

UM SISTEMA PARA O PLANEJAMENTO E O CONTROLE OPERACIONAL DE UMA FROTA DEDICADA AO TRANSPORTE DE MADEIRA NA COSTA BRASILEIRA

Rui Carlos Botter *

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Universidade de São Paulo

* e-mail: rcbotter@usp.br

Luiz Augusto G. Franzese e Luiz Otávio Abdenur
Paragon Tecnologia Ltda.

ABSTRACT

Two similar coastwise transport systems dedicated to supplying logs to the VERACEL and ARACRUZ' cellulose factories that come from the north region of Brazil have been operating since 2002. Both are based on convoys of barges and tugs, being either rented or owned by the shipper, especially dedicated to the transport on focus. Being considered industry transport systems decoupled from the regular coastwise lines that presently operate in Brazil, they visit the private terminal owned by ARACRUZ and VERACEL. Another system that is about to have its feasibility study finished aims at distributing steel products produced by the National Steel Company (CSN).

Their development was based on a tailored made computing system formed by 2 (two) modules, being the first one dedicated to defining the capacity of the barges and the second one to planning and controlling the operations, which will be detailed next.

The first module was built on a simulation model that takes into account the main characteristics of the system, like distances, tugs availability, required interval between visits at each terminal, operating hours, maximum draft and discharging and charging rates at the ports aiming at determining the capacity range for the barges as well as the convoy speed ranges that would be capable of supplying the required demand while being both economically and cost effective. Self-owned and chartering alternatives were compared.

The second module is a tool that aims at:

- 1) Allowing accurate scheduling of the convoy capable while taking into account the interaction among the resources and the impact of the system's restrictions;
- 2) Substituting the manual method presently used;
- 3) Bringing fast and flexible planning as per required by the frequent need for revision of the schedule of the vessels;
- 4) Absorbing the know-how of vessel planning which would allow any professional to be capable of scheduling the vessels within a short period of time after a brief training;
- 5) Allowing timely operations follow-up comparisons between what has been planned and what has actually happened;
- 6) Promptly retrieving historical data for statistical manipulation.

This paper presents practical examples of the simulation tool utilization for obtaining the capacity and the speed of the convoy as well as of its operational control.

1 – Introdução

A partir de 2002 começou a operar na costa brasileira dois sistemas de transporte de cabotagem para movimentação de insumos industriais, no caso a madeira das empresas VERACEL Celulose S.A. e ARACRUZ Celulose S.A. e já está em fase final de estudos o transporte marítimo de produtos siderúrgicos da CSN – Companhia Siderúrgica Nacional. Esses sistemas de transporte de cabotagem utilizam frotas planejadas especificamente para determinadas cargas como por exemplo a madeira, podendo ser afretadas ou ser investido na construção das mesmas. Esse sistema pode ser considerado um transporte industrial e desacoplado das linhas regulares de cabotagem que atuam hoje no país, utilizando em alguns casos terminais portuários próprios dentro ou fora do porto organizado.

Para tanto foram desenvolvidos 2 módulos sendo o primeiro para o dimensionamento da frota e o segundo para o acompanhamento operacional da mesma, que serão adiante detalhados.

2 – Módulo de Dimensionamento da Frota

O dimensionamento da frota é um dos passos essenciais para a implantação do sistema de transportes e para tanto foi desenvolvido um módulo de simulação da Frota de Empurradores e Barcaças da VERACEL para o Transporte Madeira entre Belmonte localizado no Sul da Bahia e Portocel junto a fábrica da ARACRUZ no Espírito Santo, com os seguintes objetivos:

- a) Avaliar configurações de frota de empurradores e barcaças que sejam capazes de atender ao volume anual de madeira que gira em torno de 1,7 milhões de m³ de madeira/ano.
- b) Como se comportariam as frotas dimensionadas para uma operação de 24 horas por dia se num dos terminais houver somente e uma disponibilidade para 12 horas de operação por dia;

2.1 – Premissas Adotadas

As premissas adotadas para esse módulo de dimensionamento da frota foram:

- operação 24 horas por dia no terminal de Belmonte e de Portocel (berço VERACEL);
- operação 24 horas por dia no terminal de Belmonte e 12 horas no terminal de Portocel (berço ARACRUZ) (cenário alternativo);
- Calado máximo de 5,5 metros em Belmonte;

- Calado máximo de 5 metros na Portocel (berço VERACEL);
- 2 horas de atracação e desatracação;
- disponibilidade da frota de 350 dias e as paradas de abastecimento (4 horas a cada viagem);
- demanda a ser atendida é de 1,7 milhões de m³ ao ano;
- distância Portocel-Bemonte = 270 milhas;
- eficiência Operacional da frota de 90%.

2.2 - Metodologia Adotada no desenvolvimento do modelo de simulação

Pedgen(1995) propõe uma seqüência de passos a serem adotados no desenvolvimento de estudos de simulação para que estes sejam conduzidos de forma eficiente:

- Definição do Problema - é a etapa em que ocorre uma definição clara das metas do estudo, por que se está estudando este problema e que respostas se pretende encontrar;
- Planejamento do Projeto - busca-se nesta fase verificar a existência de recursos físicos, humanos e técnicos para a execução do projeto;
- Definição do Sistema - é a etapa em que ocorre a determinação das fronteiras e das restrições a serem usadas na definição do sistema e a investigação sobre o funcionamento do sistema;
- Formulação Conceitual do Modelo - é uma etapa em que se desenvolve um modelo preliminar de forma gráfica (por exemplo, diagrama de blocos), ou em um pseudocódigo para definir os componentes, as variáveis e as interações lógicas que constituem o sistema;
- Projeto Experimental Preliminar - consiste na seleção das medidas de eficiência que serão empregadas, dos fatores a serem variados e dos dados que precisam ser colhidos do modelo, sua forma e extensão;
- Preparação dos Dados de Entrada - consiste na identificação e coleta dos dados necessários ao modelo;
- Tradução do Modelo - é a formulação do modelo em uma linguagem de simulação apropriada;
- Verificação e Validação - é uma das etapas essenciais do processo e consiste na confirmação de que o modelo opera da forma que o analista pretendia e que a saída do modelo é confiável e representativa de um sistema real. A verificação busca mostrar que o programa computacional se desempenhou como esperado e pretendido, fornecendo, desta forma, uma correta representação lógica do modelo. A validação, por outro lado, estabelece que o comportamento do modelo representa, de forma válida, o sistema do mundo real que está sendo simulado.
- Projeto Final Experimental - consiste em projetar experimentos que irão gerar as informações desejadas e determinar como cada um dos processamentos computacionais no projeto será executado;
- Experimentações - consistem em executar a simulação para gerar os dados desejados e realizar análises de sensibilidade;
- Análise e Interpretação - consiste em realizar inferências sobre os dados obtidos pela simulação;
- Implementação e Documentação - são a disponibilização e aplicação dos dados utilizados e dos resultados obtidos, além de uma documentação do modelo e de seu uso.

Cabe ressaltar que toda experimentação ou simulação sempre dependerá de dados e informações, para que o modelo responda de acordo com a situação real que originou o problema em estudo.

Um cuidado que todo usuário de simulação deve ter é que um modelo pode ser muito bem concebido. Todavia, se os dados utilizados para sua experimentação forem inadequados, os resultados serão desastrosos.

Em todas as fases observa-se a grande importância dos dados, que devem estar disponíveis e ser válidos em todas as etapas, uma vez que a existência dos mesmos direcionará a forma de modelagem, restringirá aspectos da programação e possibilitará gerar resultados que se aproximam da realidade.

A experiência mostra que o correto tratamento e a investigação dos dados levam a identificação de aspectos importantes a respeito do problema real e deveriam impor modificações no sistema e no modelo conceitual formulado. Ou seja, os resultados do passo F - Preparação dos dados de entrada, geram modificações nos passos anteriores, necessitando que o usuário retorne e analise os passos "A", "B", "C", "D" e "E" do processo de simulação proposto por Pedgen(1995).

Assim, propõe-se a alteração no processo de simulação mostrada na tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Procedimento para análise e modelagem de problemas utilizando técnicas de simulação

A-) DEFINIÇÃO DO PROBLEMA
B-) PLANEJAMENTO DO PROJETO
C-) DEFINIÇÃO DO SISTEMA
D-) FORMULAÇÃO CONCEITUAL DO MODELO
E-) PROJETO PRELIMINAR DO EXPERIMENTO
F-) PREPARAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA
AO FINAL DESTE PASSO RETORNE AO PASSO "A"
G-) TRADUÇÃO DO MODELO
H-) VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO
I-) PROJETO FINAL DO EXPERIMENTO
J-) EXPERIMENTAÇÕES
K-) ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS
L-) IMPLEMENTAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO

Fonte: Pedgen(1995) com modificação proposta Botter (2002).

2.3 - Aplicação da Metodologia no Dimensionamento da Frota da VERACEL

2.3.1 - Definição do Problema e Planejamento do Projeto

O planejamento do projeto de simulação foi encaixado dentro da disponibilidade de tempo previsto no cronograma e contou com a permissão de uso da licença do programa ARENA, recurso indispensável para a codificação do modelo.

2.3.2 - Definição do Sistema e Formulação Conceitual do Modelo

Decidiu-se focar o sistema de transporte de madeira da VERACEL da seguinte forma:

a) Há uma demanda de cerca de 1,7 milhão de m³ de madeira para serem movimentadas da Floresta da VERACEL na Bahia para a Fábrica da ARACRUZ. Para esse transporte foi idealizado um sistema intermodal de carretas sendo carregadas junto a floresta, o transporte até o porto em Belmonte, o descarregamento da carreta diretamente na embarcação ou junto ao pátio, o transporte marítimo em conjuntos de empurradores e barcaças, a descarga em PORTOCEL diretamente sobre carretas (tri trens ou treminhões) e, finalmente, a descarga no pátio da ARACRUZ ou diretamente na mesa processadora;

b) O problema foi simplificado considerando-se somente a modelagem do subsistema de transporte marítimo desde o carregamento em Belmonte, o transporte e a descarga em PORTOCEL;

c) Assumiu-se, portanto, que nunca haveria espera da barcaça em BELMONTE por caminhão com madeira e o carregamento da barcaça é modelado por uma taxa de carregamento que pode variar entre 100 e 400 m³/hora;

d) O empurrador pode levar uma barcaça por vez, seja empurrando-a ou puxando-a, sendo a capacidade da barcaça e a velocidade do conjunto as variáveis que regem esse processo;

e) O descarregamento em PORTOCEL também é regido por uma taxa de descarga na mesma faixa de variação de Belmonte;

f) O sistema sempre será composto de pelo menos um empurrador levando uma barcaça (em qualquer sentido) e com barcaças adicionais nos portos, visando dar agilidade aos empurradores que ao chegarem, imediatamente deixariam uma barcaça e já atrelariam outra, iniciando a viagem de volta. O tempo gastos pelos empurradores nos portos seria equivalente aos tempos de atracação, desatracação e alguma perda de eficiência global aplicada ao tempo de ciclo do conjunto.

2.3.3 - Projeto Preliminar do Experimento e Preparação dos Dados de Entrada

Definiu-se que os seguintes dados devem ser fornecidos pelo modelo de simulação:

- Demanda movimentada na simulação (t) (que chegou em Portocel)
- Diferença Percentual entre projetada e calculada
- Número de viagens dos comboios
- Tempo médio de ciclo dos empurradores (hs)
- Taxa de Ocupação dos Berços em Belmonte
- Tempo médio de espera dos empurradores em Belmonte (hs.)
- Fila média de empurradores Belmonte
- Tempo médio atracado dos empurradores em Belmonte (hs.)
- Tempo médio de espera para carregar as chatas em Belmonte (hs.)
- Fila média de barcaças vazias a espera de carregar em Belmonte
- Tempo médio de carregamento das chatas em Belmonte (hs.)
- Tempo médio de espera das chatas por empurrador em Belmonte (hs.) (após o carregamento)
- Fila Média de chatas carregadas a espera de empurrador em Belmonte
- Tempo médio de viagem entre Belmonte-Portocel (hs.)
- Taxa de Ocupação dos Berços em Portocel
- Tempo médio de espera dos empurradores em Portocel (hs.)
- Fila média de empurradores Portocel
- Tempo médio atracado dos empurradores em Portocel (hs.)
- Tempo médio de espera para descarregar as chatas em Portocel (hs.)
- Fila média de barcaças vazias a espera de carregar em Portocel
- Tempo médio de descarregamento das chatas em Portocel (hs.)
- Tempo médio de espera das chatas por empurrador em Portocel (hs. (após do descarregamento)
- Fila Média de chatas carregadas a espera de empurrador em Portocel
- Tempo médio de viagem entre Portocel-Belmonte (hs.)
- Tempo Médio de Abastecimento
- Número de Abastecimentos
- Tempo médio de Manutenção

- Número de manutenções

2.3.4 - O Modelo de Simulação para o Dimensionamento da Frota

O modelo de simulação foi desenvolvido no software ARENA versão 7.0 e foi verificado e validado utilizando-se diversos cenários alternativos e em especial, aqueles que deveriam mostrar situações de super ou sub abastecimento, visando verificar se o modelo atendia as expectativas de resultados do usuário.

Os processamentos foram feitos por um período de 1 ano, que é aceitável para os resultados do comportamento da frota fique estabilizado.

Na figura 1 mostra-se a animação do modelo de simulação

Figura 1 - Animação do Modelo de Simulação



2.3.5 - Projeto Final do experimento, experimentações , análise e interpretação dos resultados

No dimensionamento das simulações os cenários utilizaram as seguintes faixas de variação:

- de velocidade entre 4 a 12 nós, que varre desde embarcações puxadas (4 a 6 nós) até aquelas empurradas e com conjuntos integrados.
- De capacidade das embarcações, foram simulados cenários combinados de 2.000 a 10.000 m³ de capacidade por barçaça. Barçaças acima de 10.000 m³ foram descartadas devido à limitação de calado nos terminais.
- Das taxas de carga e de descarga foi de 100 m³/hora até 400 m³/hora.

As primeiras simulações foram feitas para conjuntos de comboios com 1E1B, 1E2B, 1E3B, 2E3B, onde E indica empurrador e B indica barçaça.

Os resultados mostraram que mesmo utilizando-se de frota com velocidade de 12 nós e taxas de carregamento e de descarregamento de 400 m³/h seriam necessárias barçaças de tamanho incompatível com as profundidades existentes nos terminais.

Conclusão das Primeiras Simulações : Para atender a demanda de 1,7 milhões de m³/ano seriam necessários no mínimo 2 (dois) empurradores e 4 (quatro) barçaças.

Para o segundo conjunto de simulações foram utilizados 2 empurradores e 4 barçaças com velocidade de navegação de 4 a 12 nós, taxas de carregamento e de descarregamento variando entre 100 e 400 m³/h e capacidade das barçaças de 2.000 a 10.000 m³ e 24 horas de operação no terminal de Belmonte e no terminal de Portocel (berço construído pela VERACEL).

Os resultados desse segundo conjunto são mostrados na tabela 2 e mostram o percentual da demanda atendido por cada configuração (velocidade, taxa de carga e descarga e capacidade da barçação) em relação à demanda de 1,7 milhões de m³/ano. Da gama de combinações resultantes, apenas as na cor cinza atendem plenamente a demanda mencionada.

Conclusão do segundo conjunto de simulações:

- Velocidades de navegação até 6 nós não atendem a demanda;
- Taxas de Descarregamento/Carregamento de 100 m³ jamais atenderão a demanda;

- Para velocidades de navegação de 7 nós, seriam necessárias 4 barcaças de 10.000 m³ de modo a atender a demanda requerida.
- Para velocidades de navegação de 8 nós, seriam necessárias 4 barcaças de 9.000 m³ de modo a atender a demanda requerida.
- Para velocidades de navegação de 9 nós, seriam necessárias 4 barcaças de 8.000 m³ de modo a atender a demanda requerida.
- Para velocidades de navegação de 10 nós, seriam necessárias 4 barcaças de 7.500 m³ de modo a atender a demanda requerida.
- Para velocidades de navegação de 11 nós, seriam necessárias 4 barcaças de 6.800 m³ de modo a atender a demanda requerida.
- Para velocidades de navegação de 12 nós, seriam necessárias 4 barcaças de 6.200 m³ de modo a atender a demanda requerida.

Tabela 2 (c/d = 100 a 200 m³/h) – Resultados da porcentagem do atendimento da demanda

Capacidade (m ³)	Taxa c/d (m ³ /h)	Velocidade (nós)									
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2,000	100	0.12	0.15	0.18	0.20	0.23	0.25	0.28	0.30	0.33	
3,000	100	0.18	0.22	0.26	0.30	0.34	0.38	0.42	0.45	0.49	
4,000	100	0.24	0.29	0.35	0.40	0.45	0.50	0.51	0.51	0.51	
5,000	100	0.30	0.37	0.44	0.50	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	
6,000	100	0.36	0.44	0.50	0.50	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	
7,000	100	0.41	0.50	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	
8,000	100	0.47	0.50	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	
9,000	100	0.50	0.50	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	
10,000	100	0.50	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	
2,000	200	0.12	0.15	0.18	0.20	0.23	0.25	0.28	0.30	0.33	
3,000	200	0.18	0.22	0.26	0.30	0.34	0.38	0.42	0.45	0.49	
4,000	200	0.24	0.29	0.35	0.40	0.46	0.51	0.56	0.60	0.65	
5,000	200	0.30	0.37	0.44	0.50	0.57	0.63	0.69	0.75	0.81	
6,000	200	0.36	0.44	0.53	0.60	0.68	0.76	0.83	0.90	0.97	
7,000	200	0.42	0.51	0.61	0.70	0.79	0.88	0.97	1.02	1.02	
8,000	200	0.48	0.59	0.70	0.80	0.91	1.01	1.02	1.02	1.02	
9,000	200	0.53	0.66	0.78	0.90	1.01	1.02	1.02	1.02	1.02	
10,000	200	0.59	0.74	0.87	1.00	1.01	1.02	1.02	1.02	1.02	

Tabela 2 (c/d = 300-400 m³/h) – Resultados da porcentagem do atendimento da demanda (continuação)

Capacidade (m ³)	Taxa c/d (m ³ /h)	Velocidade (nós)										
		4	5	6	7	8	9	10	11	12		
2,000	300	0.12	0.15	0.18	0.20	0.23	0.25	0.28	0.30	0.33		
3,000	300	0.18	0.22	0.26	0.30	0.34	0.38	0.42	0.45	0.49		
4,000	300	0.24	0.29	0.35	0.40	0.46	0.51	0.56	0.60	0.65		
5,000	300	0.30	0.37	0.44	0.50	0.57	0.63	0.69	0.76	0.81		
6,000	300	0.36	0.44	0.53	0.60	0.68	0.76	0.83	0.91	0.98		
7,000	300	0.42	0.51	0.61	0.70	0.80	0.89	0.97	1.05	1.14		
8,000	300	0.48	0.59	0.70	0.80	0.91	1.01	1.11	1.20	1.30		
9,000	300	0.53	0.66	0.79	0.91	1.03	1.14	1.25	1.36	1.46		
10,000	300	0.59	0.74	0.88	1.01	1.14	1.26	1.38	1.50	1.52		
2,000	400	0.12	0.15	0.18	0.20	0.23	0.25	0.28	0.30	0.33		
3,000	400	0.18	0.22	0.26	0.30	0.34	0.38	0.42	0.45	0.49		
4,000	400	0.24	0.29	0.35	0.40	0.46	0.51	0.56	0.60	0.65		
5,000	400	0.30	0.37	0.44	0.50	0.57	0.63	0.70	0.76	0.81		
6,000	400	0.36	0.44	0.53	0.60	0.68	0.76	0.84	0.91	0.98		
7,000	400	0.42	0.51	0.61	0.70	0.80	0.89	0.97	1.06	1.14		
8,000	400	0.48	0.59	0.70	0.80	0.91	1.01	1.11	1.21	1.30		
9,000	400	0.53	0.66	0.79	0.91	1.03	1.14	1.25	1.36	1.46		
10,000	400	0.59	0.74	0.88	1.01	1.14	1.26	1.39	1.51	1.62		

No terceiro conjunto de simulações foram utilizados 2 empurradores e 4 barcaças com velocidade variando de 4 a 12 nós e de capacidade variando de 2.000 a 10.000 m³, o terminal de Belmonte operando por 24 horas por dia e em Portocel a embarcação utilizaria o berço construído pela ARACRUZ Celulose, que estaria disponível por 12 horas para a VERACEL, ao invés de construir um berço próprio.

Da gama de combinações resultantes, apenas aquelas na cor verde na tabela 3 atenderiam à demanda mencionada, porém com ressalvas. Isto porque além de não existirem equipamentos de manuseio capazes de realizar o descarregamento a uma taxa média de 400 m³/hora, não existem barcaças disponíveis no mercado com rampas apropriadas para acoplar nos *link-span* existentes no berço da ARACRUZ em Portocel, o que tornaria necessário a construção de embarcações apropriadas para tal.

Tabela 3 - Resultados da porcentagem do atendimento da demanda com a utilização do berço da ARACRUZ

Capacidade (m ³)	Taxa c/d (m ³ /hora)	Velocidade						
		6	7	8	9	10	11	12
6000	400	0.53	0.60	0.68	0.76	0.83	0.89	0.89
7000	400	0.61	0.70	0.79	0.88	0.96	1.02	1.02
8000	400	0.70	0.80	0.91	0.97	1.02	1.02	1.02
9000	400	0.79	0.91	1.01	1.03	1.04	1.04	1.04
10000	400	0.87	0.98	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02

Conclusão da Terceira Simulação: Fica portanto evidenciado que a construção do píer da VERACEL foi uma decisão acertada e que corrobora para uma operação eficiente do sistema.

3 – Módulo de Programação e Controle Operacional da Frota

Nesta seção descreve-se o módulo concebido para a geração de cronogramas para os empurradores e as barcaças que fazem o transporte de madeira no eixo Belmonte-Portocel, que contempla os seguintes objetivos:

- Proporcionar maior controle da Veracel sobre a operação mediante a possibilidade de prontamente comparar-se a programação inicialmente planejada com a efetivamente executada.
- Tornar mais ágil e segura a tomada de decisão sobre a re/programação da operação visando o atingimento das metas de manuseio de madeira e, por conseguinte, proporcionar utilização mais eficiente dos recursos envolvidos.

3.1 - Descrição do Sistema de Programação da Frota

As premissas adotadas foram:

- o carregamento se dá em Belmonte e o descarregamento das barcaças em Portocel;
- a ferramenta é capaz de considerar, no máximo, 5 (cinco) barcaças e 5 (cinco) empurradores ao mesmo tempo;
- o modelo considera um ponto de fundeio em Belmonte e um ponto de fundeio em Portocel;
- os empurradores manuseiam as barcaças até os pontos de fundeio, nunca diretamente até o berço, movimentação esta realizada por rebocadores de apoio;
- todo o empurrador pode se conectar a qualquer barcaça. A adição de empurradores com restrição de engate não é contemplada pela ferramenta;
- segue abaixo a lista dos dados de entrada que devem ser informados pelo usuário de modo a possibilitar a geração do cronograma por parte da ferramenta:
 - estado inicial das barcaças (se em operação, inoperante ou em parada obrigatória);
 - estado inicial dos empurradores (se em operação, inoperante, em parada obrigatória ou se escoteiro);
 - atividade conduzida no instante inicial do cronograma;
 - tempo restante para término da atividade se recurso não estiver em espera;
 - que barcaça encontra-se servida por que empurrador e vice-versa no instante inicial;
 - volume (m³) carregado e/ou descarregado por cada barcaça até o instante inicial da programação, se necessário;
 - hora e data iniciais;
 - horizonte de planejamento.
- os seguintes dados de entrada também são considerados pelo modelo:
 - capacidade (m³) de cada barcaça bem como o tempo médio de percurso entre Portocel e Belmonte para cada empurrador em ambos os sentidos;
 - número de pontos de atendimento em cada berço;
 - número de pontos de fundeio;
 - taxas médias de carregamento e de descarregamento em m³/hora;
 - capacidade dos trailers em m³;
 - cronograma de parada obrigatória dos recursos;
 - registro dos atrasos/adiantamentos (ocorrências) no carregamento, descarregamento e em viagem.
- paradas obrigatórias por conta de manutenção, abastecimento, etc. só podem ocorrer quando o recurso estiver desocupado em Portocel ou em Belmonte.

3.2 - Interface com o Usuário

O sistema concebido interfaceia com o usuário através de uma planilha em Excel, por meio da qual este introduz os dados de entrada, aponta os tempos e volumes manuseados reais e visualiza o cronograma gerado pelo Software ARENA, então utilizado como *Engine* de cálculo, com base nas premissas adotadas e nas condições iniciais informadas.

3.3 - Operação do Modelo de Programação

Em linhas gerais, a seguinte seqüência de procedimentos é sugerida para a operacionalização do modelo:

- O usuário abre a planilha do Excel que acompanha o projeto;
- Informa os dados necessários nas telas “CONDIÇÕES INICIAIS”, “CAPACIDADES”, “TEMPOS”, “CRONOGRAMA DE PARADAS” e “OCORRÊNCIAS”;
- Exporta os dados selecionando o botão “EXPORTAR DADOS” presente no “MENU” Principal;
- Gera o cronograma clicando sobre o botão “GERAR CRONOGRAMA”, presente na mesma tela;
- Aguarda o término do processamento;
- Importa os dados e visualiza os resultados selecionando o botão “IMPORTAR RESULTADO”;
- Compara os resultados com os dados de tempo e volume fornecidos pelo pessoal de operações (apontamentos);
- Termina o processamento salvando o cenário.

3.4 - Interface de Dados

Para estabelecer a comunicação entre a planilha Excel e o Arena, foi utilizado um arquivo texto, suportado por ambos os softwares.

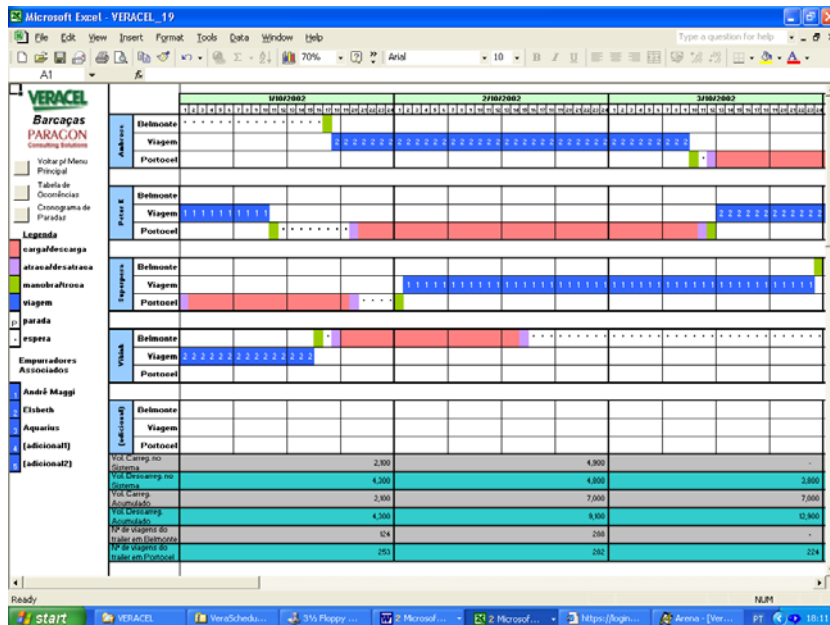
Ao selecionar o botão “Exportar Dados” da planilha do Excel, um arquivo texto é gerado e seus dados agrupados no formato adequado para o que o Arena possa ler e gerar a programação das barcaças e dos empurradores.

3.5 - Apresentação dos Resultados

Os resultados gerados pelo sistema são visualizados na própria planilha onde foram digitados os dados de entrada. Para visualizar os resultados, o usuário deve clicar sobre os botões presentes no campo referente a Resultados.

Segue nas figuras 2 e 3 as telas de resultados disponibilizados pela ferramenta:

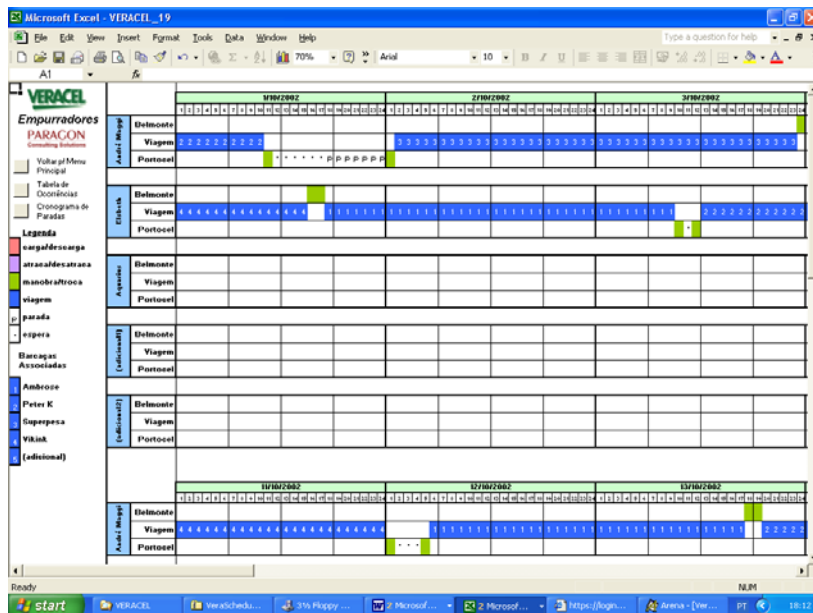
Figura 2 – Resultados da Programação das Barcaças



Nas figuras 2 e 3 os cronogramas das barcaças e dos empurradores informam os seguintes resultados:

- os horários de início e de término de cada atividade, incluindo paradas;
- volumes carregados e descarregados até o final do dia bem como o acumulado até o final do horizonte de planejamento;
- número dos empurradores e respectivas barcaças quando conectados;
- número necessário de visitas de trailers visando dar vazão adequada às operações de carregamento e de descarregamento.

Figura 3 – Resultados da Programação dos Empurradores



4 - Considerações Finais

O dimensionamento tradicional de frotas, bem como a programação e o controle das mesmas utilizando somente planilhas ou a experiência do planejador não é suficiente para encontrar e avaliar as melhores alternativas.

O sistema apresentado mostrou-se eficiente no dimensionamento da frota e para o planejamento e controle das operações. A ferramenta de simulação como a mostrada nesse trabalho é ideal para dimensionar racionalmente a frota e fazer sua programação adequada.

Por tratar-se de uma metodologia mais complexa é necessário o treinamento dos usuários para o correto uso do sistema e no caso apresentado atendeu às expectativas dos usuários.

5 - Bibliografia

- ARENA, "User's Guide", Systems Modelling Corporation, USA, 1996.
- Balci, O., "Principles of Simulation Model Validation, Verification, and Testing", Transactions of the Society for Computer Simulation International", Vol.14 No. 1, March 1997, 3-12.
- Botter, R.C.; "Tratamento de Dados em Simulação Discreta", Tese de Livre Docência, EPUSP, 2002.
- Gordon, G., "System Simulation", Prentice-Hall, 2ª Edição, 1978.
- Knepell, P. L. and Arango, D. C., "Simulation Validation: A Confidence Assessment Methodology", IEEE Computer Society Press, Los Alamitos,
- Mosef, Y, "Complex Simulation Systems" – Society of Computer Simulation – Ghent, 1997.
- Nance, R. E., "A Tutorial View of Simulation Model Development", Proceedings of the Winter Simulation e, U.S.A., 1983, p 325-331.