ABORDAGEM COMPARATIVA DE DRAGAS MECÂNICAS E HIDRÁULICAS PARA REMOÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE SEDIMENTOS EM ÁREAS PORTUÁRIAS

Marcio Pagano Aragona [1] *; Celso Elias Corradi* [2]

RESUMO – Os processos de sedimentação que ocorrem em vias navegáveis situadas em áreas portuárias remetem a serviços de dragagem para manterem as condições adequadas de navegabilidade devido à sua importante função no desenvolvimento socioeconômico. Para a retirada do material sedimentar são utilizadas dragas mecânicas e/ou hidráulicas. Desta forma, o presente trabalho propõe a abordagem dos principais equipamentos de dragagem e suas respectivas características, assim como os diferentes tipos de sedimentos e locais de atuação em que apresentam melhor desempenho. O estudo demonstrou que as dragas mecânicas tem preferência de aplicação em áreas de maior dificuldade de acesso e perante sedimentos não coesivos com presença de silte, argila e cascalhos. Já as dragas hidráulicas melhor se adequam em projetos de maiores dimensões em que há a necessidade de dragagem de forma contínua, com alta produção de sedimentos e capacidade de transporte, podendo atuar em presença de rochas, em sedimentos coesivos e não coesivos.

Palavras-Chave – Portos, Dragagem, Sedimentos.

A COMPARISON OF MECHANICAL AND HYDRAULIC DREDGING EQUIPMENT FOR REMOVAL OF DIFFERENT TYPES OF SEDIMENTS IN PORT AREAS

ABSTRACT – Sedimentation processes occurring on waterways located in port areas refer to dredging services in order to maintain adequate navigability due to their important role in the socioeconomic development. In order to remove the sediment located in the bed load, mechanical and/or hydraulic dredges are used. Therefore, this paper aims to approach the main dredging equipments and their respective characteristics, as well as the different types of sediments and places of performance in which they will perform better. Based on the information obtained, it is concluded that mechanical dredgers have a preference of application in areas of greater difficulty of access and in non-cohesive sediments with presence of silt, clay and gravel. On the other hand, hydraulic dredgers are better suited to large-scale projects where there is a need for continuous dredging, with high sediment production and transport capacity, acting in the presence of rocks, in cohesive and non-cohesive sediments.

Keywords – Ports, Dredging, Sediments.

1) Afiliação: Aluno de Graduação, Engenharia Hídrica, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), marcio.aragona@gmail.com
2) Afiliação: Professor, Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), celsoelias.corradi@gmail.com

1 - INTRODUÇÃO

A navegabilidade através do canal de acesso e da bacia evolução, vias estas componentes da área portuária, tem um papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico ao considerarmos o histórico mundial de transporte de bens e pessoas pelo modal aquaviário (International Association of Dredging Companies - IADC, 2005). Para possibilitá-la em condições desejáveis, o aumento da profundidade destas vias pode ocorrer pelos processos de dragagem de aprofundamento, manutenção e remediação ou ambiental.

A retirada de solo, este caracterizado pela heterogeneidade de partículas quanto a mineralogia, formato e tamanho, é realizado por dragas mecânicas e/ou hidráulicas por procedimento de escavação de fundo para posterior transporte e disposição (ALFREDINI, 2013). Vlasblom (2003) enfatiza que a determinação do tipo de draga a ser utilizada deve não apenas se restringir ao atendimento do volume de projeto, mas também as condições de acessibilidade ao local, as condições climáticas inerentes, de ancoragem e acurácia exigida.

De acordo com Goes Filho (2004), as dragas mecânicas foram as primeiras desenvolvidas. Estas são compostas por caçambas que escavam o material de fundo e o eleva a superfície para armazenamento (ALFREDINI, 2013). As principais conforme a IADC (2005), são: Alcatruzes (Bucket-ladder dredgers); Retroescavadeiras (Backhoes); e Mandíbulas (Grab Dredgers). Conforme a IADC (2011) as dragas hidráulicas na escavação utilizam da força proveniente de bombas centrífugas. As principais conforme a IADC (2005), são: Estacionárias de Sucção e Recalque (Stationary Suction Dredgers); Estacionárias de Sucção e Recalque com Desagregador (Cutter Suction Dredgers); e Draga Autotransportadora (Trailing Suction Hopper Dredgers).

Neste contexto, o presente trabalho objetiva relacionar os principais equipamentos de dragagem e suas respectivas características frente a adequabilidade do sedimento a ser dragado em áreas portuárias.

2 - METODOLOGIA

Este trabalho foi elaborado a partir de uma revisão bibliográfica e documental. As obras consultadas são publicações nacionais e internacionais. Na composição deste trabalho, utilizou-se como base as definições de dragagem por Alfredini e Arasaki (2013). As características e funções dos equipamentos, assim como seu funcionamento e comportamento frente ao tipo de sedimento se baseou nas obras de Goes Filho (2004), Alfredini e Arasaki (2013), Vlasblom (2003) e IADC (2005, 2011, 2014 e 2015). O arcabouço legal envolvido no processo de caracterização do sedimento de dragagem se fundamenta na legislação vigente do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), referente a Resolução CONAMA nº 454 de 01 de Novembro de 2012. Tendo

em vista a abordagem sedimentológica, contribuem para este trabalho as obras de Horowitz (1991) e Simpson *et al.* (2005).

3 - DRAGAS MECÂNICAS

3.1 - Alcatruzes (Bucket-ladder dredgers)

A draga de Alcatruzes marca o início das operações de retirada de material de fundo por caçambas de forma contínua (GOES FILHO, 2004). Esta é uma draga estacionária que realiza seu trabalho retirando o material de fundo de forma rotativa por uma série de caçambas acopladas à estrutura que vai ao fundo. Alfredini (2013) destaca a importância do trabalho contínuo frente aos outros tipos de dragas mecânicas, assim como sua alta força de corte, mínima diluição e boa capacidade de escavação. Por esta draga necessitar auxílio no seu deslocamento e em virtude do material grosseiro e abrasivo na sua operação, reflete um alto custo na sua manutenção (ALFREDINI, 2013). Os limites de profundidade variam de oito a trinta metros (VLASBLOM, 2003).

3.1.1 - ÁREA DE APLICAÇÃO

Devido as características mencionadas, esta draga pode ser utilizada para grandes projetos de implantação (ALFREDINI, 2013). Alfredini (2013) enfatiza que o maior rendimento desta draga está associado a maior capacidade de armazenamento e a homogeneidade do sedimento escavado, e portanto os projetos desenvolvidos em trechos fluviais, marítimos e estuarianos são mais atrativos. Vlasblom (2003) destaca sua aplicação em quase todos os tipos de solo, desde silte e argila de menor coesão até rochas com pouca resistência ao impacto da caçamba.

3.2 - Retroescavadeiras (Backhoes)

As dragas retroescavadeiras não trabalham de forma contínua. Estas possuem duas formas de atuação, para frente ou para trás, conforme a posição de sua única caçamba (GOES FILHO, 2004). A retroescavadeira pode ser parte integral da embarcação ou ser acoplada a ela e depois retirada para outras funções, sendo que este tipo de equipamento também é utilizado em obras de terraplanagem (IADC, 2014). Na realização do trabalho, a embarcação é ancorada e seu deslocamento é auxiliado por outras outras embarcações (VLASBLOM, 2003). Vlasblom (2003) define os limites de profundidade de atuação que variam de 15 a 25 metros.

3.2.1 - ÁREA DE APLICAÇÃO

Conforme seus diferentes tamanhos, Vlasblom (2003) destaca a aplicação das dragas de menores dimensões em áreas portuárias com maiores dificuldades de acesso, para pequenas

quantidades de sedimento a serem removidos, trabalhos nas paredes do cais onde a caçamba consegue atingir o determinado local de retirada.

Vlasblom (2003) afirma que seu maior rendimento está atrelado a areias, cascalhos e argila de fácil desagregação. Alfredini (2013) destaca também o bom rendimento do equipamento com pedregulhos e materiais duros maiores e desagregados.

3.3 - Mandíbulas (Grab Dredgers)

A draga de mandíbulas é um equipamento que opera de forma não contínua através de um guindaste acoplado, onde a caçamba atua verticalmente na retirada de material de fundo (GOES FILHO, 2004). As caçambas leves (Clamshell) são utilizadas em solos facilmente desagregáveis e caçambas pesadas (Orange Peel) em solos coesivos (ALFREDINI, 2013). As dragas de mandíbulas quando autotransportadoras apresentam um custo maior em função das exigências de navegação marítima e de despejo do material dragado. A profundidade atingida depende do comprimento dos cabos do guindaste que leva a caçamba ao fundo (VLASBLOM, 2003).

3.3.1 - ÁREA DE APLICAÇÃO

Alfredini (2013), destaca o uso da draga autotransportadora para trabalhar em canais com bastante movimento devido seu sistema de autopropulsão, evitando o bloqueio da via. O uso do equipamento é contraindicado em locais com bastante agitação, porém possui baixo rendimento ao trabalhar com material saturado. A escavadeira é indicada para trabalhar com sedimentos arenosos (ALFREDINI, 2013), cascalhos e argila de fácil desagregação (VLASBLOM, 2003).

4 - DRAGAS HIDRÁULICAS

4.1 - Estacionárias de Sucção e Recalque (Stationary Suction Dredgers)

As dragas estacionárias de sucção e recalque realizam o trabalho de sucção do fluido misturado com o sedimento de forma contínua e conduz, através de condutos forçados, até as cisternas para transporte e disposição (ALFREDINI, 2013). Em sua maioria, estas dragas possuem uma bomba de injeção de água para facilitar a mistura a ser conduzida às cisternas (VLASBLOM, 2003). Vlasblom (2003) destaca que a profundidade a ser atingida chega até 100 metros.

4.1.1 - ÁREA DE APLICAÇÃO

Este tipo de draga não possui desagregador, portanto se limita a trabalhar com solos arenosos de fácil desagregação (VLASBLOM, 2003). A preferência de atuação desta draga é em áreas marítimas (ALFREDINI, 2013).

4.2 - Estacionária de Sucção e Recalque com Desagregador (Cutter Suction Dredgers)

As dragas estacionárias de sucção e recalque com desagregador possuem sistema de autopropulsão e tem o mesmo princípio de funcionamento, porém na boca de dragagem há o equipamento denominado desagregador, que atua na escavação do solo e formando lama, mistura de água com sedimento, que será succionada pela bomba e transportada às cisternas ou por recalque diretamente para terra (VLASBLOM, 2003). Desta forma, as dragas com desagregador se tornam mais atrativas, devido a sua versatilidade (ALFREDINI, 2013) e maior rendimento nas operações de dragagem (GOES FILHO, 2004).

Goes Filho (2004) salienta a pluma de dispersão ocasianada pela dispersão de sedimentos oriundos da turbulência causada pelo desagregador em movimento, sendo este um potencial causador de impacto ambiental negativo.

4.2.1 - ÁREA DE APLICAÇÃO

A existência do desagregador nesta draga possibilita ao equipamento lidar com solos mais coesivos e materiais duros, sendo possível dragar rochas (VLASBLOM, 2003). Vlasblom (2003) enfatiza a aplicabilidade deste equipamento em áreas portuárias, canais e áreas de recuperação pois pode dragar qualquer tipo de solo e com precisão na produção de sedimentos.

4.3 - Draga Autotransportadora (Trailing Suction Hopper Dredgers)

As dragas autotransportadoras realizam o transporte de sedimento de forma contínua através de adaptações da boca de dragagem para o tipo de sedimento a ser dragado e então conduzir, através de condutos forçados, o material dragado até as cisternas e posterior disposição (GOES FILHO, 2004). Nos bordos da embarcação, encontram-se braços articulados que realizam a sucção do material, e devido ao sistema de autopropulsão, torna a operação não estacionária (VLASBLOM, 2003). A profundidade atingida chega até 29 metros (ALFREDINI, 2013).

Alfredini (2013) destaca o fenômeno de overflow associado ao transporte realizado pelas dragas autotransportadoras. Este fenômeno consiste nas perdas de sedimentos durante a viagem para despejo do material dragado, formando uma pluma de dispersão, ocasiando impactos ambientais e econômicos, ambos negativos.

4.3.1 - ÁREA DE APLICAÇÃO

A versatilidade deste tipo de draga favorece sua utilização em áreas portuárias em projetos de dragagem de manutenção de canais de acesso e bacias de evolução (GOES FILHO, 2004). O sedimento em que esta draga melhor se adequa são argilas de fácil desagregação devido ao entupimento das bocas de dragagem, silte, areia e cascalhos (VLASBLOM, 2003). Vlasblom (2003)

destaca a perda econômica ao dragar rochas com este tipo de draga devido a necessidade de adaptação das bocas de dragagem e pelo alto tempo demandado na operação.

5 - SEDIMENTOS DE DRAGAGEM

A viabilidade da obra de dragagem, tanto nas questões técnicas, quanto econômicas e ambientais, depende da análise do tipo de sedimento a ser dragado (Costaras *et al.*, 2011). Este componente dos ambientes aquáticos, influencia na qualidade das águas por ser fonte de contaminantes para a cadeia alimentar bentônica (Simpson *et al.*, 2005). Desta maneira, o monitoramento quantitativo e qualitativo dos sedimentos é fundamental na gestão dos recursos hídricos, tendo em vista a necessidade da avaliação das condições ambientais e a potencialidade dos contaminantes terem efeitos poluentes (HOROWITZ, 1991). Ademais, os níveis de turbidez gerados pelas dragas, tanto na retirada do material quanto no transporte, conhecidos como pluma de dispersão, dependendo dos níveis de concentração de silte e areia, podem ter efeitos negativos na biota marinha (IADC, 2015).

Costaras *et al*. (2011) salientam a importância das coletas de amostras e de caracterização do material também na determinação das dragas que serão utilizadas no projeto. No Brasil, as caracterizações física, química e ecotoxicológica do sedimento estão previstas na Resolução CONAMA nº 454 de 01 de Novembro de 2012, que estabelece os parâmetros granulométricos de avaliação das concentrações de contaminantes nas amostras de solo e suas implicações na vida aquática, assim como os procedimentos de gerenciamento do material a ser dragado.

6 - ANÁLISE E DISCUSSÃO

Fadda (2012) destaca a responsabilidade quanto ao planejamento minucioso dos materiais e métodos aplicados nos serviços de dragagem, assim como dos recursos financeiros disponíveis para a atividade. Sendo assim, a determinação dos equipamentos e procedimentos a serem adotados não estão somente associados à questões técnicas e econômicas, mas também à questões ambientais. Este tripé é indissociável e nortea as tomadas de decisão de projeto.

Os serviços de dragagem podem ser contratados para realizarem atividades em diferentes locais em uma mesma região. A escolha do tipo de draga não se dá única e exclusivamente ao tipo de região, mas também às características técnicas e ambientais dos locais.

O canal de acesso e a bacia de evolução são componentes da área do Porto Organizado que estão sujeitos a obras de dragagem. Para estes locais da região portuária, há mais de uma draga apta a realizar o serviço, porém algumas características tornam o equipamento mais atrativo para a situação, seja pela acessibilidade ao local, a profundidade que atinge, o tipo de sedimento adequado às forças mecânicas do equipamento, sua forma de deslocamento e armazenamento, a

rapidez do serviço que engloba a forma de dragar e a prevenção de transtornos nas vias navegáveis. Desta forma, pelo grande espaço físico de atuação, as dragas hidráulicas em geral se tornam bastante convenientes. Estas são capazes de trabalhar de forma contínua com alto rendimento, aptas a desagregar rochas e sedimentos mais coesivos, e atingem grandes profundidades. Suas características as permitem atuarem em grandes projetos, e devido sua alta produção de sedimentos, realizam obras mais rapidamente que as dragas mecânicas, evitando transtornos na área de navegação. Dentre as dragas disponíveis, destaca-se a Draga Autotransportadora, que atua principalmente com material solto, possui sistema de autopropulsão e grande capacidade de armazenamento, de 2.320 a 46.000 m^3 (JAN DE NUL, 2018). Sendo assim, é bastante utilizada em dragagens de manutenção (IADC, 2014).

Em trabalhos específicos em que há dificuldade de acesso, as dragas mecânicas podem ser a solução. A retirada de material em um certo ponto como a beira de um cáis exige uma draga que fisicamente possa atingir um determinado ponto, com precisão. Nesta situação, a profundidade, o tipo de deslocamento da draga e a forma não contínua de retirada de sedimentos não são mais características primordiais de projeto, mas a acessibilidade e a precisão das dragas mecânicas às tornam mais adequadas, considerando também que os sedimentos que alí se depositam provém de processos de assoreamento e portanto são de fácil desagragação. Considerando as dragas mecânicas disponíveis, destaca-se a Draga de Alcatruzes, pois se diferencia por trabalhar de forma contínua, tem boa capacidade de escavação e mínima diluição. Ademais, se adapta bem aos tipos de solo, desde silte e argila de menor coesão até rochas desagregáveis.

7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

As obras de dragagem devem ser planejadas com as visões técnica, ambiental e econômica alinhadas, de forma a minimizar os impactos ambientais negativos inerentes ao processo. Cada local a ser dragado deve ser caracterizado e identificadas suas peculiaridades, a fim de se encontrar a draga mais adequada para o serviço com base nas suas especificações técnicas. A caracterização do material sedimentar é fundamental no fornecimento de dados para o planejamento e tomada de decisão na execução do serviço. Sendo assim, o monitoramento contínuo em áreas portuárias se apresenta como uma ferramenta imprescindível na agilização e clareza dos procedimentos de dragagem. Entende-se oportuno sugerir a obrigatoriedade do monitoramento contínuo, principalmente dos sedimentos, em áreas portuárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFREDINI, P; ARASAKI, E. (2013). *Engenharia Portuária: a técnica aliada ao enfoque logístico*. Edgard Blücher, São Paulo/SP, 1290 p.

COSTARAS, M.P.; BRAY, R N.; LEWIS, R.P.; LEE, M.W.E. (2011). "*The Importance of Bed Material Characterisation in Planning Dredging Contracts*.". Proceedings of 19th World Dredging Congress, Beijing, China.

FADDA, E. (2012). "*Instrumentos Legais Aplicados à Dragagem no Brasil".* Revista Direito Aduaneiro, Marítimo e Portuário. v.1, n.6, p. 64–77, jan./fev.

GOES FILHO, H. A. (2004). "*Dragagem e Gestão dos Sedimentos"*. Dissertação (Tese de Mestrado) - COPPE/UFRJ. RJ. Out. 2004

HOROWITZ, A. J. (1991). "*A Primer on Sediment-Trace Element Chemistry*". 2 ed. Chelsea, EUA: Lewis Publishers. 136 p.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF DREDGING COMPANIES (IADC). (2005). *"Dredging: The Facts"*. IADC, Netherlands. 8 p.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF DREDGING COMPANIES (IADC). (2011). *"Facts About: Dredging Plant and Equipment"*. IADC, Netherlands. 4 p.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF DREDGING COMPANIES (IADC). (2014). *"Backhoe Dredgers"*. IADC, Netherlands. 4 p.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF DREDGING COMPANIES (IADC). (2014). *"Trailing Suction Hopper Dredgers"*. IADC, Netherlands. 4 p.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF DREDGING COMPANIES (IADC). (2015). *"Facts About: Turbidity & Dredging"*. IADC, Netherlands. 4 p.

JAN DE NUL GROUP (JDN). (2018). "*Technical Specifications*". v.2018-9, 4 p.

SIMPSON, S. L.; BATLEY, G. E.; CHARITON, A. A.; STRAUBER, J. L.; KING, C. K.; CHAPMAN, J. C.; HYNE, R. V.; GALE, S. A.; ROACH, A. C.; MAHER, W. A. (2005). "*Handbook for Sediment Quality Assessment*". (CSIRO: Bangor, NSW). 68 p.

VLASBLOM, W. J. (2003). "*Introduction to Dredging Equipment"*. CEDA. 27 p.