



COBENGE 2005

XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPG-UFPE

CARACTERÍSTICAS DE MODAIS DE TRANSPORTE E INFLUÊNCIAS NOS CUSTOS E NÍVEL DE SERVIÇOS LOGÍSTICOS

CARACTERÍSTICAS DE MODAIS DE TRANSPORTE E INFLUÊNCIAS NOS CUSTOS E NÍVEL DE SERVIÇOS LOGÍSTICOS

Alander Ornellas Machado - alander@petrobras.com.br

PETROBRAS

Cidade Universitária, Quadra 7, Ilha do Fundão

CEP 21.941-598 - Rio de Janeiro - RJ

Renato de Campos - rcampos@feb.unesp.br

Universidade Estadual Paulista, Departamento de Engenharia de Produção/FEB

Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube, s/nº Vargem Limpa

CEP 17033-360 - Bauru - SP

Ailton da Silva Ferreira - ailton_silva_ferre@ig.com.br

UNIG - Campus V

BR-356 / Km 02

CEP 28300-000 - Itaperuna – RJ

***Resumo:** As principais atividades presentes na logística podem ser definidas como: transportes; administração de estoques; fluxo de informações e processamento de pedidos. O transporte é um importante elemento influenciando os custos e nível de serviços logísticos. O estudo de algumas de suas características é fundamental para a adequada compreensão do gerenciamento da cadeia de suprimentos e a correta tomada de decisões. Este artigo apresenta uma revisão da literatura sobre modais de transporte destacando a importância da gestão dos custos e níveis de serviço num sistema logístico. Esse estudo visa o suporte a tomada de decisões nestes sistemas, e em particular, definir as características de um modelo conceitual para o desenvolvimento de um jogo de empresas na área logística.*

***Palavras-chaves:** Logística, Transporte, Jogos de Empresa, Aprendizagem*

1. INTRODUÇÃO

Logística é o processo de planejamento, implementação e controle eficiente e eficaz do fluxo e armazenagem de mercadorias, serviços e informações relacionadas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender às necessidades do cliente (BOWERSOX e CLOSS, 2001). Existem outras definições mais ou menos abrangentes para o que denominamos hoje de "logística empresarial". Ballou (2001) em sua definição já utiliza o conceito de nível de serviço, além de tornar explícita sua preocupação com a questão dos custos logísticos: "A logística empresarial trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima

até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável”. Dornier et al. (2000) simplificadamente define logística empresarial como sendo basicamente a gestão de fluxos entre funções de negócio.

Devido ao número e variedade de decisões e informações envolvidas na gestão de um sistema logístico, torna-se necessário o adequado conhecimento das variáveis e características dos elementos presentes. O transporte é um dos principais elementos e tem enorme impacto nos custos e nível de serviços ao cliente.

Além do bom conhecimento da teoria sobre logística, passa a ser importante para o gestor (ou para aqueles ainda em formação na área relativa) a possibilidade de praticar a tomada de decisões através da criação de cenários simulados em ambiente computacional, permitindo a compreensão da complexidade e dos impactos dessas decisões, testando o seu conhecimento e aprendendo com os sucessos e fracassos. Portanto, os jogos de empresa como ferramenta de apoio a decisões logísticas tendem a crescer ainda mais em importância e a ocupar um lugar de destaque junto às empresas na medida em que propiciam condições estimulantes para o ensino, o treinamento e a simulação de decisões, tanto gerenciais quanto operacionais. Através dos jogos os participantes podem vivenciar e testar condições simuladas da realidade analisando, posteriormente, as conseqüências de suas escolhas. Isso abre a possibilidade de se poder – virtualmente – errar e voltar atrás em um mercado competitivo que pune cada vez mais severamente os erros cometidos (ORNELLAS et al., 2005). No Brasil este tipo de pesquisa se iniciou a partir da década de setenta com o crescimento do uso de jogos recreativo-educacionais utilizados ainda como suporte para o ensino de primeiro grau como, por exemplo, jogos para estimular o aprendizado de aritmética ou estimular as habilidades motoras das crianças (MARTINELLI, 1987). Porém, ainda são raras as aplicações na logística e, nas suas ocorrências, verifica-se que se trata na maioria dos casos da utilização de jogos desenvolvidos em outros países. Jogos que retratam culturas diferentes e legislações díspares.

Este artigo apresenta uma revisão da literatura sobre modais de transporte, destacando a importância da adequada gestão dos custos e do nível de serviço em um sistema logístico. O estudo visa o suporte a tomada de decisões nestes sistemas, e em particular, definir as características de um modelo conceitual a para implementação de um jogo de empresas na área logística adaptado a realidade brasileira.

2. CUSTOS LOGÍSTICOS E NÍVEL DE SERVIÇO

Um dos principais desafios da logística moderna é conseguir gerenciar a relação entre custos logísticos globais e nível de serviço. O grande obstáculo para isso é que cada vez mais os clientes estão exigindo melhores níveis de serviço (redução e maior cumprimento dos prazos de entrega; maior disponibilidade de produtos; entrega com hora determinada; maior facilidade de colocação do pedido etc.), mas ao mesmo tempo não estão dispostos a pagar mais por isso (LIMA, 2000).

O preço está passando a ser um fator qualificador e o nível de serviço um diferenciador perante o mercado (LIMA, 2000). Assim, a logística ganha a responsabilidade de agregar valor ao produto através do serviço por ela oferecido ao menor preço possível. A importância de cada dimensão do serviço também varia de acordo com o perfil de cada cliente, uma vez que as suas necessidades são diferenciadas. Desta maneira, as empresas para manterem sua competitividade estão segmentando os seus canais de atendimento e de distribuição. Diante desta sofisticação da estrutura logística surge uma grande dúvida: qual o impacto da melhoria do nível de serviço nos custos logísticos globais da empresa e quais os principais componentes desses custos?

Os custos logísticos globais, também conhecidos como “custo total”, são compostos pelo produto em si, pelos serviços logísticos agregados e pelo sistema de informação que, reunidos, compõem a parte tangível do produto em termos de características físicas e serviços. A parte intangível é o resultado de toda a arquitetura montada pelo sistema de informação que dá apoio desde o processo de pré-transação até o processo de pós-venda. A habilidade de compreender e gerenciar esses processos integrados de operações de produção e logística é que definirá a capacidade que as empresas terão de minimizar o seu custo total para um determinado nível de serviço (JOHNSON et al., 1998); (LIMA, 2000). Neste sentido, podemos entender o custo total basicamente como sendo o resultado da soma dos custos (por vezes conflitantes) das atividades de *transporte*, *armazenagem* e *processamento de pedidos* que, conjuntamente, formam um sistema logístico. Portanto, a otimização deste sistema não implica na otimização isolada de cada um desses três componentes. A soma dos ótimos isolados nem sempre produz o ótimo global (ORNELLAS et al., 2005).

Wanke (2000) cita como exemplo a opção de uma empresa por uma redução significativa dos custos de transporte através do aumento dos locais de armazenagem. Haverá em contrapartida, porém, um aumento dos custos de armazenagem e processamento de pedidos. A Figura 1 expressa como esses custos se comportam influenciando o custo total. O gerenciamento logístico deve buscar o ponto no gráfico que otimize os três parâmetros conjuntamente e não apenas um deles (BALLOU, 2001); (WANKE, 2000).

A aplicação do conceito de custo total em Logística é uma decorrência dessa abordagem sistêmica. Segundo Lambert (1998) essa aplicação é a chave do gerenciamento da logística. A minimização do custo de atividades isoladas pode levar ao incremento do custo de outros componentes do sistema, elevando o custo total.

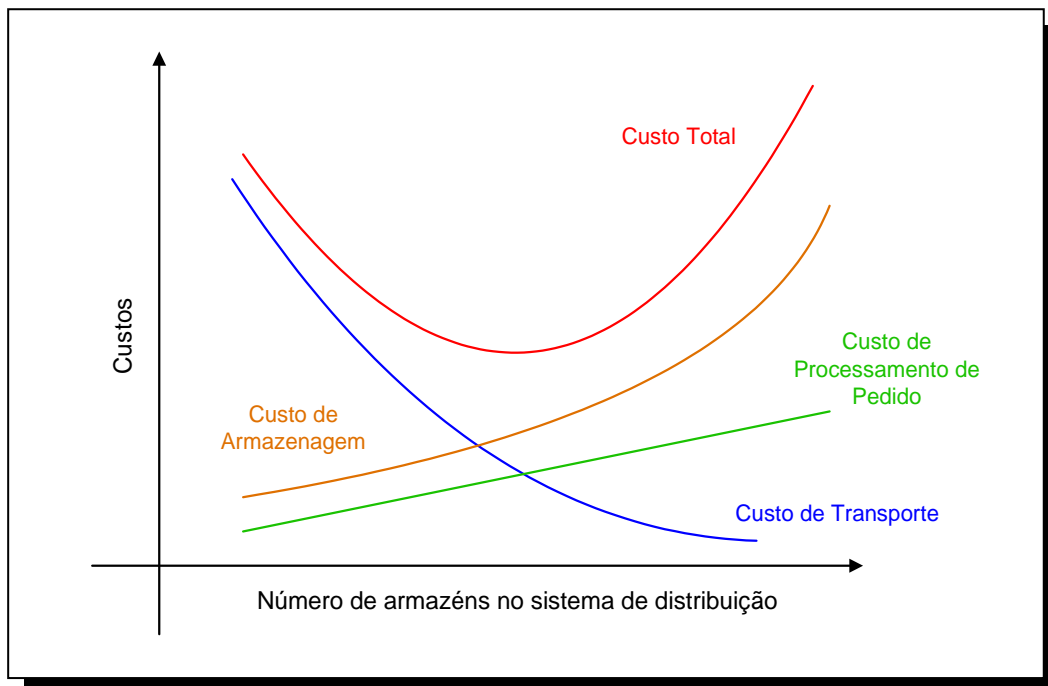


Figura 1: Relação entre custos e número de armazéns no sistema de distribuição.

Fonte: adaptado de BALLOU, Ronald H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

Alguns autores subdividem os custos logísticos ampliando o leque de elementos no custo total. Para Lambert (1998), por exemplo, este seria o resultado da seguinte soma (Figura 2):

- *Custos de transporte*: referem-se a todos os custos relacionados com a transferência de materiais entre dois pontos distintos. Por exemplo, pagamento de fretes, tarifas portuárias, impostos de circulação, despachos alfandegários etc.;
- *Custos de nível de serviço ao cliente*: referem-se às perdas de receitas decorrentes das vendas perdidas pela falta de produtos (algumas metodologias propõem também acrescentar a este tipo de custo o valor presente líquido de possíveis perdas futuras em consequência da perda definitiva do cliente);
- *Custos de armazenagem*: referem-se aos gastos relacionados ao acondicionamento físico de materiais;
- *Custos de informação e processamento de pedidos*: referem-se aos custos associados à introdução, transmissão e processamento de pedidos de compra e venda de insumos e produtos acabados;
- *Custos de setup*: referem-se aos custos procedentes de alterações nas condições do sistema logístico. Por exemplo, quando há uma diminuição do tamanho dos lotes de fabricação há, por consequência, uma necessidade de tempo maior para a preparação de máquinas e equipamentos, inspeções etc.;
- *Custos de manutenção de estoques*: referem-se a todos os custos relacionados à variação do nível de estoques armazenados. São subdivididos, ainda, nos seguintes tipos: (1) custos de capital (que é o custo de oportunidade que a empresa tem de uso do capital); (2) custos com serviços (taxas, seguros, etc.); (3) custos com riscos decorrentes de perdas, danos, movimentações e obsolescência; e (4) custos com espaço.

Na próxima sessão são apresentadas características de modais de transporte através da visão de vários autores e pesquisadores da área de logística.

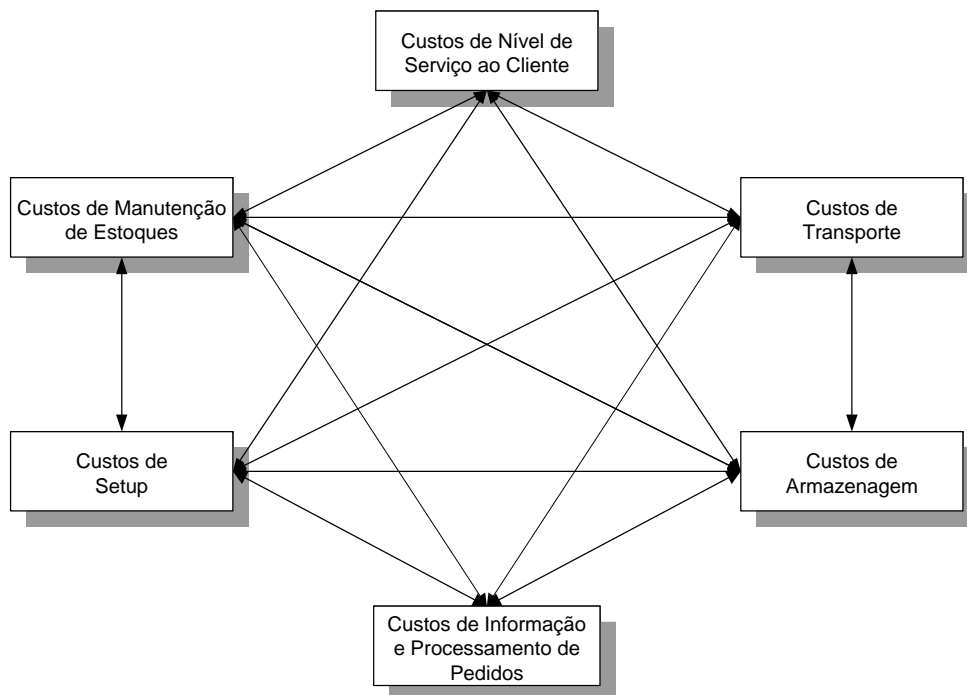


Figura 2: Relações de trade-offs entre custos logísticos.

Fonte: LAMBERT, D. M.; STOCK, J. R.; ELLRAM, L. M. *Fundamentals of logistics management*. Boston: Irwin McGraw-Hill, 1998.

3. MODAIS DE TRANSPORTES

Um sistema de transporte precariamente desenvolvido limita a abrangência do mercado de uma empresa a áreas imediatamente ao redor de seu ponto de produção. Já um sistema de transporte eficiente e barato é capaz de tornar seus custos competitivos em mercados distantes, que não poderiam suportar altos custos no recebimento de mercadorias (BALLOU, 2001). A penetração em mercados antes normalmente não disponíveis para certos produtos tende a aumentar as vendas. Mercados mais amplos podem resultar em custos de produção menores, diluindo-se estes custos em um maior volume de produção. Para Ballou (2001), um bom sistema de transporte “[...] contribui para aumentar a concorrência do mercado, elevar as economias de escala de produção e reduzir os preços das mercadorias.”

Diversos fatores afetam um sistema de transporte, seja sob a ótica de custo ou de tempo. Dentre estes podemos citar: preço; tempo médio em trânsito; variabilidade do tempo em trânsito; e perdas e/ou danos. Estes fatores parecem ser os mais significativos para os tomadores de decisão (BALLOU, 2001):

- *Preço*: o preço dos serviços de transporte é a soma das taxas cobradas para se movimentar determinado carregamento entre dois pontos mais a cobrança por serviços adicionais. Isso compreende a movimentação de mercadorias (coleta na origem, entrega no destino); seguro; perdas; preparação das mercadorias para o embarque etc. (considerando-se ainda a possibilidade de se assumir os próprios custos de combustível, mão-de-obra, manutenção, depreciação do equipamento e custos administrativos). Ballou (2001) alerta quanto a importância dos custos para a seleção de serviços de transporte, devendo estes refletir as cobranças reais das mercadorias a serem transportadas em função da distância, direção do movimento, e qualquer outro custo adicional por manuseio.

- *Tempo médio em trânsito*: deve ser entendido como o tempo médio que um carregamento leva para se deslocar do seu ponto de origem até o ponto de destino. Deve-se levar em conta que o transporte da mercadoria pode ser feito por mais de um modal. Entende-se por transporte intermodal “[...] o transporte realizado por mais de um modal, caracterizando um serviço porta-a-porta com uma série de operações de transbordo (fracionamento do volume da carga) realizadas de forma eficiente e com a responsabilidade de um único prestador de serviços através de documento único.” (NAZÁRIO, 2000a). Nesse caso há que se considerar os tempos de embarque, desembarque e manobra de carga. Percebe-se como essa definição é ampla, pois o ponto a ser considerado como origem, por exemplo, pode ser o local de fornecimento de matéria-prima, de produtos semi-acabados ou da própria planta de produção. Por ponto de destino entende-se a planta, armazéns, distribuidores ou o consumidor final.

- *Variabilidade do tempo em trânsito*: a variabilidade é um conceito que representa a variação nos tempos de entrega porta-a-porta, principalmente quando há vários modais envolvidos no processo de transporte. Resultado de efeitos meteorológicos, tráfego, número de paradas feitas pelo condutor etc. É um instrumento que serve para medir a incerteza no desempenho do transportador (BALLOU, 2001).

- *Perdas e danos*: o custo da movimentação da mercadoria também é afetado pela possibilidade de perdas e danos durante o transporte. Conseqüentemente existem taxas de seguro que podem ser pagas para minimizar essas perdas. Entretanto, a maior perda que pode acontecer é na imagem da empresa junto ao cliente (resultado ou do atraso na entrega do produto ou da entrega desse produto fora das especificações). Esse custo se traduz não apenas na perda das vendas, mas também em efeitos administrativos em termos de estoques adicionais, processamento de reclamações, devolução, novos pedidos e até ressarcimento via ações judiciais.

Todos esses fatores afetam diretamente a seleção dos serviços de transporte. Um serviço de transporte é um conjunto de características de desempenho adquirido a um determinado

preço. Sua variedade é quase ilimitada, girando em torno da combinação de cinco modais básicos: *ferroviário*; *rodoviário*; *aquaviário*; *aeroviário* e *dutoviário* (BOWERSOX e CLOSS, 2001); (BALLOU, 2001); (SLACK et al., 2002).

Os custos associados a cada modal podem ser divididos em fixos (não variam em função do peso, volume ou serviço realizado) e variáveis (variam em função destes elementos). Neles estão inclusos os custos de mão-de-obra; de combustíveis; de manutenção; de uso de terminais; de uso de rodovias, portos e aeroportos; de custos administrativos; etc., sendo classificados em função do tipo de tarifação (taxas) a que estejam submetidos (CHRISTOPHER, 2002). A tarifação do transporte de mercadorias em todos os modais se faz com base nas características de distância, demanda e volume a ser transportado. Para Bowersox e Closs (2001), a tarifação referente ao volume é dependente principalmente da quantidade a ser embarcada, onde normalmente se estabelece o preço. No entanto, para cargas pequenas pode-se estabelecer um valor mínimo, ou ainda a adoção de uma tarifação para qualquer quantidade. Há a avaliação do quantitativo embarcado em termos de carga fechada ou fracionada. O tipo de produto pode interferir nos custos de carregamento quando o volume for elevado, causando a adoção de uma tarifação especial. Em relação à distância a ser transportada podem ser adotadas tarifações proporcionais ou totalmente independentes (BALLOU, 2001). As características de cada modal são apresentadas a seguir.

3.1 Ferroviário

Caracteriza-se basicamente por ser um transporte de movimentação lenta de matéria-prima e de produtos manufaturados de baixo valor a grandes distâncias (SLACK et al., 2002). Seu uso em pequenas distâncias associado à sua baixa velocidade, comparada relativamente a outros modais, resulta num gasto de até 88% do seu tempo expressos em termos de carga, descarga, locomoção de um ponto ao outro do terminal, classificação e agregação em composições ou mesmo ficando inativo durante uma queda sazonal de demanda (JOHNSON et al., 1998). O transporte ferroviário pode-se dar por carga fechada (CF), que consiste em um carregamento de tamanho pré-determinado, geralmente aproximando ou excedendo a capacidade média de um vagão ferroviário para a qual uma taxa particular é aplicada. Por exemplo, a taxa por cwt (a unidade cwt – *hundredweight*- equivale a massa de 100 libras ou 45,36 kg) de uma composição de vagões com carga fechada é menor do que para os casos de taxa de carga fracionada (CFr), o que reflete o manuseio reduzido exigido nos embarques (BALLOU, 2001). Os custos fixos do transporte ferroviário são considerados elevados, porém seus custos variáveis são baixos. Serviços como carregamento, descarregamento, manobras no pátio, faturamento e cobrança contribuem para os altos custos fixos, mas um grande volume de carga serve para uma redução significativa dos custos por unidade de peso, resultando na economia de escala.

3.2 Aquaviário

Considerado na média mais lento que o ferroviário, é em alguns locais fortemente influenciado pelo clima. O seu uso é limitado aos sistemas de vias aquáticas, o que exige a proximidade dos embarcadores a estas vias ou o uso de outro modal de transporte em combinação com o fluvial para levar a carga até os locais apropriados.

Os produtos transportados são na sua maioria de baixo valor agregado e representam mais de 80% do total anual de toneladas-quilômetro (a tonelada-quilômetro é uma unidade de medida de carregamento muito utilizada no transporte em modais). Para estes produtos, transportados em sua maioria a granel, as perdas e danos por efeito da água são considerados desprezíveis se comparados à grande capacidade de transporte deste modal, o que contribui

para a manutenção de um custo variável baixo (SLACK et al., 2002). Porém o mesmo não ocorre para as mercadorias de maior valor agregado, cujos meios de manuseio nas operações de carregamento e descarregamento ainda são considerados inadequados e acarretam perdas e danos. O uso de contêineres é uma solução encontrada para minimizar essas perdas, além de contribuir para a redução dos tempos de transferência intermodal (BALLOU, 2001). A Tabela 1 ilustra alguns custos de manobras de contêineres em portos brasileiros. A maior parcela dos custos fixos no transporte aquaviário se dá em função do alto valor dos equipamentos e instalações utilizados (entrada nos portos, manobras de carga e descarga, e manuseio de materiais) que são, no entanto, minimizados com o aumento da carga movimentada.

Tabela.1: Custos de manobra de contêineres.

Porto	Contêiner (28 m ³)	Contêiner (57 m ³)
Fortaleza	R\$ 105,00	R\$ 125,00
Itajaí	R\$ 102,25	R\$ 102,25
Paranaguá	R\$ 129,00	R\$ 129,00
Rio de Janeiro (Exp.)	R\$ 98,18	R\$ 98,18
Rio de Janeiro (Imp.)	R\$ 89,25	R\$ 89,25
Rio Grande	R\$ 96,00	R\$ 122,00
Salvador	R\$ 117,00	R\$ 117,00
Santos (COSIPA)	R\$ 183,36	R\$ 229,18
Santos (margem direita)	R\$ 183,36	R\$ 229,18
Santos (margem esquerda)	R\$ 180,00	R\$ 180,00
São Francisco do Sul	R\$ 91,00	R\$ 106,00
Vitória	R\$ 166,00	R\$ 166,00

Fonte: Portal Comexnet (A página oficial do portal se encontra no endereço eletrônico <www.comexnet.com.br/custoporto.htm>. Acesso em 12 de janeiro de 2004).

3.3 Rodoviário

Em contraste com o serviço ferroviário, o rodoviário é um serviço de transporte de produtos semi-acabados e acabados. O modal rodoviário também movimentava fretes com carregamentos de tamanhos médios menores que o ferroviário. Ele oferece uma entrega razoavelmente rápida e confiável para embarques com volumes de carga fracionada (CFr), obtendo vantagem neste segmento de mercado. Mais da metade dos carregamentos por caminhões pesa menos que 4,5 toneladas. São carregamentos do tipo CFr (menos de 7000 kg). A grande vantagem deste modal é a sua disponibilidade de serviços, notadamente os serviços porta-a-porta, em que nenhum carregamento ou descarregamento é exigido entre a origem e o destino como freqüentemente acontece com outros tipos de transporte. Além disso, apresenta boa disponibilidade, freqüência, flexibilidade e facilidade de monitoramento na entrega das cargas (BOWERSOX e CLOSS, 2001); (BALLOU, 2001). Como desvantagem

existem as limitações de volume e tipo de carga a ser transportada em função da regulamentação do uso de vias públicas em termos de dimensões dos veículos (comprimento, altura e peso) e segurança. O sistema de transporte rodoviário apresenta baixos custos fixos e custos variáveis altos (LIMA, 2000). Esta classificação diz respeito ao sistema rodoviário brasileiro. Para Bowersox e Closs, os custos variáveis do modal rodoviário são considerados médios em função de suas pesquisas terem como foco o mercado americano. Em virtude dos custos com terminais e das despesas de *marketing* relativamente maiores, a porcentagem de custos fixos com o transporte CFr é maior que a do transporte CF, pois este último em geral não necessita de paradas em terminais intermediários para consolidação. Segundo Bowersox e Closs (2001), se comparadas ao sistema ferroviário as transportadoras rodoviárias necessitam de investimentos fixos relativamente pequenos em terminais que operam em rodovias com manutenção pública. Embora os custos com taxas de licença, impostos ao usuário e pedágios sejam grandes, essas despesas estão diretamente relacionadas com a quantidade de quilômetros percorridos e veículos utilizados. No entanto, o custo variável por quilômetro é alto, pois é necessária uma unidade motorizada para cada carreta ou composição de carretas atreladas. A necessidade de mão-de-obra também é grande em virtude das restrições de segurança referentes ao motorista e à necessidade de uma substancial força de trabalho de manutenção. No Brasil a infra-estrutura dos sistemas de transporte comparada a de outros países ainda deixa muito a desejar, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2: Comparação entre os sistemas rodoviário e ferroviário de alguns países.*

País	Área do Território (km ²) (A)	Rede Rodoviária Total (Km) (B)	Rede Ferroviária Principal (km) (C)	(B)/(A)	(C)/(A)
EUA	9.363.398	6.303.770	177.712	0,673	0,019
França	551.000	1.502.964	32.579	2,728	0,059
Japão	377.682	1.113.387	20.251	2,948	0,054
Índia	3.285.000	1.604.110	62.486	0,488	0,019
México	1.969.269	213.192	26.445	0,108	0,013
Itália	301.262	293.799	15.942	0,975	0,053
Espanha	504.750	237.904	12.601	0,471	0,025
Brasil	8.511.965	1.495.087	30.277	0,176	0,004
Argentina	2.792.000	207.630	34.059	0,074	0,012

*Ano 2000.

Fonte: NAZÁRIO, Paulo. Intermodalidade: importância para a logística e estágio atual no Brasil. In: FLEURY, Paulo Fernando et al. *Logística empresarial: a perspectiva brasileira*. São Paulo: Altas, 2000b.

3.4 Aeroviário

O sistema de transporte aeroviário apresenta como grande vantagem a rapidez de entrega das cargas, especialmente em longas distâncias. A confiabilidade e a disponibilidade do serviço aéreo podem ser consideradas boas sob condições normais de operação. A

variabilidade do tempo de entrega é pequena em termos absolutos, mesmo considerando que o serviço aéreo é bastante sensível a quebras mecânicas, condições meteorológicas e congestionamento de tráfego (BALLOU, 2001). Também apresenta baixo índice de perdas de mercadorias, além de possuir maior simplicidade no tratamento de embalagens e manuseio de cargas (SLACK et al., 2002).

O alto custo do transporte aéreo o torna um meio de transporte extremamente caro. Segundo Ballou (2001), as taxas de frete aéreo excedem as do rodoviário por mais de duas vezes e as do ferroviário por mais de dezesseis vezes! Entretanto, esse aspecto pode ser compensado pela grande rapidez, que permite que o custo de outros elementos logísticos, como armazenagem ou estoque, seja reduzido ou até mesmo eliminado. As restrições de tamanho e peso da carga e a disponibilidade de aeronaves ainda são fatores que limitam a capacidade desse tipo de transporte. O sistema aeroviário apresenta o segundo menor custo fixo, perdendo apenas para o modal rodoviário (as vias aéreas e os aeroportos são normalmente mantidos pelo poder públicos). Os custos fixos do transporte aéreo são representados pela compra de aeronaves e pela necessidade de sistemas de manutenção especializados (BOWERSOX e CLOSS, 2001). Por outro lado os seus custos variáveis são extremamente altos em decorrência dos custos com combustível, manutenção e mão-de-obra. Esses elementos se alteram em função da distância a ser coberta e do volume a ser transportado, ou seja, pela sua capacidade de carga em toneladas-quilômetro.

Talvez grande parte do transporte aéreo ocorra mais em situação de emergência do que em situação de rotina. As empresas normalmente optam por utilizar o transporte aéreo de cargas regulares somente quando a situação justifica o alto custo. Os produtos que mais usam o transporte aéreo regular são aqueles de grande valor ou altamente perecíveis, ou seja, produtos de pequeno volume e alto valor agregado ou que requeiram distribuição rápida (SLACK et al., 2002). Segundo Bowersox e Closs (2001), quando o período de comercialização de um produto é extremamente limitado o transporte aéreo pode ser o único método prático para viabilizar as operações logísticas.

3.5 Dutoviário

Este sistema de transporte é bastante singular em relação aos demais. Os dutos não são flexíveis e oferecem uma faixa muito limitada de serviços, pois transportam somente produtos nas formas de gás, líquido ou de mistura semifluida (SLACK et al., 2002). Misturas semifluidas são misturas de materiais sólidos em meio líquido. Os dutos de mistura semifluida têm sido comprovados como um modo eficiente e econômico para o transporte de alguns materiais sólidos a longas distâncias como o carvão. Até agora, os produtos economicamente mais viáveis para serem movimentados por dutovias são o gás natural e o petróleo cru e seus derivados. A movimentação de produtos por dutovias é muito lenta, cerca de 3 a 4 milhas por hora (cerca de 4,8 a 6,4 Km/h), segundo Ballou (2001). No entanto, os dutos têm a vantagem de operar 24 horas sete dias por semana, com restrições de funcionamento apenas durante a manutenção e mudança do produto transportado. Isso torna sua velocidade efetiva muito maior quando comparada com outros modais.

O transporte praticamente ininterrupto também contribui para tornar os serviços de dutovias os mais confiáveis entre todos os modais com relação à previsão do tempo em trânsito das cargas. O clima neste caso não é um fator significativo, e o equipamento de bombeamento é altamente confiável (BOWERSOX e CLOSS, 2001). Além disso, as perdas e os danos dos produtos são pequenos porque os líquidos e gases não sofrem avarias no mesmo grau que os produtos manufaturados; e também o número de perigos e adversidades que pode incidir durante uma operação de transporte por dutovia é limitado (BALLOU, 2001). Os dutos apresentam o maior custo fixo e o menor custo variável entre todos os tipos de transporte. O

alto custo fixo é resultado do pagamento pelo direito de passagem, da construção e da necessidade de controle das estações, além da manutenção da capacidade de bombeamento e dos próprios dutos. Como não há necessidade de mão-de-obra intensiva durante as operações de transporte o custo variável é extremamente baixo após sua construção. Vale lembrar que neste tipo de modal, ao contrário dos demais, não existe a necessidade de nenhum contêiner ou veículo vazio de retorno (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

4. COMPARAÇÃO ENTRE MODAIS

Uma característica dos custos de transporte, é que os custos fixos e variáveis, conforme o tipo de modal, mudam. Tabela 3 resume a estrutura de custos fixos e variáveis para cada tipo.

Tabela 3: Estrutura de custos por modal.

Modal	Estrutura de Custos
Ferroviário	Alto custo fixo (equipamentos, terminais, vias férreas etc.). Custo variável baixo.
Aquaviário	Custo fixo médio (navio e equipamentos). Custo variável baixo (capacidade para transportar grande tonelagem).
Rodoviário	Custos fixos baixos (rodovias construídas e mantidas com fundos públicos). Custo variável médio (combustível, manutenção etc.)
Aéreo	Custo fixo baixo (aeronaves, manuseio e sistemas de carga). Alto custo variável (combustível, mão-de-obra, manutenção etc.)
Dutoviário	Custo fixo mais elevado (direitos de acesso, construção, requisitos para controle das estações e capacidade de bombeamento). Custo variável mais baixo (custo de mão-de-obra sem grande expressão).

Fonte: adaptado de BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Atlas, 2001.

Diversos autores sugerem metodologias para a classificação dos modais segundo determinados critérios. Apesar de diferirem na nomenclatura de um ou outro item, todos são baseados em parâmetros de custo e de tempo. Bowersox e Closs (2001), por exemplo, sugerem como critérios para a classificação dos modais a *velocidade*; a *disponibilidade*; a *confiabilidade*; a *capacidade*; e a *freqüência*. A velocidade refere-se ao tempo decorrido de movimentação em dada rota. A disponibilidade é a capacidade que um modal tem de atender a qualquer localidade. A confiabilidade refere-se à variabilidade potencial das programações de entrega esperadas. A capacidade refere-se à possibilidade de um modal lidar com quaisquer requisitos de transporte, como tamanho e tipo de carga. A freqüência está relacionada à quantidade de movimentações programadas. A Tabela 4 mostra a pontuação atribuída pelo autor para cada critério, em cada tipo de modal. A pontuação obedece a uma escala aproximada, onde 1 (um) significa o pior desempenho e 5 (cinco) significa o melhor desempenho. Já Slack et al. (2002) sugere uma classificação baseada nos seguintes critérios: *velocidade de entrega*; *confiabilidade de entrega*; *qualidade na entrega (impossibilidade de danos à carga)*; *custo de transporte*; e *flexibilidade de rota*. A Tabela 5 mostra a pontuação atribuída por esse autor. A escala utilizada é a mesma da tabela anterior.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando as tabelas 4 e 5 podemos perceber que os critérios utilizados em ambas são muito semelhantes, embora com algumas diferenças pontuais e de nomenclatura. Além disso, ocorre também alguma variação na ordenação de preferência dos modais segundo a pontuação geral feita pelos dois autores. Fruto de consultas feitas em diferentes bases de dados: Slack et al. (2002) têm seu foco no mercado europeu, enquanto Bowersox e Closs (2001) têm seu foco no mercado americano. Entretanto, há em ambos uma preferência pelo transporte rodoviário, o que é em parte explicada por sua boa classificação em todos os critérios. Segundo Nazário (2000a), “[...] transportadoras rodoviárias que operam sistemas rodoviários de classe mundial ocupam o primeiro ou o segundo lugar em todas as categorias, exceto no item capacidade.”

Tabela 4: Classificação dos modais segundo Bowersox e Closs.

Critérios	Modal de Transporte				
	Ferrovia	Aquavia	Rodovia	Aerovia	Dutoviário
Velocidade	3	2	4	5	1
Disponibilidade	4	2	5	3	1
Confiabilidade	3	2	4	1	5
Capacidade	4	5	3	2	1
Frequência	2	1	4	3	5
<i>Total</i>	<i>16</i>	<i>12</i>	<i>20</i>	<i>14</i>	<i>13</i>

Fonte: adaptado de BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2001.

Tabela 5: Classificação dos modais segundo Slack et al.

Critérios	Modal de Transporte				
	Ferrovia	Aquavia	Rodovia	Aerovia	Dutoviário
Velocidade	3	1	4	5	2
Confiabilidade	3	1	4	2	5
Qualidade	3	1	4	2	5
Custo	2	4	3	1	5
Flexibilidade	4	2	5	3	1
<i>Total</i>	<i>15</i>	<i>9</i>	<i>20</i>	<i>13</i>	<i>18</i>

Fonte: adaptado de SLACK, Nigel et al. *Administração da produção*. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

Apesar da coerência dos dados deve-se ressaltar que, sob circunstâncias específicas de tipo de produto, distância de embarque, gestão de carregamento, relacionamento usuário-transportador e condições climáticas, essas pontuações podem mudar e o serviço de um modal em particular poderá, inclusive, não estar disponível.

A respeito de uma preferência natural pelo transporte rodoviário, no caso do Brasil percebe-se haver uma distorção significativa. O modal rodoviário corresponde a 62% do volume transportado, enquanto nos EUA este modal representa 26% e o ferroviário, 38% (NAZÁRIO, 2000b). Essa distorção se torna ainda mais impressionante se destacarmos que a participação do modal ferroviário no Brasil é fortemente dependente do minério de ferro. Sem esse transporte sua participação cai de quase 20% para apenas 9% do volume total. Estes dados são referentes ao ano 2000. No entanto ainda são considerados atuais por não ter havido alterações significativas na estrutura matricial do país nos últimos quatro anos.

Ao se conceber um jogo de empresa torna-se necessário definir as características de contorno do cenário, incluindo as variáveis que definem as características do sistema de transporte no caso da aplicação ser na área de logística. O ideal é que o jogo seja flexível, permitindo a parametrização das variáveis, e assim, refletir o ambiente de negócio que será o objeto de estudo, para adaptá-las à realidade brasileira. Portanto, o estudo das particularidades dos modais de transporte apresentado neste artigo é fundamental para a compreensão dos fatores de influência e critérios de decisões no gerenciamento da cadeia de suprimentos com vistas à implementação do jogo proposto ou nas decisões do dia-a-dia de uma empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001.
- CHRISTOPHER, Martin. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços**. São Paulo: Pioneira, 2002.
- DORNIER, Philippe-Pierre et al. **Logística e operações globais: textos e casos**. São Paulo: Atlas, 2000.
- GRAMIGNA, Maria Rita Miranda. **Jogos de empresa**. São Paulo: Makron Books, 1993.
- JOHNSON, James C. et al. **Contemporary logistics**. 7 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998.
- LAMBERT, D. M.; STOCK, J. R.; ELLRAM, L. M. **Fundamentals of logistics management**. Boston: Irwin McGraw-Hill, 1998.
- LIMA, Maurício Pimenta. Custos logísticos: uma visão gerencial. In: FLEURY, Paulo Fernando et al. **Logística empresarial: a perspectiva brasileira**. São Paulo: Atlas, 2000.
- MARTINELLI, Dante Pinheiro. **A utilização de jogos de empresas no ensino de administração**. 1987. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, FEA/USP, São Paulo.
- NAZÁRIO, Paulo. Papel do transporte na estratégia logística. In: FLEURY, Paulo Fernando et al. **Logística empresarial: a perspectiva brasileira**. São Paulo: Atlas, 2000a.
- NAZÁRIO, Paulo. Intermodalidade: importância para a logística e estágio atual no Brasil. In: FLEURY, Paulo Fernando et al. **Logística empresarial: a perspectiva brasileira**. São Paulo: Atlas, 2000b.
- ORNELLAS, Alander; CAMPOS, Renato de; AZEREDO, Sérgio Medeiros. **Jogos de empresas: criando e implementando um modelo para a simulação de operações logísticas**. In: SIMPOI, 8., 2005, São Paulo. *Anais...* São Paulo: FGV, 2005.
- SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Christine. **Administração da produção**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- WANKE, Peter. Posicionamento logístico e definição da política de atendimento aos clientes. In: FLEURY, Paulo Fernando et al. **Logística empresarial: a perspectiva brasileira**. São Paulo: Atlas, 2000.

CHARACTERISTICS OF TRANSPORT MODALS AND EFFECTS IN THE LOGISTICS COSTS AND SERVICE LEVELS

Abstract: The main activities in a logistic system can be defined as: Transports, Inventory management, Information flows and orders processing. The transport is an important element influencing the logistics costs and service levels. The study of their characteristics is fundamental to the adequate understanding about the supply chain management, and the correct decisions making. This article presents a literature revision about transport modals. This study intends to support decisions making in enterprises logistic systems and to define characteristics of a conceptual model to develop a logistic enterprise game.

Key words: *Enterprise games, Logistic, Teaching, Learning*