

5. Transporte Aquaviário

5.1. Considerações Iniciais

O transporte por água foi usado pelo Homem desde a mais remota antiguidade, tanto nos corpos aquáticos internos - rios e lagos -, como nos mares de todo o Mundo, primeiramente para seus deslocamentos pessoais e pesca, posteriormente para transporte de suas produções, em troca no regime de escambo.

Primeiramente, as embarcações eram de pequeno porte e impulsionadas pela força muscular ou pelos ventos, contando ainda em certos casos com a ajuda das correntes naturais. O grande salto foi dado pela introdução da máquina a vapor, no início do século XIX, que permitiu seleção de rota, maiores velocidades e aumento de porte das embarcações, além de dar mais segurança no enfrentamento das condições adversas de navegação.

Hoje em dia, os veículos Aquaviários são os de maior capacidade unitária de transporte e os fluxos da modalidade representam cerca de 95% do comércio internacional, constituindo, pois, peça indispensável da Economia Mundial.

Internamente nos países em que a rede fluvial e/ou lacustre é significativa, o transporte por água costuma representar parcela ponderável nos fluxos de granéis minerais e agrícolas, bem como nos de combustíveis líquidos. É o caso de Estados Unidos da América, Rússia, Alemanha e França.

No Brasil já foi mais representativo que atualmente, seja na cabotagem marítima, seja no transporte fluvial e lacustre, mas hoje, principalmente este segundo é pouco expressivo.

Por exemplo, a Amazônia, em que esta modalidade não tem competidores terrestres, transporta menos na maior rede Aquaviária do Mundo que a Argentina no sistema do Paraná-Paraguai.

5.1.1. Conceitos Básicos

Examinando-se sistemicamente esta modalidade, ou seja, em termos de Via-Veículo-Terminais-Controles, tem-se o seguinte resumo:

- ✓ Via: não existe uma via materializada na qual os veículos se movimentam por imposição física, exceção feita de contadas situações como canais artificiais e naturais, como os de Panamá e Corinto, e os de acesso a determinados portos. A regra é de uma via em que se calcula uma linha a ser seguida pela embarcação, como no mar aberto, nos grandes rios e lagos. Este tipo de via calculada toma o nome de "*rota*".

- ✓ Veículos: nesta modalidade tomam o nome genérico de embarcações ou mais sinteticamente de “barcos” e “navios”. Com o passar dos séculos seu tamanho, chamado de “*porte*”, veio em contínuo aumento, chegando nos dias atuais a capacidades de transporte de 500 mil toneladas. Igualmente as formas de energia para sua propulsão seguiram em permanente evolução, desde a força muscular de remadores, passando pelo aproveitamento dos ventos, do uso da máquina a vapor, do emprego dos motores de combustão interna com derivados de petróleo, até a energia nuclear.

Os materiais construtivos do casco e demais compartimentos dos barcos seguiram também uma evolução, que das madeiras e peles, passou pelas chapas de ferro e aço, pelas de metais mais leves como o alumínio, com experiências com o cimento, para chegar aos plásticos e fibras de carbono.

- ✓ Terminais: são as instalações em que o modal pode ser acessado, interfaceando as modalidades terrestres. Segundo suas características construtivas e operacionais tomam os nomes de porto, terminal, trapiche, embarcadouro. Conforme o corpo d’água em que se situam são marítimo, fluviais ou lacustres. De acordo com a possibilidade de acesso geral ou limitado, são públicos ou privados. Quanto a movimentarem só pessoas, serão de passageiros, só carga serão de carga e ambos serão mistos.

Normalmente compõem-se de três áreas consecutivas:

- i. anteporto, ou área que lhe é adjacente no corpo d’água, formado por fundeadouro de espera e canal de acesso;
 - ii. porto, propriamente dito, com ancoradouro, bacia de evolução, berços e faixa do cais;
 - iii. retroporto, área terrestre circunvizinha, onde se situam armazenagens, edifícios de administração e serviços, instalações das modalidades terrestres de acesso, como vias e pátios ferroviários e rodoviários, interfaces com os serviços externos, como rede e subestações de energia elétrica, canalizações e caixas d’água potável, industrial e de incêndio, linhas físicas de telecomunicações, estação de tratamento ed esgotos e seu deságüe na rede pública, vedação delimitante, portarias de entrada e controle, e guaritas de segurança pessoal e patrimonial.
- ✓ Controles: dado o fato de existir uma liberdade potencial de escolher cada barco sua rota, a fim de evitar as colisões e os possíveis naufrágios decorrentes, desde vários séculos que se criaram regras para “segurança da vida no mar”, inclusive no que tange à segurança intrínseca dos próprios barcos, como as Plimsol Lines, que controlam os carregamentos máximos para cada oceano segundo a estação do ano, como também nas preferências e posicionamento recíproco quando em rotas interferentes.
- Os progressos da eletrônica, principalmente o radar que permite a detecção de obstáculos fixos e móveis na circunvizinhança do navio, independente da visibilidade disponível, e o

sonar com percepção do fundo, aumentaram consideravelmente as margens de segurança a partir da própria embarcação, auxiliam as convenções universais. Por sua vez, permitiram a obtenção de cartas náuticas mais precisas e detalhadas, enquanto que os países costeiros adensavam a implantação das ajudas fixas, como faróis, bóias refletoras de radar e estações de serviço.

5.1.2. Histórico

O sistema de movimento Aquaviário (navegação interior) foi fundamental nos primeiros séculos da formação territorial brasileira (1500-1870). A principal razão para este fato é histórico-geográfica. Os rios Tietê (o "rio das bandeiras"), São Francisco ("rio da integração nacional") e o caudaloso rio Amazonas, por exemplo, foram importantes para conquista territorial, na época em que o paradigma da mobilidade geográfica era a navegação marítima e interior.

As Aquavias como via de escoamento comercial, dedicados à grandes transportes de carga, é recente. Exceto os rios, como os da Amazônia e do São Francisco (onde predominava quase um único modal), os rios da malha Aquaviária brasileira ganharam políticas territoriais efetivas somente nos anos 1990.

A não existência de rios navegáveis que desemboquem no oceano é visto por muitos com a principal razão do Brasil não ter um sistema Aquaviário que venha solucionar o problema de transporte, a exemplo do que acontece nos EUA. Os rios brasileiros, com exceção do sistema Tietê-Paraná, não estabeleceram ligações entre centros econômicos importantes. Isso torna necessário várias operações de transbordo para que o produto chegue ao destino final.

As dificuldades impostas pela configuração territorial brasileira às Aquavias vão além da capacidade de sua implantação. As Aquavias desenvolvem apenas uma integração regional. Ao contrário, por exemplo, das redes rodoviárias, estão limitadas à forma espacial das bacias em que perfazem seus fluxos.

O novo uso agrícola do território, isto é, as modernizações do campo e a expansão dos *fronts* agrícolas para produção agroindustrial de *commodities*, foram demarcadores da emergência de políticas comandadas pelo Estado para a reorientação e modernização da matriz de transportes.

O Estado, com seu domínio político, normativo e territorial, restabeleceu sua capacidade de empreender políticas de planejamento nos anos 1990. Os planejamentos do Estado favoreceram as políticas territoriais das grandes empresas, através de investimentos que garantissem a competitividade territorial nos espaços dinâmicos do território. Nos projetos dos

'corredores da soja', as Aquavias posicionaram-se como eixos prioritários, respondendo aos reclamos do *agribusiness* e do imperativo da exportação (ideologia em que a exportação se dá como imperativa ao desenvolvimento econômico).

As mudanças institucionais e normativas ocorreram em todos os modais de transportes nos anos 1990. Nas redes Aquaviárias, observou-se que os processos de privatização e promoção da exploração da iniciativa privada deram-se em quase todas as atividades do transporte Aquaviário de cargas, enquanto que as 'desregulamentações' e 'modernizações' normativas tiveram o intuito de permitir ao Estado situar-se apenas no âmbito da regulação e participação nos planos públicos do sistema Aquaviário. Em nossa pesquisa, percebemos uma tendência à priorização de uma desintegração regional competitiva, em que mercados regionais são cada vez mais especializados, sendo os atuais sentidos de construção das redes geográficas.

Em números relativos, a participação das Aquavias ainda é inexpressiva – em 2002, menos de 5% do transporte de cargas passou por embarcações fluviais, contra 30% pelas ferrovias e 65% por rodovias.

5.2. Hidrovias

Fonte: www.antaq.gov.br

Nos primórdios da navegação, dada a ausência de instrumentos para cálculo da rota, esta se fazia à vista de terra, tomando como referência pontos notáveis, como as elevações costeiras. Este processo se chama "*pilotagem*", ainda hoje usado por pequenos barcos e pescadores artesanais. Seguiu-se o emprego de agulhas imantadas, as bússolas primitivas, que mostrando o norte magnético, permitiam uma estimativa do rumo seguido.

Com o passar dos séculos veio a navegação astronômica, pelo cálculo de posição a partir de astros como o sol e estrelas de grande magnitude, em instrumentos que evoluíram do astrolábio ao sextante, com ajuda de tabelas astronômicas.

Finalmente se chegou à era da navegação eletrônica, primeiramente com os rádiosfaróis e os correspondentes radiogoniômetros, que conhecidas as localizações de 2 estações emissoras, por triangulação permitiam obter a posição do barco. Sistemas mais precisos e de maior alcance como os Lorans encerraram esta fase.

Hoje a navegação se faz com precisão e facilidade a partir de satélites especializados, geo-estacionários, que substituíram os astros e que dão instantânea e automaticamente a posição bastante precisa do navio, independente das condições atmosféricas e de sua posição geográfica.

Como elemento auxiliar, nas proximidades das costas marítimas existem as *cartas náuticas*, que já podem ser digitalizadas e mostradas em monitores, delineando as particularidades geográficas, os perigos à navegação como baixofundos e recifes, as profundidades e as ajudas à navegação, como faróis, bóias de sinalização e refletores de radar.

Freqüentemente são complementadas por "*roteiros*", com instruções detalhadas aos navegantes. São célebres as cartas do Mundo inteiro, feitas pelo Almirantado inglês. Informações deste tipo são atualizadas pelos "*avisos aos navegantes*", emitidos pela Marinha dos vários países, alertando para mudanças correntes na sinalização ou devido a ocorrências perigosas.

Especial atenção em termos de via no transporte Aquaviário merecem obras civis de melhoramento, como as eclusas de transposição de desníveis em rios e canais artificiais, ou mesmo para eliminar em áreas portuárias os efeitos impeditivos de operação das marés de grande amplitude, como no canal da Mancha. Tem também as dragagens, os enrocamentos e as derrocagens.

5.2.1. Situação Atual

As Hidrovias Interiores tem ocupado papel relevante nas diretrizes do governo federal. Em alguns casos, representam fatores determinantes nos corredores estratégicos de desenvolvimento.

Grande parte dos investimentos do setor está inserida em programas especiais de desenvolvimento regionais, que tem como objetivo o barateamento dos custos internos de transporte de forma a dar competitividade às exportações dos produtos nacionais.

O Brasil conta com aproximadamente 40.000 km de rede Aquaviária potencialmente navegável, porém vem sendo pouco exploradas suas potencialidades.

As principais Hidrovias encontram-se nas bacias: Amazônica, Nordeste, Tocantins/Araguaia, São Francisco, Sudeste e Uruguai.

- ✓ Bacia Amazônica - compreende as Hidrovias do Madeira, Solimões, Tapajós e Teles Pires tendo como principais características a movimentação de petróleo e derivados; passageiros; transporte de granéis sólidos (grãos e minérios); e carga geral.
- ✓ Bacia do Nordeste - abrange as Aquavias do Parnaíba, Itapecuru, Mearim e Pindaré. De pequeno porte, mas com potencial para movimentação de volume considerável de mercadorias destinadas à economia de subsistência.

- ✓ Bacia do Tocantins e Araguaia - a movimentação de cargas nas Aquavias do Tocantins e Araguaia é ainda incipiente uma vez que as condições de navegabilidade se estendem apenas por um período do ano, e as obras necessárias para viabilizar a implantação definitiva da Aquavia estão, hoje na dependência do licenciamento ambiental.
- ✓ Bacia do São Francisco - através da Aquavia do São Francisco se transportam cargas de soja em grãos, milho, gipsita, farelo de soja, algodão, polpa de tomate e manganês destinados principalmente à região Nordeste.
- ✓ Bacia do Paraná - as principais cargas transportadas na Aquavia Tietê - Paraná são: granel sólido (70%, soja e outros); carga geral (20%, cana e outros); e granel líquido (10%, principalmente álcool).
- ✓ Bacia do Paraguai - cargas de soja granulada, reses, cimento, minério de ferro granulado, minério de manganês, fumo e farelo de soja, são cargas transportadas pela Hidrovia do Paraguai, que tem um programa de dragagens periódico para que ofereça navegabilidade e segurança

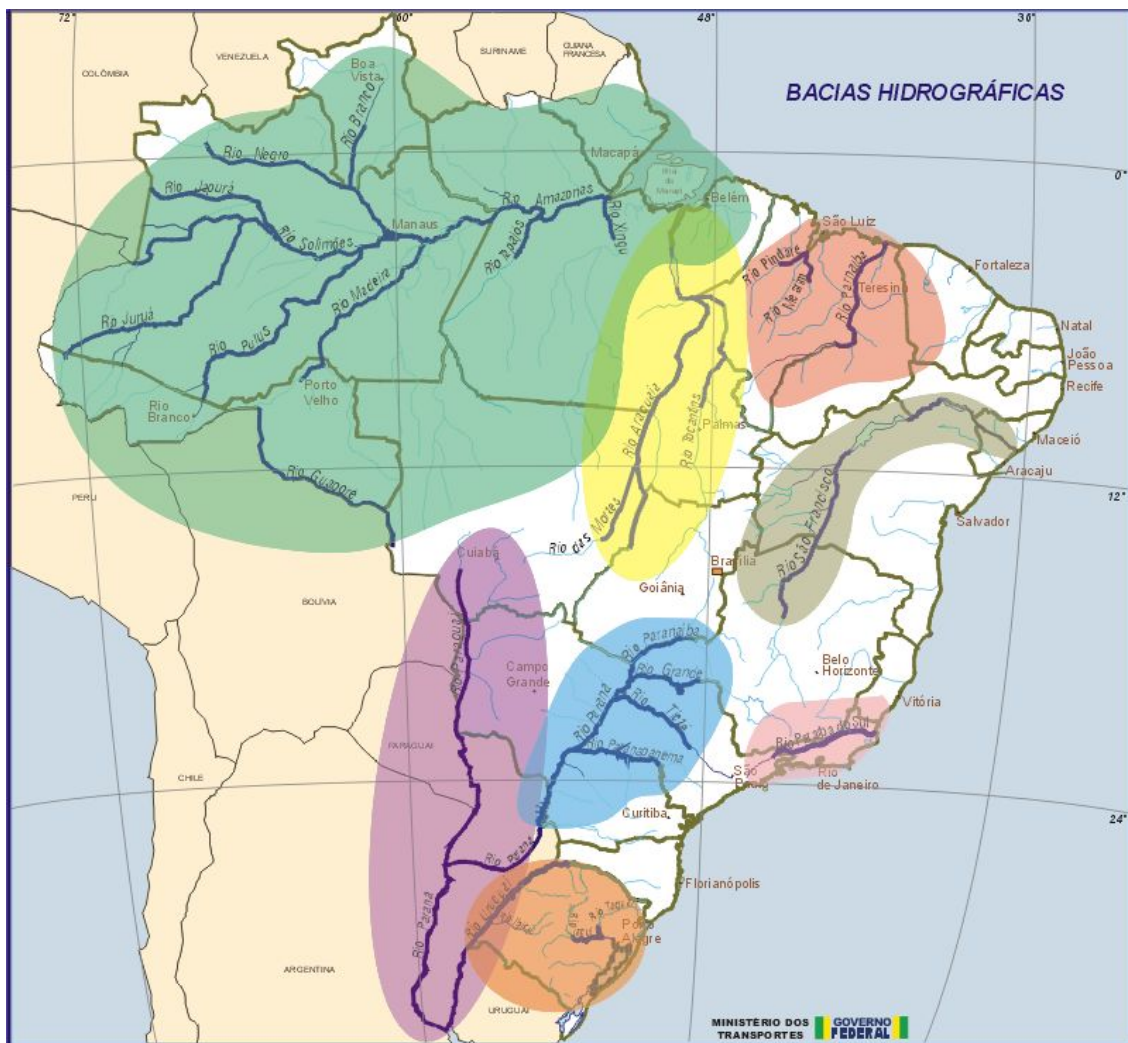


Figura 5.1 – Principais Bacias Hidrográficas Brasileira

PRINCIPAIS RIOS

Bacia Amazônica

Rio Acará	Rio Acre	Rio Amazonas	Rio Branco
Rio Capim	Rio Envira	Rio Guamá	Rio Guaporé
Rio Iça	Rio Japurá	Rio Jarí	Rio Javari
Rio Juruá	Rio Madeira	Rio Mamoré	Rio Moju
Rio Negro	Rio Purus	Rio Solimões	Rio Tapajós
Rio Tarauacá	Rio Tefé	Rio Teles Pires	Rio Tocantins
Rio Trombetas	Rio Uatumã	Rio Urucu	Rio Xingu

Bacia do Nordeste

Rio Mearim	Rio das Balsas	Rio Parnaíba	Rio Pindaré
------------	----------------	--------------	-------------

Bacia do Tocantins Araguaia

Rio Araguaia	Rio das Mortes	Rio Tocantins
--------------	----------------	---------------

Bacia do São Francisco

Rio Corrente	Rio Grande	Rio São Francisco
--------------	------------	-------------------

Bacia do Leste

Rio Paraíba do Sul

Bacia do Tietê - Paraná

Rio Grande	Rio Paraná	Rio Paranapanema
Rio Ivaí	Rio Paranaíba	Rio Tietê

Bacia do Paraguai

Rio Paraguai	Rio Paraná
--------------	------------

Bacia do Sul

Rio Ibicuí	Canal de São Gonçalo	Rio Jacuí	Lagoa Mirim
Lagoa dos Patos	Rio Taquari	Rio Uruguai	

Através da Lei 10.233 (05/06/2001) e da Medida Provisória 2.217-3/01, foi criada entre outras a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). Sendo sua esfera de atuação junto a:

- ✓ Navegação fluvial, de cabotagem, de longo curso e apoio marítimo e portuário;
- ✓ Portos organizados e terminais portuários privativos;
- ✓ Transporte Aquaviário de cargas especiais e perigosas.

5.2.3. Hidrovia do Madeira

O rio Madeira é navegável desde a sua confluência com o rio Amazonas até a cidade rondoniense de Porto Velho, há muito tempo.

Tal via navegável tem 1056 km de extensão.

Para que tal via navegável seja considerada uma Hidrovia, definida para a embarcação escolhida e abaixo caracterizada, ela ainda terá:

- ✓ que ter os níveis d'água de projeto definidos, ou sejam, os níveis a partir dos quais a probabilística profundidade mínima da Hidrovia é definida;
- ✓ obras de melhoramento da via, como dragagens e derrocamentos, reprojctadas e implementadas;
- ✓ cartas de navegação confeccionadas;
- ✓ balizamento e sinalização de margem melhorados.

A embarcação tipo do rio Madeira é um comboio de empurra com-posto de quatro chatas e um empurrador. Tal comboio tem 200 m de comprimento, 16 m de boca (largura) e cala 2,5 m no máximo em águas mínimas.

O melhoramento das condições de navegação, a manutenção da via ou mesmo a implantação da Hidrovia do Madeira, enfim todas ações que se referem à infra-estrutura da via navegável, são encargos da Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental - AHIMOC, órgão da sociedade de economia mista federal vinculada ao Ministério dos Transportes, Companhia Docas do Maranhão - [CODOMAR](#). A AHIMOC situa-se em Manaus - AM.

5.2.4. Hidrovia do São Francisco

"O Velho Chico" era navegado desde há muito, por uma classe de embarcações hoje praticamente extinta pelos "gaiolas".

Tal via sempre foi navegável no trecho compreendido entre a cidade mineira de Pirapora e a baiana de Juazeiro ou a pernambucana de Petrolina (Juazeiro e Petrolina são cidades geminadas, separadas apenas pelo rio São Francisco), com 1371 km de extensão, mas sofreu algumas alterações no decorrer dos anos.

Com a construção da barragem da Usina Hidrelétrica de Três Marias, no Estado de Minas Gerais e a montante de Pirapora, as vazões do São Francisco foram regularizadas, isto é, a água acumulada no reservatório de tal barragem no período das cheias é liberada para geração de energia elétrica no período das estiagens, fazendo que não se tenha a jusante, grandes cheias nem rigorosas estiagens, principalmente estas.

O advento do lago de Sobradinho, provocado pela construção da barragem da Usina Hidrelétrica de Sobradinho, localizada no Estado da Bahia e um pouco a montante da cidade de Juazeiro, alterou substancialmente as condições de navegação no São Francisco, pois permitiu a formação de ondas curtas de considerável altura, semelhantes às verificadas nos mares.

Com o surgimento dessas ondas de curto período, a folclórica navegação dos "gaiolas" deixou de se dar, porque não suportavam essas novas condições de navegação do lago de Sobradinho e restringir-se ao trecho a montante do citado lago não lhes era economicamente viável.

Hoje, a navegação que floresce no rio São Francisco tem outra classe, para qual a correspondente Hidrovia vem sendo preparada.

Cabe ressaltar, também, que o rio São Francisco, no trecho compreendido entre a cidade mineira de Pirapora e o final do remanso do reservatório da barragem de Sobradinho, apresenta baixas profundidades em alguns locais, nos meses de águas baixas, com graves problemas para a navegação.

O São Francisco é um rio de leito migratório, com clássico exemplo de insucesso de obra hidráulica: na década de 50 foi construída uma eclusa de navegação no Salto do Sobradinho, BA, que não se tornou operacional por migração lateral das margens do São Francisco.

Tal eclusa hoje se encontra a cerca de 1 km a jusante da atual barragem de Sobradinho, como monumento ao desconhecimento do comportamento do rio São Francisco pelos engenheiros da época e à falta de estudos hidromorfológico, embaixadores do projeto da referida eclusa.

Nos nossos dias, com computadores cada vez mais capazes e velozes, a modelagem matemática tem-se constituído em uma importante ferramenta à disposição da engenharia, notadamente da engenharia hidráulica.

Assim, o setor Hidroviário interior federal pretende modelar morfológicamente trechos do rio São Francisco e a construção de algumas obras hidráulicas, objetivando conhecer como estas interagem com o curso d'água e quais seriam suas conseqüências morfológicas e ambientais.

A barragem de Sobradinho dispõem de moderna eclusa de navegação, de sorte não interrompeu na navegação entre Juazeiro e Pirapora, e que a embarcação tipo para a qual a Hidrovia vem sendo preparada é um comboio de empurra composto de quatro chatas e um empurrador. Esse comboio tem 110 m de comprimento, 16 m de boca (largura) e cala 1,5 m no máximo em águas mínimas.

O melhoramento das condições de navegação, a manutenção da via ou mesmo a implantação da Hidrovia do São Francisco, enfim todas ações que se referem à infra-estrutura da via navegável, são encargos da Administração das Hidrovias do São Francisco - AHSFRA, órgão da sociedade de economia mista federal vinculada ao Ministério dos Transportes, Companhia das Docas da Bahia - [CODEBA](#). A [AHSFRA](#) situa-se em Pirapora - MG.

A Hidrovia interior em tela está sendo preparada para ser navegada nos seguintes trechos:

- ✓ no rio das Mortes (a fluente da margem esquerda do Araguaia), desde a cidade mato-grossense de Nova Xavantina até a confluência desse rio com o Araguaia, numa extensão de 580 km;
- ✓ no rio Araguaia, desde a cidade goiana de Aruanã até a cidade tocantinense de Xambioá, numa extensão de 1230 km;
- ✓ no rio Tocantins, desde a cidade tocantinense de Miracema do Tocantins até porto a ser construído no Município maranhense de Porto Franco, um pouco a montante da sede do município, numa extensão aproximada de 440 km.

A embarcação tipo para a qual a Hidrovia vem sendo preparada é um comboio de empurra composto de quatro chatas e um empurrador. Esse comboio tem 108,00 m de comprimento, 16 m de boca (largura) e cala 1,5 m no máximo em águas mínimas.

A navegação no Tocantins poderá ser levada até a cidade tocantinense de Peixe, a montante do trecho acima citado, desde que a barragem da Usina Hidrelétrica Luiz Eduardo Magalhães, que está sendo construída na localidade denominada Lajeado, entre as cidades de Palmas e Miracema do Tocantins, seja dotada de eclusa de navegação.

Tal aproveitamento hidrelétrico foi outorgado a particulares sem a obrigação deles construírem a mencionada eclusa, mas o Ministério dos Transportes está fazendo as gestões necessárias, junto ao Ministério de Minas e Energia, no sentido de que as obras de transposição Hidroviária da referida barragem sejam projetadas e construídas.

O melhoramento das condições de navegação, a manutenção da via ou mesmo a implantação da Hidrovia do Tocantins - Araguaia, enfim todas ações que se referem à infra-estrutura da via navegável, são encargos da Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental - AHITAR, órgão da sociedade de economia mista federal vinculada ao Ministério dos Transportes, Companhia Docas do Pará - CDP. A AHITAR situa-se em Goiânia - GO.

O rio Tocantins, a jusante da Barragem de Tucuruí, no Estado do Pará, no trecho que se estende desde o sopé da citada barragem até a sua foz, numa extensão de 250 km, é navegado por classe de embarcação diferente, de maior porte.

Esse trecho inferior do rio Tocantins tem o melhoramento de suas condições de navegação, a sua manutenção ou mesmo sua implantação, no que tange ao transporte Hidroviário interior, enfim todas ações que se referem à infra-estrutura da via navegável, são encargos da Administração das Hidrovias da Amazônia Oriental - [AHIMOR](#), órgão da sociedade de economia mista federal vinculada ao Ministério dos Transportes, Companhia Docas do Pará - [CDP](#). A [AHITAR](#) situa-se em Belém - PA.

5.2.5. Hidrovia Paraná-Tietê

A Hidrovia interior em tela está sendo preparada para ser navegada nos seguintes trechos:

- ✓ no rio Piracicaba (afluente da margem direita do Tietê), desde a confluência com o rio Tietê até 22 km a montante;
- ✓ no rio Tietê, desde a cidade paulista de Conchas até a confluência do Tietê com o Paraná, numa extensão de 554 km;
- ✓ no rio Paranaíba, desde o sopé da barragem da Usina Hidrelétrica de São Simão até a confluência do rio Paranaíba com o rio Paraná, numa extensão de 180 km;
- ✓ no rio Grande, desde o sopé da barragem da Usina Hidrelétrica de Água Vermelha até a confluência do rio Grande com o rio Paraná, numa extensão de 59 km;
- ✓ no rio Paraná, desde a confluência dos rios Grande e Paranaíba, que formam o rio Paraná, até a barragem da Usina Hidrelétrica de Itaipú, numa extensão de 800 km;
- ✓ no canal Pereira Barreto, que liga o lago das barragens da Usina Hidrelétrica de Três Irmãos, no rio Tietê, ao rio São José dos Dourados, afluente da margem esquerda do rio Paraná, no Estado de São Paulo, numa extensão de 53 km, sendo 36 km no rio São José

dos Dourados e 17 km no canal Pereira Barreto propriamente dito.

O melhoramento das condições de navegação, a manutenção da via ou mesmo a implantação da Hidrovia Paraná - Tietê, enfim todas ações que se referem à infra-estrutura da via navegável, a exceção das alusivas ao rio Tietê, são encargos da Administração das Hidrovias do Paraná - [AHRANA](#), órgão da sociedade de economia mista federal vinculada ao Ministério dos Transportes, Companhia Docas do Estado de São Paulo - [CODESP](#).

5.2.6. Hidrovia Tocantins - Araguaia

A Hidrovia interior em tela está sendo preparada para ser navegada nos seguintes trechos:

- ✓ no rio das Mortes (a fluente da margem esquerda do Araguaia), desde a cidade mato-grossense de Nova Xavantina até a confluência desse rio com o Araguaia, numa extensão de 580 km;
- ✓ no rio Araguaia, desde a cidade goiana de Aruanã até a cidade tocantinense de Xambioá, numa extensão de 1230 km;
- ✓ no rio Tocantins, desde a cidade tocantinense de Miracema do Tocantins até porto a ser construído no Município maranhense de Porto Franco, um pouco a montante da sede do município, numa extensão aproximada de 440 km.

A embarcação tipo para a qual a Hidrovia vem sendo preparada é um comboio de empurra composto de quatro chatas e um empurrador. Esse comboio tem 108,00 m de comprimento, 16 m de boca (largura) e cala 1,5 m no máximo em águas mínimas.

A navegação no Tocantins poderá ser levada até a cidade tocantinense de Peixe, a montante do trecho acima citado, desde que a barragem da Usina Hidrelétrica Luiz Eduardo Magalhães, que está sendo construída na localidade denominada Lajeado, entre as cidades de Palmas e Miracema do Tocantins, seja dotada de eclusa de navegação.

Tal aproveitamento hidrelétrico foi outorgado a particulares sem a obrigação deles construírem a mencionada eclusa, mas o Ministério dos Transportes está fazendo as gestões necessárias, junto ao Ministério de Minas e Energia, no sentido de que as obras de transposição Hidroviária da referida barragem sejam projetadas e construídas.

O melhoramento das condições de navegação, a manutenção da via ou mesmo a implantação da Hidrovia do Tocantins - Araguaia, enfim todas ações que se referem à infra-estrutura da via navegável, são encargos da Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental - AHITAR, órgão da sociedade de economia mista federal vinculada ao Ministério dos Transportes, Companhia Docas do Pará - CDP. A AHITAR situa-se em Goiânia - GO.

O rio Tocantins, a jusante da Barragem de Tucuruí, no Estado do Pará, no trecho que se estende desde o sopé da citada barragem até a sua foz, numa extensão de 250 km, é navegado por classe de embarcação diferente, de maior porte.

Esse trecho inferior do rio Tocantins tem o melhoramento de suas condições de navegação, a sua manutenção ou mesmo sua implantação, no que tange ao transporte Hidroviário interior, enfim todas ações que se referem à infra-estrutura da via navegável, são encargos da Administração das Hidrovias da Amazônia Oriental - [AHIMOR](#), órgão da sociedade de economia mista federal vinculada ao Ministério dos Transportes, Companhia Docas do Pará - [CDP](#). A [AHITAR](#) situa-se em Belém - PA.

5.2.7. Hidrovia Paraguai - Paraná

A Hidrovia Paraguai - Paraná estende-se desde a cidade uruguaia de Nueva Palmira até a brasileira de Cáceres, situada no Mato Grosso. Essa Hidrovia tem 3442 km de extensão. O Tratado da Bacia do Prata, firmado em Brasília, DF, em 23 de abril de 1969 por chanceleres dos cinco países da Bacia do Prata: Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai constitui-se no marco fundamental da implantação da Hidrovia Paraguai - Paraná.

Em setembro de 1989, os Ministros de Obras públicas e de Transportes dos países da Bacia do Prata acordaram em criar o "Comité Intergubernamental de la Hidrovia Paraguay - Paraná (CIH)", encarregando-o de realizar projetos pontuais, determinar a prioridade das obras a realizar e estudar a compatibilização da legislação aplicável a Hidrovias, dos países da Bacia do Prata. O CIH tem sua sede em Buenos Aires, capital da Republica da Argentina.

A parte brasileira da Hidrovia Paraguai - Paraná, ou seja, o trecho do rio Paraguai compreendido entre a cidade matogrossense de Cáceres e a confluência do rio Apa com o rio Paraguai, numa extensão de 1278 km, tem o melhoramento das suas condições de navegação, a sua manutenção ou mesmo implantação, enfim todas ações que se referem à infra-estrutura da via navegável, como encargos da Administração das Hidrovias do Paraguai - AHIPAR, órgão da sociedade de economia mista federal vinculada ao Ministério dos Transportes, Companhia Docas do Estado de São Paulo - [CODESP](#). A [AHIPAR](#) situa-se em Corumbá - MS.

A navegação em tal Hidrovia é dividida em duas classes: uma no trecho compreendido entre a cidade sul-matogrossense de Corumbá e a matogrossense de Cáceres, numa extensão de 672 km, onde a embarcação tipo é um comboio de empurra (quatro chatas e um empurrador) de 108 m de comprimento, 24 m de largura (boca) e 1,2 m de calado máximo em períodos de águas mínimas; e outro, a jusante se Corumbá, numa extensão de 2770, cuja embarcação tipo é um comboio de empurra (dezesesseis chatas e um empurrador) com 280 m de comprimento, 48 m de largura (boca) e 3,0 m de calado em águas mínimas.

5.3. Embarcações

5.3.1. Conceituação

Navio é um veículo apropriado para a navegação em mares, rios e lagos, e a sua construção obedece as especificações necessárias a sua perfeita fiutabilidade e navegabilidade, planejado para ser utilizado por longo prazo.

Os navios podem ser de vários tamanhos, tipos, finalidades e configurações, adequando-se sempre às especificações necessárias. São propulsionados por motores de grande potência, capazes de impulsionar e locomover embarcações de todos os tamanhos, com dezenas e até centenas de milhares de toneladas.

A sua velocidade é variável, sendo a média dos navios em operação de 20/22 *nós*, com os mais velozes singrando os mares, atualmente, a cerca de 26 *nós*. Um *nó* é equivalente a uma milha marítima, que por sua vez mede 1.853 metros.

Pode ser utilizado como cargueiro, para transporte de mercadorias de um porto a outro, ou como veículo de turismo, para transporte de passageiros.

Sendo cargueiro, ele poderá ser:

- ✓ *Gearless* - são navios construídos sem equipamentos próprios para embarques ou desembarques, como guindaste, pau de carga, ponte rolante ou qualquer outro aparelho que possa auxiliá-lo nas operações de carga e descarga, dependendo, portanto, inteiramente dos aparelhos do porto.
- ✓ *Self-loading/unloading* ou *Self-sustaining ship* - são navios auto-suficientes, dotados de equipamentos próprios para operação portuária, podendo assim realizar suas próprias operações de carregamento e descarga e não dependendo, desta forma, dos equipamentos do porto.

Os navios mais modernos já não são mais, normalmente, construídos com estes guindastes, operando apenas com os equipamentos portuários, liberando o seu espaço, bem como a sua capacidade em peso, apenas para o transporte de carga.

Segundo a finalidade, os navios podem ser de passageiros, de carga, de lazer, de pesca, de serviços (reboques, bombeiros, salvamento, de perfuração, etc.) e militares, como os vasos de guerra e os de patrulha costeira. Conforme a possibilidade de uso geral ou não, são públicos ou privados, e sua nacionalidade é dada pelo país do porto em que foram registrados, cuja bandeira hastearão e de cujo território nacional passam a fazer parte para efeitos de legislação civil, tributária, trabalhista, etc., e para aplicação do Direito Internacional.

5.3.2. Dimensões Características

Em termos de dimensões, caracterizam um barco:

- ✓ o comprimento ("length"), que vai do espelho de popa (parte traseira) ao bico de proa (parte dianteira);
- ✓ a boca ("beam"), maior distância entre os costados ou laterais do barco;
- ✓ pontal, altura fixa entre o fundo do navio e seu convés principal ("deck").
- ✓ o calado ("depth"), distância vertical entre a superfície da água - linha de flutuação ou linha-d'água - e a parte mais baixa da embarcação – a quilha ou então algum ponto mais baixo, como, por exemplo, domo do sonar na condição na qual é feita a medida.

Em geral, nos navios, à altura da roda de proa ou no cadaste, encontra-se uma escala de calado: graduação numérica escrita nos costados das embarcações (a vante, a ré, a bombordo e a boreste), para a leitura dos calados.

Essa escala começa (número zero) na linha do fundo da quilha e é expressa em metros com aproximação de 0,5 dm, ou em pés ingleses, com aproximação de 0,5 pé, que indica o calado do navio, que depende do peso da carga e dos outros itens transportados pelo navio e da densidade da água, variando esta última com a salinidade e a temperatura. A linha do calado denomina-se, também, tirante de água.

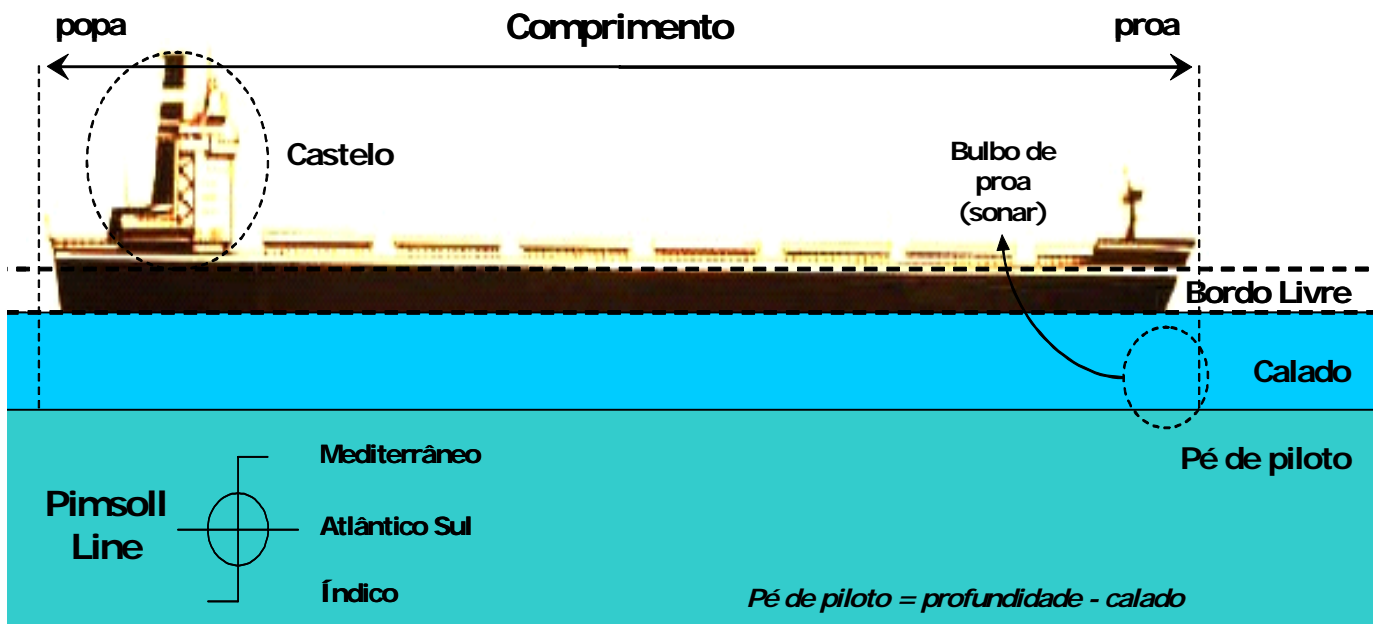


Figura 5.3 – Dimensões e pontos característicos de uma embarcação

Quanto a peso e capacidade, os navios se enquadram nas seguintes classificações de tonelagem:

- ✓ o deslocamento ("displacement"): peso em toneladas do volume de água deslocado (variável);

- ✓ porte bruto (*“deadweight”*): peso em toneladas da carga, combustível, água, rancho, apetrechos, tripulação, passageiros e bagagens (variável);
- ✓ registro bruto (*“gross registered tonnage”*): volume total do interior do barco, convertido em toneladas pela relação $100 \text{ ft}^3 = 2,81 \text{ m}^3 \Rightarrow 1 \text{ t}$ (fixo);
- ✓ registro líquido (*“net registered tonnage”*): registro bruto menos a conversão em toneladas dos espaços não destinados à carga ou aos passageiros (fixo).

5.3.3. Tipos de Navios

Diante da grande diversidade de cargas que foram sendo objeto de comercialização e, portanto, de transporte, tanto nacional quanto internacionalmente, vários tipos de navios foram sendo criados e construídos ao longo do tempo pela engenharia naval, para atender estas necessidades, destacando-se:

5.3.3.1. General Cargo Ship (navio de carga geral)

Estes são navios convencionais, destinados ao transporte de carga geral seca, normalmente embalada e transportada em volumes individuais (*breakbulk*) ou paletizada (unitizada). São divididos em porões e *decks*, sendo normal que possuam 3 ou 4 *decks* com 3, 4 ou 5 porões, podendo ter, neste caso, entre 9 e 20 compartimentos independentes para acondicionamento de carga. São do tipo mais antigo, sem nenhuma especialização, que servem para transportar qualquer tipo de carga, exceto congelada.

A capacidade volumétrica deste tipo de navio é medida em pés cúbicos, ou metros cúbicos, sendo ela dependente do espaço em pés cúbicos ou metros cúbicos ocupado pela carga. Como exemplo, para entendimento, vamos considerar uma mercadoria qualquer que necessite de um espaço de 75/80 pés cúbicos para a acomodação de uma tonelada. No caso de um navio com 600.000 pés cúbicos de capacidade volumétrica, será possível o embarque de 7500/8000 toneladas desta mercadoria, no entanto, sempre dependendo da capacidade de suporte de peso do navio.

5.3.3.2. Reefer Vessel (navio frigorífico)

É um tipo de navio semelhante ao convencional para cargas secas, com as mesmas divisões em *decks* e porões sendo, porém, os seus porões, devidamente equipados com maquinários para refrigeração. Adequado para transporte de cargas que exigem controle de temperatura tal como carnes, sucos, frutas, verduras, laticínios, etc. Seus diversos porões podem ter controles de temperatura diferentes, possibilitando o transporte simultâneo de cargas que necessitam de temperatura específica. Quanto à sua capacidade, obviamente, seguem os mesmos princípios dos navios de carga geral.

5.3.3.3. Bulk Carrier (graneleiros)

Consistem em navios especializados no transporte de carga sólida a granel. Nesta categoria colocamos produtos como soja, milho, açúcar, minérios, fertilizantes, etc. Existem navios mistos, os OBO (*Ore-Bulk-OH*), que são graneleiros adaptados para transportes alternativos de minério de ferro, granéis sólidos e líquidos. A sua capacidade é dada pelos mesmos princípios dos navios de carga geral.

5.3.3.4. Tanker (navio-tanque)

Navio especialmente construído para o transporte de carga líquida a granel, com divisões em porões, permitindo que, em caso de problemas em alguns dos porões, seja possível evitar maiores danos e continuar o transporte com os produtos nos demais compartimentos. Este tipo de navio não tem a divisão em *decks*, sendo seus porões contínuos, a partir do *deck* principal até o seu fundo.

Podem ser encontrados alguns tipos deste navio, especializados em determinadas cargas, como:

- ✓ Product Tanker - navio-tanque utilizado no transporte de produtos diversos tais como petróleo refinado, petroquímicos, óleos minerais, etc.
- ✓ ULCC (Ultra Large Crude Carrier) - navio-petroleiro de grande porte, por exemplo, 300 mil toneladas, que depende de terminais especiais para a sua atracação e operação.
- ✓ Chemical Tanker - navio-tanque especializado no transporte de produtos químicos líquidos a granel (ex.: ácidos).

5.3.3.5. Roll-On Roll-Off (Ro-Ro)

Este é um tipo de navio próprio para o transporte de veículos. Os embarques ou desembarques se dão através de rampas próprias do navio, que fazem parte de seu casco, podendo estas estar na popa (parte traseira do navio), na proa (frente do navio), ou ainda nas laterais. Este tipo de navio apresenta duas versões:

- ✓ Ko-Ro/Container Carrier - navio que pode transportar veículos sobre rodas (com autolocomoção) nos seus porões, e *containers* no *deck* principal (convés, plataforma ou piso superior transitável do navio).
- ✓ Ro-Ro/PTCC (Pure Truck & Car Carrier) - navio especializado puramente no transporte de veículos automotores, como automóveis, caminhões, tratores, motoniveladora, entre outros, não transportando outro tipo de carga.

5.3.3.6. Full Container Ship (navio porta-container)

É um tipo de navio especializado no transporte de *containers*, comportando todos os tipos como *dry*, *reefer*, *tanks*, plataforma, etc. Seus porões são denominados baias, que são numerados a partir da proa para a popa. Cada *baia* abrange a largura total do navio, ou seja, de bombordo a boreste (estibordo). Estes são divididos em colunas, formadas por células guias e compostos por várias camadas, que indicam a altura dos *containers* embarcados.

A coordenada encontrada pelos *bays*, *rows* e *tiers* é denominada *slot*, determinando a posição e localização do *container* no navio. Estes *bays* podem ser definidos e construídos com capacidade para acomodação de *containers* de 20' e 40' (vinte e quarenta pés), sendo que o *slot* de 40' (quarenta pés) permite a colocação de dois *containers* de 20' (vinte pés).

Abaixo do *deck* principal são empilhados, normalmente, 6 ou 7 *containers*. Acima do *deck* principal, ou seja, no convés, são empilhados a uma altura de 4 ou 5 *containers*. Estes navios podem também ser celulares, ou seja, sem porões, não tendo qualquer *deck*. São dotados de guias em todo o navio, para o encaixe dos *containers*.

A capacidade de carga deste tipo de navio é medida em TEU, que é um *container* de 20' (vinte pés). Por isso se diz que o navio tem capacidade para "N" TEU, ou seja, "N" *container* de 20' (vinte pés), e nunca que o navio tem capacidade para "N" *container*.

Um equipamento de 40' (quarenta pés) (FEU), é considerado 2 TEU. Assim, um navio para 2.000 TEU pode significar 2.000 *containers* de 20' (vinte pés) ou 1.000 de 40' (quarenta pés), ou um entre 1.000 e 2.000 *containers*, neste caso com um misto de *containers* de 20' e 40' (vinte e quarenta pés).

5.3.3.7. Multi-Purpose Ship (navio multicarga)

Navios versáteis, destinados ao transporte de carga com características de diversos outros tipos de navios como os convencionais, frigoríficos, Ro-Ro, *porta-containers*, podendo transportar as mais variadas cargas simultaneamente, como carga geral, carga frigorífica, *pallets*, veículos em geral, *containers*, etc.

5.3.3.8. LASH - Lighter Aboard Ship (navios porta-barcaças ou chatas)

São navios especiais, com capacidade para o transporte de barcaças ou chatas. As barcaças são carregadas ao largo, por guindastes especiais de bordo, e descarregadas também à distância, no porto de destino. Assim, operam em portos onde sua entrada é restrita em virtude da pouca profundidade do porto.

Já que toda a operação pode dar-se ao largo, dispensando a sua atracação no porto e a

utilização de guindastes portuários, pode utilizar este recurso, inclusive, em portos cujos calados lhe permitam a entrada. Desta maneira, podem fugir dos congestionamentos portuários ou evitar a perda de tempo da entrada ou saída do navio no porto. Podem transportar qualquer tipo de mercadoria que possa ser acomodada nas barcaças, bem como se utilizar da vantagem do transporte de mercadorias em containeres.

5.3.3.9. SEABEE (Sea Barge)

navio provido de elevador submersível e convés aberto, que transporta barcaças ou chatas embarcadas ao largo, com capacidade para movimentar barcaças de grande porte. Apresenta as mesmas características dos navios LASH sendo, portanto, uma embarcação que pode operar longe do porto. Pode converter-se em navio *porta-container*.

5.3.4. Capacidades de Carga

Como capacidade dos navios se quer dizer as toneladas que podem ser deslocadas :

- ✓ Deslocamento Bruto (*gross displacement*): significa o peso total que pode ser deslocado pelo navio, ou seja, peso do navio (casco + motor + equipamentos), equipagem (tripulação + pertences), combustível e carga.
- ✓ Deslocamento Líquido (*net displacement*): é o peso total deslocado somente pelo navio (casco + motor + equipamentos).
- ✓ Toneladas de Porte: pode ser denominada também de toneladas de porte bruto, bem como pode ser dividida da seguinte maneira:

Toneladas de porte bruto (tpb/tdw): corresponde à diferença entre o deslocamento bruto e o líquido, ou seja, o que pode ser transportado em carga, combustível e equipagem (*dead-weight*).

Toneladas de porte líquido: significa a peso da carga que pode ser transportada.

Tonelagem de porte operacional: significa a diferença entre a tonelagem de porte bruto e a de porte líquido, ou seja, o peso da equipagem + combustível.

Um pequeno exemplo de dimensões de navios cargueiros atuais se mostra na Tabela 5.1, a seguir, retirado de uma relação de navios em construção nos principais estaleiros mundiais.

Tabela 5.1 – Dimensões de Navios Cargueiros

toneladas de peso morto (mil t)	30	70	150	250
comprimento (m)	186	228	283	330
boca (m)	24	32	43	53
calado máximo (m)	10	13	17	21

5.3.5. Classificações

Com relação à capacidade de carga dos navios, estes podem ser classificados em:

Tabela 5.2 – Denominações de Navios Cargueiros

Denominação	Capacidade de Carga	Tipo
Handysize	10.000 - 40.000 tdw	Graneleiro
Handymax	40.000 - 60.000 tdw	Graneleiro
Panamax	60.000 - 80.000 tdw	Graneleiro / Tanque
Capesize	80.000 - 200.000 tdw	Graneleiro
Aframax	80.000 - 120.000 tdw	Tanque
Suezmax	120.000 - 200.000 tdw	Tanque
VLOC - Very Large Ore Carrier	> 200.000 tdw	Graneleiro
VLCC - Very Large Crude Carrier	200.000 - 320.000 tdw	Tanque
ULCC - Ultra Large Crude Carrier	> 320.000 tdw	Tanque

Com a evolução das técnicas e das necessidades de transporte de carga, os navios cargueiros passaram por um processo de “expansão” das suas dimensões, de modo a atender as demandas existentes. A Tabela 5.3 reflete este quadro.

Tabela 5.3 – Dimensões de Navios Cargueiros PANAMAX

Ano de Origem	Comprimento	boca	calado	Capacidade (TEU)	Tipo de Navio
	<i>(medidas em metros)</i>				
1996	299,9	42,8	19,5	6320	5ª Geração
1984	290	32,2	11,6	4250	4ª Geração
1971	285	32,2	11,5	3000	3ª Geração
1966	210	30,5	10,5	1500	2ª Geração
1966	180	25	9	750	1ª Geração

5.4. Estruturação dos terminais de carga

A estruturação de um terminal de carga, constituída por construções, instalações e equipamentos, compõe-se normalmente dos seguintes elementos:

- ✓ *interfaces externas*, com o acesso às vias dos modais que nele operam;
- ✓ *interfaces internas*, intra e intermodais, permitindo operações de transferência, carga/descarga e armazenagem;
- ✓ *elementos de apoio operacional*, como abastecimento, manutenção, reparação e estacionamento de veículos;
- ✓ *elementos de apoio administrativo, profissional e social*, como gerência, tesouraria, restaurante/lanchonete, banheiros, lojas de conveniência, etc.;
- ✓ elementos de vedação, controle e segurança pessoal, operacional e patrimonial, como cercas, portarias, ambulatório, policiamento, bombeiros, etc.;
- ✓ *sistemas viários internos*, para acessibilidade às diferentes áreas do terminal e estacionamento de veículos de transporte e de serviço;
- ✓ *conexões a serviços de utilidade pública*, como energia, telecomunicações, água potável e industrial, esgotos pluviais e sanitários e remoção de lixo;
- ✓ *elementos de proteção ambiental interna e externa*, como dispositivos anti - ruídos, deposição de poeiras, retenção e/ou filtragem de poluentes, etc.
- ✓ *elementos de paisagismo*, de forma a integrar o terminal ao ambiente urbano ou rural exterior, sem choques estéticos.

5.4.1. Componentes construtivos

Quanto às **construções**, pode-se classificá-las como de:

- ✓ operação de transporte: as que se relacionam especificamente com a operação dos modais que acessam o terminal, como postos de abastecimento e revisão, estações de recepção, controle e despacho de veículos ou composições, oficinas de manutenção,;
- ✓ armazenagens de carga: que se subdividem em cobertas, ao ar livre e tancagens.

As cobertas se agrupariam em:

- ✓ armazéns tradicionais, fechados e com plataformas de acesso;
- ✓ galpões fechados ou abertos, em pórticos estruturais;
- ✓ silos verticais e horizontais, com carga por gravidade de granéis.

As ao ar livre se classificariam em:

- ✓ pátios pavimentados, com ou sem vedação interna;
- ✓ áreas terraplenadas, com ou sem vedação interna.

As tancagens seriam:

- ✓ fechadas, podendo ser comuns ou de pressão;
- ✓ abertas, ainda que, em certos casos, com tampa removível;
- ✓ administração: abrigando as funções de gerenciamento do terminal;
- ✓ complementares: como portarias, segurança, postos de comunicação, lanchonetes, lojas de conveniência, bancos, etc.

5.4.2. Instalações e equipamentos genéricos

Quanto às **instalações** e aos **equipamentos**, podem ser de dois tipos: vinculados diretamente ao transporte e à armazenagem, e decorrentes das interfaces com o ambiente externo.

Entre os tipos vinculados diretamente ao transporte e à armazenagem, podem ser citados:

- ✓ de embarque, como plataformas fixas e móveis, recuperadoras ("reclaimers"), bicas, esteiras rolantes, guindastes, pórticos e tubulações;
- ✓ de desembarque, como moegas, guindastes de gancho ou de caçamba, pórticos, "car e truck dumpers", empilhadoras ("stackers"), etc.;
- ✓ de movimentação horizontal: tratores, locomotivas de manobra, cavalos mecânicos e carretas, plataformas, correias transportadoras, pórticos, pontes rolantes, roletes, parafusos sem fim, "redlers", etc.;
- ✓ de movimentação vertical: guindastes, pórticos, guinchos, chutes, elevadores de prancha e de caneco, caçambas, empilhadeiras, etc.;
- ✓ de movimentação mista: bombas, teleféricos, sistemas pneumáticos e mecânicos;
- ✓ de movimentação especial: como as pás aeradoras.
- ✓ de pesagem fracionada (mecânica ou eletrônica, estática ou dinâmica) e integradora (eletrônica);
- ✓ de embalagem: comandada por unidade, ou automática;
- ✓ de secagem: comandada por tempo ou automática, resultante de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos, por eletricidade, aeração ou por energia solar;

- ✓ de desinfecção: como fumigadores, injeção de gases, lavagem, etc.;
- ✓ de seleção ou mistura: por dimensão, atributos físico-químicos ou por formulação.

Quanto às de conexão com interfaces externas, tem-se:

- ✓ subestação transformadora e distribuidora;
- ✓ central de telecomunicação por telefone, telex, fax, rádio e rede interna;
- ✓ hidrômetros, reservatórios, hidrantes, rede de abastecimento interno e rede anti-incêndio;
- ✓ bueiros, caixas de inspeção, rede de drenagem pluvial;
- ✓ de despoluição ambiental: como filtros, drenos retentores, aspersores contra difusão aérea, purificadores de emissão de gases.

Quanto aos **equipamentos** em si, serão melhor vistos ao se tratar especificamente de terminais de cada modal, em particular os rodoviários;

A título de exemplificação, no projeto do Terminal Intermodal do Rio de Janeiro, projeto este não concretizado, havia uma área total de 1,7 milhões de metros quadrados para uma primeira fase, que teria a seguinte distribuição:

- ✓ acessos modais 10,59%
- ✓ áreas operacionais modais 48,98%
- ✓ áreas de apoio técnico, administrativo, social 10,47%
- ✓ sistema viário interno e redes de utilidades 13,89%
- ✓ áreas de segurança e controle 0,31%
- ✓ áreas para expansão 15,76%

5.4.3. Operações usuais

Um terminal efetua uma ou mais das operações a seguir definidas, conforme os produtos que manipule. Na ordem de execução a partir da chegada da carga ao terminal seriam:

1. recepção da carga, acolhendo veículo e sua documentação;
2. pesagem para confrontação com a documentação;
3. classificação do produto com mesma finalidade;
4. pré-tratamento em produtos de origem vegetal e animal para evitar contaminação e/ou deterioração;
5. armazenagem das cargas, quando não houver transbordo direto;

6. conservação para evitar degradação por perdas e danos;
7. retirada da estocagem para embarque em veículo;
8. contrapesagem de verificação e controle de qualidade de saída;
9. manejo do produto e carregamento no veículo de saída;
10. emissão de documentos de embarque;
11. despacho de saída do veículo.

As operações classificadas nos itens 1,2,3,9,10 e 11 são as chamadas de essenciais, por terem lugar sempre nas operações dos terminais, sendo as demais acessórias, por existirem ou não conforme o tipo de terminal e o produto movimentado. As essenciais permitem o controle gerencial das operações e previnem futuras reclamações por divergências entre as características do produto entrado e as do retirado do terminal, respeitadas nos casos devidos as mesmas definidas em instrumentos legais.

5.4.4. Desdobramento das Operações

Na ordem de execução, a partir da chegada da carga ao terminal, seriam realizadas da seguinte forma:

1. recepção da carga, com verificação da documentação do veículo, tripulação, carga e sua integridade, concessão da autorização de ingresso ao terminal, segundo a norma de entrada no mesmo;
2. pesagem de controle, podendo ser automática, manual ou por estimativa; evita futuras solicitações de indenização por falta de peso;
3. classificação do produto, podendo ser documental e/ou experimental, para verificação de conformidade com a constante na documentação;
4. pré-tratamento, quando necessário, por meio físico, químico ou biológico, com certificação se for o caso, podendo ser total, parcial por amostragem, ou nulo;
5. armazenagem, operada automática, mecânica ou manualmente, em silos, armazéns, depósitos, tancagens ou pátios, sempre que não for efetuada transferência direta entre os veículos no terminal;
6. conservação na hipótese de armazenagem para futura transferência, para evitar deterioração e perdas, naturais, por negligência, ou mesmo criminosas, podendo este evento ser automático ou por verificação;
7. retirada para embarque, no caso da mesma hipótese, podendo ser realizada por via automatizada, mecânica ou manual;

8. contrapesagem e controle, em qualquer das alternativas de operação transmodal, feitos por estimativa, amostragem ou sistema automatizado;
9. manejo e carregamento, desde a posição de chegada ou de armazenagem, conforme o caso, por execução manual, mecânica ou automatizada, dados os equipamentos disponíveis no terminal;
10. emissão de conhecimento de embarque e anexos; segundo as normas legais e do modal de saída;
11. despacho do(s) veículo(s) de acordo com as instruções locais da modalidade, para início da execução da operação de transporte externo.

5.5. Terminais Portuários

5.5.1. Classificação Moderna

A Conferência das Nações Unidas para o Comércio e o Desenvolvimento, conhecida mais por sua sigla em inglês – UNCTAD, adota uma classificação que vincula o terminal portuário com o seu entorno sócio-econômico, dividindo-os em 3 grupos, a saber:

- ✓ portos de primeira geração (ou tradicionais) - antenados apenas na execução de suas funções básicas de transporte: acesso, carga, descarga e estocagem;
- ✓ portos de segunda geração (polarizadores) - que, ademais se preocupam em gerar em seu entorno usuários comerciais e industriais de suas facilidades, tornando-se um centro portuário regional;
- ✓ portos de terceira geração (logísticos) - empenhados em se entrosar estreitamente com seu hinterland, visando tornar-se o motor de seu desenvolvimento e um centro de serviços logísticos para a comunidade envolvida.

5.5.2. Tipologias

Na modalidade Aquaviária, seus terminais recebem uma primeira classificação segundo o corpo de água em que se situam. Desta forma, tem-se:

- ✓ terminais marítimos: situados em área de mar, podendo ser ao longo da costa, perpendicular à mesma, plataforma afastada com passarela de acesso, em ilha artificial afastada da costa ou em forma de bacia interna, fechada ou aberta;
- ✓ terminais fluviais: construídos nas margens de um rio ou a elas ligados;
- ✓ terminais lacustres: implantados nas margens de um lago ou a elas vinculados.

Quanto à finalidade, os portos se agrupam nas seguintes categorias:

- ✓ comerciais: podendo ser de passageiros, carga ou mistos;
- ✓ de serviço: como os pesqueiros, os de reparos e os de abastecimento;
- ✓ militares: que são as bases navais e de guardas-costeiras;
- ✓ de lazer: representados principalmente pelas marinas.

Dá-se nome de *hinterland* à área de influência direta do terminal Aquaviário, ou seja, desde onde capta fluxos de saída ou de exportação e até onde se distribuem os fluxos de entrada ou de importação.

Conforme os produtos manuseados nos portos, estes se subdividem em:

- ✓ *portos de carga geral*, constituída por caixas, caixotes, amarrados, engradados, barris e objetos de porte isolados ;
- ✓ *terminais de granéis líquidos e gasosos*, como os de petróleo bruto e seus derivados;
- ✓ *terminais de granéis sólidos*, como os de grãos e de minérios;
- ✓ *terminais de contêineres*, para operação dos cofres de carga padronizados.

No que tange à concepção do projeto de engenharia, os tipos principais de portos marítimos são:

- ✓ *ao longo da costa*, podendo ser paralelos à mesma (os cais tradicionais), ou perpendiculares ("piers"), em ambos os casos com ou sem proteção contra ondas;
- ✓ *no mar* ("offshore"), que se subdividem nos subtipos plataforma fixa-passarela e de pontão ou flutuante;
- ✓ *no interior da costa* ("inshore"), cujo acesso ao mar pode ser por canal livre ou por eclusa;
- ✓ *ilhas artificiais*, com transferência à costa por alvarengas ou chatas;
- ✓ *duques d'Alba ou "dolphins"*, estruturais pontuais de atracação, no mar, usadas por vezes para transferência a embarcações menores, para carga ou descarga;
- ✓ *bóias fixas ou monobóias*, para carga ou descarga de granéis líquidos, através de bombeamento por tubulações;
- ✓ *fundeadouros*, onde o navio ancora na espera de transbordo, e então executa carga ou descarga por transferência a embarcações de menor porte.

5.5.3. Componentes de um porto organizado

Um porto é formado por distintos componentes, naturais ou construtivos, que se classificam em 4 blocos:

1. **anteporto**: constituído essencialmente por duas partes:
 - i. canal de acesso;
 - ii. fundeadouros;
2. **porto** propriamente dito, englobando:
 - i. bacia de evolução;
 - ii. cais com faixa de atracação e movimentação terrestre;
 - iii. estação de serviços (local de atracação de rebocadores, cábreas, pontões de serviço e embarcações de polícia e de bombeiros);

3. **retroporto:** que por sua vez se subdivide em:

- i. armazenagem, que pode ser externa ou de pátio, e interna em armazém ou galpões, silos e tancagem;
- ii. acessos terrestres, com os diferentes modais que se conectam;
- iii. instalações auxiliares, como as redes de utilidades, v.g. água potável e industrial, eletricidade em alta e baixa tensão, telecomunicações, incêndio, segurança, manutenção, estiva e capatazia;
- iv. administração, em seus diferentes segmentos como Autoridade Portuária, fazendária(SRF), naval(DPC), policial(PF), trabalhista (DTM) e sanitária (MS e MA); e operadores portuários e OGMO;

4. **obras complementares:** que compreendem entre outras partes:

- i. balizamento das rotas, com bóias, faroletes, refletores de radar, rádio-ajudas, etc.;
- ii. quebra-mares, para proteção contra o impacto das ondas;
- iii. marégrafos, para registro da amplitude das marés ao longo dos anos, de forma a facilitar sua previsão.

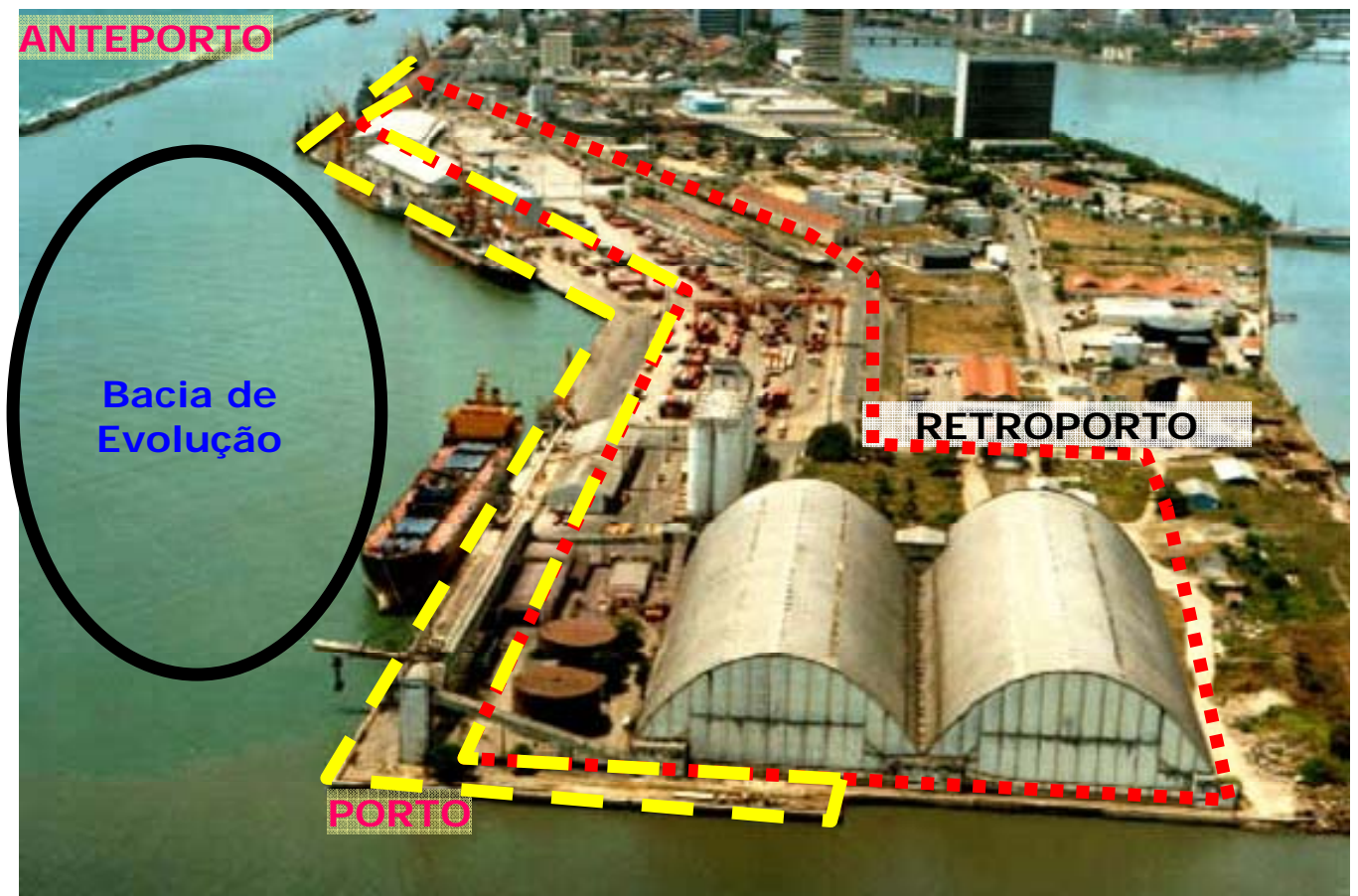


Figura 5.4 – Componentes de um porto organizado

5.5.4. Operações Portuárias

Desde a chegada da embarcação ao acesso portuário até sua saída do mesmo, se processam geralmente as seguintes operações:

1. *recepção do aviso de chegada do navio* por comunicação via rádio à administração do porto;
2. *execução da praticagem*, com envio do práctico ao navio, seguido da condução da embarcação ao interior do porto, *com ou sem rebocagem*;
3. *inspeção* pelos representantes dos órgãos de controle do cumprimento das exigências legais por parte do navio;
4. *manobra de aproximação* na bacia de evolução;
5. *atracação* ao berço designado;
6. preparação da operação de carga ou descarga;
7. operação de movimentação da carga;
8. preparação para o zarpe;
9. liberação do navio para o zarpe pela Capitania;
10. desatracação;
11. praticagem e rebocagem, se necessária, para saída do porto.

5.5.5. Terminais Portuários Brasileiros

Dos 24 principais portos brasileiros, apenas um é privado, o de Imbituba, no estado de Santa Catarina. As instalações portuárias não são compatíveis com o nível de desenvolvimento da economia, nem com as necessidades do comércio exterior. Os portos são mal-equipados, sem a necessária dragagem e, até pouco tempo, regidos por leis antiquadas que não atendiam às atuais necessidades. Um exacerbado corporativismo dos portuários, protegido por setores governamentais, encarece enormemente a movimentação de cargas nos portos brasileiros.

Os portos brasileiros passam por uma verdadeira revolução que inclui: operação privada, modernização de equipamentos e de procedimentos, aumento de produtividade e redução de custos. Os 24 principais portos brasileiros apresentam atualmente desempenho incomparavelmente melhor que o de poucos anos atrás, com tendência a melhorias profundas nos próximos anos.

O principal porto brasileiro é o de Santos (São Paulo), com mais de 11 quilômetros de cais acostável. Em 1997, este porto recebeu 3.700 embarcações, o que representa cerca de 20%

de todo o movimento portuário nacional. No mesmo ano, embarcaram e desembarcaram quase 11 milhões de toneladas de carga geral e 27 milhões de toneladas de granéis.

Outros portos que se destacam são: Rio Grande (Rio Grande do Sul) e Paranaguá (Paraná), principalmente pela movimentação de grãos; Sepetiba (Rio de Janeiro), Tubarão (Espírito Santo) e Itaqui (Maranhão), enormes terminais especializados em minério; e os portos do Rio de Janeiro, Itajaí (Santa Catarina), Recife (Pernambuco) e outros dedicados à carga geral, contêineres e granéis.

Somente 38 % da bacia do Paraná é utilizada para navegação, segundo a Administração das Hidrovias do Paraná; No São Francisco, o volume de cargas transportada pela hidrovia inaugurada nos anos 1970, não passou de 60.000 t em 2001, sendo sobretudo movimento de produtos da sojicultura

5.6. Capacidade do Transporte Aquaviário

A capacidade do transporte Aquaviário tem sua determinação condicionada por três grupos de fatores:

1. limitações derivadas das condições da rota;
2. limitações relativas às características dos terminais;
3. limitações vinculadas ao tipo de carga.

As restrições derivadas das condições da rota a ser operada se manifestam em dois aspectos principais:

1. quanto às dimensões do navio de projeto, ou seja comprimento, boca e calado;
2. quanto ao fluxo de navios na rota em análise, como sejam estreitos, canais naturais ou artificiais, amplitude de marés, eclusas e comportas.

Em relação a cada uma delas se podem explicitar questões mais ou menos complexas, mas as básicas para alunos de uma cadeira genérica são quanto às dimensões do navio :

Tem-se em primeiro lugar as profundidades críticas de trechos obrigatórios da rota, como estreitos e canais de acesso a portos de escala. O calado máximo permissível será a diferença entre a profundidade mínima (computada a influência da maré vazante, se for o caso) e o pé de piloto (distância de segurança entre o fundo do barco e o fundo do corpo de água, em geral 5 pés ou 1,50m).

No tocante à boca máxima dos navios, as restrições em sua quase totalidade se concentram

nos canais, que devem manter com esta dimensão para o tráfego nos 2 sentidos uma relação mínima da ordem de 5 bocas do navio de projeto considerado; os fundeadouros devem também manter um espaçamento mínimo de 3 bocas para cada navio;

Já o comprimento máximo se relaciona principalmente com o diâmetro da bacia de evolução, cujo mínimo deve ser de 1,80m o comprimento do maior navio previsto.

Neste campo também se incluíam as limitações relacionadas com as condições meteorológicas das estações do ano ao longo da rota, que para segurança dos navios se traduzem em menor calado permissível e/ou maior pontal nas circunstâncias mais adversas em termos de ondas e ventos, que se materializam na prática na obediência às linhas de Plimsol desenhadas no casco especificando o calado para aquela circunstância.

Quanto ao fluxo dos navios, as restrições ao seu livre movimento, chegando até à formação de filas de espera, aparecem nas passagens restritas, como diversos estreitos e canais, e na transposição de eclusas fluviais e marítimas (canal do Panamá) ou de comportas, como em portos do Canal da Mancha como recurso contra a grande amplitude da maré.

As restrições decorrentes das características dos terminais propriamente ditos, uma vez que as derivadas de canais de acesso, fundeadouros e bacias de evolução já foram tratadas acima, se classificam em três conjuntos: as relativas às dimensões dos navios, as referentes ao seu fluxo de chegada e as vinculadas à movimentação das cargas.

As relativas às dimensões dos navios, no que tange estritamente aos berços, se traduzem na profundidade mínima junto ao berço em comparação com o calado máximo do navio de projeto mais o pé de piloto, e o comprimento da citada embarcação, mais os acréscimos de segurança e amarração (5 a 10%), com o comprimento disponível do berço em estudo.

A capacidade de atendimento dos berços em dado período é função dos processos de Teoria das Filas, aplicáveis a cada caso estudado, em função do número e tipo dos navios previstos como necessários aos fluxos de entrada e saída, intervalo e agrupamento de chegadas, inspeções de autoridades, tempos de atracação, preparação, operação, encerramento e desatracação.

Quanto às vinculadas à movimentação das cargas são função do tipo de carga (geral, granéis sólidos, líquidos e gasosos, unitizadas), aos equipamentos utilizados para manuseá-las e ao plano de porto e retroporto com os locais de estocagem e transferência intermodal. Somam-se a estas as que se derivam de volumes de grandes dimensões, de embalagens especiais e à perecibilidade da carga.

Como normalmente a distribuição de chegadas de navios a um porto comercial se processa em um modelo poissoniano, a melhor forma de analisar sua capacidade efetiva é por simulação, por aplicativo digital ou por método de Monte Carlo, em que o número de berços representa as estações de serviço disponíveis para dado tipo de navio, os tempos de serviço se regerão pela expressão que melhor os representar em face da experiência, podendo ser geralmente distribuições exponenciais, erlanguianas, normais ou uniformemente distribuídas, e se chegando a planilhas bastante similares às empregadas para estimar a capacidade ferroviária.

Em alguns terminais privados, cuja movimentação se funda em contratos de longo prazo de cargas com rotas e navios bem definidos, é possível se obter distribuições das frequências de chegada quase determinísticas, geralmente uma erlanguiana de alto grau, cujas pequenas oscilações se derivam em boa parte das variações climáticas e suas influências sobre tempo de viagem e de operação portuária.

No caso de navegação fluvial, convém distinguir 3 casos diferentes no aspecto de restrições à movimentação como fator de limitação da capacidade:

1. rios que por sua profundidade e largura não apresentam restrições à navegação, e assim, como no mar, o problema passa a ser pautado pela capacidade dos terminais;
2. rios eclusados, cuja capacidade passa a ser expressa pela capacidade da eclusa de menor fluxo de transposição, podendo ser considerada como uma estação de serviço, com distribuição de chegadas, normalmente poissonianas, e tempos de serviço geralmente exponenciais ou erlanguianos, cujos parâmetros definidores serão função de suas características construtivas (se é simples ou dupla, se comporta uma embarcação ou comboio por eclusada, ou mais de um, ou se tem que haver fracionamento, etc.);
3. rios com passagens estreitas, providas de semáforo ou não, que por similaridade se comportam como estações de serviço, com bastante analogia ao caso das eclusas.

Influência marcante na navegação fluvial tem também o regime de águas, em que vazantes podem restringir o carregamento das embarcações para permitir a navegação, e cheias notáveis por vezes paralisam as operações, seja pela velocidade e força da correnteza ou pelo desaparecimento ou ocultação de referências e ajudas à navegação.

Estes fatos levam a expressar a capacidade em termos prováveis, pela análise probabilística das séries históricas da altura das águas ao longo dos anos calendários em pontos representativos do comportamento do rio, séries estas traduzidas para amplitude e probabilidade de ocorrência de comportamentos restritivos.

Como produto do estudo ter-se-á uma tabela de capacidades com as respectivas probabilidades de ocorrência, que servirá de orientação para definição de uma capacidade

provável ou conforme o caso de uma faixa de capacidades, desde uma de cunho "pessimista", mas que até pode ser real em alguns anos, até outra de feição "otimista", que em termos de concretização estaria na mesma situação da anterior.

Este tema é de suma importância para armadores e projetistas navais, de vez que da melhor adequação entre embarcação e regime fluvial pode estar a diferença entre economicidade do transporte fluvial ou dificuldades operacionais e por decorrência empresariais, tanto internamente como quanto aos clientes e a concorrência.

Uma vez selecionado o perfil do regime de águas do projeto e a embarcação escolhida como a mais adequada para o atendimento da demanda prevista, o próximo passo é simular o ciclo de operação da embarcação, com tempos de navegação de ida e volta (lembrar da ação da corrente conforme se navegue rio acima ou rio abaixo), tempos de terminais de carga e descarga e os tempos de eclusagem ou de transposição dos passos, ou mesmo de ambos, conforme o caso.

Determinado o ciclo provável, calcula-se o número de ciclos anuais, distinguindo os de carga plena e os de carga reduzida, conforme a época anual das águas, dando o conjunto como resultado a capacidade de transporte anual de cada embarcação ou comboio. O plano de docagem e manutenção devem ser tomados em conta quanto à sua interferência na parada operacional.

5.6.1. Dimensionamento Portuário

Para que as operações de manobra dos navios se efetuem em segurança, é preciso que canal, bacia de evolução, fundeadouro e cais tenham dimensões mínimas segundo o "navio de projeto" que tenha servido de padrão ao dimensionamento do porto.

Chamando de "b" a boca deste navio, "l" seu comprimento total e "c" seu calado máximo, as dimensões mínimas deveriam ser as seguintes:

1. *largura do canal*: $5b$ ou seja $\frac{1}{2}b + b + 2b + b + \frac{1}{2}b$;
2. *diâmetro da bacia de evolução*: $1,8 l$;
3. *largura de cada fundeadouro*: $3b$;
4. *profundidade de cais, canal, bacia e fundeadouro*: $c + 1,5$ m na maré vazante (lua nova e lua cheia).

Os *berços de atracação* devem ter de comprimento 10% mais que o comprimento total do navio de projeto, de modo a permitir boa fixação das espias aos cabeços de amarração.

5.6.2. Dimensionamento Operacional de Berços e Retroporto

Atualmente este dimensionamento se baseia em modelos de simulação digital, que podem ser específicos para portos como o SIMPORT, ou aplicativos genéricos como o Arena Profissional, ou os diversos procedimentos que usam o Método de Monte Carlo ou das frequências relativas.

De um modo ou de outro todos tem como fundamento central a Teoria de Filas. Aqueles terminais portuários em que tem significativa proporção os navios "*tramps*", como sucede nos exportadores de granéis agrícolas, tendem a ter como modelagem chegadas aleatórias de corte poissoniano, em quanto que os tempos de serviço dos equipamentos de carga, descarga e movimentação normalmente se distribuem como exponenciais.

Os terminais com chegadas mais regulares, como os de empresas privadas com frota própria e rotas bem definidas tendem a ser expresso por chegadas erlangianas e tempos de serviço que seguem uma distribuição normal.

Em qualquer dos casos, as falhas tendem a se ajustar a uma distribuição de Weibull, com maior frequência nas fases de "infância" e "velhice" dos equipamentos, e menor na "maturidade" de sua vida útil, pela escolha adequada de seus três parâmetros variáveis: de forma, de escala, de posição..

Assim que para a situação mais comum, que é de 1 berço genérico, com chegadas poissonianas e tempos de serviço distribuídos segundo uma exponencial, podem ser aplicadas as seguintes variáveis, com as fórmulas que as regem em Teoria das Filas:

1. razão de chegada dos veículos: λ
2. razão de serviço de postos: μ
3. fator de utilização: $\rho = \lambda / \mu$
4. conversor para Erlang de ordem k : $\alpha = (1+k) / 2k$
5. probabilidade de estar livre o posto: $P_0 = 1 - \rho$
6. probabilidade de n usuários no sistema: $P_n = P_0 \cdot \rho^n$
7. comprimento médio da fila de espera: $L_q = \rho^2 / (1-\rho)$
8. tempo médio de espera na fila: $W_q = \lambda / \mu(\mu - \lambda)$
9. Se houver vários postos de atendimento ou estações de serviço, tem-se mais:
 - a. número de estações de serviço: s
 - b. fator de utilização das s estações: $\rho = \lambda / s\mu$

c. probabilidade de nenhum usuário:

$$P_0 = 1 / \left[\sum_{n=0}^{s-1} \left((\lambda / \mu)^n / n! \right) + (\lambda / \mu)^s / s! \left(1 / (1 - \lambda / \mu / s) \right) \right]$$

d. probabilidade de n usuários no sistema:

i. se $0 \leq n \leq s$ $P_n = [(\lambda / \mu)^n / n!] P_0$

ii. se $n > s$ $P_n = [(\lambda / \mu)^n / (s! s^{n-s})] P_0$

e. comprimento médio da fila de espera: $L_q = [P_0(\lambda / \mu)s\rho] / [s!(1 - \rho)^2]$

f. tempo médio de espera na fila: $W_q = L_q / \lambda$

Estas fórmulas, com os parâmetros correspondentes, também se aplicam ao retroporto, seja para previsão da movimentação dos veículos externos e internos, seja para operação de equipamentos.

Muitos dos aplicativos específicos de simulação da operação portuária imbuem em seus programas estas formulações.

5.6.3. Método de Monte Carlo

No sentido de trazer à simulação a eventualidade de situações extraordinárias (ou mesmo incidentes mais ou menos freqüentes) desenvolveu-se um método chamado de "Método de Monte Carlo". Ao contrário do que inicialmente possa parecer, que tal método não foi desenvolvido em uma universidade desse paraíso (inclusive fiscal) europeu. Este nome apareceu porque as primeiras aplicações se prestavam a simular jogos dos cassinos ali instalados.

O método de Monte Carlo é baseado em seqüências de números aleatórios. Logo, antes dele, dominou-se a técnica de geração dessas seqüências.

Tal tema é tão importante que o "papa" da informática Donald Knuth, matemático já aposentado da Universidade de Stanford, Califórnia, dedica a ele vários capítulos de um de seus livros mais famosos: "Algoritmos Seminúmericos".

Da eficiência da geração dessas seqüências depende a qualidade do método de Monte Carlo e as simulações que dele derivam. É preciso frisar, porém, que os números aleatórios assim gerados só têm sentido no seu conjunto.

Em outras palavras, um número gerado por um dos inúmeros algoritmos de geração de série aleatória não é, rigorosamente, um número aleatório. Ele pertence a uma série de números chamada "pseudo-aleatória".

Um programa de geração de números aleatórios certamente necessitará de uma “semente” para iniciar. Semente é um número escolhido pelo usuário que dará início à seqüência. Isso não quer dizer que o primeiro número da série seja essa “semente”.

Se este programa for eficiente, você poderá testar como quiser, inclusive com os testes clássicos de verificação se a série é aleatória: o resultado será que a série apresenta-se com todas as características de números aleatórios.

Então por que tais números representam uma série apenas “pseudo-aleatória”, e não “realmente” aleatória? Pelo simples fato que se você entrar com o mesmo valor para a semente, a mesma seqüência se repete.

Isso quer dizer que um sorteio da loteria federal não pode ser feito com o auxílio de computadores. Não existe algoritmo de geração de números aleatórios no sentido rigoroso. Todo algoritmo traz consigo sua carga de determinismo. Disso não podemos fugir.

No entanto, essas seqüências são úteis porque dentro da simulação operamos com a realidade virtual, o que permite que os números aleatórios também sejam apenas virtuais.

5.6.3.1. Vantagens da Simulação

- ✓ Uma vez criado, um modelo pode ser utilizado inúmeras vezes para avaliar Projetos e políticas propostas.
- ✓ A metodologia de análise utilizada pela simulação permite a avaliação mesmo que os dados de entrada estejam, ainda, na forma de esquemas ou rascunhos
- ✓ Em problemas complexos, a simulação é, geralmente, mais fácil de aplicar do que métodos analíticos.
- ✓ Enquanto os modelos analíticos requerem um número muito grande de simplificações para se tornarem matematicamente tratáveis, os modelos de simulação não apresentam tais restrições. Além disso, nos modelos analíticos, as análises recaem apenas sobre um número limitado de medidas de desempenho. De maneira contrária, os dados gerados pelos modelos de simulação permitem a análise de, praticamente, qualquer medida concebível.
- ✓ Uma vez que os modelos de simulação podem ser quase tão detalhados quanto o sistema real, novas políticas, procedimentos operacionais, regras de decisão, fluxos de informação, etc podem ser avaliados sem que o sistema real seja perturbado.-Hipóteses sobre como ou por que certos fenômenos acontecem podem ser testadas para confirmação.-O tempo pode ser controlado, comprimido ou expandido, permitindo a reprodução dos fenômenos num ritmo mais adequado ao estudo.

- ✓ Podem-se compreender melhor quais variáveis são as mais importantes em relação a certo desempenho esperado e como as mesmas interagem entre si e com os outros elementos do sistema.-A simulação costuma mostrar como realmente um sistema opera e não como muitos pensam que ele opera.-Mesmo situações com pouco conhecimento e experiência conseguem ser modeladas e estudadas com certa acurácia.

5.6.3.2. Desvantagens da Simulação

- ✓ A simulação requer treinamento especializado.
- ✓ Tentativas de simplificação na modelagem ou nos experimentos de simulação (objetivando economia de recursos, por exemplo) costumam levar a resultados insatisfatórios.
- ✓ Os resultados da simulação não são de interpretação trivial. Muitas vezes, é difícil determinar se certo resultado é devido a alguma significativa relação num sistema ou se é oriundo de uma aleatoriedade construída no modelo.

6. BIBLIOGRAFIA

Gerais

Hay, William W.: "An Introduction to Transportation Engineering", John Wiley & Sons, 1a. Edição, NewYork, 1961.

Manheim, Marvin L.: "Fundamentais of Transportation Systems Analysis", The MIT Press, Cambridge, Mass., 2a. Edição; 1979.

Morlok, Edward K. : 'Introduction to Transportation Engineering and Planning", McGraw Hill Book Co., NewYork, 1a. Edição, 1978.

Novaes, Antonio G.: "Pesquisa Operacional e Transportes", Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1 a. Edição, 1975.

Sóbol, I. M.: "Método de Monte Carlo", Editorial MIR, Moscou, 1a. Edição, 1975.

Thierauf, Robert J. e Grosse, Richard A.: "Decision Making Through Operations Research", John Wiley & Sons, New York, 1 a. Edição, 1970. 1.7- Yaglom A. M. e I.M.: "Probabilité et Information", Editions Dunod, Paris, 1 a. Edição, 1959.

Capacidade Aeroviária:

Alves, C.J.P. & Mendes, F. (1993). Uma técnica automatizada para orientação de pistas de pouso. Revista de Transporte e Tecnologia, Ano V, n.10, pp 27-34, 1993.

Aviation Week & Space Technology - January, 2002.

DAC - Instruções para concessão e autorização de construção, homologação, registro, operação, manutenção e exploração de aeródromos civis e aeroportos brasileiros. IMA 58-10, 16 Jul 90.

Gavies, R.E.G. - A history of the world's airlines. Oxford University Press, 1967.

Horonjeff, R. e McKelvey, F. X (1993). Planning and Design of Airports. McGraw-Hill.

Horonjeff, Robert: "Planning and Design of Airports", Mc Graw Hill Book Co., 1a. Edição, NewYork, 1975.

IATA - International Air Transport Association: "Airport Terminais Reference Manual", IATA, 5a. Edição, Montreal, 1970.

ICAO (1987). Airport planning manual. Part 1 - Master Planning, Second Edition.

ICAO (1988) - Bulletin. 1988.

ICAO (1995). Aerodromes. Annex XIV. Vol I - Aerodrome Design and Operations. Montreal.

ICAO (1999). Aerodromes. Annex 14.

ICAO (2004) - Journal. Vol 59, n.6, 2004.

INFRAERO - <http://www.infraero.gov.br/ACI> (abril 2003).

Mousa, R. M. (2001). Integrated model for optimizing orientation of two-runway configuration. Journal of Transportation Engineering. Vol 127, n.4 (ISSN 0733-947X)

Niederheitmann, Alfredo: "Aviación Aplicada", Editorial dei Ejercito, 2a. Edição, Guatemala, 1968.

Soria, M. H. A. (1988). Apostila de curso. EESC, São Carlos.

Souza, C. A. F. (2001). Procedimentos de Gestão Ambiental em Aeroportos. Publicação E-TA02A/2001, UnB, Brasília.

Souza, C. A. F. (2003). Controle do perigo aviário nos aeroportos pela gestão dos fatores de atração de aves. Dissertação de mestrado. UnB, Brasília.

Taneja, N.K. - Introduction to civil aviation. Lexington Books, 1987.

Capacidade Hidroviária

Novaes, Antonio G.: "Economia e Tecnologia de Transporte Marítimo", Almeida Neves Editores, 1 a. Edição, Rio de Janeiro, 1976.

Andronov, L. P.: "Estudio dei Movimiento de Mercancias y las Operaciones de Estibación", Editorial MIR, 1a. Edição, Moscou, 1977. 3.3- Lazarev, N. F.: "Cálculos de Explotación al Organizar los Trabajos de Carga y Descarga en los Puertos Marítimos", Editorial MIR, 1 a. Edição, Moscou, 1976.

Capacidade Dutoviária

Programa de Capacitación CEPAUDOAT: "Nociones de Tecnologia dei Transporte por Tuberías", CEPAL, Santiago de Chile, 1961.

Leite, Daltro B.: "Transporte de Sólidos em Suspensão Aquosa", Anais do V Simpósio de Mineração da Escola de Minas e Metalurgia, Ouro Preto, 1975.