

Técnicas de suporte à Análise Preliminar de Perigos (APP) aplicada à manobra de navios petroleiros

Mateus Franceschini, *Laboratório de Análise, Avaliação e Gerenciamento de Risco – LabRisco, Universidade de São Paulo*

Danilo Taverna Martins Pereira de Abreu, *Laboratório de Análise, Avaliação e Gerenciamento de Risco – LabRisco, Universidade de São Paulo*

Marcelo Ramos Martins, *Laboratório de Análise, Avaliação e Gerenciamento de Risco – LabRisco, Universidade de São Paulo*

RESUMO

Manobras de entrada e saída de portos são etapas de grande importância por estarem atreladas a grandes riscos que devem ser analisados previamente. Essa análise se mostra mais complicada quando tratamos de novas manobras, ou seja, a análise fica mais sujeita à subjetividade. Tendo em vista esses fatos, este trabalho visa a contribuir para reduzir o nível de subjetividade da análise preliminar de perigos (APP) de uma manobra com poucos, ou nenhum, dados históricos.

1. INTRODUÇÃO

As manobras de entrada e saída de portos, incluindo a atracação e desatracação, são etapas que impõem riscos importantes para a navegação de navios cargueiros. Nestas etapas, acidentes como encalhes, colisões e abalroamentos podem comprometer a integridade da embarcação, bem como causar danos indesejáveis a pessoas, patrimônio e meio ambiente. No caso de navios petroleiros, que carregam milhares de toneladas de óleo, as potenciais consequências ambientais são particularmente críticas, em função da possibilidade de vazamentos de grandes proporções. Por conseguinte, a análise de risco se torna uma ferramenta de suma importância para a identificação de eventos de perigo e proposição de medidas de mitigação e contingência.

Em particular, as Normas da Autoridade Marítima para Obras, Dragagens, Pesquisa e Lavra de Minerais sob, sobre e às Margens das Águas Jurisdicionais Brasileiras (NORMAM-11/DPC) preconizam que novos empreendimentos portuários que envolvem a entrada de novos navios-tipo nos portos e/ou modificam as características das vias de acesso devem apresentar um plano de análise de riscos e das medidas de controle desses riscos para a operação segura dos navios-tipo. Dadas as peculiaridades de cada região e o caráter inovador dos projetos, uma das principais técnicas adotadas para atender estes requisitos é a Análise Preliminar de Perigos (APP). Esta técnica é adequada para o levantamento qualitativo de riscos em novos projetos, quando a experiência provê pouco ou nenhum discernimento em relação aos principais eventos de perigo em termos de frequência e consequência.

A APP conta essencialmente com o conhecimento introduzido pelos especialistas que participam da análise. No âmbito marítimo e portuário, este grupo inclui, por exemplo, oficiais de náutica, práticos, engenheiros e colaboradores dos terminais. A despeito da experiência e contribuição dos participantes, a análise fica sujeita a subjetividades. Caso seja adotada uma postura conservadora, estas subjetividades não comprometem o trabalho do ponto de vista de segurança. Entretanto, a redução destas subjetividades pode auxiliar na otimização da análise e proposição de medidas de controle de risco mais assertivas.

A fim de avançar em relação ao problema exposto, este trabalho tem como objetivo apresentar técnicas de suporte à elaboração de APPs com foco em manobras de navios petroleiros em águas restritas. Estas técnicas envolvem essencialmente a modelagem de consequências de acidentes típicos (e.g., encalhes, colisões) com base em variáveis que geralmente são conhecidas ainda no projeto preliminar de obras portuárias, tais como dimensões do navio-tipo, dimensões das vias navegáveis, e composição do fundo dos canais.

2. DESCRIÇÃO

A ferramenta de suporte desenvolvida consiste em uma planilha eletrônica com processos automatizados em VBA. O usuário, primeiramente, preenche um formulário com dados relevantes para a análise. Esses dados dizem respeito à manobra, ao navio que será manobrado, à carga do navio, ao canal, ao terminal e a outras condições de contorno como condições ambientais e climáticas no momento da manobra.

Depois de preenchido esse o formulário, esses dados são enviados para um banco de dados, que guarda informações sobre a manobra, e podem ser alterados no meio da análise. Com esses dados, modelos de cálculo de consequências de acidentes são usados e, automaticamente calculam os danos esperados em cenários de abalroamento, encalhe e colisão. As abordagens adotadas para esses cálculos serão apresentadas sucintamente no restante desta seção.

2.1 Análise de acidentes envolvendo abalroamento

O acidente de abalroamento ocorre quando dois navios se chocam. O ponto de choque pode ser ao longo de todo o corpo do navio, portanto, é mais importante considerar pontos longitudinais do casco, como sugerido pela Figura 1. Em seguida, calculam-se os respectivos danos a cada navio.

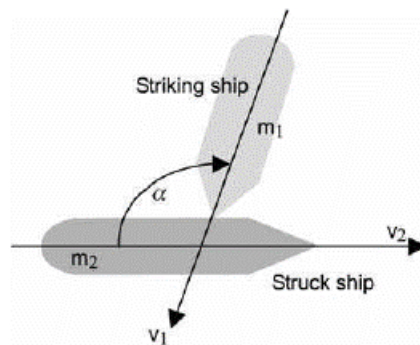


Figura 1 – Abalroamento entre dois navios [1]

Como esse acidente é um choque, considera-se o momento linear antes e após o impacto. Esse cálculo é dado pela Equação 1.

$$m_1 v_1 \sin(\alpha) = (m_1 + (1 + C_h) m_2) v \quad (1)$$

Onde:

m_1 = massa do navio abalroante;

v_1 = velocidade do navio abalroante;

m_2 = massa do navio abalroado;

C_h = coeficiente de massa adicional;

v = velocidade do conjunto de navios após a colisão.

Sabendo, então, a velocidade dos navios após a colisão, podemos encontrar a perda de energia cinética, ΔE_k , pela Equação 2.

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} m_1 (v_1 \sin \alpha)^2 - \frac{1}{2} (m_1 + (1 + C_h) m_2) v^2 \quad (2)$$

Utilizando a energia cinética a perda de energia cinética e utilizando o equacionamento feito por Svein (2005), pode-se chegar numa aproximação do volume colapsado, V_C , dado pela Equação 3.

$$\Delta E_k = 47,2V_C + 32,8 \quad (3)$$

Portanto, chega-se ao volume colapsado no navio abalroado, que auxilia na estimativa da consequência de um abalroamento. A partir desse valor, o programa usa o seguinte fluxograma e encontra a categoria de consequência do acidente:

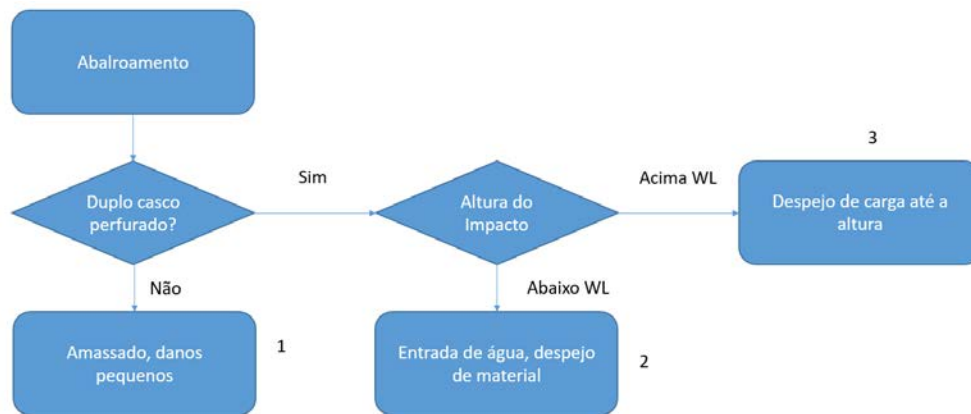


Figura 2 – Fluxograma para a estimativa das consequências de um abalroamento

Seguindo o fluxograma, encontram-se três cenários, que podem ser categorizados com as consequências da Tabela 1. Essas categorias auxiliam no processo de elaboração da planilha de APP.

Tabela 1 – Consequências dos cenários de abalroamento

Caso/Consequência	Ambiental	Pessoal	Patrimonial
1	Desprezível (I)	Desprezível (I)	Média (III)
2	Variável	Desprezível (I)	Crítica (IV)
3	Variável	Desprezível (I)	Catastrófica (V)

Vale notar que as consequências ambientais dos casos 2 e 3 é variável, pois o cálculo depende da quantidade de óleo despejado e é realizado a partir altura da perfuração do casco e sabendo o sabendo o volume dos tanques avariados.

2.2 Encalhe

O acidente de encalhe ocorre quando o calado de um navio se choca com o fundo do canal. A extensão dos danos varia de poucas deformações do casco e necessidade de retirar o navio do local até rupturas parciais ou totais do casco seguidas de despejo de material na água.

Para saber em qual caso o abalroamento se encaixa, primeiramente, deve-se observar o perfil do fundo. Isto é, se houver presenças de rochas, a maior probabilidade é que a extensão do dano seria uma perfuração local no casco navio; alternativamente, caso o encalhe seja em um fundo homogêneo, como um fundo arenoso, é provável que os danos sejam algumas pequenas deformações no caso.

Começando com o caso de encalhe em rochas, primeiramente, precisa-se analisar o perfil da rocha. A ferramenta oferece um alcance de perfis e, para cada um, os cálculos serão feitos e as consequências, estimadas. Os perfis de rochas são calculados considerando-os parábolas com fórmulas do tipo $y = ax^2$, ou seja, podemos mudar o perfil da rocha apenas mudando o parâmetro a .

Portanto, alguns parâmetros são usados. Primeiramente, deve-se saber o quanto a rocha penetrou verticalmente. Após isso, com cálculos e estimativas de resistência dos materiais é possível estimar as extensões das rupturas no casco. Os cálculos são feitos utilizando de base o trabalho de [3].

No caso de em um encalhe com fundo homogêneo, o tratamento do problema muda para uma colisão com um plano inclinado, e, as consequências são tanto o impacto como a posição que o navio ficaria após um ponto de equilíbrio ter sido encontrado.

Para o cálculo do impacto e da simulação de trajetória e movimentação, foi utilizada a abordagem apresentada em [4]. Visto os possíveis resultados de um encalhe, o fluxograma apresentado na Figura 3 foi proposto para guiar o processo de estimativa das consequências do acidente.

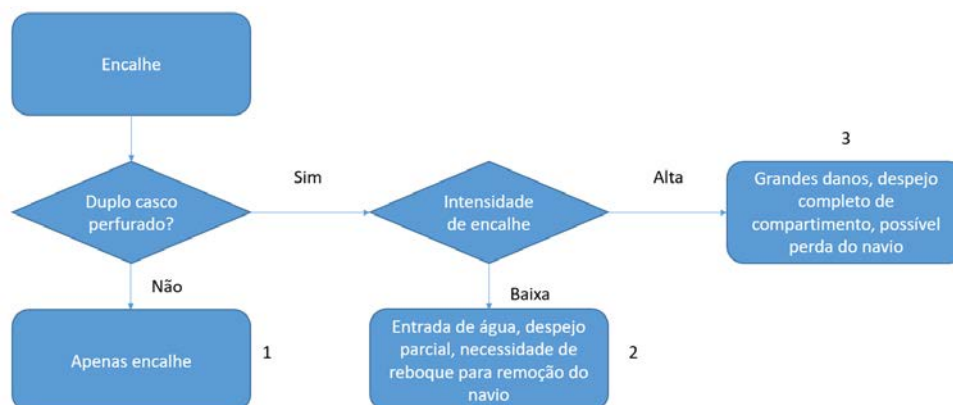


Figura 3 – Fluxograma para estimativa de consequências de encalhe

Seguindo o fluxograma, existem três possíveis cenários, cada um desses cenários tem as consequências descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Consequências dos cenários de encalhe

Cenário/Consequência	Ambiental	Pessoal	Patrimonial
1	Desprezível (I)	Desprezível (I)	Média (III)
2	Variável	Desprezível (I)	Crítica (IV)
3	Variável	Desprezível (I)	Catastrófica (V)

Para as consequências ambientais dos casos 2 e 3, um cálculo de óleo despejado deve ser utilizado, o que depende, principalmente da quantidade de tanques avariados e as dimensões dos tanques.

2.3 Colisão

O acidente de colisão ocorre quando a embarcação choca com uma estrutura que não seja outra embarcação. Esse choque pode ocorrer, por exemplo, contra um rochedo ou então contra o terminal.

Por ser um choque, os cálculos de consequências são semelhantes aos outros acidentes, sendo que o resultado final, será o volume colapsado do navio após o impacto, e a metodologia do cálculo está descrita no trabalho de [1]. Apesar de semelhante há uma peculiaridade desse tipo de acidente. Se ele ocorrer contra um terminal, podendo causar danos às pessoas e às estruturas do terminal, mudando as categorias de consequências para as apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Consequência de cenário de colisão contra terminal

Ambiental	Pessoal	Patrimonial
Variável	Crítica (IV)	Crítica (IV)

3. RESULTADOS

Os modelos de cálculo de consequência foram introduzidos ao código da ferramenta, e, após a inserção dos dados relevantes, os cenários são calculados conforme parâmetros numéricos como o volume colapsado de uma embarcação após um choque, ou, então, o comprimento de um rasgo causado por um encalhe.

Portanto, os resultados dos modelos são representados na Figura 4.

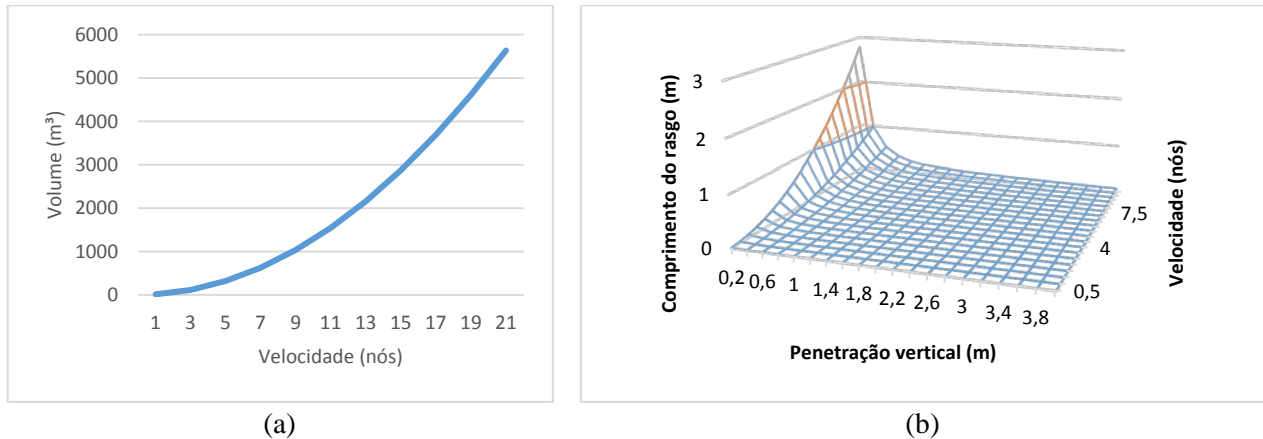


Figura 4 – Danos nos acidentes: (a) volume colapsado em colisão; (b) penetração em encalhe

Esses gráficos foram feitos utilizando como base uma colisão e um encalhe de um Panamax com as dimensões da Tabela 4.

Tabela 4: Dimensões de um Panamax

LOA	Boca	Deslocamento cheio	Calado cheio	Pontal
294,13 m	32,31 m	88784 ton	12,04 m	69,95 m

Para parâmetro, os resultados dos gráficos são volume colapsado (em metros cúbicos) e comprimento do rasgo (em metros). Tendo em vista, primeiramente o volume colapsado, podemos ver que os valores flutuam até cerca de 6000 metros cúbicos quando a velocidade da colisão está em 21 nós.

Tomando como base as dimensões do Panamax, esse dano seria menos de 1% do volume total da embarcação. Assim como, o maior comprimento de um rasgo é menor que 3 metros para velocidades de 8 nós, o que representa um rasgo de dimensões razoáveis, mas que não necessariamente penetrará o duplo casco do navio.

4. CONCLUSÃO

Portanto, a ferramenta funciona, por enquanto, facilitando o trabalho do analista com a introdução de dados relevantes e automatização da preparação de partes de planilhas de análise de risco, além de calcular as consequências dos acidentes mais comuns nos processos de entrada e saída de terminais, diminuindo, assim, a subjetividade dessas análises.

Futuramente, a ferramenta ainda terá ferramentas para o analista prever a frequência dos eventos além de fornecer um relatório mais detalhados com eventos considerados mais importantes.

5. REFERÊNCIAS:

- [1] KRISTIANSEN S., Maritime Transportation Safety Management and Risk Analysis. Oxford, US (2005);
- [2] ZHANG S., The Mechanics of Ship Collisions. Technical University of Denmark, Denmark (1999);
- [3] HEINVEE M., A simplified method to predict grounding damage of double bottom tankers. Tallinn University of Technology, Estonia (2015);
- [4] PEDERSEN P., Ship Grounding and Hull-Girder Strength, Technical University of Denmark, Denmark (1994).