análises de viabilidade em conjunto com outras áreas de interesse.

8. Como a empresa melhora o processo de inovação?

O processo de inovação é constante. As áreas envolvidas no processo de Sourcing participam com frequência de feiras e eventos externos, com o objetivo de avaliar novas tecnologias. Portanto, o benchmarking com outras ferrovias ou mesmo outras áreas é fundamental.

9. A empresa tem conhecimento da legislação federal de incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo (Lei de Inovação Tecnológica – Lei Nº 10.973/2004 e Decreto Nº 5.563/ 2005)?

A CVRD tem conhecimento da legislação, tendo em seus quadros pessoas especializadas na questão de incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica. Além disso, a CVRD possui um Departamento específico para desenvolvimento de novas tecnologias.

10. Quais os principais indicadores de desempenho ou informações qualitativas e quantitativas (métricas) usados para monitorar o processo de inovação e seus resultados?

Previamente ao início de um teste são definidos indicadores que serão acompanhados isoladamente. Os indicadores de desempenho dependem do projeto em desenvolvimento. No caso da eficiência energética e do teste de um novo produto, efeitos colaterais esperados também são normalmente mapeados.

11. Cite as principais inovações e melhorias na área de eficiência energética.

As melhorias ocorridas com a eficiência energética nas ferrovias são devidas a inúmeros fatores. A operação do maquinista, no seu modo de conduzir o trem, influencia diretamente no indicador de eficiência energética. Para esse item, são normalmente indicados treinamentos, que tem, entre todos os objetivos, a redução de custos.

Além disso, outro ponto importante é o estabelecimento de metas específicas que indiretamente impactam no indicador, como por exemplo, quantitativo de trem hora-parado para as várias atividades da ferrovia. A informação é uma importante ferramenta para o controle do processo.

12. São feitos acordos ou parcerias com fornecedores na área de eficiência energética?

São feitas parcerias para o desenvolvimento de projetos que irão impactar no indicador.

13. Como são esses acordos?

Detalhes comerciais devem ser obtidos com a área jurídica da Vale.

14. Em que medida a empresa utiliza os incentivos previstos na legislação federal em parcerias para o desenvolvimento da inovação em eficiência energética?

Detalhes comerciais devem ser obtidos com a área jurídica da Vale. Entretanto vale ressaltar que gastos com investimentos tem tratamento tributário diferenciado.

15. Como a estratégia de inovação tecnológica está alinhada à estratégia de negócios?

Através das metas que são imputadas às áreas da Vale.

16. Qual o nível de investimento em P&D na empresa?

Todas as empresas tem um portfólio de projetos para avaliação, e uma restrição orçamentária, como resultado direto dos ganhos esperados. Esses projetos serão desenvolvidos em decorrência direta dos resultados previstos.

Entretanto, mesmo que um projeto não tenha sido contemplado inicialmente, este pode ser priorizado e desenvolvido, caso seu retorno previsto seja significativo. Tudo dependerá da priorização através do alinhamento com a agenda estratégica.

17. A empresa desenvolve projetos dentro do conceito de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que permite compra e venda de créditos de carbono resultante da inovação na área de eficiência energética?

Sim. Alguns projetos, hoje em fase inicial, poderão usufruir de benefícios com créditos de carbono.

18. Você considera sua empresa inovadora?

Sim.

19. Cite empresas que você considera inovadoras (pelo menos uma delas deve ser do setor de transporte de cargas ferroviárias de âmbito nacional ou internacional).

Apple, BHP, Union Pacific e MRS, Microsoft.

20. Você conhece empresas no setor ferroviário de cargas que tenha utilizado a Lei de Inovação Tecnológica no Brasil? Quais?

Não conheço.

APÊNDICE V - INOVAÇÕES SELECIONADAS EM FERROVIAS

#	Inovação	Descrição
1	Biodiesel	Adaptação de motores de locomotivas para o uso de biodiesel
2	Computadores de bordo para locomotivas (CBL)	Equipamentos que integram outros sistemas (cercas eletrônicas, detector de descarrilamento, GPS) para dar mais informações e apoiar as decisões dos maquinistas. Pode ser dotado de uma caixa-preta que registra as os comandos acionados.
3	Desguarnecedora de ombro de lastro	Equipamento que aumenta a eficiência e rapidez da limpeza e peneiramento do lastro da ferrovia. Melhora a drenagem da linha e facilita o trabalho de socaria.
4	Detector de descarrilamento	Dispositivo que fica no rodeiro dos vagões e permite identificar se eles ainda estão em contato com os trilhos.
5	Detector de Trens	É uma cerca eletroeletrônica que controla a circulação do trem entre os pontos A e B e, caso o maquinista avance o limite estabelecido na licença, permite ocorre o corte de tração e aplicação de freio, parando o trem.
6	Dormentes de Plástico	Uso de dormentes de plástico reciclado em substituição aos de madeira, concreto ou aço. Em algumas situações são mais resistentes e duráveis.
7	ERP	Software que permite a melhoria do controle de custos operacionais e redução de estoques. Pode ser integrado a sistemas de operações ferroviárias.
8	GPS	Uso do GPS para licenciamento e localização de locomotivas e trens. É uma alternativa ao licenciamento por sistemas que usam cabos coaxiais ao longo da linha.
9	Locomotivas AC	Uso de locomotivas com motores de corrente alternada (AC). Os motores usados atualmente nas ferrovias brasileiras são de corrente contínua (DC). O uso de motores de tração com corrente alternada em locomotivas é uma tecnologia recente, utilizada por diversas ferrovias norte-americanas. Com potência entre 4.000 e 6.000 HP, mais do que nas locomotivas DC, as AC possibilitam economia em manutenção e combustível.
10	Locotrol	Adoção de tração distribuída nos trens. O sistema foi desenvolvido pela GE Transportation e consiste no uso de locomotivas na frente, no meio e no fim da composição, sendo que todas tem a tração e frenagem coordenadas por microprocessadores conectados por transmissão de rádio

11	Monitoramento da temperatura do Trilho	Sistema de segurança on line que restringe automaticamente a velocidade de tráfego quando o trilho atinge determinada temperatura.
12	Monitoramento de via permanente	Uso de novas máquinas e equipamentos para redução de acidentes e aumento da disponibilidade da ferrovia. Inclui o uso de veículos para inspeção de veículos para ensaio de ultra-som, que detecta defeitos internos nos trilhos.
13	Otimizador de Tração e Redutor de Potência (OTRP)	É um sistema que usa conceitos de inteligência artificial para decidir, pelo maquinista, variáveis de tração e potência. Incorporado a computadores de bordo, é um embrião para um piloto automático em trens de carga.
14	Rebitolagem	Tecnologia desenvolvida para ajustar a bitola de locomotivas e vagões. Reduz o investimento em material de tração e rodante.
15	RFID no rastreamento de vagões	Uso de etiquetas eletrônicas com tecnologia RFID (Identificação por Radiofrequência) que permite transmitir informações sobre a carga transportada: localização, número do vagão, cliente, origem e destino da carga, entre outras.
16	Rodotrilho ou Roadrailer	É uma carreta semi-reboque dotada de truques ferroviários que pode trafegar tanto em uma rodovia como em uma ferrovia. Dispensa o transbordo da carga.
17	Serviço Limitado Móvel Privado (SLMP)	A MRS foi autorizada pela ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) a executar o SLMP, o que libera o uso dos canais de radiofrequência (mais caro) para outras atividades com o RFDI.
18	Simulador de Condução de Locomotiva	Similar àqueles usados no treinamento de pilotos de aeronaves, este equipamento possibilita simulações realistas às diversas condições operacionais das ferrovias pelo uso de imagens geradas por computador.
19	Sistema de Aceleração Independente	Um trem de carga tem, normalmente, mais de uma locomotiva. Quando o maquinista acelera, o faz no mesmo nível para todas as locomotivas. Este sistema permite a escolha do ponto de aceleração para cada uma delas.
20	Software de Distribuição de Trens	Software que otimiza a distribuição de trens de carga pesada. Um deles é o Optmore, da MRS, que reduz as filas no processo de carga e descarga e otimiza o programa de transportes.
21	Software de Distribuição de Vagões	Introdução de software para a programação de trens de carga geral carregados ou vazios. Serve para o planejamento operacional das ferrovias e otimiza o posicionamento dos vagões. Um deles é o Optvag, usado na MRS.

22	Trains	Adoção do software Trains, desenvolvido por empresa de Campinas (SP), a CFlex. O Trains é um sistema computacional que modela e considera a circulação e a operação de trens e demais recursos em uma malha ferroviária que pode ser utilizado de forma autônoma (off-line) como uma ferramenta de simulação e suporte à tomada de decisão, ou integrado aos sistemas corporativos da ferrovia (on-line) para o apoio ao planejamento de circulação e despacho em tempo real.
23	Uso de Estações Meteorológicas	Recurso de suporte à tomada de decisão e segurança nas ferrovias. Estações meteorológicas são posicionadas ao longo da ferrovia para transmitir informações atualizadas sobre as condições climáticas.
24	Uso de <i>Frame Brace</i>	É uma estrutura montada sob o vagão que reduz a vibração lateral das rodas. Em uma ferrovia australiana, no transporte de carvão, foi observado aumento de vida útil de 40% para as rodas e redução de 5,8% no consumo de combustível. A EFC está implantando na frota de vagões para minério de ferro.
25	Vagão de 6 eixos	Trata-se de um vagão multi-cargas com 2 truques de 3 eixos cada. O vagão permite o aumento da tonelagem bruta em cerca de 40% e pode trafegar em linhas de baixa capacidade. O vagão possui fundo móvel para descarga de granel e que, ao ser fechado, permanece como piso plano, permitindo transportar sacaria.
26	Vagão de Plástico	Substituição de materiais mais pesados e sujeitos a corrosão (como aço carbono) por materiais mais leves e resistentes. Reduz consumo de combustíveis e gastos com manutenção.
27	Vagão Multiuso para Produtos Siderúrgicos	É um vagão plataforma multifuncional com estruturas móveis (retentores) para o transporte de produtos siderúrgicos que também pode ser usado para o transporte de contêineres. Aumenta a flexibilidade da frota e a segurança no transporte.
28	Vagão Refrigerado	Conhecido pelo nome de <i>reefer</i> , são vagões que permitem o transporte de cargas resfriadas ou congeladas.
29	Aumento de Carga por Eixo	Refere-se a diversos projetos que permitam o aumento de peso da carga transportada.