



Abordagem de transporte colaborativo ao problema brasileiro de exportação de manufaturados

Vanina Macowski Durski Silva¹ (PPGEP/UFSC) – vaninadurski@gmail.com

Sérgio Adriano Loureiro² (LALT/UNICAMP) – saloureiro@gmail.com

Antonio Sérgio Coelho³ (PPGEP/UFSC) – coelho@deps.ufsc.br

Resumo: Ao longo das cadeias de importação/exportação a atividade de transporte gera importante custo que impacta diretamente na eficiência da cadeia logística global. Experimentos mostram resultados satisfatórios em termos de redução no tempo de entrega, aumento da produtividade dos recursos de transporte bem como economias de escala através da implementação da Gestão do Transporte Colaborativo (GTC), o qual tem por objetivo criar alianças entre empresas no intuito de compartilhamento de recursos e informações. Neste contexto, este estudo propõe um conceito de ferramenta que auxilie as empresas em suas tomadas de decisão. Assim, são apresentados os principais parâmetros que podem auxiliar a logística marítima de produtos manufaturados e, baseado na teoria dos Agentes Autônomos aplicada à problemas logísticos, é iniciada a modelagem do problema. Como resultado, espera-se discutir o novo conceito de GTC e Agentes Autônomos aplicados à logística marítima e indústrias exportadoras de manufaturados de modo a contribuir com o desenvolvimento desse novo conceito, de modo que no futuro, a resolução do problema auxilie as empresas em suas tomadas de decisão.

Palavras-chave: Gestão do transporte colaborativo, Exportação de manufaturados, Transportadores marítimos, Agentes autônomos, Tomada de decisão.

1. Introdução

No Brasil o comércio exterior tem sido pouco utilizado como fator pró-ativo da estratégia do desenvolvimento pois historicamente as negociações entre os diversos participantes da cadeia de exportação tem apresentado conflitos. Observa-se que cada elo busca minimizar seus custos individuais, o que normalmente não converge ao ótimo global da cadeia de suprimentos. Sendo assim, empresas estão sendo forçadas a repensar seus procedimentos, a utilizar técnicas de reengenharia e redefinir os relacionamentos e os modelos de suas cadeias de suprimentos de modo a reduzir custos, aumentar eficiências e obter vantagem competitiva.

No intuito de diminuir estes problemas recentemente emergiu o conceito de *Collaborative Transportation Management (CTM)*, dentro do novo conceito de logística colaborativa. Difundido mais fortemente a partir do ano 2000 através da abordagem do

¹ Graduada em Engenharia de Produção Agroindustrial pela Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Doutoranda em Engenharia de Produção na área de Logística e Transporte pela UFSC.

² Graduado em Engenharia Civil pela Unicamp. Mestre em Engenharia Civil pela Unicamp. Doutorando em Engenharia Civil pela Unicamp.

³ Graduado em Matemática pela UFSC. Mestre e Doutor pela UFSC. Professor do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.



Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR), o CTM tem sido apontado pelos especialistas como uma ferramenta útil para proporcionar reduções nos custos das transações e riscos, aumento no desempenho de serviço e capacidade, bem como a obtenção de uma cadeia de suprimentos mais dinâmica (Silva *et al.*, 2009).

Devido às empresas brasileiras exportadoras estarem buscando maior competitividade, devem deixar de agir de forma individualista e começarem a agir colaborativamente. Para isso é preciso, portanto que haja um detalhado compartilhamento de dados e informações por parte dos agentes da cadeia logística, de modo a formar uma sólida parceria. Entende-se por agente, cada um dos integrantes desta cadeia, como por exemplo na cadeia logística marítima: a empresa produtora, o transportador rodoviário, o transportador marítimo e a carga a ser transportada.

Assim, realizado levantamento bibliográfico bem como efetuado contato com empresários do ramo, verifica-se que existe restrito trabalho científico que explore esta temática voltada às indústrias de manufatura, transitários e transportadores marítimos, no intuito de contribuir com a exportação. Portanto, este trabalho, parte de uma tese de doutorado em desenvolvimento, objetiva apresentar sucintamente um panorama da exportação brasileira e seu funcionamento da cadeia de exportação de manufaturados utilizando o modal marítimo, a definição do novo termo logístico CTM, seu modo de implementação em uma cadeia logística marítima, bem como principiar a aplicação do conceito de agentes autônomos para modelar e analisar este problema de transporte.

Pode-se dizer que este trabalho é do tipo bibliográfico e quanto à sua natureza pode ser considerado como qualitativo, visando gerar conhecimentos para futura aplicação prática em problemas logísticos.

O artigo constitui-se de 6 itens incluindo este introdutório, distribuídos da seguinte maneira: o segundo item apresenta um breve panorama da exportação brasileira, o terceiro item contextualiza a abordagem do CTM e o quarto item apresenta o uso do conceito de Agentes Autônomos aplicado à problemas logísticos. O quinto item apresenta o modelo protótipo de resolução do problema logístico de transporte marítimo e por fim, o sexto item apresenta as considerações finais bem como sugestões para dar continuidade a este estudo.

2. Exportação de produtos manufaturados

A Comissão Econômica para América Latina e Caribe (CEPAL) classifica os itens exportáveis em produtos manufaturados, produtos básicos e semi-elaborados em função, geralmente, dos recursos utilizados, da intensidade de trabalho, da intensidade de escala e a da ciência aplicada à manufatura. Produto manufaturado é aquele resultante de um processo de produção em série padronizada, por meio de máquinas, ferramentas e trabalho, atualmente tratado também como produto industrializado.

No intuito de contribuir para com o estudo do comércio exterior o Instituto Nacional de Altos Estudos (INAE) sugere a necessidade da apreciação de três questões principais:

- a) saber a estrutura da demanda mundial e a posição do Brasil;
- b) definir o conceito de manufaturado nas estatísticas de comércio exterior do Governo e a meta a ser alcançada vis-à-vis da demanda mundial;
- c) identificar as barreiras externas via protecionismo, com ou sem crise mundial, e as barreiras internas à produção e à exportação a serem superadas.



Assim, nos próximos tópicos será apresentado o cenário do setor manufatureiro brasileiro, incluindo volumes e cifras movimentadas, bem como outros fatores de relevância como barreiras à expansão de suas exportações e a apresentação do mecanismo ao realizar a exportação de produtos utilizando-se do transporte marítimo (foco deste trabalho).

2.1 Panorama da demanda mundial

No ano de 2008, o comércio mundial cresceu cerca de 15% sendo que destes, 60% se concentrou em países desenvolvidos. A América Latina participou com 5,4% e o Mercosul com apenas 1,7% das exportações. Com relação à distribuição setorial das exportações mundiais no ano de 2007, última informação estatística disponível, preponderam os produtos de maior valor agregado - máquinas, equipamentos de telecomunicações, de transportes, etc. - com participação de 35,5% do valor. As vendas brasileiras, porém, representaram apenas 0,7%.

De acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC) em 2008, 36,9% do valor de exportação referiu-se aos produtos básicos, - alimentos e matérias primas in natura -, enquanto 60,7% a produtos industrializados. Desse total, 46,8% foram de manufaturados, que tanto incluem máquinas e equipamentos, como bens de consumo.

Apesar de ser relevante a contribuição dos produtos manufaturados para a economia brasileira, ainda há muitos problemas que proporcionam a representatividade de apenas 0,7% do valor total de manufaturados exportado mundialmente. Um exemplo a citar é o caso de barreiras impostas à cadeia de exportação que podem ocorrer tanto externamente quanto internamente. Com relação às barreiras externas destaca-se: exigências de normatização técnica e de natureza tecnológica, restrições de natureza ambiental, normas sanitárias e fitossanitárias, acordos “voluntários”, modificações genéticas; subsídios diretos à produção via financiamentos especiais, garantias de preços ou de compras, fusões de empresas ou acordos interempresas, etc.

Em se tratando de barreiras internas pode-se dizer que estas são resultantes de visão deformada quanto à importância do comércio exterior de mercadorias e de serviços para a sustentação do crescimento econômico, como fator de aumento da oferta de empregos, indução de investimentos, e de estímulo à incorporação de novas tecnologias. Havendo estas barreiras, é preciso uma política facilitadora dos mecanismos da exportação que contemple os custos, rotas e agentes envolvidos da melhor maneira possível.

2.2 Mecanismo para realização do transporte marítimo no caso da exportação

Ao decidir exportar uma empresa deve estar atenta às etapas do processo, buscando conhecer seu mercado cliente, suas exigências, costumes e características. Também deve definir outros pontos: o modo de transporte da mercadoria, a embalagem apropriada ao produto de modo a conservar sua integridade, a forma de frete a ser adotada na negociação bem como a empresa que irá realizar o transporte propriamente dito, além de considerar ou não o auxílio de um agente intermediário (*freight forwarder*) ou NVOCC na negociação.

Considerando que a maior parte das exportações se realiza através do modal aquaviário e que este trabalho tem por objetivo o modal aquaviário, somente será aqui tratada a exportação via marítima. A Figura 1 ilustra resumidamente as etapas do mecanismo de exportação.

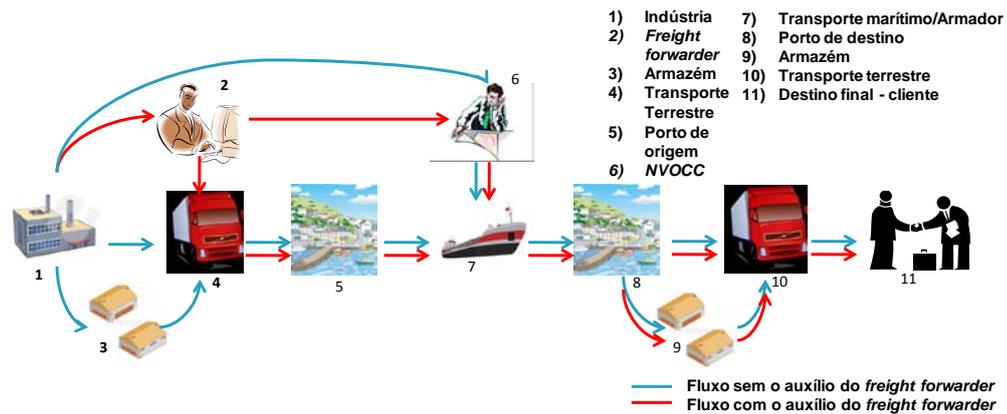


FIGURA 1 – Etapas do mecanismo de exportação. Fonte: do autor.

No transporte marítimo as empresas intervenientes mais importantes são o armador, agência marítima, NVOCC, transitário de carga, operador de transporte multimodal e *cargo broker*. Quando da realização de uma venda ou compra deve-se estabelecer um ponto de entrega da mercadoria, aquele no qual se dividem as responsabilidades entre o vendedor e o comprador. Estas responsabilidades envolvem custos e riscos sobre a transação, sendo que o exportador e importador devem assumí-las até o ponto de entrega e a partir dele.

2.2.1 Negociação do transporte

No caso da alternativa ser o envio de mercadorias como carga geral solta, ou mesmo paletizada, o exportador ou seu agente (*freight forwarder*) pode efetuar a reserva de praça em navio convencional de linha regular (através de um NVOCC ou não); ou até mesmo fazer o afretamento de um navio no caso de um lote muito grande.

O próximo ponto é decidir por qual porto embarcar a mercadoria bem como o terminal e armador a ser utilizado. Na sequência deve ser definido o meio de disponibilização da mercadoria no terminal escolhido com base no custo do transporte, tempo de trânsito e, prazo de entrega da carga (*dead line*). Uma possibilidade a ser considerada é a conveniência de se ter um pulmão em alguma outra cidade, ou seja, manter um estoque em algum ponto para solucionar problemas de entrega rápida ou pequenas quantidades que nem sempre podem ser produzidas ou enviadas rapidamente.

Como consequência da logística planejada é possível diminuir os custos de transporte, armazenagem, perdas de tempo na viagem e, por consequência, problemas na entrega e cumprimento do contrato de venda. Sem contar ainda com a *demurrage* (sobrestadia do navio), se estabelecido em contrato, o que é normal em afretamentos, em virtude das perdas de tempo do navio provocadas pelo embarcador nas operações de embarque e desembarque. Assim, na decisão quanto ao porto a ser escolhido por parte do exportador é também levada em conta a quantidade de mercadoria a ser produzida e embarcada por este.

Em relação às regras de negociação vale comentar que cada país tem seu próprio conjunto de regras para este tipo de negociação, mas normalmente, para uso interno em seu próprio mercado doméstico (Keedi, 2007). Se cada país pretende utilizar suas regras nas operações externas, haverá uma grande variedade em uso, o que poderá significar problemas na execução do comércio exterior. Para isso criou-se um conjunto de termos uniformes internacionais para facilitar o comércio, a fim de evitar problemas de entendimento. Esse conjunto foi criado pela Câmara de Comércio Internacional (CCI), sediada em Paris. A esse



conjunto de termos do comércio exterior foi dado o nome de *International Commercial Terms* (INCOTERMS), cujo objetivo maior é administrar conflitos oriundos da interpretação de contratos internacionais firmados entre exportadores e importadores concernentes à transferência de mercadorias, às despesas decorrentes das transações e à responsabilidade sobre perdas e danos.

2.3 Como operar na exportação? individualmente ou em colaboração?

Uma vez elucidado o mecanismo genérico de exportação via marítima pode-se perceber que o mesmo é muito abrangente, contendo diversas variáveis e requerendo atualização das mesmas referentes à volumes, capacidade dos navios, preços, tarifas marítimas, taxas, legislação, dentre outras. Uma questão que vem à tona é sobre como as empresas exportadoras envolvidas neste mecanismo devem atuar: individualmente ou em colaboração? Se isoladamente, cada empresa exportadora deve pesquisar sobre a melhor maneira de realizar o transporte de sua mercadoria, analisando as empresas de navegação existentes, suas taxas, volumes aceitáveis, modo de transportar a mercadoria até o porto mais adequado bem como preparar a documentação necessária.

Uma possibilidade dando início à colaboração é buscar o auxílio do profissional preparado para realizar tais atividades, o *freight forwarder* que se encarregará se possível, de unir cargas de outros clientes a fim de conseguir economias de escala. O mesmo também poderia ser realizado diretamente através de parcerias entre as empresas exportadoras, sem a contratação deste terceiro. Do lado dos armadores o transporte colaborativo também pode existir no caso de um dado armador não possuir volume o suficiente para completar um navio, podendo atuar juntamente com outros, dividindo despesas e repartindo os lucros.

Essas alianças estão em constante transformação, alterando seus membros, seja para adaptarem a instabilidades do mercado seja para ampliar ainda mais os serviços; por isso à primeira vista podem parecer associações instáveis, mas são na verdade flexíveis, eliminam concorrentes mais frágeis, ampliam a cobertura do serviço, melhoram a eficiência, pontualidade e velocidade. Através dessa colaboração no transporte assiste-se a formação de redes logísticas globais que articulam espaços produtivos, não apenas ampliando a cobertura do serviço, mas a frequência, eficiência e velocidade de circulação das mercadorias (Souza, 2009).

No item seguinte será abordado o CTM, a fim de explorar este novo conceito logístico, na tentativa de aplicá-lo ao cadeia logística de exportação de manufaturados através do modal aquaviário.

3. Contextualização sobre o CTM

Considerando que o PIB brasileiro foi de US\$ 1,99 trilhão em 2008 e que o percentual aplicado em logística é de 12%, tem-se US\$ 238,8 bilhões investidos em custos logísticos neste ano. Pode-se então afirmar que US\$ 143,28 bilhões foram destinados aos custos com transportes, ou seja, aproximadamente 7,2% do PIB nacional, valor muito acima do valor aplicado em países desenvolvidos como os Estados Unidos que despendem apenas 4,8% do PIB em transporte. Isto demonstra que o transporte é um item muito significativo nas contas finais dos recursos gastos com os produtos brasileiros tanto para o mercado interno, quanto para produtos a serem exportados, compondo o “Custo Brasil” (Tacla, 2003).

Uma forma de amenizar os problemas existentes na logística é através da colaboração aplicada ao transporte entre os diversos agentes de uma cadeia logística, portanto,



adicionando valor a todo o processo. É válido citar que para um melhor benefício, o CTM deve atuar na interação de diversas cadeias logísticas, formando o conceito de rede logística. Para Tacla (2003) a colaboração se dá com o compartilhamento de recursos, principalmente na utilização de mesmo equipamento de transporte, o que contribui para reduzir gastos ao aumentar a produtividade dos equipamentos de transportes. Assim, o início do Transporte Colaborativo se dá a partir da elaboração de previsão de carregamento, incluindo gerações de ordens e cargas e, finalmente a execução da entrega e pagamento do transportador (Silva *et al.*, 2009).

Para a implementação do CTM é necessário, portanto, sistemas que permitam colaboração inter-organizacional a um custo efetivo e de maneira tecnologicamente compatível. Sem tais sistemas, as empresas que tentam implementar a sistemática podem deparar-se com esforços inválidos e difíceis de se gerenciar.

3.1 Modelos de sistema operacional de transporte colaborativo

O processo genérico de tomada de decisão se inicia com a descoberta do problema de tomada de decisão, ou seja, um desafio para as operações futuras de negócios tal como operações de sucesso à longo prazo no mercado de transporte ao ingressar no sistema colaborativo (Bloos e Kopfer, 2009). Fatores como aumento na competição demonstram ser o principal fator decisivo e assim, os empresário veem a colaboração como uma forma de alcançar expansão geográfica.

De acordo com Bloos e Kopfer (2009) ingressar em um sistema operacional de colaboração no transporte implica na troca de dados dos clientes o que pode ser uma operação muito 'delicada'. O processo inicia-se pela busca por soluções alternativas e em seguida uma especificação precisa ser realizada sobre como o alcance da meta pode ser obtido e mensurado. Uma vez alcançada, distribuem-se os custos e benefícios obtidos no decorrer das transações.

Apesar da literatura sobre esta temática ser ainda escassa, alguns trabalhos foram encontrados, apontando sistemas operacionais de transporte colaborativo, os quais podem servir de *benchmarking* para as empresas. No trabalho de Krajewska e Kopfer (2006) o processo de colaboração pode ser descrito como um processo de três etapas: especificação dos custos individuais de cada colaborador, mapeamento dos pedidos dos parceiros, para possíveis trocas entre os parceiros e, atribuição do benefício que cada participante oferece à colaboração.

Gomber et al. (1997) apresentam um modelo de colaboração para planejamento de transporte através do uso de agências expedidoras de frete com vários centros autônomos de recompensa que atuantes na aquisição dos pedidos e negociações dos preços para a execução dos pedidos dos clientes. Os trabalhos de Kopfer e Pankratz (1999) Schönberger (2005), Bloos e Kopfer (2009) e Grünig e Kuhn (2005) seguem uma linha de abordagem semelhante.

Em relação à parte aplicada, envolvendo construção de modelo matemático e aplicação, um dos primeiros trabalhos brasileiros referente à temática de transporte colaborativo é o de Carnieri et al. (1983). Nele, analisa-se a viabilidade da implantação de uma central representante das cooperativas no estado do Paraná (Brasil), que vise a minimização do custo de transporte de soja. O problema é modelado como sendo de Programação Inteira e devido sua simplicidade o modelo não contempla restrições importantes como prazos, rotas e capacidade de transporte, dentre outras.



Tacla (2003) desenvolve uma metodologia para o transporte colaborativo de soja e fertilizante flexibilizando as restrições impostas pelas janelas de tempo e minimizando gastos em frete. Utiliza-se da modelagem matemática e do *solver* CPLEX do GAMS 2.50® e, para o nível operacional desenvolve uma heurística resolvida no Excel® sugerindo um problema de Programação Linear. O trabalho de Giesen et al. (2007) tem como cenário um frota heterogênea de navios que deve transportar múltiplos produtos desde um conjunto de portos-origem a um conjunto de portos-destino. O problema é formulado como sendo de Programação Inteira Mista (MIP) permitindo determinar a rota e programação de navios, assim como a alocação de produtos aos compartimentos dos navios. Devido o MIP proposto não poder ser resolvido em tempo razoável, propôs-se uma heurística.

Diferentemente das abordagens tradicionais Novaes et al. (2009) consideram em sua análise um ambiente dinâmico para o problema de roteamento urbano sujeito a congestionamentos. Utilizando-se dos conceitos da Análise Sequencial o estudo compreende um depósito e uma frota homogênea de veículos que atendem certa região urbana. Cada veículo é atribuído a um distrito, deixando o depósito pela manhã, atendendo aos pedidos (tarefas) a ele atribuído, retornando ao final do dia ao depósito. Do ponto de vista dinâmico, parte do serviço planejado é direcionada para outros agentes (veículos) quando o sistema determinar a necessidade, evitando que tarefas deixem de ser realizadas.

Como se percebe, diversas são as maneiras de se abordar o problema de transporte, envolvendo diversas origens, destinos, empresas e produtos. Uma possível forma de se modelar o problema de transporte marítimo no caso da exportação brasileira de produtos manufaturados é através da recente aplicação de Agentes Autônomos. No item seguinte será apresentado o conceito de Agentes Autônomos aplicados à problemas logísticos.

4. Aplicação do conceito de Agentes Autônomos na resolução de problemas logísticos de transporte

A maioria dos sistemas de processamento de dados e dos sistemas logísticos abrange vários componentes, tratados como agentes, os quais tipicamente atuam autonomamente, podendo também se comunicar e interagir com os demais, formando uma rede. Assim, os agentes autônomos formam uma comunidade em um ambiente comum onde atuam e se transformam baseados em regras, a fim de atingirem seus objetivos individuais. Apesar de ser uma nova abordagem à logística, diversas pesquisas tem sido desenvolvidas pelo grupo de pesquisa *Collaborative Research Centre 637 Autonomous Cooperating Logistic Processes*, em Bremen, Alemanha, que tem por intuito detectar quando e como o controle autônomo pode ser mais vantajoso do que o controle clássico, especialmente com relação ao tempo, custos e robustez.

4.1 Conceito de agente autônomo

Segundo Hölscher *et al.*, 2007 cada agente autônomo possui uma meta, regras e condições de controle e, autonomamente gerenciam a aplicação de regras de modo a completar o objetivo determinado. O fato dos agentes serem baseados em regras provê fundamento para a dinâmica dos processos.

Uma forma de explicar mais diretamente seu uso ao problema logístico se dá ao tratar cada contêiner, caminhão, empresa e navio como sendo um agente autônomo, os quais tem regras a serem atendidas de modo a alcançarem suas metas individuais (por exemplo: a meta do contêiner é sair da empresa A e chegar no destino B dentro de Z dias). De posse destas

informações, autonomamente, os agentes analisam as possibilidades de atuação e fazem suas decisões. Tal característica permite a criação de um sistema descentralizado porém com autonomia.

Como ilustração na Figura 2 consta exemplo simplificado do domínio da logística de transporte, conforme propõem Hölscher *et al.* (2007),

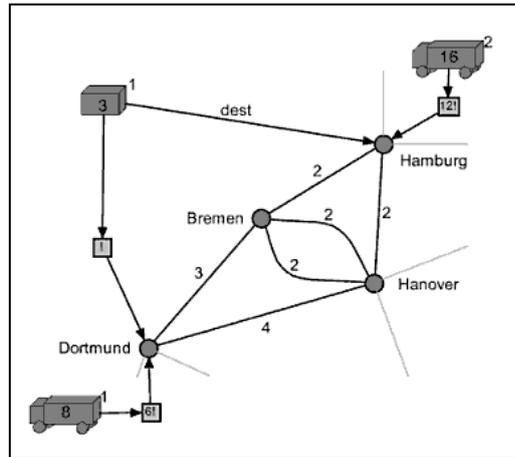


FIGURA 2 – Rede de transporte representada por um grafo. Fonte: Hölscher *et al.* (2007).

Uma rede de transportes é um grafo no qual os nós representam localizações; ou seja, depósitos, onde os pacotes (mercadorias) podem ser coletados ou entregues. As arestas representam as conexões entre os depósitos. Cada aresta é rotulada com o tempo que é necessário viajar ao longo da conexão que é representada pela aresta. A Figura 2 mostra um pequeno excerto da rede de transporte contendo depósitos nas cidades de Dortmund, Bremen, Hamburg e Hanover. Caminhões e pacotes são modelados como agentes autônomos. Instâncias desses agentes autônomos são representadas como nós especiais com identificadores únicos. No exemplo apresentado a rede de transporte contém dois caminhões (1, 2) e um pacote (1). Os nós dos caminhões são rotulados com um número, que representa a quantidade de tempo que o caminhão pode estar se movendo. Neste caso o caminhão 1 é permitido mover-se por oito horas, enquanto o caminhão 2 pode mover-se por dezesseis horas (pode estar equipado com dois motoristas). Ambos os nós dos caminhões estão conectados a um nó retangular que está rotulado com um número e um ponto de exclamação. O número define a capacidade de carga do caminhão, neste caso particular especificada em toneladas. O caminhão 1 tem capacidade de 6 toneladas, e o caminhão 2 pode carregar até 12 toneladas.

O ponto de exclamação indica o nó do *tour* em curso. O nó do pacote é rotulado com um número que especifica seu peso. Ele também é conectado a um nó retangular do *tour*, o qual por sua vez, é conectado ao depósito que no momento detém o pacote. Analogamente o ponto de exclamação do nó do *tour* do caminhão indica o nó do *tour* do pacote e, a aresta rotulada 'dest' conecta o nó do pacote com seu depósito de destino, isto é, o depósito ao qual o pacote deve ser entregue.

No item seguinte será apresentado um protótipo de modelo para a resolução do problema de transporte deste trabalho, considerando os agentes como autônomos e atuantes em um ambiente dinâmico.



5. Modelo protótipo de resolução do problema logístico de transporte marítimo

Devido o problema de estudo ser bastante extenso, possuindo diversas variáveis e agentes envolvidos, não pode ser tratado como sendo um problema de otimização. Sendo assim, o modelo proposto tem por objetivo determinar cenários que conjuguem formação de carga (composição de contêiner) por parte das empresas exportadoras e composição contêineres \times navios bem como rotas de navegação, considerando datas, prazos, custos de transporte, tarifas portuárias de movimentação de carga, etc., de modo a reduzir o custo da cadeia colaborativa, ou, o tempo, se for o interesse.

Tais informações são obtidas em função dos volumes de carga movimentados, do custo de locação de um contêiner, do valor do frete terrestre até o melhor porto para realizar tal movimentação, dos valores das tarifas portuárias e do frete marítimo, bem como em função dos custos marginais individuais das empresas ao permitirem atrasos ou adiantamentos na entrega de suas mercadorias aos destinatários.

No desenvolvimento do modelo o comportamento do ambiente será considerado como dinâmico, com demandas de transporte surgindo aleatoriamente e exigindo a alocação dos produtos manufaturados em contêineres. Estes precisam ser transportados até o porto de origem para serem acomodados em navios que se deslocam no espaço ao longo do tempo, completando o transporte marítimo. Para isso, tanto a carga (contêiner) como o meio de transporte (navio) serão considerados como agentes autônomos, que tomam decisões sobre a realização do melhor percurso compreendido entre a origem da carga e seu destino final, respeitando as restrições impostas, de modo a buscar uma solução viável para a rede logística.

Deve ser levada em consideração a possibilidade de existência de fatores não-determinísticos no processo, os quais obedecem a uma distribuição de probabilidade de ocorrência, interferindo nas decisões.

Outro ponto a ser ressaltado é o conjunto de vantagens oferecido aos participantes da cadeia colaborativa: para que aceitem alterações nas datas de carregamento e entrega aos seus clientes devem obter ganhos com a redução de frete resultante da conjugação de cargas; ou seja, os custos da colaboração devem ser inferiores aos custos de agirem individualmente. Assim, o modelo proposto deve contemplar uma sistemática de distribuição desses ganhos de modo a tornar atrativa a participação dos empresários.

5.1 Considerações do modelo

Frente à complexidade inerente aos fatores envolvidos nas etapas da realização do transporte marítimo, é necessário adotar algumas considerações para a modelagem do problema:

- a) Transporte terrestre de grandes volumes de cargas, alocadas em contêineres de 20 pés, que acomodam no máximo 24 toneladas.
- b) Empresas exportadoras podem utilizar os contêineres individualmente ou em colaboração com outras empresas; portanto as cargas podem ou não ser fechadas.
- c) Transporte marítimo de grandes volumes em contêineres. Navios não podem navegar vazios.
- d) Demanda de transporte aleatória.
- e) Atuação dinâmica dos contêineres com a possibilidade de armazenamento dos mesmos nos portos da rota utilizada entre a origem e o destino da carga.
- f) Atuação dinâmica dos navios podendo ou não alterar suas rotas de navegação, passando ou não por portos pré-determinados.

5.2 Descrição do modelo

A Figura 3 apresenta as informações consideradas como entradas e saídas para o modelo de transporte da mercadoria até o porto de origem:

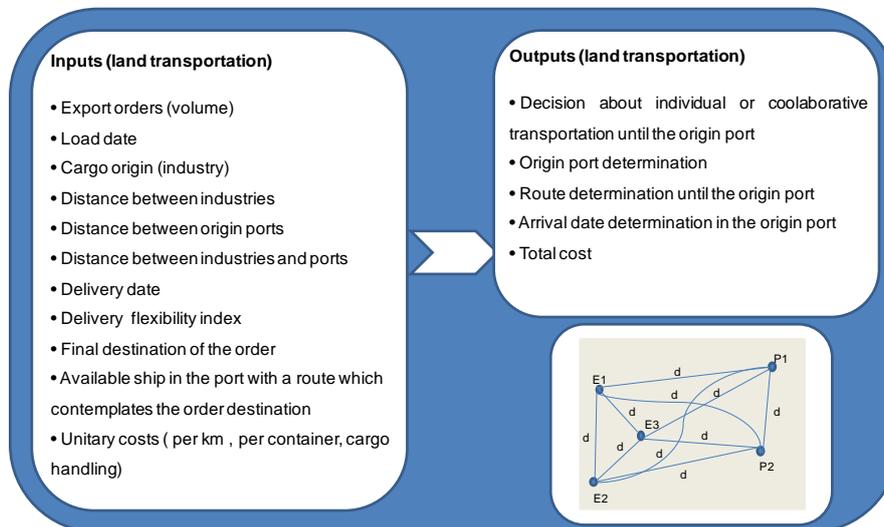


FIGURA 3 – Informações de entrada e saída do modelo de transporte terrestre. Fonte: do autor.

A busca de uma solução viável para o problema de transporte deve contemplar também a resolução do problema de roteirização dos veículos, sejam eles caminhões ou navios.

Na Figura 4 encontram-se as informações de entrada e saída do modelo para a realização do transporte marítimo:

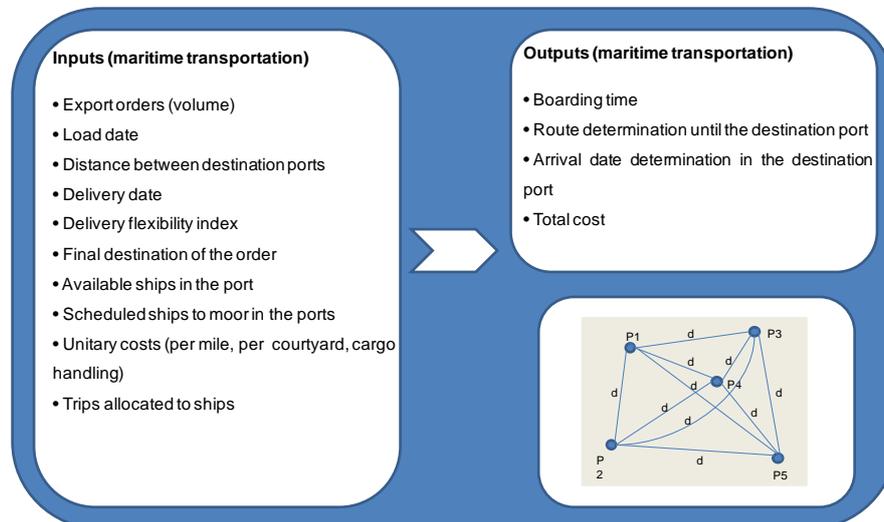


Figura 4 - Informações de entrada e saída do modelo de transporte marítimo. Fonte: do autor.

Pode-se estabelecer descrição do modelo inicialmente através da visão geral do processo apresentada a seguir em seis etapas, completando-se com o fluxograma apresentado na Figura 5:

- As empresas, de forma independente e dissociada, realizam seus respectivos planos de negócio que tratam da venda de seus produtos manufaturados. A partir desse plano as áreas de planejamento logístico passam a criar um plano de armazenagem e transporte.

Nessa etapa, o modelo proposto interage com os planos individuais criando um planejamento colaborativo de transporte, inicialmente até o porto de origem, considerando datas de carregamento e entrega no destino bem como definição dos volumes. O transporte colaborativo inicia-se já nesta etapa.

- b) Realiza-se a roteirização do caminhão entre as empresas colaboradoras até o porto de origem.
- c) Verifica possibilidade de embarque imediato no navio ou aguardo no pátio do porto.
- d) Navio verifica se há carga para embarque ou desembarque nos portos de sua rota e opta por atracar ou não nos mesmo.
- e) Uma vez embarcado, o contêiner pode seguir no mesmo navio diretamente até o porto de destino ou optar pelo descarregamento em algum porto da rota para obter melhor data de chegada no destino ou melhor custo, considerando a possibilidade antecipação ou postergação na entrega da mercadoria. A colaboração nesta etapa atinge não só os níveis de planejamento operacional, mas também as áreas diretamente ligadas às do negócio. As áreas de vendas das empresas exportadoras deverão concordar em adiantar ou atrasar entregas a seus clientes, optando por flexibilizar ou não as janelas de tempo.
- f) A sequência do modelo irá fechar o mecanismo propondo um conjunto viável maximizado das rotas conjugadas. A programação do transporte será a execução do transporte dos pedidos de exportação em carteira, buscando a minimização dos custos e atendimento de datas, encerrando o ciclo.

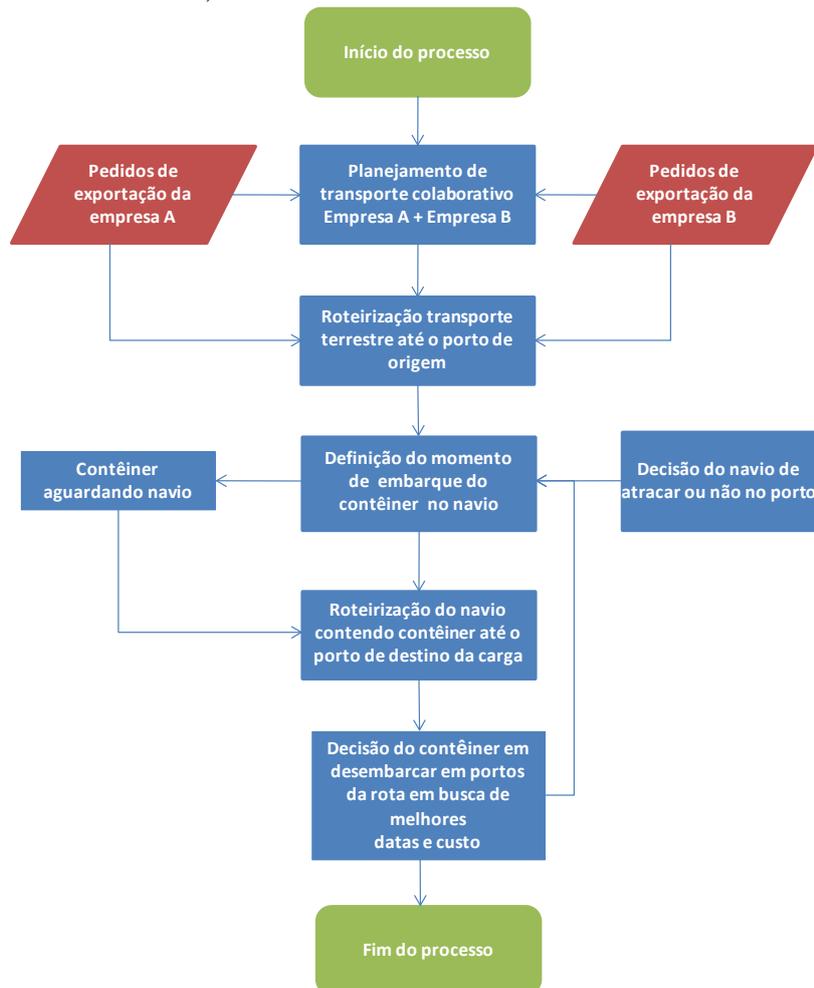


FIGURA 5 – Fluxograma geral do modelo proposto



Com o resultado da aplicação do modelo espera-se uma colaboração efetiva entre as empresas, com economias de escala repassadas aos colaboradores no intuito de melhorar a eficiência da logística e o resultado econômico das empresas, como de fato propõe a abordagem de transporte colaborativo.

5.3 Comentários

Ao analisar diversos cenários, o que será levando em consideração é a redução da conta frete de todo o sistema. Isto é possível ao permitir a conjugação de cargas entre as empresas ao compor os contêineres, ao mesmo tempo em que utilizam o mesmo transporte terrestre até posicionar a carga no porto de origem, obtendo maior poder de negociação e por consequência, economia de escala. Também é possível obter a redução do frete com o transporte marítimo, buscando rotas de melhor custo-benefício e, ao permitir alterações nas datas de carregamento e descarregamento da carga no destino final.

Na prática grande parte dessas alterações de datas, principalmente de entregas, poderá ser realizada sem qualquer adicional de custo porque o nível de serviço habitual não contempla janelas de tempo tão rígidas para a entrega das cargas, principalmente em se tratando de exportação, quando há inúmeras variáveis no processo.

A conjugação de carga a princípio pode parecer um evento simples, mas na prática a combinação de inúmeras possibilidades entre os colaboradores do sistema torna complexa a sua execução. Assim, para se obter êxito na resolução desse problema de transporte colaborativo faz-se indispensável a implementação de uma modelagem matemática estruturada de modo que o sistema apresente uma solução factível e viável, com custo total final inferior ao custo obtido com as rotas formadas pelas empresas individualmente.

6. Considerações Finais

Dentre os diversos elos existentes na composição da cadeia logística, pode-se dizer que a atividade do transporte é uma das mais significativas da cadeia, pois é através do transporte que é possível sincronizar a disponibilidade de matéria prima “*on time*”, “*in full*” nas unidades fabris e os produtos finais nos centros de distribuição e posteriormente ao cliente final (Silva, 2008). Dentro deste contexto, portanto, o CTM tem sido utilizado a fim de possibilitar a sincronização da rede logística.

Assim, considerando a relevância dessa ferramenta e que existe demanda pelo serviço de transporte marítimo por parte de empresas exportadoras, há necessidade de se pesquisar e modelar o problema de transporte aqui tratado, analisando os cenários possíveis que melhor interpretem as necessidades das empresas, a fim de buscar o equilíbrio entre seus ganhos e perdas. Como foi apresentado, a abordagem de Agentes Autônomos aplicada a este tipo de problema pode ser uma boa ferramenta para se analisar os cenários de atuação das empresas exportadoras que necessitam escoar sua produção através do modal aquaviário.

Dada a carência de pesquisa nesta área espera-se que este estudo possa ser útil como passo incipiente no desenvolvimento de uma ferramenta de auxílio às análises e tomadas de decisões por parte dos empresários. Portanto, para dar continuidade no estudo faz-se necessário equacionar o modelo matematicamente, desenvolver um critério de decisão para distribuir os custos e benefícios entre os principais agentes envolvidos no transporte colaborativo e testar os mesmos. A partir do modelo equacionado sugere-se implementar um



código computacional para a resolução do problema de transporte com base na teoria de agentes autônomos interagindo em sistemas dinâmicos. Feito isso, sugere-se simular operações em diferentes condições operacionais semelhantes às práticas empresariais a fim de testar o modelo e validá-lo.

Referências

- BLOOS, MELANIE; KOPFER, HERBERT *On the formation of operational transport collaboration systems*. Annals of the II LogDynamics International Conference (LDIC): 329-338. Bremen, Alemanha, 17-21 de agosto, 2009.
- CARNIERI, CELSO; SIMIEMA, HÉLIO HIPÓLITO; MAZZAROTTO, MARCO ANDRÉ *Programa Integrado de Transporte de Soja*. Anais do XVI Congresso da SBPO, Florianópolis, 1983.
- GIESEN, RICARDO. MUNÓZ, JUAN CARLOS. SILVA, MARIELA. LEVA, MABEL. *Método de solución al problema de ruteo e inventários de múltiples productos para una flota heterogênea de naves*. Actas del Congreso Chileno de Ingeniería de Transportes, 2007.
- GOMBER, P; SCHMIDT, C; WINHARDT, C *Elektronische Märkte für die dezentrale Transportplanung*. Wirtschaftsinformatik, 39 (2):137-145, 1997.
- GRÜNIG, R; KÜHN, R *Entscheidungsverfahren für komplexe Probleme. Ein heuristischer Ansatz*. 2nd edition, Berlin, Heidelberg, New Your: Springer, 2005.
- HÖLSCHER, KARSTEN; KLEMPIEN-HINRICHS, RENATE; KNIRSCH, PETER; KREOWSKI, HANS-JORG; KUSKE, SABINE *Autonomous units: basic concepts and semantic foundation*, In: Hülsmann, M.; Windt, Katja (ed.) *Understanding autonomous cooperation and control in logistics*, German: Springer, 2007.
- KEEDI, SAMIR *Logística de transporte internacional*. 3^a ed. São Paulo: Aduaneiras, 2007.
- KOPFER, H; PANKRATZ G *Das groupage-problem kooperender Verkehrsträger*. Oper. Res. Proc., 1998: 453-462, Springer, Berlin Heidelberg New York, 1999.
- KRAJEWSKA, MARTA ANNA; KOPFER, HERBERT *Collaborating freight forwarding enterprises – request allocation and profit sharing*. *OR Spectrum* 28:301-317, 2006.
- NOVAES, ANTONIO G. N; FRAZZON, ENZO M; BURIN, PAULO J *Dynamic vehicle routing in over congested urban areas*. Annals of the II LogDynamics International Conference (LDIC): 103-112. Bremen, Alemanha, 17-21 de agosto, 2009.
- SCHÖNBERGER, J *Operational freight carrier planning*, Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2005.
- SILVA, VANINA MACOWSKI DURSKI *Um modelo heurístico para alocação de navios em berços*. Dissertação de mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- SILVA, VANINA M. D. ZAGO, CAMILA. A. ABREU, LEONOR. F. COELHO, ANTONIO. S. GONCALVES, MIRIAN. B. *La influencia de la gestión del transporte colaborativo para la eficiencia de la cadena de suministros*. Anales del XIV International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (ICIEOM), Salvador-BA, Brasil, 2009.
- SOUZA, ERIKA *Alianças, América Latina e sistema marítimo portuário mundial*. Anais do 12^o Encuentro de geógrafos de America Latina, 3-7 de abril, Montevideo, Uruguay, 2009.
- TACLA, DOUGLAS *Estudo de transporte colaborativo de cargas de grande volume, com aplicação em caso de soja e fertilizantes*. Tese de Doutorado. Programa de Engenharia Naval e Oceânica, área de concentração: Transportes e Sistemas Logísticos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, (2003).