

MODELAGEM PARA OTIMIZAÇÃO DO TRANSPORTE DE CARGAS NO COMPLEXO LOGÍSTICO INTERMODAL PORTO SUL

Jorge Ubirajara Pedreira Junior (UFBA)

jorgesars@gmail.com

ADEMAR NOGUEIRA DO NASCIMENTO (UFBA)

annas@ufba.br



O presente trabalho consiste em uma proposta de metodologia para representar o transporte ferroviário de cargas de minério de ferro a partir de minas localizadas no interior da Bahia para o complexo logístico, incluindo porto, que vem sendo estruturado na cidade de Ilhéus. A metodologia está concebida em base de estudo analítico-descritivo por decomposição hierárquica do complexo, envolvendo simulação de eventos discretos e otimização dos custos. Como recurso informatizado da simulação propõe-se o emprego do software Arena, o qual deverá facilitar a modelagem da fila das composições ferroviárias e seus recursos e, posteriormente, contribuir na modelagem do sistema portuário. Os dados para simulação estão sendo levantados no próprio Projeto do empreendimento, divulgado pelo Governo do Estado da Bahia, bem como em operações ferroviárias equivalentes existentes no Brasil. Como resultado a metodologia aqui proposta deverá ser bastante útil na tomada de decisão gerencial, sobretudo no fluxo otimizado da extração do minério e dos recursos materiais necessários.

Palavras-chaves: Infraestrutura de transporte, multimodalidade, simulação, otimização

1. Introdução

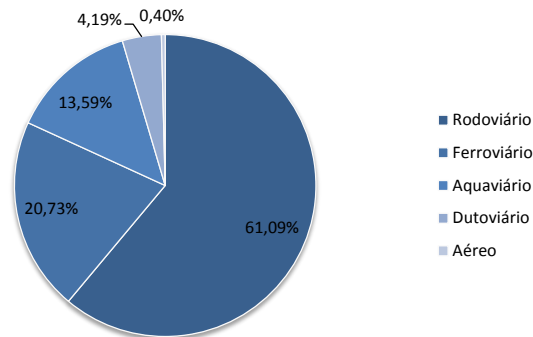
O presente trabalho apresenta uma proposta de modelagem matemática para representar o transporte de cargas de minério de ferro no interior da Bahia, a partir de minas localizadas principalmente no município de Caetité, o qual será transportado por via ferroviária para o Porto Sul, município de Ilhéus, que se encontra em fase final de licença de instalação. Trata-se do Projeto intitulado Complexo Logístico Intermodal Porto Sul (CLIPS), submetido a análise técnica do IBAMA pelo Governo do Estado da Bahia. Entre a origem (município de Caetité) e o destino da carga (Ilhéus), totaliza-se um percurso ferroviário de 536 km, através da ferrovia de integração oeste-leste (EF-334). Além do minério prevê-se também transportar grãos do oeste baiano e sudeste do Tocantins para o Porto Sul. A metodologia da modelagem, aqui proposta, limita-se ao estudo da movimentação de trens e suas composições no trecho ferroviário Caetité-Ilhéus, bem como do transporte auxiliar rodoviário de carga e descarga, e a infraestrutura complementar para atendimento à retroárea das instalações portuárias. São estabelecidos indicadores de desempenho do sistema de filas dos trens e veículos de carga e descarga, com cenários tratados por estudo de simulação. Este artigo traz ainda uma breve revisão do emprego da intermodalidade no transporte de cargas e suas ligações com a ação desenvolvimentista de larga escala no interior baiano, a qual exige consistente suporte técnico de planejamento para assegurar um eficiente sistema operacional do CLIPS, oferecendo um modelo de simulação que satisfaça as futuras operações deste sistema logístico.

2. Breve perfil da intermodalidade no transporte de cargas

A distribuição adequada dos diferentes modais de transporte de carga é desejável visto que viabiliza a otimização dos custos associados à transferência de produtos e matérias-primas. A partir de informações estatísticas divulgadas pela Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2013b), pode-se constatar que intermodalidade brasileira na movimentação de cargas, concentra-se, inadequadamente, no modal rodoviário – em torno de 60%, apesar de ser este um dos mais custosos em termos de tonelada de carga transportada por quilometro percorrido. A inadequação é bastante expressiva, visto que a segunda posição é ocupada pelo modal ferroviário, com 20,7% do volume de cargas, ou seja, praticamente 1/3 do volume transportado por via rodoviária (485,62 milhões de toneladas/km.ano), quando certamente o contrário poderia ser o mais indicado para um país de dimensões continentais como o Brasil.

A Figura 1, a seguir, apresenta a estratificação do uso da intermodalidade do transporte de cargas no País.

Figura 1 – Percentual da quantidade de mercadorias transportada por modal



Fonte: CNT, 2013a

O início da implementação do modal rodoviário nacional situa-se entre as décadas de 1950 e 1960, a partir dos investimentos na indústria automobilística. Tem-se hoje no Brasil uma extensão rodoviária de 1.584.712 km, sendo 221.020 km pavimentados e 1.363.682 km não pavimentados (CNT, 2013a). Caracterizado como um transportador para médias distâncias, tem como principais vantagens a movimentação porta-a-porta, frequência de transporte e disponibilidade.

O modal ferroviário, por sua vez, é um típico transportador de longo curso, de carga completa, mais lento quando comparado ao rodoviário, e indicado para a movimentação de matérias-primas, como minérios e madeira e produtos químicos em grandes quantidades.

No Brasil, o modal ferroviário começou a ser explorado durante o ciclo do café, da segunda metade da década do século XIX até a década de 1930, caracterizando-se como um período de expansão das fronteiras agrícolas nacionais (CNT, 2013b). Dos anos 1950 até meados da década de 1990 esteve sob o domínio governamental, sendo administrada pela estatal RFFSA (Rede Ferroviária Federal S.A.), quando se observou um crescimento da tonelagem transportada e da produtividade global, apesar de representar 90% do déficit orçamentário público (CNT, 2013b). A partir da década de 1990, é transferido ao capital privado, visando-se estimular a competitividade, possibilitando mais investimentos ao setor. Apesar de não se observar expansão da infraestrutura a partir de então, as empresas concessionárias tiveram consideráveis acréscimos em produção, indicando aumento de produtividade. Os dados indicam (CNT, 2013b) que a mudança da gestão pública para a privada, proporcionou um

expressivo crescimento de carga transportada (133%), saindo de 137,2 bilhões de toneladas por km útil (TKU), em 1997, para 328 bilhões de TKU, em 2012.

O modal aquaviário, dentre os demais modais, representa aproximadamente 14% da movimentação nacional de cargas, com grande aderência aos modais rodoviário e ferroviário, sendo mais lento que estes. Quando se refere ao transporte fluvial fica limitado aos sistemas de vias aquáticas internas, geralmente exigindo outro modal de transporte como complemento ao serviço prestado por este. O Brasil dispõe de aproximadamente 21 mil Km de vias economicamente navegáveis, onde na Bahia limita-se basicamente ao emprego de barcaças para o transporte de matérias-primas de baixo valor agregado no Rio São Francisco, que dos seus 2800 km de extensão, possui 1579 km de trechos navegáveis (ANTAQ, 2013b). Por sua vez o transporte marítimo nacional é classificado por navegação de longo curso (rotas internacionais) e de cabotagem (rotas pela costa), movimentando em torno de 931 milhões de toneladas anuais em seus portos públicos e terminais de uso privado (ANTAQ, 2013a). A Bahia destaca-se no contexto de transporte marítimo movimentando cerca de 32 milhões de toneladas por ano (CODEBA, 2014), principalmente nos portos de Salvador (grãos e cargas containerizadas, particularmente no terminal de contêineres), Aratu (graneis sólidos, petróleo e derivados, e soda cáustica) e Ilhéus (cacau e derivados), servindo de importante ligação portuária entre o norte e o sul do país.

O modal dutoviário caracteriza-se por oferecer uma reduzida possibilidade de uso do mesmo, apesar da grande confiabilidade e baixas perdas, sendo mais comuns o transporte de petróleo e seus derivados, gás e etanol combustível, além de grãos e transporte de minérios a médias distâncias. A empresa Bahia Mineração (BAMIN), concessionária da exploração e transporte do minério e ferro de Caetité, dispunha de plano alternativo para a construção de mineroduto para o Porto Sul, que visava implementar como opção ao modal ferroviário, caso este apresentasse dificuldades em sua construção. O transporte dutoviário no Brasil movimenta aproximadamente 34 mil toneladas de carga, representando 4,2% do total nacional. O transporte aéreo, por apresentar desprezível aderência aos propósitos do presente estudo, não será comentado.

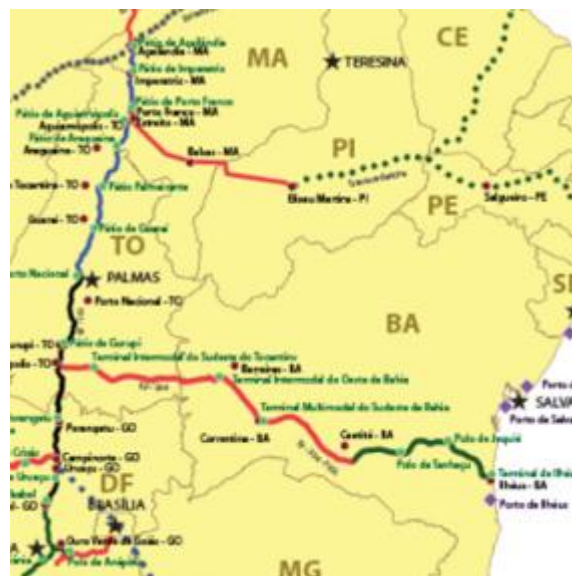
Em resumo, pode-se concluir que diante de suas dimensões continentais, a situação logística nacional revela-se como um gargalo para o transporte de cargas, sendo que os modais

ferroviário e aquaviário apresentam-se com enormes possibilidades de contribuir para a solução otimizada deste cenário. Estudo da FIESP (2012) sobre carga extra na indústria brasileira, afirma que dos R\$ 68,2 bilhões gastos com transportes, aproximadamente R\$ 13,7 bilhões estão associados à precariedade da infraestrutura logística nacional. O Complexo Logístico Intermodal Porto Sul, se estabelecido de forma eficiente, deverá contribuir significativamente para a redução das deficiências logísticas nacionais, diversificando o perfil do transporte de cargas no país, particularmente na região nordeste.

3. O Complexo Logístico Intermodal Porto Sul (CLIPS)

Este empreendimento multimodal constitui-se pela Estrada de Ferro 334, também conhecida como ferrovia oeste-leste, já em construção, o porto sul e o novo aeroporto internacional de Ilhéus, este último em análise ambiental. A idealização desse complexo surgiu com o propósito de atender a demandas regionais, sobretudo ao transporte de *commodities*. De acordo com o Projeto, divulgado pela Secretaria da Indústria Naval e Portuária da Bahia - SEINP, quando concluído deverá movimentar produtos como minério de ferro, grãos (principalmente soja), etanol, algodão e materiais refratários. A ferrovia, como meio de transporte central desse complexo, tem o seu traçado estabelecido partindo de Figueirópolis-TO para Ilhéus-BA, totalizando 1.527 km, conforme pode ser observado no mapa constante na Figura 2.

Figura 2 – Traçado da FIOL



Fonte: VALEC. (www.valec.gov.br/acoes_programas)

No extremo ocidental desse empreendimento, há uma ligação com a Ferrovia Norte-Sul (FNS), conectando as regiões Centro-Oeste e Nordeste do país. Na ponta leste (Porto Sul)

acontece a interação entre os modais ferroviário, rodoviário e aquaviário. Esse destino final das cargas estará localizado na região de Aritaguá, ao norte da cidade de Ilhéus, sendo composto por 4 áreas, conforme consta na Figura 3, quais sejam:

- **Porto Público:** destinado a armazenamento e movimentação de cargas diversas, áreas administrativas e operacionais;
- **Zona de Apoio Logístico (ZAL):** constituída por pátios de armazenagem de cargas;
- **Terminal de Uso Privativo (TUP) da BAMIN:** reservado à exportação de minério de ferro;
- **Terminal Portuário:** píeres em uma região *offshore*, que são ligados ao retroporto (*onshore*) por uma ponte de acesso de 3,9 km, onde os produtos serão carregados nos navios, movimentados através de esteiras transportadoras e caminhões.

Figura 3 – Representação geral do Porto Sul



Fonte: BAHIA, 2011

Evidentemente que, uma vez em operação, espera-se que este complexo venha a facilitar o desenvolvimento regional e gerar expressivas receitas. Nesse sentido, estudo operacional da FIOLE realizado pela VALEC (BRASIL, 2010), estima faturamento anual no complexo de acordo com o indicado na Tabela 1, sendo que o transporte do minério de ferro deve representar quase 80% do total.

Tabela 1 – Tendência de crescimento da receita (em R\$ 10³)

Produto	2015	2020	2025	2035	2040
Grãos e Farelos	237.297,00	536.428,00	685.796,00	795.798,00	879.056,00
Etanol	30.820,00	187.522,00	357.651,00	415.018,00	458.438,00
Açúcar	10.642,00	46.399,00	61.548,00	71.421,00	78.893,00
Algodão	4.408,00	7.009,00	9.219,00	10.697,00	11.816,00
Minério de Ferro	1.024.990,00	1.024.990,00	1.024.990,00	1.077.275,00	1.189.982,00
Demais Produtos	32.856,00	86.098,00	122.264,00	141.875,00	156.718,00
Receita Operacional	1.341.013,00	1.888.446,00	2.261.468,00	2.512.084,00	2.774.903,00
Outras Receitas (2%)	26.820,26	37.768,92	45.229,36	50.241,68	55.498,06
Receita Total	1.367.833,26	1.926.214,92	2.306.697,36	2.562.325,68	2.830.401,06

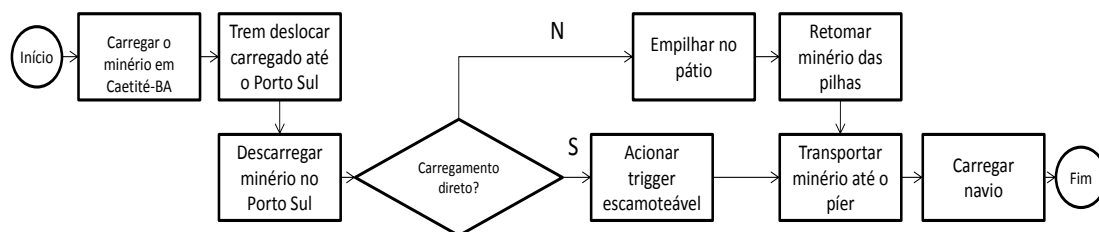
Fonte: Ministério dos Transportes, 2010

Devido à relevância da participação do minério na viabilidade do Complexo Porto Sul, faz-se necessário analisar as operações de funcionamento da rede voltada para esse escoamento.

3.1. O transporte do minério de ferro

Desde o carregamento dos vagões na cidade de Caetité-BA, 536 km serão percorridos até a chegada no Porto Sul, onde o minério será descarregado no Terminal de Uso Privativo (TUP) da BAMIN. Os trens serão do tipo de ciclo, dedicado ao transporte de carga específica, entre dois terminais de carga e descarga definidos, realizando repetidamente o percurso: Carrega (Caetité) → Desloca → Descarrega (Porto Sul) → Desloca → Carrega (Caetité). Um fluxograma geral do processo de escoamento da carga de minério de ferro pela BAMIN pode ser observado na Figura 4 a seguir.

Figura 4 – Fluxograma do processo de escoamento do minério



Uma vez completado o percurso ferroviário até o porto, o processo de descarregamento do minério se inicia com o acesso do trem a um posicionador de vagões no TUP da BAMIN. Esse posicionador faz a movimentação de todo o trem sem necessidade de tração da locomotiva, de forma a dispor os vagões a serem descarregados dois a dois no virador de vagões duplo (Figura 5a). Por sua vez, o virador realiza a rotação dos vagões em torno do eixo de engate, fazendo com que o minério seja depositado num fosso que possui uma bandeja de recepção e um dosador (alimentador de sapatas). A partir da deposição na bandeja, o alimentador de sapatas controla a transferência do material descarregado para esteiras transportadoras que têm o objetivo de levá-lo para fora do fosso, atingindo outra esteira transportadora que o levará até o pátio de estocagem. No centro deste pátio, uma empilhadeira e uma coletora de minério (retomadora) se disporão sobre uma via de rolamento, ladeada por pilhas desse produto que estarão dispostas de acordo com a sua classificação. A empilhadeira recebe o minério do transportador do pátio e com uma lança giratória e basculável, organizando as pilhas no pátio de forma cônica (Figura 5b). A retomadora (Figura 5c), por sua vez, possui uma lança, que retira o minério das pilhas de estoque com o objetivo de enviá-los para novas esteiras transportadoras que conduzirão a carga aos navios no píer.

Figura 5a - Virador de vagões

Figura 5b - Empilhadeira

Figura 5c - Retomadora



Vale salientar que de acordo com a necessidade de carregamento dos navios ou lotação do pátio de estocagem de minério, o sistema de alimentação pode acontecer simultaneamente passando tanto pela estocagem do minério quanto no envio pela bandeja de recepção no virador de vagões (acionando-se um trigger escamoteável).

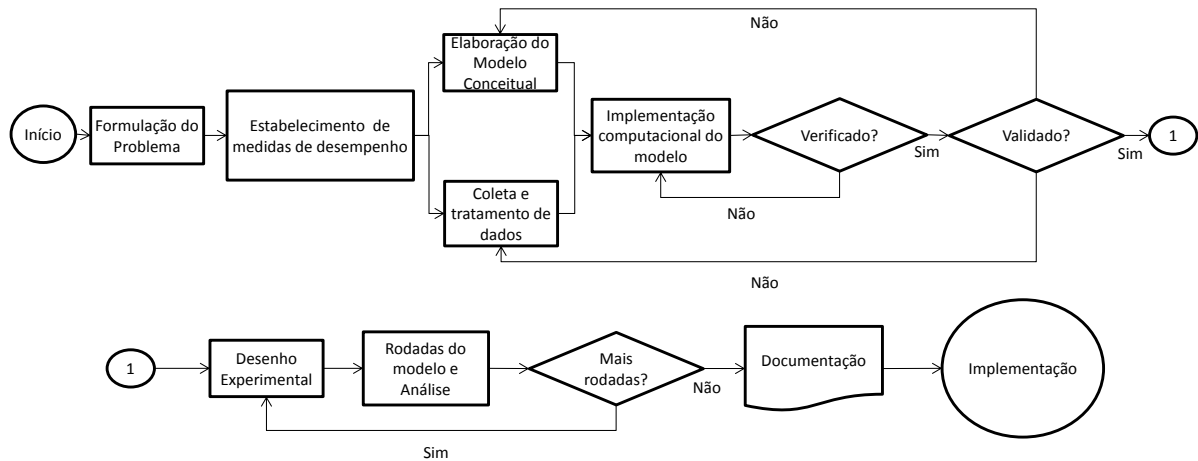
A próxima etapa é a condução do minério para o circuito de transportadores da linha de embarque. Para isso, um transportador intermediário alimentará um transportador de correia de longa distância, que percorrerá toda a ponte de acesso de 3,9 km, entregando o minério à última etapa, onde uma correia transportadora de lança telescópica fará o abastecimento dos navios com minério.

4. Metodologia para modelagem do CLIPS

De modo geral, os modelos de análise de um sistema logístico multimodal envolvem estudos analítico-descritivos, simulação ou otimização. Segundo Sokolowski e Banks (2009), as principais razões da utilização da simulação em detrimento de outras opções são: a capacidade de fazer escolhas corretas, através do teste de diferentes cenários dentro da organização, sem comprometer recursos adicionais; diagnosticar problemas através da análise das interações entre as variáveis presentes em sistemas complexos; e identificar restrições através da revisão de atrasos no processo, informações e materiais, avaliando se essas restrições são causas ou efeitos.

As bases da metodologia para representação do sistema é similar a concebida por Banks et al (1998) - descrita em fluxograma na Figura 6 -, com o apoio do software comercial Arena, onde será executada uma simulação de eventos discretos. Segundo Chwif e Medina (2006), a simulação de eventos discretos é uma metodologia que leva em consideração mudanças discretas do estado do sistema ao longo do tempo, a partir da ocorrência de certos eventos.

Figura 6 – Representação em fluxograma de um estudo de simulação



Fonte: adaptado de Banks et al, 1998

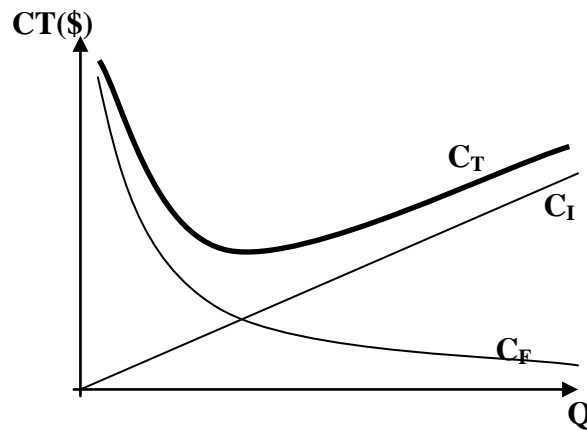
4.1. Estabelecimento de medidas de desempenho

Os indicadores de desempenho do sistema em estudo são:

- número médio de trens (vagões) nos sistemas de fila;
- tempo médio de espera nestes sistemas;
- taxa de utilização dos recursos que servem os trens;
- custos associados à esperara pelo serviço e a infraestrutura alocada aos mesmos.

Este último indicador, os custos totais, são decisivos para a tomada de decisão, sendo fundamental que sejam minimizados. Considerando-se que aumentar a disponibilidade de infraestrutura de atendimento às composições ferroviárias promove também aumento nos custos de oferecê-las, apesar de diminuir os custos da espera pelo serviço (custo do trem parado), sugere-se calcular a oferta ótima dos serviços de carga e descarga das composições de modo a minimizar os correspondentes custos totais, conforme pode ser observado no gráfico da Figura 7, abaixo:

Figura 7 – Representação da curva de custo total (C_T), dada pela soma dos custos de infraestrutura (C_I) e custo de espera em filas (C_F)



Os indicadores esperados (simulados) em cada estado do sistema, em função das taxas de chegada e de serviço dos trens, serão úteis para a tomada de decisão das políticas de movimentação do minério em todo o complexo logístico, sendo fundamental para indicar, dentre outros, itens tais como:

- Quantidade de pátios de cruzamento;
- Quantidade de equipamentos de carga e descarga;
- Tempo de espera das composições ferroviárias;
- Quantidade de composições ferroviárias em espera.

Esta simulação será útil também para se prever possíveis gargalos em todo o complexo logístico, estendendo-se à futura modelagem da movimentação de navios para carregamento no porto sul e os correspondentes custos associados, visto que esta variável está fora dos domínios do CLIPS, cuja minimização é importante fator de competitividade internacional..

4.2. Elaboração do modelo conceitual

O presente trabalho, em fase inicial, vem sendo realizado a partir de análises da concepção técnica do complexo multimodal, com base no projeto patrocinado pelos governos federal e estadual. Adotou-se, como plano de estudos, uma pesquisa exploratória de acordo com o princípio da decomposição hierárquica, com base no IDEF - *Integrated Computer Aided Manufacturing Definition* (YOURDON, 1990), onde o fluxo de informações existente entre cada etapa do CLIPS foi mapeado, possibilitando uma visão gradativa do processo, conforme já demonstrado (Figura 4). A construção do modelo propõe configurar as interações entre os meios de transporte das cargas e os recursos de infraestrutura através de um diagrama de fluxo que identifica (por símbolos) os processos de chegada, atividades, filas, pontos de decisão (condicionais) e processos de saída.

4.3. Coleta e tratamento de dados

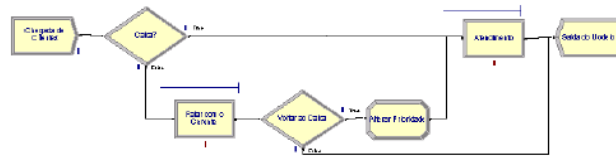
Propõe-se quantificar a movimentação dos trens a partir do levantamento de suas taxas de chegadas às estações de serviço (ou tempo entre chegadas), bem como da duração de cada serviço. As contagens e medidas de tempo devem ocorrer nos pontos de carregamento e descarregamento, pátios, cruzamentos, abastecimentos e oficinas de manutenção, dentre outros. Considerando-se que o CLIPS ainda não opera, planeja-se obter dados de funcionamento equivalentes de acordo com estudos operacionais e de viabilidade constantes no projeto, além de dados de outras operadoras ferroviárias já existentes - ALL, MRS e FCA. Segundo Chwif e Medina (2006) faz-se necessário depurar estatisticamente os dados coletados, visando dar consistência à validação do modelo (filtrando ruídos/*outliers*, testando correlações entre as medidas e as contagens, e levantar o padrão estatístico do sistema logístico) de acordo com o seguinte detalhamento:

- Eliminação de dados discrepantes (*outliers* extremos) com a ajuda de gráfico box-plot. Destaca-se que *outliers* extremos são aqueles relativos a uma distância de 3 vezes o intervalo interquartil ($Q_3 - Q_1$) em relação ao primeiro quartil.;
- Para a avaliação da ocorrência de correlação, cada observação de ordem k será comparada com a posterior $k+1$ em um gráfico X_{k+1} vs X_k . O comportamento do gráfico permitirá inferir se existe a presença de tendências visíveis dos dados de acordo com a ordem de coleta;
- A análise do comportamento dos diversos componentes do sistema poderá ser efetuada através de testes de aderências de frequências observadas a frequências teóricas como o Qui-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov, por meio de planilhas eletrônicas.

4.4. Implementação computacional do modelo

Para a implementação computacional do modelo será utilizado o software Arena, que permitirá a execução da simulação. A função dessa ferramenta é associar o modelo conceitual e seus dados coletados e tratados num ambiente virtual que conterà o fluxo desse processo (como o exemplo da Figura 8). Cada bloco representado no fluxograma tem uma função específica que é identificada com um comando na linguagem de programação, contendo as características estatísticas do processo.

Figura 8 – Exemplo de fluxo do processo no Arena

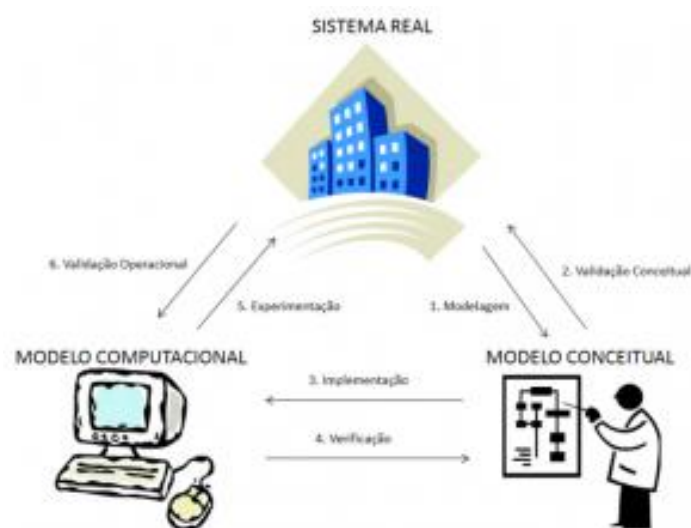


A simulação acontece pela execução de uma rodada do modelo que, por sua vez, é composto por uma quantia de replicações definidas previamente pelo usuário. Cada replicação é uma repetição da simulação com a mesma configuração de parâmetros de entrada, mas com uma semente de geração de números aleatórios diferentes, o que ocasiona diferentes valores de uma variável de saída para cada replicação. O valor da variável de uma rodada da simulação é calculado, portanto, pelo valor médio obtido de todas as replicações.

4.5. Validação e verificação do modelo

A validação do modelo diz respeito à verossimilhança da representação construída. Essa validação é classificada em conceitual (comparação do modelo conceitual com o sistema real) e operacional (comparação do modelo computacional com o sistema real). A verificação, por sua vez, trata-se da análise da implementação computacional, avaliando a correspondência dessa tradução com o modelo conceitual. O esquema geral desses processos pode ser explicado na Figura 9.

Figura 9 – Processos inter-relacionando os modelos conceitual, computacional e o sistema real



Fonte: adaptado de Chwif e Medina (2006)

A técnica de validação a ser utilizada será do tipo “face-a-face”, que consiste na avaliação da representatividade do modelo construído em relação ao sistema real com profissionais e especialistas sobre o sistema em análise. De forma acessória, algumas análises de sensibilidade visando avaliar resultados prováveis da alteração de variáveis significativas (por prévio conhecimento teórico e por analogia com sistemas existentes) serão realizadas, possibilitando avaliar as respostas a essas alterações. No processo de verificação será realizada uma implementação modular (sistema funcionando em partes), de forma a permitir a conferência do modelo computacional com o conceitual por subsistema implementado, garantindo a precisão desse processo através de uma visualização mais detalhada. Outras técnicas poderão servir de apoio a essa primeira, como a utilização de valores constantes ou simplificados para comparar com valores obtidos via métodos analíticos como teoria das filas.

4.6. Desenho experimental e análise de rodadas

Segundo Banks et al (1998), sabendo-se que o modelo é válido para representar o sistema, o desafio passa a ser a comparação entre os diferentes cenários operacionais gerados pela ferramenta de simulação. A intenção é comparar, a partir de uma variável de saída de interesse (Y), se há diferença entre os valores \bar{Y}_1 e \bar{Y}_2 , obtidos de duas políticas operacionais distintas através de um teste t de Student. Neste caso, deve-se construir um intervalo I de confiança (a uma significância α) para a média \bar{d} das diferenças $d_i = Y_{1i} - Y_{2i}$ e inferir, a $(1 - \alpha)\%$ de probabilidade, os seguintes raciocínios para as determinadas alternativas: a) se o intervalo I contiver o valor 0 (zero), nada pode ser concluído sobre a diferença entre as duas políticas; b) se I cair totalmente à direita de 0, então $\bar{Y}_1 > \bar{Y}_2$ e c) se I estiver totalmente à esquerda de 0, então $\bar{Y}_2 > \bar{Y}_1$.

Vale salientar que para os casos em que a complexidade de comparações aumenta, como o confronto de três ou mais níveis diferentes de um único fator (variável de interesse) ou dois ou mais níveis de dois ou mais fatores, as técnicas de desenho experimental se especificam e deverão ser empregadas de acordo com a circunstância a que o estudo se destinar.

Uma vez que os dados de saída fazem parte da simulação de um sistema estocástico, eles terão, por natureza, uma variação randômica. Desta forma, uma análise de dimensionamento de rodadas deve acontecer para determinar um intervalo de confiança para essas variáveis, através de um número mínimo de replicações de uma rodada da simulação computacional. Pretende-se, então, encontrar um intervalo I , tal que $P(\bar{Y} - h \leq I \leq \bar{Y} + h) = 1 - \alpha$, onde: \bar{Y} é a média dos valores das n observações (replicações) dos dados Y , h é a precisão da metade do

intervalo, dada por $h = t_{n-1, \alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$, $t_{n-1, \alpha/2}$, o percentil $(1 - \alpha/2)$ da distribuição t de Student com n-1 graus de liberdade, s, o desvio padrão da amostra e α , o nível de significância da amostra.

4.7. Formulação e documentação das propostas de melhoria

A partir das comparações realizadas de políticas e estratégias de movimentação de cargas pelo complexo multimodal, propõe-se gerar a documentação das propostas com os resultados obtidos de diferentes cenários elaborados, devendo constar a técnica de desenho experimental empregada e a memória de cálculo para apreciação dos interessados no projeto.

5. Resultados esperados e considerações finais

Os ganhos esperados da condução de um estudo de simulação bem executado, com uma modelagem validada e dados representativos acerca do sistema, podem ser diversos. Destaca-se a possibilidade da medição do desempenho global com variados *layouts* de infraestrutura modal, diferentes quantidades de recursos (composições ferroviárias, máquinas portuárias, caminhões, dentre outros) e planos de movimentação, sem a necessidade de testar essas alterações no sistema real, o que deverá favorecer a tomada de decisão otimizada do CLIPS. Além disso, espera-se estabelecer a continuidade da utilização desse estudo aos responsáveis pela operação da malha através da criação de uma plataforma para o teste de novos cenários. Finalmente, no campo científico, motivar análises mais aprofundadas no tema que tenham a perspectiva de viabilizar o empreendimento, bem como a idealização de novas alternativas logísticas que venham suprir demandas emergentes na região e no país.

REFERÊNCIAS

- BAHIA (Estado). Secretaria de Infraestrutura. **Estudo de Impacto Ambiental Porto Sul, Tomo I: Caracterização do empreendimento**. Salvador, 2011, 460 p.
- BANKS, J. **Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications and Practice**, 1ª edição, Ed. Jerry Banks, New York: John Wiley and Sons. 1998.
- BRASIL. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Anuário Estatístico do Transporte Aquaviário 2013**. 2013a. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Anuario2013/40.htm>>. Acesso em 20/03/2014.
- BRASIL. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Relatório Executivo - Bacia do São Francisco**. 2013b. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/PNIH/BaciaSaoFrancisco.pdf>>. Acesso em: 20/03/2014.

BRASIL. Ministério dos Transportes. VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias. **Volume I - Estudo Operacional da Ferrovia de Integração Oeste Leste EF-334**. 2010. Disponível em:

<<http://www.valec.gov.br/FerroviasEstudos.php>>. Acesso em: 21/11/2013.

CHWIF, L., MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**. 2ª edição. São Paulo: Editora Bravarte. 2007.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE-CNT. **Boletim Estatístico –setembro de 2013**.

Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Paginas/Boletins_Detalhes.aspx?b=3>. 2013a. Acesso em: 20/11/2013.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE-CNT. **Transporte e Economia – O Sistema Ferroviário Brasileiro**. Disponível em:

<http://www.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Transporte_e_economia_-_o_sistema_ferrovuario_brasileiro_.pdf>. 2013b. Acesso em: 20/11/2013.

COMPANHIA DE DOCAS DO ESTADO DA BAHIA (CODEBA). **Estatística Portuária**. Disponível em:

<http://www.codeba.com.br/eficiente/sites/portalcodoba/pt-br/site.php?secao=estatistica_portuaria&sm=menu_esquerdo_estatistica_portuaria>. 2014. Acesso em: 19/03/2014.

FIESP. Departamento de Competitividade e Tecnologia. **Carga Extra na Indústria Brasileira, Parte 2: Custos com Logística**. São Paulo, 2012, 16 p.

SOKOLOWSKI, J. A. e BANKS, C. M., **Principles of Modeling and Simulation: a Multidisciplinary Approach**, Hoboken: John Wiley and Sons, 2009.

YOURDON, E. **Análise estruturada moderna**. São Paulo. Ed. Campus, 3ª ed., 1990.