



(Eco)Inovação e Ferrovias

Ricardo Alves Colonetti, Julio Cesar Zilli, Adriana Carvalho Pinto Vieira,
Cristina Keiko Yamaguchi

RESUMO

A indústria ferroviária recebe constante influência da inovação e grande parte das inovações desenvolvidas na indústria ferroviária é incremental e visa, principalmente, ganho de produtividade. Partindo desse pressuposto, este artigo objetiva verificar como a inovação pode impactar nas atividades de uma empresa no segmento de transporte ferroviário de cargas. Metodologicamente, trata-se de uma pesquisa descritiva, bibliográfica com abordagem qualitativa e estudo de caso realizado na Ferrovia Tereza Cristina S.A. Para as iniciativas inovadoras, foram elencadas ações que a empresa considerava inovadora, como o vagão de plástico, sistema e tecnologia, transporte de contêineres e carretinha para transporte de trilhos. Os dados foram coletados por meio de um questionário enviado via *e-mail* ao gerente de manutenção e transporte da empresa em estudo, responsável pelo projeto do eco-vagão. Os resultados apontam que a implantação do eco-vagão reduziu os custos com manutenção anual em 15%, visto que a vida útil do vagão triplicou e aumentou a produtividade em 1,5 toneladas de carga útil por vagão. Da mesma forma, reduziu o impacto ambiental, com a utilização de material reciclado na construção dos vagões, evitando a derrubada de duas árvores por vagão construído, além de reduzir o risco de contaminação, por vazamento e o ruído no processo de descarga.

Palavras-chave: Ferrovia. Ecoinovação. Eco-vagão.

1 INTRODUÇÃO

Quando Hobsbawn (2007) se referiu à ferrovia como “filha das minas”, em alusão ao fato da primeira estrada de ferro ter sido construída em função do transporte de carvão, poderia muito bem ter utilizado a expressão “filha da inovação”, uma vez que, a história das ferrovias está diretamente relacionada à inovação. A ferrovia inovou ao alterar o padrão dos transportes no período pós-revolução industrial.

De Schumpeter, considerado o precursor dos debates sobre inovação, aos autores neoschumpeterianos, como Freeman, Lundvall, Nelson, Dosi, Rosenberg, dentre outros, o tema foi e vem sendo, exaustivamente discutido nos estudos acadêmicos das mais variadas áreas do conhecimento. Igualmente, ganhou repercussão e espaço nas reuniões das empresas e nas pautas governamentais, por estar vinculado à geração e manutenção de vantagem competitiva, ao desenvolvimento socioeconômico e às questões ambientais, com o surgimento do conceito de ecoinovação.

Tal qual a inovação, o transporte ferroviário é pauta em diversos debates, planos governamentais e estudos acadêmicos, nos quais se discutem a densidade ferroviária, a participação na matriz de transporte, o ‘custo Brasil’, as formas de concessão, a produtividade das empresas, dentre outros. Geralmente, após essas discussões, conclui-se que é necessário possuir um sistema regulatório e formas de concessão mais eficientes para o setor, construir novas ferrovias, recuperar as existentes e modernizar a frota e as operações.

Após a concessão das malhas ferroviárias à iniciativa privada, entre 1996 e 1998, as ferrovias brasileiras apresentaram aumento na produtividade e nos investimentos realizados. Contudo, quando analisadas de forma individual, mesmo com estes investimentos, é possível verificar certas disparidades: enquanto algumas são altamente produtivas¹, outras apresentam

¹ A Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM) e a Estrada de Ferro Carajás (EFC), ambas operadas pela Vale S.A. (antiga Companhia Vale do Rio Doce), são referências mundiais em produtividade, atuando no segmento



índices baixos. Porém, deve ser ressaltado que existem vários fatores que auxiliam para esta desigualdade: as características do mercado, as especificações técnicas, as condições históricas, os produtos transportados, a capacidade de investimento das concessionárias, entre outros.

Nesse contexto, para algumas ferrovias, principalmente aquelas que operam pequenos trechos ou apresentam certas limitações, nem sempre a realização de vultosos investimentos, na aquisição de tecnologia de ponta, é suficiente para que se alcance determinado objetivo, quer seja melhorar a produtividade, modificar um processo, oferecer um novo serviço ou se adequar a uma legislação. Em vários casos, estes objetivos são alcançados por meio do desenvolvimento de soluções inovadoras, dentro das próprias empresas, pela criação de algo novo ou adaptação de algo já existente.

Diante disso, o objetivo deste artigo é verificar como a inovação pode impactar nas atividades de uma empresa do segmento de transporte ferroviário de cargas. Para alcançar o objetivo proposto, foi realizado um estudo de caso na Ferrovia Tereza Cristina S.A., selecionando um projeto inovador da empresa como ponto de análise.

Com relação à escolha da indústria ferroviária, em especial o segmento de transporte de cargas, para verificar as características e os impactos da inovação, justifica-se pela relevância do referido meio de transporte, desde o seu surgimento, alterando a dinâmica dos meios de produção, até os dias atuais, com os debates acerca das cadeias de suprimentos globais. Percebeu-se ainda que existem poucos estudos que tratam, especificamente, da relação entre ferrovia e inovação, embora a última esteja intrínseca à primeira, como já mencionado.

Estruturalmente, o artigo está dividido em cinco seções, incluindo essa introdução. A segunda seção apresenta o referencial teórico, abordando conceitos e informações sobre inovação, ecoinovação, ferrovias e as características da inovação na atividade ferroviária. A terceira seção apresenta a metodologia utilizada, caracterizando a pesquisa e a empresa estudada. A quarta seção discute o estudo de caso e apresenta os resultados. Por fim, a quinta seção é destinada às considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INOVAÇÃO E ECOINOVAÇÃO

Segundo Conde e Araújo-Jorge (2003), o termo inovação pode ser tratado de diferentes formas, quer seja mais restrita ou mais abrangente, tendo assim entendimentos distintos. Mas, afinal, o que é inovação?

Para Schumpeter (1986), considerado o precursor dos debates sobre inovação, o desenvolvimento econômico é resultado da ação do “empresário inovador”, que se utiliza dos meios existentes para realizar “novas combinações”. Essas novas combinações são as inovações que, segundo o autor, podem ser:

- 1) Introdução de um novo bem [...] ou de uma nova qualidade de um bem.
- 2) Introdução de um novo método de produção [...], que [...] pode consistir também em nova maneira de manejar comercialmente uma mercadoria.
- 3) Abertura de um novo mercado [...].
- 4) Conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou de bens semimanufaturados [...].
- 5) Estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria, como a criação de uma posição de monopólio (por exemplo, pela trustificação) ou a fragmentação de uma posição de monopólio (SCHUMPETER, 1986, p. 48).

Para Conceição (2000, p. 1) “O conceito de inovação está ligado à noção de tecnologia, que pode ser sintetizada como conhecimento técnico associado à produção de bens e serviços”. Por sua vez, a Lei n. 10.973/2004, também conhecida como ‘Lei da Inovação’,



considera inovação a “introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo ou social que resulte em novos produtos, processos ou serviços” (BRASIL, 2004, p. 2).

A partir dos estudos de Schumpeter, a inovação passou a ser discutida de forma mais incisiva e, no pós-guerra (Segunda Guerra Mundial), os investimentos em ciência e tecnologia e, conseqüentemente, a geração da inovação, aumentaram consideravelmente. No mesmo sentido, os estudos acerca da inovação evoluíram evidenciando dois modelos: o linear e o não-linear (ou interativo). O primeiro tratou a inovação como um processo sequencial (pesquisa básica, invenção, pesquisa aplicada, desenvolvimento tecnológico e difusão/comercialização); enquanto o segundo se apoiou na defesa de um processo de interação entre as firmas e os agentes que compõem o sistema de ciência e tecnologia (CONDE; ARAÚJO-JORGE, 2003).

Considerando estes dois modelos, Rothwell (1994) argumentou que a evolução do processo de inovação se deu em cinco gerações, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Gerações do processo de inovação.

Modelo	Geração	Período	Inovação
Linear	1ª	Início da década 1950 até a metade da década de 1960	Tecnologia empurrada
	2ª	Da metade da década de 1960 até o início da década de 1970	Puxada pelo mercado
	3ª	Da década de 1970 até década de 1980	Combinado
Interativo	4ª	Início da década de 1980 até o início da década de 1990	Integral
	5ª	A partir de década de 1990	Rede de trabalho

Fonte: Elaborado a partir de Rothwell (1994).

Na primeira geração, devido à rápida expansão industrial e às novas oportunidades tecnológicas, as empresas passaram a investir em pesquisa e desenvolvimento acreditando que quanto maior fosse o investimento, mais bem-sucedidas seriam as inovações. Nessa geração, as inovações eram desenvolvidas e “empurradas” ao mercado (*technology push*). Na segunda geração, devido ao equilíbrio do mercado (oferta e demanda), as organizações passaram a introduzir novos produtos (grande parte baseados em tecnologias existentes) conforme as necessidades identificadas no mercado, ou seja, a inovação era “puxada” por este (*market pull* ou *demand pull*). Na terceira geração, as empresas buscaram equilibrar as atividades de pesquisa e desenvolvimento, bem como de verificação das necessidades do mercado, ou seja, houve uma combinação de esforços (*coupling*) (ROTHWELL, 1994).

A quarta geração trouxe o conceito do modelo interativo, onde as empresas passaram a atuar de forma conjunta com fornecedores, no intuito de desenvolver novos produtos e compartilhar as tecnologias; e com os clientes, objetivando conhecer as suas necessidades e interesses. Desse modo, ocorreu uma “integração” dos esforços (*integrated*). Por fim, a quinta geração foi um aperfeiçoamento da quarta, onde as empresas passaram a interagir com fornecedores e clientes, por meio de ferramentas eletrônicas, criando redes de colaboração (*networking*) (ROTHWELL, 1994).

Devido à complexidade da mudança técnica e à grande quantidade de inovações introduzidas a cada ano, Freeman e Perez (1988) sugeriram uma taxonomia para classificá-las. Segundo os autores, as inovações podem ser classificadas como: inovação incremental, inovação radical, novos sistemas de tecnologia e mudanças do paradigma técnico-econômico.

As inovações incrementais são mais frequentes e estão relacionadas às melhorias introduzidas em produtos e processos, resultando, geralmente, em ganhos como aumento de produtividade, melhoria na qualidade de um produto ou serviço, adequação a uma situação, etc. As inovações radicais são menos frequentes e surgem de modo a alterar um padrão, podendo descontinuar o anterior (causar uma ruptura) e levar ao surgimento de novas indústrias e serviços (FREEMAN; PEREZ, 1988).



Os novos sistemas de tecnologia são resultado da combinação entre inovações radicais, incrementais e organizacionais (de gestão), ocasionando profundas alterações em diversos ramos da economia, dando origem a novos setores. Por fim, as mudanças do paradigma técnico-econômico afetam toda a economia, combinando diversas inovações radicais e incrementais e incorporando uma série de novos sistemas de tecnologia, dando origem a diversos novos produtos, serviços e indústrias e causando uma “revolução tecnológica” (FREEMAN; PEREZ, 1988).

Para Nelson e Winter (1982) a inovação está relacionada à competição que, por sua vez, produz os “vencedores” e os “perdedores”. Dessa forma, as firmas inovam buscando o lucro e aquelas que não o fazem correm o risco de saírem perdedoras. No mesmo sentido, Bessant e Tidd (2009) enfatizam a relevância da inovação para que uma organização consiga gerar ou sustentar uma posição de vantagem competitiva ou, simplesmente, sobreviva ao ambiente concorrencial imposto pelo mercado. Nesse sentido, Freeman e Soete (2008) classificam as estratégias de inovação das firmas em: ofensiva, defensiva, imitativa, dependente, tradicional e oportunista.

De forma resumida, a estratégia ofensiva enfatiza a busca pela liderança (tecnológica ou de mercado), enquanto a defensiva dá ênfase à manutenção da concorrência. Em ambas as estratégias há investimento intensivo em pesquisa e desenvolvimento, porém, enquanto na estratégia ofensiva há a busca pelo novo e a preocupação com a proteção, na defensiva as firmas são avessas ao risco e buscam apenas seguir as líderes (FREEMAN; SOETE, 2008).

Por sua vez, nas estratégias imitativa, dependente, tradicional e oportunista, não há investimento em pesquisa e desenvolvimento. Na estratégia imitativa as firmas buscam competir pelo posicionamento em custos, adquirindo tecnologia, licenças e *know-how*; na dependente, estabelecem relação com outras firmas e seu investimento se dá em produção e *marketing*; na oportunista, buscam atender nichos de mercado; e na tradicional, devido a um cenário próximo da concorrência perfeita, não há estímulo à inovação, sendo as tecnologias e técnicas de conhecimento comum (FREEMAN; SOETE, 2008).

Outro aspecto relevante acerca da inovação diz respeito a sua difusão e adoção. Nesse sentido, Rogers (1983) classificou os adotantes em: inovadores (*innovators*), adotantes iniciais (*early adopters*), maioria inicial (*early majority*), maioria tardia (*late majority*) e retardatários (*laggards*). Em resumo, pode-se dizer que existem os líderes e os seguidores.

Recentemente, em torno dos debates sobre o desenvolvimento sustentável e as preocupações com a preservação do meio ambiente, emergiu o conceito daecoinovação (BARBIERI et al, 2010), ou seja, as inovações voltadas à sustentabilidade e que, de alguma forma, reduzem o impacto e os riscos ambientais se comparadas às alternativas existentes (RENNINGS, 2000).

Com base no ‘*Manual de Oslo*’, Kemp e Pearson (2007, p. 7) propuseram uma definição para ecoinovação:

Ecoinovação é a produção, assimilação ou exploração de um produto, processo de produção, serviço ou método de gestão ou de negócio que é **novo para a organização** (desenvolvendo-a ou adotando-a) e que **resulta**, ao longo do seu ciclo de vida, na redução do risco ambiental, poluição e outros impactos negativos do uso de recursos (incluindo o uso de energia) **comparado com alternativas correspondentes** (tradução nossa, grifo dos autores).

Segundo Rennings (2000) a ecoinovação pode ser de natureza tecnológica (curativa, que visa reparar danos ambientais ou preventiva, que busca preveni-los), organizacional, social ou institucional. Pode ser desenvolvida tanto por organizações que visem o lucro quanto pelas sem fins lucrativos, podendo, desse modo, ser comercializada ou não. Pode ser “empurrada” pela tecnologia (*technology push*) ou pela legislação (*regulatory push*) ou “puxada” pelo mercado (*market pull*).



Com relação à estratégia de ecoinovação adotada, as empresas podem ser classificadas como ecoinovadoras estratégicas (*strategic eco-innovators*), ecoadotantes estratégicas (*strategic eco-adopters*), ecoinovadoras passivas (*passive eco-innovators*) e não ecoinovadoras (*non eco-innovators*) (KEMP; PEARSON, 2007).

As ecoinovadoras estratégicas são as firmas que desenvolvem ecoinovações voltadas ao mercado; as ecoadotantes estratégicas são aquelas que implementam ecoinovações, sejam elas adquiridas no mercado e/ou desenvolvidas internamente; as ecoinovadoras passivas são aquelas que não possuem estratégia de inovação, mas que acabam desenvolvendo processos e/ou produtos que resultam em ganhos ambientais; e as não ecoinovadoras são aquelas que não desenvolvem atividades ou adquirem soluções de caráter ecoinovador (KEMP; PEARSON, 2007).

2.2 FERROVIAS

Desde o século XVI, há relatos da existência de trilhos de madeira, nas minas inglesas, pelos quais os trabalhadores empurravam vagonetes carregados de carvão. No século XVII, os trilhos de madeira foram substituídos pelos de ferro, mais resistentes ao peso da carga. Posteriormente, a invenção do motor a vapor modificou a dinâmica das estradas de ferro, uma vez que, tornou possível a construção de locomotivas capazes de trafegar grandes distâncias e transportar grande quantidade de carga (LOWSON, 1998; SANTOS, 2011).

A primeira ferrovia construída para transporte regular de cargas e passageiros foi a *Stockton and Darlington Railway*, inaugurada em 1825, com extensão de 60 quilômetros, entre as localidades de Stockton e Darlington, na Inglaterra. A partir de então, dada a grande capacidade de transporte, principalmente de cargas, as ferrovias se espalharam por todo o mundo (LOWSON, 1998).

No Brasil, o transporte ferroviário chegou em 1854, quando Irineu Evangelista de Sousa, o Barão de Mauá, construiu a ‘Estrada de Ferro de Petrópolis’, ligando o Porto de Mauá a Fragoso, no Rio de Janeiro, com extensão de 14,5 quilômetros (SANTOS, 2011). Anos mais tarde, o governo imperial aprovou o Decreto n. 2.450/1873, que concedia garantia de juros de até 7%, às companhias que se dispusessem a construir ferrovias (BRASIL, 1873). A partir de então, a malha ferroviária brasileira iniciou uma acelerada expansão.

Até 1929, quando a malha ferroviária alcançou a extensão de 31.967 quilômetros, a grande maioria das estradas de ferro haviam sido construídas empregando capital estrangeiro (principalmente inglês), possuíam a concessão de garantia de juros, ligavam uma zona produtora a um porto de embarque (produtos primários destinados à exportação) e apresentavam resultados financeiros deficitários. Este último fato fez com que o Estado encampasse diversas ferrovias (BARAT, 1973).

Na década de 1930, com o processo de industrialização nacional, houve a necessidade de investir na ampliação e modernização das ferrovias. Entretanto, essa modernização teve início na década de 1950, quando o sistema ferroviário foi incluído na pauta da Comissão Mista Brasil-Estados Unidos (CMBEU). Nessa década, o Estado havia encampado grande parte das ferrovias brasileiras e necessitava reestruturá-las, bem como incorporar novas tecnologias. Ainda na década de 1950, foi criada a Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA), empresa responsável pela administração da malha ferroviária pertencente à União (SANTOS, 2011).

Mesmo seguindo as orientações do relatório da CMBEU, os resultados não foram os esperados. Nas décadas de 1960 e 1970, a RFFSA suprimiu diversos trechos ferroviários considerados antieconômicos (foram aproximadamente 8.000 quilômetros). Em 1971, a exemplo da União, o estado de São Paulo resolveu unificar a malha paulista criando a Ferrovia Paulista S.A. (FEPASA). Na década de 1980, os investimentos realizados tanto pela RFFSA quanto pela FEPASA, eram insuficientes para a manutenção da operação ferroviária:



as ferrovias estavam sucateadas e apresentavam constantes déficits financeiros (BARAT, 1973; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2013).

Tal situação, aliada à introdução das políticas neoliberais, na década de 1990, resultou na inclusão da malha ferroviária da RFFSA no Plano Nacional de Desestatização, em 1992. A FEPASA foi incorporada à RFFSA, em 1998, e também incluída no referido plano. Entre 1996 e 1998, ocorreram os leilões de concessão das sete malhas: Oeste, Centro-Leste, Sudeste, Tereza Cristina, Sul, Nordeste e Paulista, que, respectivamente, foram vencidos pelas concessionárias: Ferrovia Novoeste S.A., Ferrovia Centro-Atlântica S.A., MRS Logística S.A., Ferrovia Tereza Cristina S.A., Ferrovia Sul-Atlântico S.A., Companhia Ferroviária do Nordeste e Ferrovias Bandeirantes S.A. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2011).

A transferência das operações ferroviárias à iniciativa privada foi, entre outros motivos, uma tentativa de modernizar a malha ferroviária brasileira, sendo que, as concessionárias se comprometeram, contratualmente, a realizar investimentos (em material rodante, via permanente, etc.) que melhorassem o desempenho ferroviário. Em comparação com os números anteriores às concessões, observou-se aumento tanto nos investimentos, quanto na produtividade das ferrovias (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2013).

Após as concessões, o cenário ferroviário foi alterado com algumas fusões e aquisições de empresas, com destaque para o surgimento da América Latina Logística (ALL) e as concessões outorgadas à Vale S.A. A Tabela 1 apresenta a atual situação das ferrovias de carga brasileiras, no que concerne a extensão da malha e o grupo controlador:

Tabela 1 – Ferrovias de carga brasileiras.

Ferrovias	Controlador	Extensão (km)
América Latina Logística Malha Norte S.A. (ALLMN)		617
América Latina Logística Malha Oeste S.A. (ALLMO)	Rumo ALL	1.945
América Latina Logística Malha Paulista S.A. (ALLMP)		1.989
América Latina Logística Malha Sul S.A. (ALLMS)		7.265
Estrada de Ferro Carajás (EFC)		892
Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM)	Vale S.A.	905
Ferrovia Norte-Sul (FNS)		720
Ferrovia Centro-Atlântica S.A. (FCA)		8.066
Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A. (FERROESTE)	Ferroeste/PR	248
Ferrovia Tereza Cristina S.A. (FTC)	FTC	164
MRS Logística S.A. (MRS)	MRS	1.674
Transnordestina Logística S.A. (TLSA)	TLSA/CSN	4.207
Estrada de Ferro Trombetas (EFT)	MRN S.A.	35
Estrada de Ferro Jari (EFJ)	Jari Celulose S.A.	68
Estrada de Ferro Amapá (EFA)	MMX S.A.	194
Total	-	28.989

Fonte: Elaborado com base em Confederação Nacional do Transporte (2011; 2013).

Nota: Existem outros 1.437 quilômetros de linhas destinadas ao transporte de passageiros (metrô, trens turísticos e urbanos).

2.3 CARACTERÍSTICAS DA INOVAÇÃO NA ATIVIDADE FERROVIÁRIA

A história das ferrovias está diretamente relacionada à inovação. Em um primeiro momento, com a introdução do motor a vapor, as estradas de ferro se apresentaram como uma nova alternativa de transporte (inovação radical). Posteriormente, com o passar dos anos e com os avanços científicos e tecnológicos, diversas alterações (inovações incrementais) foram realizadas no que diz respeito aos processos de operação, à via permanente (trilhos e



dormentes) e ao material rodante (locomotivas e vagões) (VAZ, 2008).

Os trilhos de madeira foram substituídos pelos de aço e de ferro. Como alternativa aos dormentes de madeira surgiram os de concreto, os de aço e, recentemente, os de plástico (madeira plástica). As locomotivas, inicialmente movidas por motores a vapor, também sofreram alterações com o surgimento das locomotivas diesel, elétrica e diesel-elétrica. Ainda sobre a tração, podem ser citados os sistemas de cabos e cremalheiras. Os sistemas de freio também evoluíram (vapor, ar e automático), assim como os vagões que foram construídos nos mais variados formatos (buscando adequá-los aos diversos tipos de cargas) e com diversos materiais (madeira, ferro e aço). Avanços também acompanham os processos de comunicação e monitoramento das composições férreas, com a instalação de computadores de bordo e sistemas específicos (acoplagem automática de vagões, posicionamento e localização, controle e distribuição de tração, etc.) (FISHLOW, 1966; SANTOS, 2011).

Entretanto, desde a invenção da primeira locomotiva a vapor, que caracterizou uma mudança nos padrões de transporte, passando pelo surgimento do conceito dos trens de alta velocidade (*Shinkansen*), em 1964, no Japão, as ferrovias não sofreram grandes alterações na sua forma de operação: a interação roda-trilho. Ao se considerar o transporte de cargas, por exemplo, observa-se uma série de inovações incrementais, porém, nenhuma capaz de introduzir um novo padrão² (ruptura) ao transporte ferroviário (SMITH, 2001).

Segundo Vaz (2008), tecnologicamente, a atividade ferroviária é considerada madura e consolidada, existindo assim, menos espaço para as inovações radicais e mais espaço para as inovações incrementais. Pitassi (2011, p. 246-247) corrobora com a afirmação ao argumentar que neste cenário “a taxa de mudança tecnológica é baixa e [...] o ciclo de vida do produto é longo”.

Com relação as fontes, as inovações da indústria ferroviária estão centralizadas nos fornecedores que dominam as tecnologias globais. De modo geral, as empresas ferroviárias brasileiras são usuárias ‘seguidoras’, ou seja, adotam as inovações algum tempo após as ‘líderes’ globais. Com relação à estratégia de inovação adotada, as empresas brasileiras são, predominantemente, defensivas (VAZ, 2008).

Porém, são comuns os casos onde o desenvolvimento de inovações é internalizado nas empresas concessionárias do transporte ferroviário, geralmente, desenvolvido com recursos próprios, pelas áreas de engenharia, tecnologia da informação e/ou manutenção de vagões e locomotivas (PITASSI, 2011; VAZ, 2008) e visando, principalmente, ganhos de produtividade e redução de custos (FISHLOW, 1966; SMITH, 2001). Algumas empresas operadoras possuem parcerias e/ou convênios com instituições de ensino e/ou pesquisa bem como com fornecedores, em âmbito nacional e internacional, para o desenvolvimento de projetos (MARTINS, 1989; PITASSI, 2011).

Com relação à pesquisa interna às ferrovias e o desenvolvimento de inovações, Vaz (2008, p. 100-101) argumenta que:

As ferrovias brasileiras de carga concentram recursos e esforços na melhoria operacional [...] e ampliação dos serviços prestados [...]. 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 [...].

² Smith (2001) sugere que este novo padrão pode ser introduzido com a tecnologia Maglev (*Magnetic levitation transport*), também conhecido como ‘trem de levitação magnética’. Entretanto, a tecnologia é utilizada apenas no transporte de passageiros.



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.

Outro fato que merece menção e análise, diz respeito à característica “monopolista” da atividade ferroviária. As operadoras de transporte ferroviário possuem área de atuação definida pela malha concessionada, não existindo concorrência (salvo a utilização de outros meios de transporte). Desse modo, o cliente se torna cativo e, se optar pelo transporte ferroviário, deverá contratar a operadora da malha. Tal situação pode trazer comodidade à operadora, que, por sua vez, não vê a necessidade de investir em atividades de pesquisa ou aquisição de novas tecnologias (VAZ, 2008).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo tem como objetivo verificar como a inovação pode impactar nas atividades de uma empresa do segmento de transporte ferroviário de cargas. Nesse sentido, a Ferrovia Tereza Cristina S.A. foi a empresa escolhida para a realização de um estudo de caso.

Desde 1997, a Ferrovia Tereza Cristina S.A. é a concessionária da malha Tereza Cristina, localizada no sul de Santa Catarina. A ferrovia possui 164 quilômetros de extensão e se destaca pelo transporte de carvão, das minas do sul catarinense até o Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda, no município de Capivari de Baixo. Além do carvão, a FTC também transporta contêineres entre um terminal intermodal e o porto de Imbituba (FERROVIA TEREZA CRISTINA, 2015).

No que tange à pesquisa, quanto aos seus objetivos, caracteriza-se como descritiva. As pesquisas descritivas são aquelas que têm por objetivo descrever as características de determinado objeto de estudo ou estabelecer relações entre variáveis, por meio da utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados como, por exemplo, o questionário (GIL, 2002).

Quanto aos meios de investigação, trata-se de uma pesquisa bibliográfica e de um estudo de caso. “A pesquisa bibliográfica é um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema” (LAKATOS; MARCONI, 2003, p. 158).

Por sua vez, o estudo de caso é o procedimento que “Consiste no estudo [...] de um ou poucos objetos [objetivando] proporcionar uma visão global do problema ou de identificar possíveis fatores que o influenciam ou são por ele influenciados” (GIL, 2002, p. 54-55).

Com relação à escolha da iniciativa inovadora a ser analisada, em um primeiro momento, foram elencadas aquelas que a empresa considerava inovadoras, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Iniciativas consideradas inovadoras.

N.	Iniciativa	Descrição
1	Vagão de plástico	Utilização de plástico reciclado para fabricação de vagões.
2	Aquisição de sistemas e tecnologia	Aquisição de sistemas de gerenciamento e aumento de desempenho da frota (Sigefer, Q-trac, GPS).
3	Transporte de contêineres	Oferecimento de um novo serviço de transporte.
4	Carretinha para transporte de trilhos	Criação de um equipamento para facilitar o transporte de trilhos, utilizando a própria linha férrea.

Fonte: Dados da pesquisa (2015)

Nota: os números da primeira coluna não são indicativos de grau de importância das iniciativas listadas.

Em seguida, buscou-se verificar se as iniciativas listadas pela Ferrovia Tereza Cristina S.A. corroboravam com a classificação apontada por Schumpeter (1986), na qual a



‘carretinha’ se enquadrou como “um novo bem”; o transporte de contêineres como “um novo mercado”; a aquisição de sistemas e tecnologia, como a “introdução de um novo bem”; e o vagão de plástico como “uma nova forma de produzir algo”.

Percebeu-se que, além das práticas de inovações, a Ferrovia Tereza Cristina desenvolve ações de sustentabilidade aliadas à inovação, a que atribui o conceito de ecoinovação. Devido a isso, o presente estudo se deu no desenvolvimento do vagão de plástico, também denominado eco-vagão. O projeto do eco-vagão já foi premiado como segundo colocado no ‘V Prêmio Amsted-Maxion de Tecnologia Ferroviária³’, em 2007, e apresentado no ‘I Seminário Nacional de Inovação’, realizado na Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) em 2010.

Após a definição do objeto de estudo, foi encaminhado um questionário semiestruturado via *e-mail*, ao gerente de manutenção e transporte da empresa, também responsável pelo projeto do eco-vagão. O referido instrumento de coleta de dados foi elaborado contendo questões abertas e fechadas e estruturado com o objetivo de identificar as características e os impactos da iniciativa inovadora em questão. Posteriormente, foi realizada uma visita ao Centro de Controle Operacional (CCO) da FTC, onde foi possível conversar diretamente com o gerente para sanar possíveis dúvidas. Os resultados são apresentados na seção seguinte.

4 ESTUDO DE CASO: ECO-VAGÃO

A Ferrovia Tereza Cristina não possui área responsável pela gestão da inovação e, por isso, os projetos inovadores são conduzidos internamente, pelos setores de tecnologia de informação e/ou manutenção.

O vagão de plástico ou eco-vagão consiste na utilização de polietileno de alta densidade reciclado, para revestir as laterais e o assoalho dos vagões GHD⁴ destinados ao transporte de carvão. O vagão foi idealizado e desenvolvido pela equipe de manutenção da empresa, com o objetivo aliar conceitos de sustentabilidade e redução de custos de manutenção.

Buscando novas formas para construir os vagões GHD, a equipe estudou diversos materiais alternativos à madeira de lei (angelim, canela ou cedro), como, por exemplo, eucalipto, laminados, aço e fibra de vidro. Os materiais se apresentaram inviáveis, seja pelo custo elevado ou pela baixa durabilidade e confiabilidade. Porém, em uma feira do setor ferroviário, o gerente da equipe conheceu uma empresa que fabricava itens a partir da utilização do polietileno de alta densidade reciclado. Nesse momento, surgiu a ideia de utilizar o referido material para a fabricação dos vagões.

Entre os primeiros estudos e o desenvolvimento do protótipo foram cinco anos e o projeto foi financiado com recursos próprios. O primeiro eco-vagão entrou em circulação em dezembro de 2005 e, após um ano de testes, tendo apresentado resultados positivos, o projeto foi implementado. Desse modo, a partir de 2007, a empresa passou a fabricar apenas eco-vagões. Atualmente, a FTC possui 250 vagões GHD em operação, dos quais 180 são eco-vagões e 70 são convencionais. Até 2019, a empresa pretende substituir todos os vagões GHD convencionais por eco-vagões.

Quando questionado acerca do alcance do objetivo inicial do projeto, que era reduzir o

³ “O Prêmio AmstedMaxion de Tecnologia Ferroviária foi criado em 2003 e tem como objetivo descobrir projetos ligados a vagões, locomotivas e ferrovias que valorizam a produtividade, redução de custos, segurança e satisfação dos clientes. Essa premiação acontece todos os anos [durante a feira ‘Negócios nos Trilhos’] e conta com a participação de técnicos de toda a América Latina, dando oportunidades a funcionários de concessionárias do transporte ferroviário de carga, estudantes universitários e de escolas técnicas” (AMSTEDMAXION, 2015).

⁴ Os vagões são classificados segundo a norma ‘ABNT NBR 11691’, na qual a primeira letra corresponde ao tipo de vagão, a segunda ao subtipo e a terceira peso máximo admissível e bitola. No caso do vagão GHD: G (Gôndola), H (com bordas basculantes ou semi-tombantes com fundo em lombo de camelo) e D (peso máximo admissível de 80 toneladas e bitola de 1,00 metro).



impacto ambiental e os custos de manutenção, o gerente informou que o projeto não apenas cumpriu o objetivo proposto, como também superou as expectativas, uma vez que, foram percebidos ganhos adicionais com o aumento de produtividade e de segurança no processo operacional. Estes ganhos, por sua vez, levaram a novos ganhos financeiros e ambientais.

Outro ponto ressaltado na pesquisa, foi que após algum tempo da implementação do projeto e com mais eco-vagões em operação, percebeu-se que a frota apresentou um melhor visual, em decorrência do fato do plástico manter uma boa aparência mesmo com a ação do tempo. A Figura 1 apresenta a imagem do eco-vagão e do vagão convencional.

Figura 1 – Comparação: eco-vagão x vagão convencional.



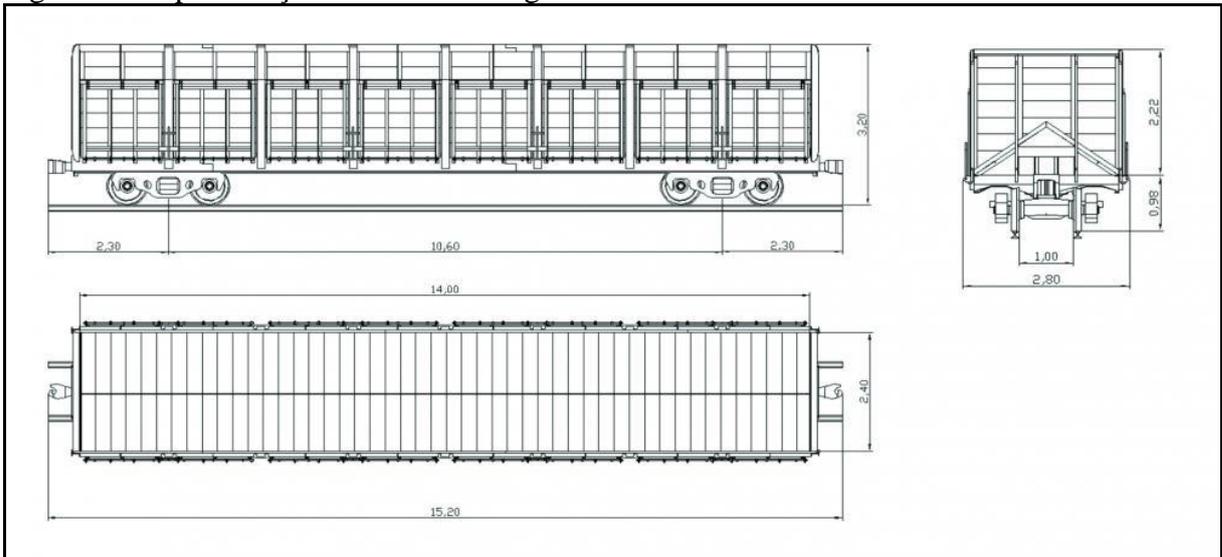
Fonte: Acervo da Ferrovia Tereza Cristina.

O vagão GHD convencional tem as laterais construídas com madeira de lei e o assoalho revestido com chapas de aço (embora alguns também apresentem o interior em madeira). No eco-vagão, a madeira e o aço são substituídos por placas de madeira plástica, obtidas por meio da reciclagem de materiais descartados como lixo e resíduos industriais. Segundo o gerente, além de utilizar material reciclado, que demoraria 300 anos para se decompor nos lixões, a construção do eco-vagão ainda descarta o uso de duas árvores adultas, ou seja, aquelas em condições de corte, com diâmetro médio de 90 centímetros.

A Figura 2 apresenta as especificações técnicas e a Figura 3 traz as etapas da montagem do eco-vagão.



Figura 2 – Especificações técnicas do vagão GHD.



Fonte: Locofer (2015).

Figura 3 – Etapas da montagem do eco-vagão.



Fonte: Acervo da Ferrovia Tereza Cristina.

Com o passar dos anos, seja pela característica do transporte ou pela ação do tempo, as tábuas do vagão convencional acabam se afastando, ocasionando frestas ou rompimentos, por onde pode haver perda do carvão transportado ou vazamento dos finos de carvão⁵. A ação do tempo ainda pode causar oxidação na estrutura metálica do vagão.

Tanto as frestas ou rompimento de tábuas, quanto a oxidação, requerem reparos na estrutura do vagão, envolvendo custos e mantendo o vagão inativo durante o tempo de reparo. No caso de haver perda do material transportado, pode ocorrer a contaminação do lastro da ferrovia pelo vazamento de finos de carvão. Os principais problemas estruturais do vagão convencional podem ser observados na Figura 4.

⁵ Material resultante da movimentação e peneiramento do carvão, apresentando-se na forma de pequenas partículas.



Figura 4 – Principais problemas apresentados pelo vagão convencional.



Fonte: Acervo da Ferrovia Tereza Cristina.

Por sua vez, o eco-vagão é mais resistente à ação do tempo e às especificidades do transporte, possui melhor vedação e encaixe dos componentes, pois, o plástico apresenta maior estanqueidade e não absorve a água, além de uma estrutura protegida da oxidação. Por ter melhor vedação, dificilmente haverá perda do carvão transportado por frestas ou similares, aumentando a confiabilidade da frota. O eco-vagão ainda permite maior disponibilidade do vagão, pois necessita de menos reparos que o convencional, fato que também leva à redução dos custos de manutenção.

Conforme Confederação Nacional do Transporte (2013), o tempo estimado para reposição dos vagões ferroviários é de aproximadamente 10 anos (Figura 5). A vida útil do eco-vagão é de 30 anos, enquanto a do vagão convencional de madeira e aço é de 12 anos, ou seja, o eco-vagão tem vida útil quase três vezes maior se comparado ao vagão convencional.

Figura 5 – Tempo estimado para a reposição dos componentes ferroviários.



Fonte: Confederação Nacional do Transporte (2013, p. 15).

O material utilizado na construção do eco-vagão, em comparação com os demais



materiais disponíveis, apresenta maior vida útil, conforme apresentado na Tabela 2:

Tabela 2 – Vida útil dos materiais utilizados na construção dos vagões

Material	Vida útil (anos)
Plástico reciclado	30
Madeira de lei	12
Madeirite com fibra	12
Chapa de aço	10
Compensado naval	5
Eucalipto	4

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

O custo do projeto do eco-vagão é 5% maior, se comparado ao projeto do vagão convencional, porém, considerando a relação custo-benefício, a vida útil triplicada e a redução de custos, principalmente com manutenção, torna-se viável.

O eco-vagão não demanda pintura, pois o plástico reciclado já vem pigmentado e descarta a compra, manuseio e estoque de sete meses para secagem da madeira, reduzindo também custos de estoque e insumos de produção. Ademais, o custo com a manutenção anual do vagão ficou 15% menor, mesmo índice de redução na revisão hexanual. Nos percentuais de redução de custo estão inclusos: imobilização, manobras, combustível, energia elétrica, manutenção de máquinas e equipamentos de marcenaria, substituição de revestimento de madeira, aço, etc. e pintura dos vagões.

Com relação a produtividade, percebe-se o aumento de 1,5 tonelada de carga útil por vagão: o vagão convencional pesa 22 toneladas, enquanto o eco-vagão 20,5 toneladas. Essa redução no peso do vagão, permitiu aumentar a tonelage transportada de 59,5 para 61 toneladas, aumentando assim a produtividade.

A operação de descarga do carvão com o vagão de plástico, permite que o carvão deslize com maior facilidade devido ao baixo coeficiente de atrito. Nos vagões convencionais, o carvão adere ao revestimento de madeira e aço, necessitando de equipamento para vibrar as paredes do vagão para soltar o carvão. A redução e/ou a eliminação do uso deste equipamento reduz o custo da operação, bem como os ruídos provenientes da mesma.

Mensurando o tempo da operação de descarga, verificou-se um ganho de dois minutos por vagão: enquanto nos vagões convencionais de madeira e aço, a operação demora cinco minutos, nos eco-vagões corresponde a três minutos.

4.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Seguindo a classificação de Schumpeter (1986, p. 48), o eco-vagão pode ser considerado como a “introdução de um novo método de produção”, uma vez que, o vagão não perdeu suas características, havendo apenas a mudança no material utilizado em sua construção. Desse modo, o eco-vagão assume a forma de uma inovação incremental, uma vez que, trouxe um melhoramento ao vagão já existente (FREEMAN; PEREZ, 1988).

No que diz respeito à Ferrovia Tereza Cristina, verifica-se que a empresa não fugiu às características do setor: não possui um setor responsável pela inovação, ficando a cargo dos setores de manutenção e/ou tecnologia de informação; utiliza-se de recursos próprios para desenvolver seus projetos; e busca melhorias operacionais, principalmente de produtividade e redução de custos (FISHLOW, 1966; PITASSI, 2011; SMITH, 2001; VAZ, 2008). Porém, no caso do eco-vagão, a empresa foi além, abandonando a posição de seguidora, predominante no segmento ferroviário, para se colocar como inovadora, líder (ROGERS, 1983), visto que, a utilização de madeira plástica para a construção de vagões foi uma iniciativa totalmente nova no Brasil.



O eco-vagão ainda trouxe conceitos deecoinovação, uma vez que, contribuiu para a redução do impacto ambiental (KEMP; PEARSON, 2008; RENNINGS, 2000), ocasionado pelas atividades da FTC. Esse posicionamento da empresa, em desenvolver um projeto voltado à sustentabilidade, permitiu classificá-la como ecoinovadora (KEMP; PEARSON, 2008).

Por fim, com relação aos impactos da inovação sobre as atividades da ferrovia, pode-se observar uma série de benefícios advindos da utilização do eco-vagão. Os referidos benefícios são apresentados, de forma resumida, no Quadro 3,

Quadro 3 – Resumo dos principais benefícios observados com o eco-vagão.

Ambientais	Produtividade
Utilização de materiais reciclados	Redução do tempo de descarga do carvão
Redução do ruído no processo de descarga	Redução da perda com o transporte
Elimina o risco de contaminação por vazamento	Aumento da disponibilidade da frota
Evita a derrubada de duas árvores por vagão	Aumento de 1,5 tonelada de carga útil por vagão
Custos	Segurança
Redução de custo com a produção do vagão	Aumento da confiabilidade da frota
Redução de custo com manutenção anual	Melhoria na retenção da carga
Redução do custo de operação	Proteção da estrutura do vagão
Redução de custo com a revisão hexanual	Menor risco de perda de carga

Fonte: Dados da pesquisa (2015)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação ao projeto do eco-vagão, observa-se que a Ferrovia Tereza Cristina S.A. não fugiu às características de inovação do segmento ferroviário, apontados pela literatura: o vagão consiste em uma inovação incremental, desenvolvida internamente pela equipe de manutenção, com recursos próprios e visando a melhoria operacional. Contudo, a iniciativa incorporou conceitos de sustentabilidade, ao reduzir os impactos ambientais, caracterizando-se assim, como uma ecoinovação e se diferenciando das demais iniciativas inovadoras da empresa e do segmento ferroviário. Desse modo, a FTC pode ser considerada uma empresa ecoinovadora e líder.

Mesmo em um segmento com característica monopolista e consolidado, onde cada operadora recebe o direito de explorar uma malha ferroviária, percebe-se o papel desempenhado pela inovação. Com o eco-vagão, a empresa não conquistou novos clientes ou expandiu suas operações, mas, obteve resultados significativos com a redução de custos e aumento de produtividade e de segurança, além de contribuir com a redução do impacto ambiental. Pode-se acrescentar que, inclusive, este fato fortaleceu a imagem da empresa perante a comunidade.

Para contribuir com os debates em torno da sustentabilidade e da preservação ambiental, é interessante ressaltar que a utilização de material reciclado, para a construção do eco-vagão GHD, abre a oportunidade para que outros tipos de vagões sejam construídos de forma semelhante. Para isso, será necessário realizar estudos técnicos e verificar as características das cargas transportadas.

No mesmo sentido, percebe-se que a indústria ferroviária vem investindo em tecnologias que reduzem o impacto ambiental, principalmente no que se refere à eficiência energética. Outras iniciativas como o desenvolvimento de dormentes de madeira plástica e a instalação de pisos de borracha reciclada nas passagens de nível, também estão sendo colocadas em prática. Essas iniciativas abrem possibilidades para novos estudos acadêmicos sobre a (eco)inovação no segmento ferroviário.



REFERÊNCIAS

- AMSTEDMAXION. **Prêmio AmstedMaxion de Tecnologia Ferroviária**. 2015. Disponível em: <http://www.amstedmaxion.com.br/conteudo/novo/patrocinius_tec.php>. Acesso em: 01 jul. 2015.
- BARAT, J. O setor de transportes na economia brasileira. **Revista de administração pública**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 4, p. 105-199, out./dez. 1973.
- BARBIERI, J. C. et al. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. **Revista de administração de empresas**, São Paulo, v. 50. n. 2, p. 146-154, abr./jun. 2010.
- BESSANT, J.; TIDD, J. **Inovação e empreendedorismo**. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- BRASIL. Decreto n. 2.450, de 24 de setembro de 1873. **Coleção de Leis do Império do Brasil de 1873**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 386-387, 1873.
- BRASIL. Lei n. 10.973, de 2 de dezembro de 2004. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 02 dez. 2004. Seção 1, p. 2-4.
- CONCEIÇÃO, O. A. C. A centralidade do conceito de inovação tecnológica no processo de mudança estrutural. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 58-76, 2000.
- CONDE, M. V. F.; ARAÚJO-JORGE, T. C. Modelos e concepções de inovação: a transição de paradigmas, a reforma da C&T brasileira e as concepções de gestores de uma instituição pública de pesquisa em saúde. **Ciência & saúde coletiva**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 727-741, 2003.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de ferrovias 2011**. Brasília: Confederação Nacional do Transporte, 2011.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **O sistema ferroviário brasileiro**. Brasília: Confederação Nacional do Transporte, 2013.
- FERROVIA TEREZA CRISTINA. **Constituição e área de atuação: o negócio**. 2015. Disponível em: <<http://ftc.com.br/a-empresa/constituicao/>>. Acesso em: 04 jul. 2015.
- FISHLOW, A. Productivity and technological change in the railroad sector, 1840-1910. In: BRADY, D. S. (Ed.). **Output, employment, and productivity in the United States after 1800**. Nova Iorque: National Bureau of Economic Research, 1966. p. 583-646.
- FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour. In: DOSI, G. et al. (Eds.). **Technical chance and economic theory**. Londres: Pinter Publishers, 1988. p. 38-66.
- FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Campinas: Editora Unicamp, 2008.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.



HOBSBAWM, E. J. **A era das revoluções: Europa 1789-1848**. 22. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2007.

KEMP, R.; PEARSON, P. **Final report MEI project about measuring eco-innovation**. Maastricht: UM-MERIT, 2007.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LOCOFER. **Equipamentos: vagão tipo GHD**. 2015. Disponível em: <<http://www.locofer.com.br/equipamentos/vagao-tipo-ghd>>. Acesso em: 05 jul. 2015.

LOWSON, M. V. Surface transport history in the UK: analysis and projections. **Proc. instn. civ. engrs. transp.**, v. 129, n. 1, p. 14-19, fev. 1998.

MARTINS, R. W. C. Pesquisa e desenvolvimento no setor ferroviário: o caso Fepasa. **Revista de administração**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 100-110, abr./jun. 1989.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: The Belknap Press Harvard University Press, 1982.

PITASSI, C. O papel de um centro de P&D em empresas de ramos tradicionais: o caso da UN de logística da Vale. **Cad. EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 241-261, jun. 2011.

RENNINGS, K. Redefining Innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics. **Ecological economics**, v. 32, n. 2, p. 319-332, 2000.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 3. ed. Nova Iorque: Free Press, 1983.

ROTHWELL, R. Towards the fifth-generation innovation process. **International marketing review**, Sussex, v. 11, n. 1, p. 7-31, 1994.

SANTOS, S. dos. **Transporte ferroviário: história e técnicas**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1982. (Os economistas).

SILVEIRA, M. R. **A importância geoeconômica das estradas de ferro no Brasil**. 453 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2003.

SMITH, R. A. Railway technology: the last 50 years and futures prospects. **Japan railway & transport review**, n. 27, p. 16-24, jun. 2001.

VAZ, A. V. **A gestão da inovação tecnológica em ferrovias brasileiras de cargas**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.