

PROJETO ONDISA: : HIDROVIA TIETÊ-PARANÁ: ALERTA DE VENTO E ONDAS PARA SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO

Amorim, A. E. A. – Fatec-JH/CEETEPS
Mendonça, E. T. – Fatec-JH/CEETEPS e CFTP/MB
Trovati, L.R. – FEIS/UNESP

Resumo

Ano após ano se observa o incremento na movimentação de cargas na hidrovía do Tietê qual está se tornando hoje uma importante via de escoamento da produção de grãos para o porto de Santos e de grande expectativa para o transporte do etanol.

Se por um lado a hidrovía do Tietê se torna um importante corredor para escoar a produção do centro-oeste brasileiro, por outro lado as diversas inconformidades existentes na hidrovía acabam se tornando variáveis importantes nos custos logísticos e, acabam de forma indireta, estando presente nos acidentes envolvendo as embarcações.

Ao longo dos últimos 10 anos vários acidentes ocorreram com os comboios na hidrovía. Inicialmente a maioria destes incidentes aconteceram em pilares de pontes. Com obras de adequação de obras de melhoria para a transposição destes obstáculos, tais como a inclusão de protetores de pilares, houve uma redução deste tipo de acidente, sendo que a predominância dos acidentes passou a ser nas imediações e nas eclusas.

Este trabalho enfoca os acidentes ocorridos nos últimos 10 anos na Hidrovía Tietê-Paraná nos acessos a eclusas e transposições de pontes e a identificação de que as condições climáticas tiveram forte influência, sobretudo a presença de ventos fortes. Esperamos que com este estudo, possam ser direcionadas novas políticas públicas para a minoração destes efeitos e que permitam novas estratégias para o transporte, reduzindo custos e acidentes.

1. Introdução

A cada ano a movimentação de carga na hidrovía Tietê-Paraná, que possui um trecho navegável de 2400 km composta de 8 barragens com 10 eclusas e 5 barragens sem eclusas, aumenta em virtude de que o país passou a ser um importante exportador de alimentos e matérias primas (Anderson et. Al. 2009

De acordo com a Figura 1, a região Centro-Oeste apresentou uma taxa de crescimento de 8 % e responde por quase 30 % da produção nacional e usa os modais de transporte para escoar os seus produtos até os portos.

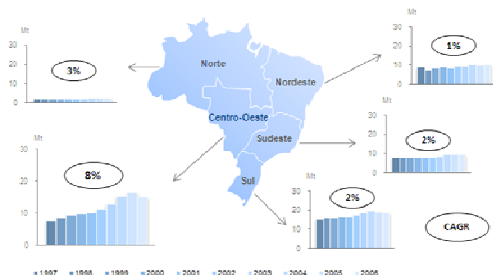


Figura 1. Evolução da produção em Mt (Milhares de toneladas) plantadas (Anderson et al.).

Os principais produtos exportados pelo Centro-Oeste são mostrados na Figura 2 sendo que, atualmente os mais importantes são os grãos de cereais.

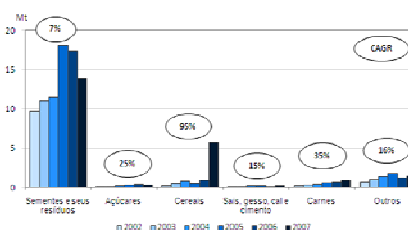


Figura 2. Evolução dos produtos escoados produzidos na região Centro-Oeste.

Boa parte da produção se destina ao porto de Santos, como mostra a Figura 3.

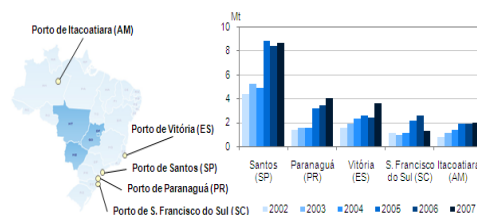


Figura 3. Portos que escoam a produção da região Centro-Oeste.

O rio Tietê por ser uma via navegável com sinuosidades e vários obstáculos, é toda sinalizada em sua extensão indicando o canal de navegação, as disposições na passagem em pontes e áreas para efetuar a transposição de eclusas.). As eclusas possuem dimensões para a passagens de embarcações tipo Tietê, que apresentam 137 m de comprimento, 11 m de largura, 7 m acima da linha d'água e calado de 2,5 m a 2,80 m.

Os comboios utilizados da Hidrovia Tietê-Paraná possuem sistema de propulsão e governo formado por hélice de passo fixo e leme e que utilizam a formação 2x2 (um empurrador e quatro barcasas), conforme mostra a Figura 4.

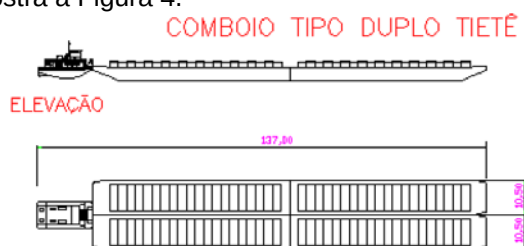


Figura 4. Esquemático de comboio 2x2.

Em geral os empurradores possuem 2 motores de 400 Hp cada.

A Figura 5 mostra a distribuição dos acidentes com embarcações (Nunes 2000).

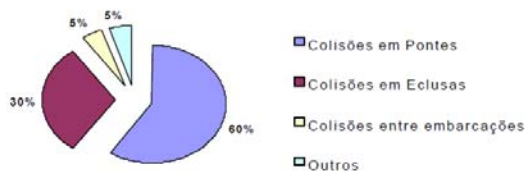


Figura 5. Distribuição dos acidentes de colisão (Nunes 2000).

Várias obras de proteção aos pilares foram executadas, reduzindo de forma significativa este tipo de acidente de forma que nos dias atuais a incidência maior dos acidentes passou a ser colisão no acesso a eclusas.

Desde 2009 a Fatec-Jahu e a UNESP Ilha Solteira vêm desenvolvendo com o suporte financeiro da FINEP estudos sobre relações onda x vento, manobrabilidade e critérios de decisão para transposição de obstáculos através do projeto alerta de vento e ondas para a segurança da navegação.

Assim este trabalho procura mostrar os resultados deste trabalho.

Uma das etapas deste estudo é o levantamento dos acidentes ocorridos na hidrovia Tietê-Paraná usando como base de dados os relatórios da Capitania Tietê-Paraná.

Outra parte deste trabalho é identificar alguns elementos que possam contribuir de forma significativa para o acidente.

Um dos elementos que podem contribuir para colisões é o fator potência de propulsão.

Embarcações que não tenham potência mínima de operação em função da tonelagem transportada são as mais suscetíveis à colisões. Desta forma por meio de questionários aos comandantes dos comboios, buscamos caracterizar o sistema de propulsão e saber as condições de operação em dias com tempo ruim.

Outro fator importante é conhecer as condições de governabilidade da embarcação nestas situações.

Por fim outro quesito analisado é relativo a mão-de-obra, procurando saber a formação da tripulação e o treinamento.

Desta forma o trabalho está organizado da seguinte forma: na seção 2 é apresentada a estatística dos acidentes ocorridos na hidrovia nos últimos 10 anos. Na seção **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** é apresentado os resultados das entrevistas feitas com os comandantes sobre a embarcação e percepção da governabilidade da embarcação em condições de tempo ruim.

Na seção 3 mostramos o arranjo dos comboios do tipo Tietê. Na seção **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** mostramos os resultados de provas de Zig-zag e parada brusca. Na seção 4 apresentamos a análise dos resultados, finalizando o trabalho na última seção com as considerações finais.

2. Estatística de acidentes na hidrovia

Consideramos nesta análise colisões envolvendo comboios que transportam cargas de longo curso com as eclusas, excluindo acidentes com embarcações areeiras e de esporte e recreio.

Os dados foram coletados da base de dados da Capitania Fluvial do Tietê-Paraná nos últimos 10 anos

A Figura 6 mostra a quantificação dos acidentes por município. Os municípios com as maiores porcentagens de acidentes são: Pederneiras, Anhembí, Barra Bonita e Ilha Solteira.

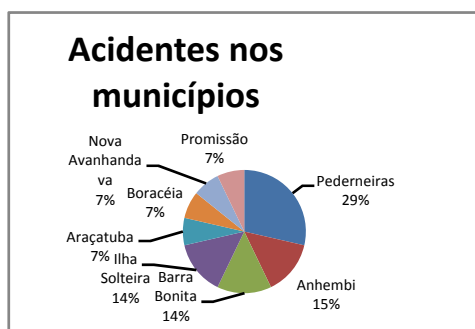


Figura 6. Acidentes em quantidades discriminados pelo município.

Na Figura estão apresentadas as imagens de satélite destes quatro municípios. Aparentemente são regiões com boa área para a navegação e que talvez as condições climáticas possam ter contribuído para a ocorrência do acidente.

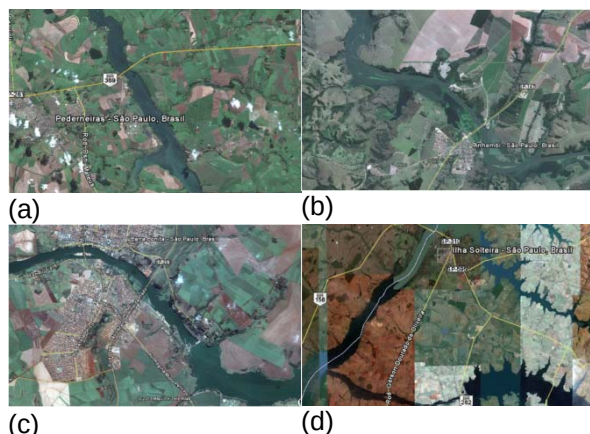


Figura 6. Vista aérea dos municípios Pederneiras (a), Anhembi (b), Barra Bonita(c) e Ilha Solteira(d).

A Figura 7 ilustra a quantificação dos acidentes nos acessos às eclusas. As eclusas com as maiores porcentagens de acidentes são: Ibitinga, Promissão e Nova Avanhandava.

Acidentes nos acessos às eclusas

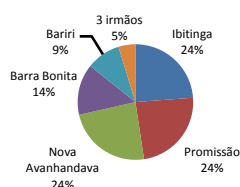


Figura 7. Acidentes nos acessos às eclusas.

A Figura 8 mostra as vistas aéreas destas eclusas. As imagens mostram áreas extensas no entorno à eclusa com boa área de acesso.



Figura 8. Vistas das eclusas de Ibitinga e de Promissão e de Nova Avanhandava.

A Figura 9 apresenta um sumário de estatísticas de acidentes nas eclusas, sendo que as maiores incidências ocorrem em Ibitinga, Bariri e Barra Bonita.

Acidentes nas Eclusas

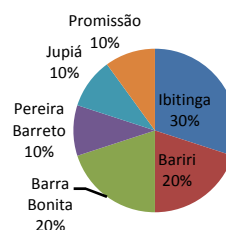


Figura 9. Estatística dos acidentes nas eclusas.

Nos últimos 10 anos ocorreram 14 acidentes na hidrovia (28%), 21 acidentes nos acessos às eclusas (43%), 10 acidentes nas eclusas (20%) e 4 colisões com pilares de pontes (8%). Portanto o propósito deste trabalho é identificar alguns elementos que estão contribuindo para a ocorrência de acidentes na ou nas proximidades das eclusas.

Para entender um pouco sobre a dinâmica de acidentes em comboios uma pesquisa qualitativa foi feita com os comandantes das embarcações que operam na hidrovia, com o intuito de identificar a visão que cada um tinha das condições da embarcação e da governabilidade da embarcação.

Desta forma questionários e entrevistas foram aplicados em algumas empresas de navegação de longo curso na hidrovia (Louis Dreyfus-Comercial Quintella, ADM-Sartco e

TNPM e PBV). Com a Capitania Fluvial do Tietê-Paraná foi feito um levantamento dos inquéritos sobre os acidentes.

Quanto a governabilidade dos comboios todas as respostas consideram boa nas condições de tempo bom. Porém nas condições de tempo ruim as condições de governabilidade são regulares, como mostra a Figura 10.

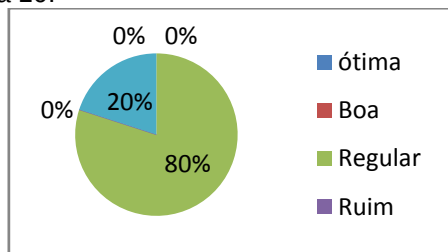


Figura 10. Respostas da governabilidade em função das condições de tempo ruim.

Quanto a manutenção do sistema propulsivo dos empurradores, 40% informaram que só é feita quando há avaria e 60% em todas as viagens, antes de saírem de um porto.

Em condições com tempo ruim todos informaram que não efetuam uma transposição de ponte envolvendo o desmembramento do comboio quando há presença de chuva e vento.

Todos os comandantes consideram importante dispor das informações climáticas antes de efetuarem uma transposição de ponte.

Quanto aos aspectos físicos da hidrovía Tietê-Paraná, a percepção dos comandantes é que devido aos diversos obstáculos presentes na hidrovía e que combinados com as variações climáticas oferecem riscos consideráveis e que podem ocasionar acidentes sérios, como mostra a Figura 12.

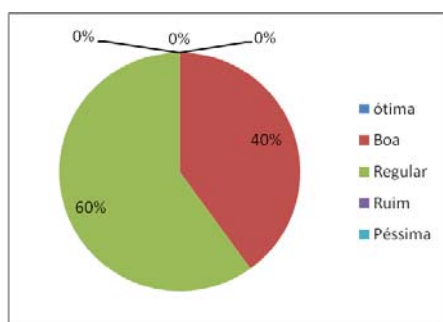


Figura 11. Percepção dos comandantes sobre os aspectos físicos da hidrovía.

Quanto a sinalização a percepção dos comandantes é boa, como mostra a Figura 13.

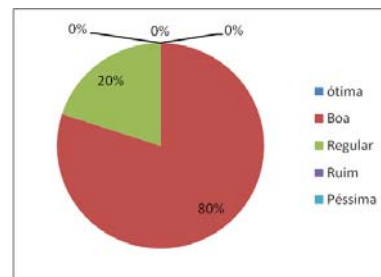


Figura 12. Percepção dos comandantes quanto à sinalização.

3. Algumas características do comboio

Pela diversidade e grande diferença entre os comboios existentes na Hidrovía Tietê-Paraná e outros comboios existentes nas diversas hidrovias do Brasil, em especial os da região Amazônica, foi utilizado como referência a relação (Potência do Comboio/Deslocamento – HP/tonelada), de modo que pudessem ser comparados os resultados dos testes de Parada Brusca e Curva de Giro (Velocidade angular). Destacamos que apesar do estudo em questão utilizar esta relação (HP/t) para análise dos comboios, este não pode ser o único parâmetro para decisão ou escolha do sistema de propulsão e governo a ser utilizado nos comboios.

A tabela 1 apresenta as características principais de um Comboio Duplo-Tietê, a qual hoje é a formação mais utilizada na Hidrovía Tietê-Paraná e de um Comboio utilizado no Rio Madeira, no período de cheias.

Com base dos dados contidos na Tabela 1 obtemos a mesma relação Potência do Comboio/Deslocamento – HP/tonelada para os comboios Duplo-Tietê como o Comboio utilizado no Rio Madeira que é 0,12 HP/t.

Tabela 1. Características dos Comboios.

	Comboio Tietê-Paraná	Comboio Rio Madeira
Comprimento (m)	138,38	283,92
Boca (m)	21,34	53,35
Calado (m)	2,75	3,56
Número de Chatas (formação)	04	20
Porte Bruto (t)	5547,47	38200
Deslocamento Carregado (t)	6697	44633
Potência Propulsiva (hp)	800 (2 x 400 HP)	4890 (3 x 1630 HP)
Sistema de Governo	2 Lemes principais e 4 Lemes de Flancos	Azimutal

Foram realizados os seguintes testes: Parada brusca e Zig-zag para ângulos de 10°, 20° e 30° nos lemes.

Os resultados de Parada brusca são apresentados na Figura 14 e comparados com os dados dos comboios do Rio Madeira.

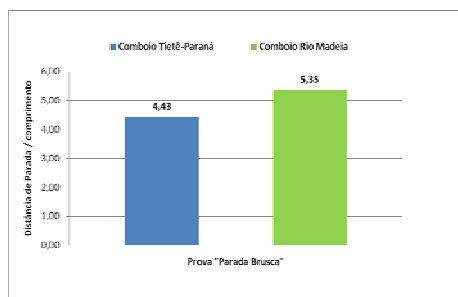


Figura 14. Dados de parada brusca para os dois comboios.

Observamos que os comboios Duplo-Tietê apresentam um bom desempenho relativo aos do rio Madeira e a distância média de parada do comboio é 4,43 comprimento de comboio.

A Figura 1315 mostra os resultados de Zig-Zag para ambos os comboios. Observamos uma certa linearidade entre o ângulo do leme θ e a velocidade angular ω da embarcação para o comboio Duplo-Tietê que segue a relação $\omega \approx 0,1\theta$ apresentando velocidades angulares maiores que os comboios usados no Rio Madeira.

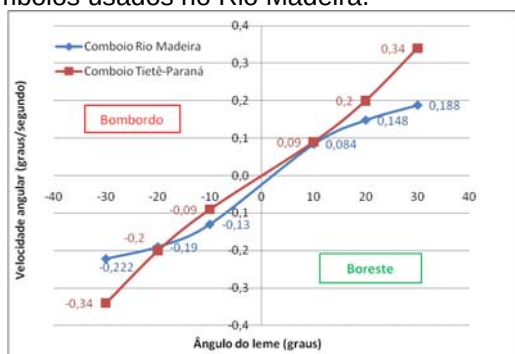


Figura 13. Dados de Zig-Zag para os dois comboios.

Portanto em uma manobra de aproximação de uma eclusa em condições de tempo ruim, manobras de parada brusca dificilmente irão evitar colisões.

4. Característica dos acidentes na hidrovia Tietê-Paraná

Os dados relativos aos acidentes ocorridos nos últimos 10 anos foram extraídos da capitania Fluvial do Tietê-Paraná envolvendo comboios que transportam cargas de longo curso dentro da Hidrovia, sendo excluídos os acidentes com embarcações areeiras e de esporte e recreio. A Figura 16 mostra que a maior incidência dos acidentes são as que envolvem colisão devido a imprudência dos comandantes e demais tripulantes envolvidos nas manobras, como mostra a Figura 15.

Contudo como observado por (Nunes 2000) esta é uma situação normal uma vez que o fator erro humano é o item de maior expressão em todos acidentes modais.

O local predominante dos acidentes é o acesso às eclusas ou nas próprias câmaras de eclusas e que os ventos fortes contribuíram para esta ocorrência. Nestas condições de navegação a governabilidade da embarcação é regular.

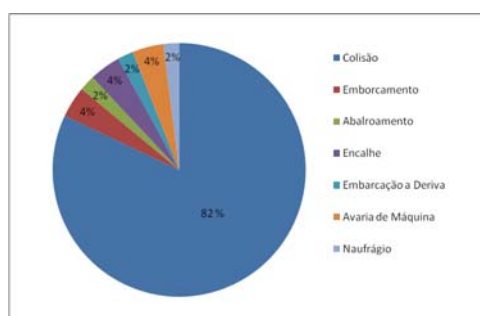


Figura 14. Estatística dos acidentes com embarcações de transportam cargas de longo curso na hidrovia Tietê-Paraná.



Figura 15. Possíveis causas envolvidas que geram os acidentes.

De acordo com Figura 16, uma boa parte dos acidentes aconteceram com condições de vento forte.

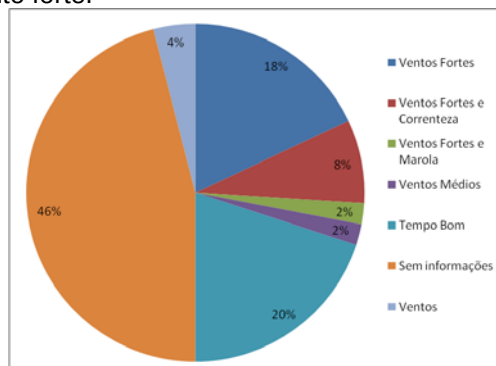


Figura 16. Condições climáticas durante acidente.

A Figura 19 ilustra o perfil dos condutores das embarcações quando da ocorrência dos acidentes. Na maioria dos acidentes, os condutores eram da categoria pilotofluvial.

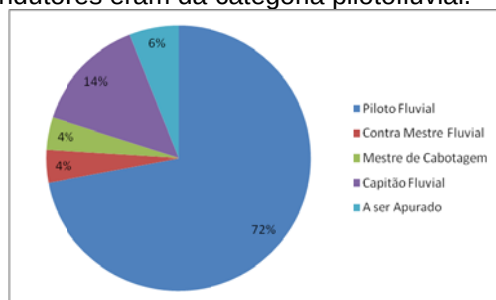


Figura 17. Perfil dos condutores das embarcações.

Se em 2000 havia uma parcela considerável de acidentes em pilares de pontes mas que com obras de proteção de pilares, houve uma redução considerável deste tipo de acidente, em 2010 se observa que a incidência maior passou a ser colisão nas ou nas proximidades das eclusas.

De acordo com os comandantes dos comboios uma parcela do acidente se deve a governabilidade da embarcação em tempo ruim em função da potência da embarcação. Pelos dados da Capitania, a imperícia da tripulação nesta situação é o fator crucial.

As condições climáticas tiveram forte influência, sobretudo na presença de ventos fortes (28%), confirmando assim, a necessidade de um monitoramento ambiental, com emissão de boletins, de modo a auxiliar os Comandantes de comboios em suas decisões antes de iniciarem as manobras.

Apesar de que a oferta de cursos para a formação e qualificação da mão-de-obra embarcada possam minorar estes acidentes, ainda assim a instalação de um sistema de monitoramento das condições climáticas na hidrovia e a disposição destas informações aos comandantes podem reduzir de forma significativa os acidentes.

5. Centro de alerta

Com base nos dados anteriormente apresentados, está sendo implantado um Centro de alerta dedicado à segurança de navegação na Hidrovia Tietê-Paraná, com infraestrutura para prover alertas de eventos extremos a partir de informações inter-relacionados de ventos e ondas, pós-fato e em tempo real, informações meteorológicas e mapeamento georreferenciado de pontos críticos e obstáculos à navegação, considerando as restrições de

manobrabilidade dos comboios. Este centro experimental está localizado em Ilha Solteira e sua infraestrutura e metodologia de trabalho podem ser estendidos para outros centros distribuídos na hidrovia.

6. Banco de dados meteorológicos

Uma das informações essenciais para o monitoramento é o uso de um banco de dados meteorológicos sobre um período 1970-atuais no formato digital. Os dados do anemograma foram digitalizados a partir de imagens escaneadas e por meio de código de programa são gerados arquivos de texto permitindo gerar as curvas extraindo a informação direção dos ventos e percurso.

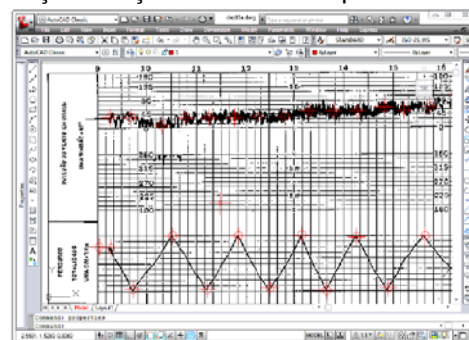


Figura 4.1.2: Detalhe do registro das coordenadas dos pontos relevantes utilizando o AutoCad.

DISTÂNCIA TOTAL PERCORRIDA EM KM 246.1905															
06/12/99	142	154	16	0	0	6	30	166	20	70	60	5	0	0	55

Figura 18. Dados extraídos do anemograma e disponibilizados para consulta no sistema.

Com estes dados foi feita a redução de dados horários de velocidade, velocidades e direção predominante do vento.

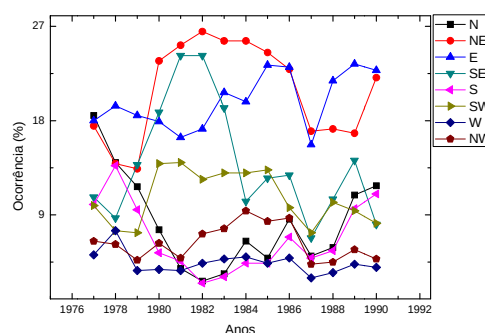


Figura 19. Histórico da distribuição média anual de ventos em cada direção. Estação Ilha Solteira - CESP.

assim como o histórico da distribuição anual de ventos máximos, como mostra a Figura 20.

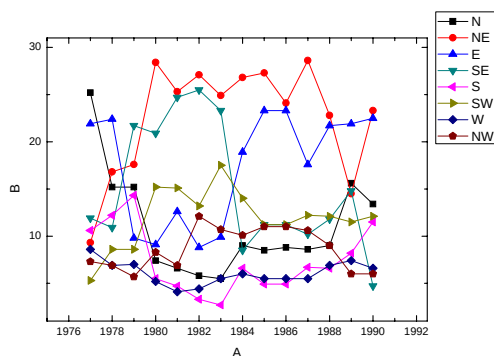


Figura 20. Histórico da distribuição anual de ventos máximos. Estação Ilha Solteira – CESP.

e a distribuição sazonal de ventos. Os dados mostram a prevalência de ventos nas direções. No caso desta estação os ventos são predominantes NE e E. Da mesma forma os dados apresentam o perfil da distribuição de ventos máximos. No nosso caso observamos um valor máximo na direção S. Com base nestes dados podemos desenhar o perfil das ocorrências para diversas velocidades para cada direção, como mostra a Figura 21.

Com os dados também podemos desenhar os mapas temáticos de pistas de vento. O método se baseia no método JONSWAP (Join North SeaWave Project) que consiste numa série de levantamentos de ventos e ondas realizados no Mar do Norte no final dos anos 60, com o propósito de entender e caracterizar o processo de formação de ondas com o vento.

O método consiste em usar o CAD e as imagens georreferenciadas do trecho da hidrovia. Os mapas de pista de vento são construídos com as informações da direção do vento e da velocidade. No trecho de Ilha Solteira foi montada uma malha de 200 m a 500 m. Na Figura 21 temos uma pista de vento para um trecho de navegação.

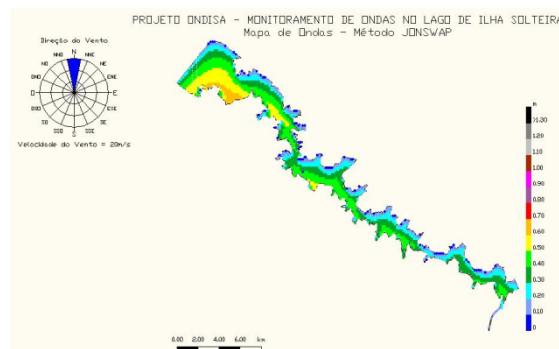


Figura 21. Exemplo de desenho da pista de ventos para uma dada direção .

As cores nas laterais representam a altura das ondas. À esquerda da figura a direção de ventos. Com estes mapas é extraída a informação de previsão da altura significativa de onda e período de ondas, em função da limitação da pista e de duração para a formação de onda.

Com base nos dados de medição de velocidade e direção de vento efetuadas por meio de anemômetros sônicos e convencionais podemos efetuar o processamento de mapas de pista de vento e de ondas.

A informação dos mapas de ondas máximas permite uma avaliação geral da ocorrência de ondas, mas não inclui informação sobre o risco de ondas, porque não incorpora as probabilidades de ocorrência em cada uma das direções.

Um mapa de risco de ocorrência de ondas precisa unificar a informação física de ondas máximas em cada pista com a probabilidade de ocorrência do vento gerador na direção considerada. Para isto, usando as técnicas de SIG, as alturas de onda foram ponderadas com base na probabilidade de ocorrência de ventos em cada direção, gerando um índice composto para cada direção. Além do critério de probabilidade de ocorrência do vento máximo na direção considerada, outro peso foi atribuído com base na altura máxima de onda. Somando os valores ponderados de cada ponto, em cada direção considerada, temos um índice global para cada ponto. A probabilidade é obtida normalizando os valores. A fig abaixo temos um exemplo

7. Instalação dos equipamentos

Os equipamentos foram instalados em pontos específicos do reservatório de Ilha Solteira.



Figura 22. Identificação das estações de medidas.

Na temos uma imagem de uma das torres de instrumentação



Figura 23. Torre de instrumentação.

Os equipamentos permitem o monitoramento em tempo real dos ventos e da altura de ondas. Os dados são

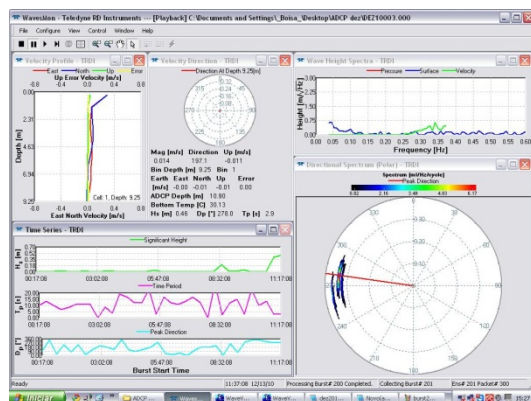


Figura 24. Vista geral das informações de ventos e ondas para monitoramento.

8. Considerações finais

Este trabalho objetivou destacar de forma abreviada algumas das etapas dos estudos relacionados com o projeto ONDISA 5 - Hidrovia Tietê-Paraná: Alerta de Ventos e Ondas para Segurança da Navegação. A estrutura organizacional do projeto é apresentada na Figura 25

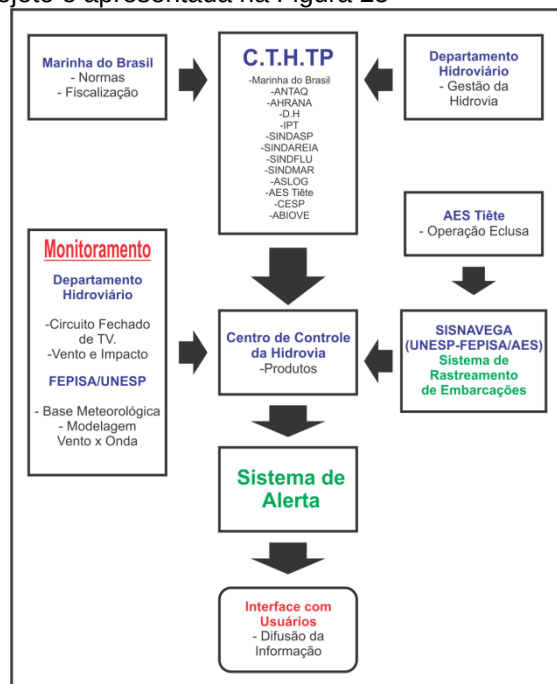


Figura 25. Estrutura funcional do sistema.

Na parte superior os órgão regulamentadores do uso da hidrovia estabelecem as normas de navegação. Na etapa intermediária o sistema ONDISA por meio da coletas de dados meteorológicos, da base de dados e da modelagem está desenvolvendo uma interface com os usuários para a difusão das informações que o auxiliarão na tomada de decisões evitando incidentes.

8- Agradecimento: Os autores agradecem a FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos, pelo apoio financeiro referente ao Convênio 01.05.0784-00.

Bibliografia

Fonseca, CMG Maurílio M. Fonseca – Arte Naval –Serviço de Documentação da Marinha – 2005. Rio de Janeiro.

Miguens, CMG Altineu Pires - Navegação: A Ciência e a Arte — Diretoria de Hidrovia e Navegação – DHN – 1996. Rio de Janeiro.

Riva, Joaquim Carlos Teixeira Considerações Técnicas e Operacionais sobre a potencia propulsiva e condições de Governo e Manobra de Comboios Fluviais — 2000. São Paulo.

Padovezi, Carlos Daher. Potência Mínima para Garantia de Segurança de Operação de Comboios Fluviais — IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - SOBENA - Sociedade Brasileira de Engenharia Naval.

Comboios Fluviais Adaptados à Via Navegável — IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - SOBENA - Sociedade Brasileira de Engenharia Naval.

Avaliação do Desempenho de Comboios com Seis Chatas na Hidrovia Tietê-Paraná – IPT (Dezembro-2004). Apresentado na 32ª Reunião do Comitê Técnico da Hidrovia Tietê-Paraná.

Conceito de Embarcações Adaptadas à Via Aplicado à Navegação Fluvial no Brasil — Tese Apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Doutor em Engenharia. 2003. São Paulo.

Normas da Autoridade Marítima para Embarcações empregadas na Navegação Interior – NORMAM 02 – Diretoria de Portos e Costas, Marinha do Brasil.

Lukine, Sérgio Lukine –Avaliação de desempenho de Comboio de Soja, com 20 Chatas, com considerações para um Comboio de 25 chatas, utilizando o mesmo empurrador (E/F Sabino Pissollo de 5000 HP). Julho-2009.

Tannuri, E. A., Nishimoto K, Fucatu, C. H. Rateiro, F., Oshiro, A. T. Simulação e Análise para Dimensionamento de Comboios na HTP-Tanque de Provas Numérico – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Pereira, Alex Nunes. Estudo do efeito de acidentes na hidrovia Tietê-Paraná: Aspectos preventivos. Dissertação Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. São Paulo. 2000

Castro, Carla Roberta Ferreira, Restrições Operacionais na Hidrovia Tietê-Paraná. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Anhembi-Morumbi. Departamento Engenharia Civil. São Paulo. 2003

Korzeniewski, Marcio, Casagrande, André S., Iturrioz, Ignacio, Pires, Francisco Miguel A. Estudo de Métodos de Avaliação para Embarcações de Navegação Interior (InlandVessels), com Idade Avançada, baseado em diferentes CAP's (ConditionAssessmentProgrammes). 22º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore. 2010

Anderson, Valdir Lopes, Stupello, Bruno, Leal, Marina Beatriz Simões, Cardoso, João Stefano Luna, Pinto, Marcos Mendes de Oliveira, Avaliação da capacidade dos terminais de graneis agrícolas utilizados para escoamento da produção do centro-oeste brasileiro, XXI Congresso Panamericano de Engenharia Naval (COPINAVAL). Montevideu, Uruguai. 2009.

Trovati, L. R. Relatório Finep – ONDISA5 - : HIDROVIA TIETÊ-PARANÁ: ALERTA DE VENTO E ONDAS PARA SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO-2011