



Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade

Versão on-line ISSN 2319-2856

Volume 16, número 8. Curitiba – PR. jan/jun - 2019

Abordagem Fuzzy para o monitoramento dos impactos ambientais na dragagem no porto de Paranaguá

Edison Conde

Doutorado em Engenharia de Produção pela
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
(2016)

Professor de Ciências do Ambiente do Instituto
Militar de Engenharia , Brasil

RESUMO

A relevância dos portos para o desenvolvimento econômico e social dos países ressalta a importância de uma questão que deve merecer a atenção dos gestores e da sociedade: as atividades portuárias e as obras para implantação de melhorias das operações portuárias. Estas atividades causam impactos, que podem afetar o meio ambiente e devem ser tratadas com atenção, a partir das possibilidades que as modernas tecnologias oferecem para a sua mitigação. Neste contexto, o presente artigo pretende apresentar uma ferramenta capaz de auxiliar na gestão da informação, a partir da aplicação de conceitos da lógica fuzzy às condições ambientais; ela permitirá aos gestores e à própria sociedade tomar decisões mais acertadas. A ferramenta apresentada propicia também o conhecimento do nível de impacto gerado e o nível de sustentabilidade das operações ao longo do tempo. Isso possibilita ao gestor ambiental escrever regras para as formas de medir e gerenciar as operações de dragagem emergencial dos berços de atracação do Porto de Paranaguá.

Palavras-chave: lógica fuzzy, gestão ambiental

Fuzzy approach for monitoring the environmental impacts of dredging at the port of Paranaguá

Abordaje Fuzzy para el monitoreo de los impactos ambientales en el dragado del puerto de Paranaguá

ABSTRACT

The importance of ports for the economic and social development of countries highlights the importance of an issue that deserves the attention of managers and society: the port activities and the constructions to reform port operations. These activities cause impacts that may affect the environment and should be treated with care, in view of the possibilities that modern technologies offer to mitigate them. In this context, this paper presents a tool to assist in the management of information: the application of fuzzy logic concepts to environmental conditions. It should enable managers and society to make better decisions. The tool presented also enables one to know the level of impact generated, and the level of sustainability of these operations along time. This should enable the environmental manager to write rules for measuring and managing operations of emergency dredging at the berths of the Port of Paranaguá.

Keywords: Fuzzy logic. Dredging. Port of Paranaguá.

RESUMEN

La relevancia de los puertos para el desarrollo económico y social de los países subraya una cuestión que amerita la atención de gestores ambientales y de la sociedad como un todo: las actividades portuarias y las obras requeridas para su mejoramiento. Esas actividades producen impactos que pueden afectar el medio ambiente y deben ser tratadas con atención, por medio de lo que las nuevas tecnologías ofrecen para mitigarlos. En ese contexto, este artículo pretende presentar una herramienta capaz de auxiliar en la gestión de la información; se trata de la aplicación de la lógica *fuzzi* a las condiciones ambientales, que les permite a los gestores y a la misma sociedad tomar decisiones acertadas. Esa herramienta posibilita también el conocimiento del nivel de impacto generado y el nivel de sostenibilidad de las operaciones a lo largo del tiempo. Ello posibilita al gestor ambiental escribir las reglas para la medición y coordinar las operaciones de dragado de emergencia de los canales de atraque del puerto de Paranaguá.

Palabras-clave: lógica fuzzy, gestión ambiental.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a crescente industrialização tem estimulado o aumento da concentração urbana, o que produz, em algumas regiões, a superpopulação decorrente da elevada taxa de natalidade, da queda da taxa de mortalidade e do aumento da expectativa de vida. Paralelamente, o acelerado crescimento da produção de bens e serviços trouxe consigo um impacto direto sobre os ecossistemas terrestres e, como consequência da consciência que a humanidade está adquirindo, esses resultados passaram a exigir dos governantes, maior cuidado no tratamento dos problemas relativos ao que é chamado de impacto ao meio ambiente (LISANDRA, 2012).

Deve-se entender aqui que o termo “meio ambiente” envolve o conjunto de

aspectos relacionais dos seres humanos com o mundo natural, ou seja, a natureza impactada, influenciada ou modificada pelas atividades humanas (LASCHEFSKI *et al.*, 2012).

Alguns economistas tendem a considerar as transformações recentes no Brasil como um neodesenvolvimentismo, entre eles Sicsú *et al.* (2007). O prefixo “novo” acrescenta qualidades (no sentido de “características”) ao desenvolvimentismo observado nos anos cinquenta, características estas definidas pela conjuntura histórica e pelos interesses político-econômicos vigentes (LISANDRA, 2012).

A atividade portuária, para Van Nierkerk (2005), o transporte marítimo, cada vez mais, se configura como um dos motores primordiais da economia mundial. Segundo Liu (2011), mais de 85% do comércio internacional é feito com o auxílio do transporte marítimo, o que significa uma intensa utilização dos portos marítimos. Em 2010 os portos asiáticos processaram 241,1 milhões de toneladas em cargas, liderando o ranking mundial dos portos, com cerca de 62% do total movimentado no mundo.

No Brasil, 90% dos produtos importados ou exportados passam pelos Portos Públicos ou pelos Terminais de Uso Privativo (ANTAQ, 2010). Neste contexto, é importante assumir que um comportamento equilibrado em termos ambientais, não significa que haja perda de produtividade no processo de movimentação das mercadorias, e ainda beneficia o meio ambiente e a sociedade (GINER *et al.*, 2007; GINER e RIPOLL, 2008; GINER e RIPOLL, 2009).

Desta forma, pode-se acreditar que os impactos gerados pela atividade portuária (positivos e negativos) devam ser analisados cuidadosamente em vista de sua grande relevância nos cenários econômico-financeiros e socioambientais, evidenciando, assim, a necessidade do controle dessa atividade para garantir a eficiência da operação desses equipamentos urbanos, de forma geral, e do transporte marítimo, em particular, bem como o fortalecimento do sistema intermodal (ARTURO, 2012).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta pesquisa, tendo em vista a relevância da questão, pretende-se disponibilizar, para os gestores públicos e para a sociedade, uma nova ferramenta, capaz de auxiliar no

tratamento dos problemas que envolvem a dragagem dos portos, propondo-se uma forma de avaliação dessa questão, apoiada na lógica *fuzzy*,

Nesse contexto, o aspecto da gestão ambiental das atividades portuárias, incluindo-se aqui as questões relacionadas à dragagem do terminal portuário, pode ser considerada uma atividade importante para reduzir o seu potencial poluidor e o processo de fiscalização ambiental deve contribuir para a análise e avaliação dos possíveis danos ao meio ambiente. Sempre que forem identificados impactos significativos, deve cuidar que sejam adotadas as medidas mitigadoras, capazes de compensar os efeitos desses danos (VIEIRA et al, 2014).

A Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina – APPA – acompanha as atividades operacionais nos berços de atracação do Porto de Paranaguá muito de perto, em decorrência dos intensos processos de assoreamento que são verificados nessa região. Os impactos da atividade de dragagem emergencial dos berços de atracação do Porto de Paranaguá têm sido acompanhados pela Autoridade Marítima local, representada pela Capitania dos Portos do Paraná que, oficialmente, alertou a APPA sobre a avançada redução de calados (APPA, 2011).

A lógica *fuzzy* permite a manipulação de informações incertas e imprecisas, o que sugere a conveniência de seu emprego em muitas áreas do conhecimento, e desempenha um importante papel para a modelagem de inúmeros fenômenos e processos em ciências e engenharias. As técnicas da Teoria *Fuzzy* são especialmente utilizadas nos casos onde não existem modelos matemáticos capazes de descrever precisamente o processo em estudo, e estas técnicas fornecem uma estrutura poderosa para manipular informações aproximadas (BENINE, 2007).

Neste texto serão apresentados, de modo sucinto, os conceitos fundamentais de conjuntos *fuzzy* e mecanismos de inferência *fuzzy*. O sistema de inferência *fuzzy* aqui abordado é do tipo inicialmente concebido por Zadeh (1965) e outros pesquisadores, entre os quais E.H. Mamdani, que deu início às aplicações de caráter prático na década de 70.

Em vista das características gerais do problema em tela, pode-se admitir que o emprego da lógica *fuzzy* pode ser uma poderosa ferramenta no equacionamento dessa questão. Os conceitos de lógica *fuzzy* nasceram inspirados na lógica tradicional, embora

tenha sido necessária a introdução de modificações para adaptá-la aos requisitos de aplicações na engenharia. A extensão da lógica tradicional para a lógica *fuzzy* foi efetuada através da simples substituição das funções características (ou funções de pertinência bivalentes) por funções de pertinência *fuzzy*. Assim, a declaração condicional *se x é A então y é B* tem uma função de pertinência representada da seguinte maneira: $\mu_{A \rightarrow B}(x, y)$, que mede o grau de verdade da relação de implicação entre *x* e *y*. As funções de pertinências de $\mu_{A \rightarrow B}(x, y)$, podem ser obtidas pela simples extensão de funções de pertinência bivalentes da lógica proposicional para a lógica *fuzzy*:

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = 1 - \min[\mu_A(x), 1 - \mu_B(y)]$$

(1)

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \max[1 - \mu_A(x), \mu_B(y)]$$

(2)

A inferência, o *modus ponens*, pode ser descrita da seguinte forma:

Premissa 1: *x* é *A**

(3)

Premissa 2: *se x é A então y é B*

(4)

Consequência: *y é B**

(5)

A função de pertinência do conjunto *fuzzy* resultante para cada uma das regras ativas deve levar em conta que, neste caso, há dois antecedentes, os quais devem ser combinados por *máximo*:

$$\mu_{R^*}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(y)$$

(6)

Onde: *A* simboliza os valores (conjuntos *fuzzy*) da variável “*x*” e *B*, os da variável

“y”. Observe-se que ao conjunto B^* não corresponderá um rótulo pré-especificado.

O número de funções de pertinência foi estabelecido de forma arbitrária; um eventual mau desempenho no monitoramento feito na dragagem no Porto de Paranaguá poderia requerer um ajuste nesse número de funções.

Fica perfeitamente claro que o número de regras possíveis é função direta do número de conjuntos *fuzzy* considerados para cada antecedente; no caso, tem-se 8 vezes 8 igual a 64 regras possíveis. Quanto maior o número de conjuntos atribuídos aos antecedentes, maior a dificuldade de se estabelecer uma base de regras consistente. Um procedimento automático de escolha do número de conjuntos torna este problema menos relevante para o especialista, no entanto, há que considerar que uma base de regras muito grande acarreta um maior custo computacional. Além disso, fornece uma quantidade excessiva de informação ao usuário, que, ao optar por um sistema *fuzzy*, esperaria obter uma estratégia de ação interpretável, inclusive do ponto de vista linguístico (TANSCHKEIT, 2005).

Os resultados, normalmente, têm uma variação mínima, e usualmente se produzem os mesmos resultados se os agrupamentos adotados forem compactos e bem separados; entretanto, se esses agrupamentos forem próximos um do outro, resultados diferentes podem ser obtidos.

O MODELO FUZZY

A gestão ambiental dos portos brasileiros é composta por um conjunto de políticas, programas e práticas gerenciais e operacionais que visam melhorar o desempenho ambiental, reduzir custos, aumentar a rentabilidade e melhorar a imagem perante os clientes e a sociedade. Portanto, para os gestores dos portos a criação de valor econômico e o equilíbrio entre as variáveis econômicas, sociais e ambientais tornam-se uma tarefa complexa. Em consequência, a atividade de gestão, necessariamente, envolve um conjunto de fatores, dentre os quais merece destaque o meio ambiente. Assim, o gestor deve responder às demandas sociais sem descuidar dos resultados econômicos e do atendimento às demandas de mercado. Além de estar em conformidade legal. (VIEIRA et al, 2013)

Nesse quadro geral, os aspectos ambientais assumem importância no sentido de garantir a competitividade das empresas. De acordo com Akabane, Gonçalves e Silva (2008), o planejamento portuário não se baseia mais exclusivamente nas opiniões de especialistas em infraestrutura de transportes; são necessárias, entre outros, a consultoria de técnicos ambientais, planejadores urbanos e consultores financeiros (MILAN, 2011).

A partir desses fatores, os portos devem planejar, controlar e proteger toda sua área de influência. Devem assegurar uma gestão ambiental com uma consequente redução de impacto sobre o ambiente, manter seus custos em níveis compatíveis, aumentar a comunicação e melhorar a imagem do gestor dos serviços.

Para serem considerados eficientes, os portos precisam lidar, basicamente, com dois tipos de clientes: os donos das cargas (embarcadores) e os donos dos navios (armadores). Do ponto de vista dos armadores e dos embarcadores (exportadores, importadores, ou agentes de carga prestando serviços para os primeiros), a escolha de um porto depende de fatores como a disponibilidade e a eficiência dos serviços portuários. Então, sendo o porto um importante elo na cadeia de Distribuição Física Internacional (DFI), o resultado final do “valor” apresentado a armadores e embarcadores depende dos fatores elencados anteriormente, importantes para a fidelização dos clientes (VIEIRA et al, 2013).

Considerando que os interessados nas informações de desempenho operacional e no desempenho ambiental podem ser distintos e por vezes conflitantes entre os diferentes *stakeholders*, a literatura sugere que sejam levadas em conta as diferentes necessidades, decorrentes de cada grupo no planejamento da atividade (ARTURO, 2012).

A regulamentação dos procedimentos ambientais é feita, basicamente, pela Resolução CONAMA no 344/2004. Quanto ao impacto ambiental, vale ressaltar que, para a classificação do material a ser dragado, os dados obtidos na amostragem de sedimentos deverão ser apresentados em forma de tabelas, com os dados brutos e sua interpretação, sendo que as amostras de cada estação deverão ser analisadas individualmente e coletadas em quantidade suficiente para efeito de contraprova, cujas análises serão realizadas a critério do órgão ambiental competente. No que tange à prevenção e correção dos impactos negativos, cabem algumas observações a serem

feitas sobre a resolução, destacando-se aqui o chamado VALOR ALERTA, valor este que, quando superado, indica possibilidade de provocar prejuízos ao ambiente na área de disposição (APPA, 2011).

No modelo, foram construídas três matrizes (R_i). Cada entrada da matriz representará um par de julgamentos. Os elementos que compõem as matrizes foram dispostos utilizando uma comparação entre o resultado das análises obtidas no relatório e o valor da resolução fornecido pela legislação ambiental brasileira do Conselho de Meio Ambiente (CONAMA). Os dados foram obtidos comparando-se a Tabela 1, abaixo, com os resultados do relatório de monitoramento dos impactos da atividade de dragagem no porto de Paranaguá (ACQUAPLAN, 2011).

Tabela 1 – Comparação dos valores medidos com os valores de referência.

Comparação dos conjuntos A com B	Valor
A e B tem importâncias iguais para a resolução CONAMA nº357	1
A é pouco menos importante que B para a resolução CONAMA nº357	1/3
A é muito menos importante do que B para a resolução CONAMA nº357	1/5
A é claramente menos importante do que B para a resolução CONAMA nº357	1/7
A é absolutamente menos importante que B para a resolução CONAMA nº357	1/9

Fonte: CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução N° 357.**

O x_{ij} , é o número fuzzy da análise, que será obtido pela divisão do resultado da análise (a_{ij}) pelo valor informado na resolução CONAMA N° 357 (b_{ij}). Na matriz **A**, terá como entrada a_{ij} , que representa o número que estima a pertinência relativa do atributo **A_i** quando este é comparado com o atributo padrão **B_j**. Obviamente,

$$x_{ij}=a_{ij}/b_{ji}.$$

(7)

Para o caso, as pertinências (um dos autovetores normalizados) para o maior peso serão, após os cálculos: muito alta = 1, alta = 0,5, média = 0,2, baixa = 0,1 e muito baixa = 0. Estes valores de pertinência serão agora atribuídos a todas as peças da base de dados,

significando a importância da rugosidade para cada uma. Atribuídas as pertinências às características que se desejam analisar, é necessário agora utilizar os procedimentos de obtenção dos grupos de peças similares (TANSCHKEIT, 2005). Com isso, constrói-se a matriz de comparação $R^* = A^* \otimes B^*$.

O Decreto Federal nº 4.558, de 30 de dezembro de 2002, que criou a área do porto de Paranaguá, dispõe que ela é constituída pelas instalações portuárias terrestres existentes na baía de Paranaguá e pela infraestrutura de proteção e acessos aquaviários. Sendo Paranaguá, o porto mais próximo para as cargas originadas no Paraná, Santa Catarina e no Paraguai, pode-se admitir que seja esta a Área de Influência Direta desse porto. E ainda, que, apesar do porto de Santos apresentar menor distância para as cargas oriundas da região Centro-Oeste, Minas Gerais e São Paulo (CAIXETA FILHO e GAMEIRO, 2001), pode ser viável incluir nessa área de influência essa região, para o escoamento de soja da cidade de Sorriso / MT (VANZELLA et al, 2013), conforme citado por Caixeta Filho e Gameiro (2001).

Esses aspectos são de grande importância para o planejamento desse equipamento urbano e a administração do porto, atribuída à autarquia estadual Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), com sede na cidade de Paranaguá, estado do Paraná, na margem sul da baía de Paranaguá. Ela está consciente disso e define como Área de Influência Direta desse porto a região compreendida pelo estado do Paraná e parte dos estados de São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Rondônia, além de parte do país vizinho, o Paraguai, pois executa funções de entreposto franco.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

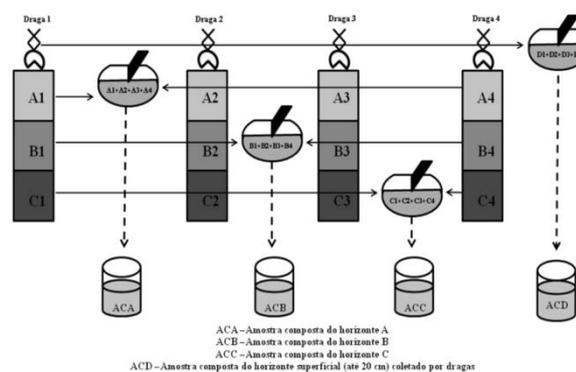
O processo da dragagem foi acompanhado pela empresa ACQUAPLAN – Tecnologia e Consultoria Ambiental. Teve início no dia 31 de janeiro e terminou no dia 10 de fevereiro de 2011; durante esse período foi feito o monitoramento ambiental da dragagem dos berços de atracação do porto de Paranaguá. As malhas amostrais para os monitoramentos ambientais corresponderam à qualidade das águas, sedimentos e biota

aquática da atividade de dragagem emergencial.

A partir das informações obtidas pelo relatório foram construídas matrizes de pertinências entre o valor da análise e a peneira, que considerou também as incertezas. Deste modo, pode-se usar o algoritmo para verificação dos agrupamentos das análises, o que não é evidente na formulação anterior, onde a informação é sobre as famílias de peças. Imaginando que “n” elementos químicos e “m” peneiras, estão sendo consideradas para a obtenção de células de análise, as representações dos elementos analisados são por determinada peneira.

As comparações dos resultados, feitas com os valores apresentados na resolução CONAMA 357, estão em miligramas do elemento por litro de amostra recolhida. E ainda, os valores fuzzy assumidos, são os coletados pelo resultado dado no meio da coleta. A coleta foi feita conforme a resolução 455 do CONAMA, exemplificada pela Figura 1, extraída da resolução 455.

Figura 1 – Procedimento para coleta de amostras.



Fonte: Resolução No. 455, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA).

O material dragado é retirado ou deslocado do leito dos corpos d’água pela atividade de dragagem, desde que não constitua bem mineral (CONAMA, 2004). Na sua composição predominam partículas minerais, que variam de areia grossa a fina, silte e argila; bem como matéria orgânica e diferentes tipos de materiais como madeira, pedaços de metais, vidros, pedras etc. (CASTIGLIA, 2006; MONTEIRO, 2008; SYLVIA, 2012).

Os resíduos e rejeitos de dragagem são compostos orgânicos halogenados, plásticos, mercúrio, cádmio, petróleo, óleos, substâncias radioativas entre outras. Na

dragagem, deve-se dar atenção também aos resíduos com quantidades consideráveis de arsênio, zinco, cobre, fluoretos e pesticidas (LONDON CONVENTION, 1972).

No presente artigo foi montada a relação *fuzzy* com uma função de pertinência específica, onde foram usados para identificar as linhas oito parâmetros, que indicam as análises de elementos químicos (arsênio, carbono, nitrogênio, fósforo, boro, chumbo, mercúrio e zinco) e nas colunas oito parâmetros que discriminam as diferentes peneiras para diferentes granulometrias (Ø1, Ø2, Ø3, Ø4, Ø5, Ø42, Ø53 e Ø60).

O resultado dessa atividade foi a produção de 64 (sessenta e quatro) pontos por função de pertinência, num total de 3 funções (ou matrizes, R_i), sendo elas: pré-dragagem (R_1), dragagem (R_2) e pós-dragagem (R_3). Após a obtenção dos resultados foram elaboradas as respectivas matrizes, que permitiram a análise dos resultados e o processamento dos dados.

Tabela 2 - Representação dos números *fuzzy* na pré-dragagem $R_1(x,y)$ dos elementos.

	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø42	Ø53	Ø60
Arsênio (mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Chumbo(mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Mercúrio(mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Boro(mg/l)	1	1	1	1	1	0,5	1	0,5
Zinco(mg/l)	0,5	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Carbono(mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Fósforo(mg/l)	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,5
Nitrogênio(mg/l)	0	0	0	0	0	0	0,1	0,5

Fonte: ACQUAPLAN E APPA, Monitoramento dos impactos da atividade de dragagem emergencial dos berços de atracação do Porto de Paranaguá – 2011.

Considerando, $\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \max [1 - \mu_{A(x)}, \mu_{B(y)}]$,

(8)

Chega-se à função pertinência para a operação de pré-dragagem no Porto de Paranaguá de $\mu_{R_1}(x, y) = \{0,1;0,1,0,1,1;1;0,5;0,5;0,5\}$.

Tabela 3 - Representação dos números *fuzzy* na dragagem $R_2(x,y)$ dos elementos.

	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø42	Ø53	Ø60
Arsênio(mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Chumbo(mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Mercúrio(mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Boro(mg/l)	1	1	1	1	1	1	1	1
Zinco(mg/l)	1	1	1	1	1	1	1	1
Carbono(mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1

Fósforo(mg/l)	0,1	0	0	0	0,1	0,5	1	1
Nitrogênio(mg/l)	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,5

Fonte: ACQUAPLAN E APPA, Monitoramento dos impactos da atividade de dragagem emergencial dos berços de atracação do Porto de Paranaguá – 2011.

Então, a função pertinência para a operação de dragagem no Porto de Paranaguá é de

$$\mu_{R_2}(x, y) = \{0,1;0,1;0,1;1;1;0,1;1;0,5\}$$

Tabela 4 - Representação dos números fuzzy na pós-dragagem $R_3(x,y)$ dos elementos.

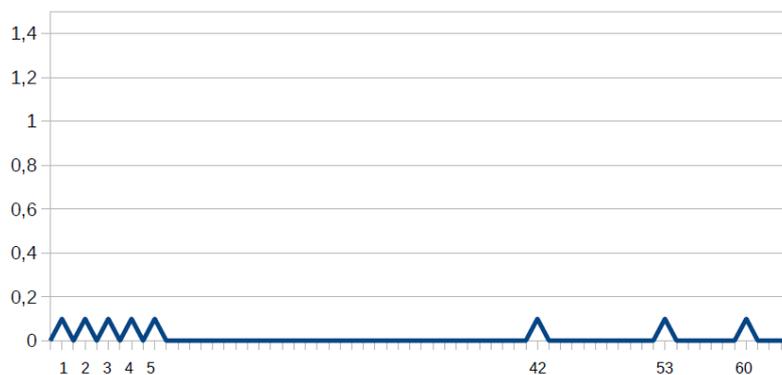
	1	2	3	4	5	42	53	60
Arsênio(mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Chumbo(mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Mercúrio(mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Boro(mg/l)	1	1	1	1	1	1	1	1
Zinco(mg/l)	1	1	1	1	1	1	1	1
Carbono(mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	1	0,1
					5			
Fósforo(mg/l)	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	1
Nitrogênio(mg/l)	0	0	0	0	0	0,2	0,1	0,1

Fonte: ACQUAPLAN E APPA, Monitoramento dos impactos da atividade de dragagem emergencial dos berços de atracação do Porto de Paranaguá – 2011.

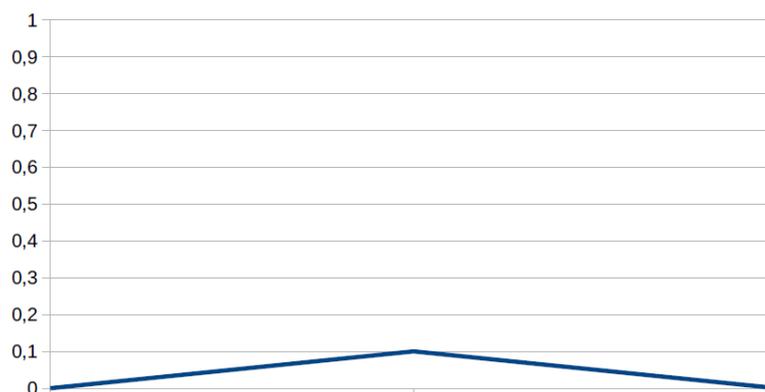
Logo, a função pertinência para a operação de pós-dragagem no Porto de Paranaguá será de $\mu_{R_3}(x, y) = \{0,1;0,1;0,1;1;1;0,1;0,1;0,1\}$.

Os dados coletados nas operações de dragagem do Porto de Paranaguá e consolidados no relatório produzido pela ANTAQ permitiram construir as respectivas funções pertinências, pré-dragagem, dragagem e pós-dragagem, conforme se ilustra nas Figuras 2 a 7.

Figura 2 - Representação dos números fuzzy para o chumbo, o arsênio e o mercúrio.



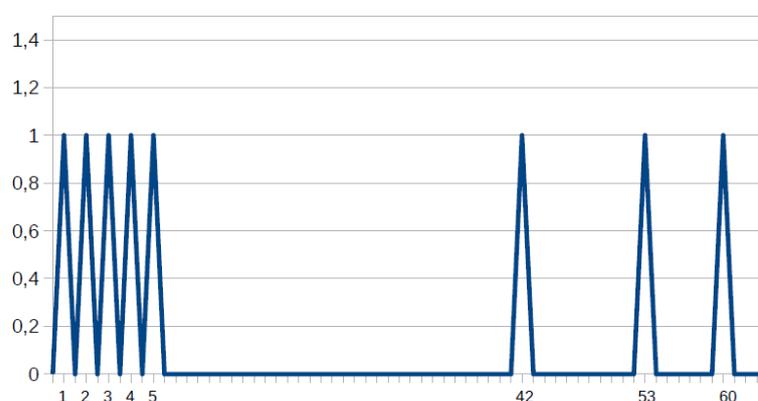
Fonte: ACQUAPLAN E APPA, Monitoramento dos impactos da atividade de dragagem emergencial dos berços de atracação do Porto de Paranaguá – 2011/2011.

Figura 3 - Representação da função pertinência para o chumbo, o arsênio e o mercúrio ($\mu=0,1$).

Fonte: ACQUAPLAN E APPA, Monitoramento dos impactos da atividade de dragagem emergencial dos berços de atracação do Porto de Paranaguá – 2011/2011.

Os números *fuzzy* associados aos resultados das concentrações dos metais chumbo e mercúrio e do semimetal arsênio, foram MUITO BAIXOS.

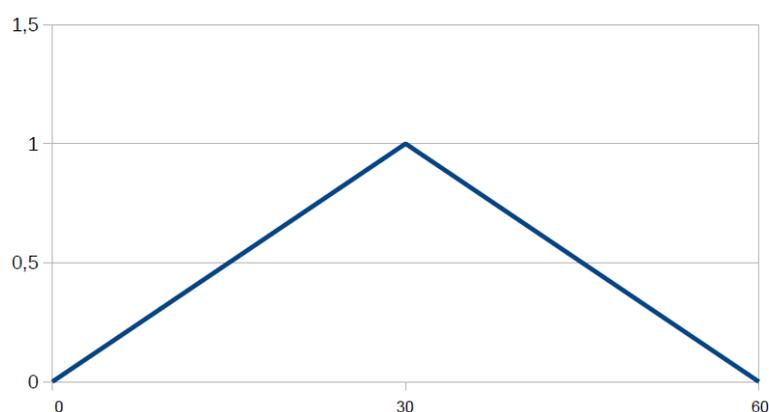
Para o mercúrio, pode-se abstrair uma regra, como premissa primeira: as concentrações de mercúrio nas amostras de água, números *fuzzy* MUITO BAIXOS, se mantiveram dentro do limite estabelecido na Resolução CONAMA N° 357/2005, exceto em uma amostra do meio da coluna da água, na área de despejo. Após o término da dragagem e o monitoramento, se indicou a sua disponibilização na água ao longo do desenvolvimento da dragagem, porém com concentrações dentro do limite estabelecido, pelo motivo do metal estar fixado nos sedimentos, ainda que com concentrações não detectáveis ou abaixo dos limites de quantificação pelos métodos analíticos empregados. (APPA, 2011)

Figura 4 - Representação dos números *fuzzy* para o boro.

Fonte: ACQUAPLAN E APPA, Monitoramento dos impactos da atividade de dragagem emergencial dos berços de atracação do Porto de Paranaguá – 2011/2011.

Quanto aos números fuzzy para o boro, esses podem se considerados MUITO ALTOS. O relatório da ACQUAPLAN relata outra regra linguística: que este elemento não teve sua ocorrência associada à atividade de dragagem, visto que já estava presente nas amostras de água coletadas no momento pré-dragagem. Se diz então que o pequeno aumento nas concentrações, ocorrido durante o processo de dragagem, não parece ter exercido influência sobre a qualidade da água, já que após o processo de dragagem as concentrações deste parâmetro estão bastante próximas da situação de pré-dragagem. Para isso se cita a obra de Stevenson & Cole (1999, *apud* Lima et al, 2007), onde o boro se concentra mais em rochas graníticas. Outra regra para o boro, é que o valor MUITO ALTO, deve-se à sua ocorrência natural, pois o elemento pode ser encontrado no solo e em depósitos sedimentares.

Figura 5 - Representação da função pertinência para o boro ($\mu=1$).



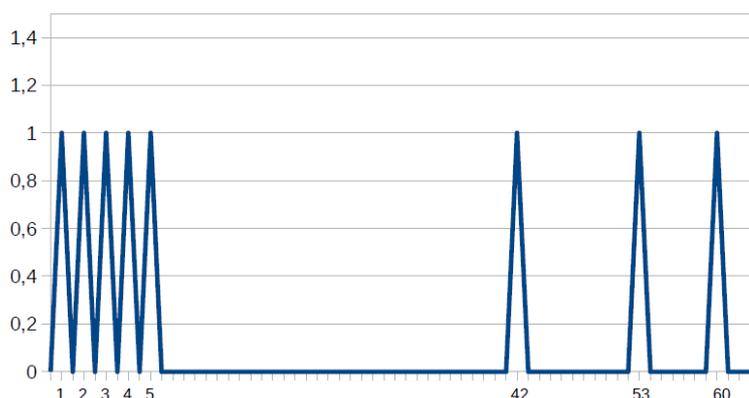
Fonte: ACQUAPLAN E APPA, Monitoramento dos impactos da atividade de dragagem emergencial dos berços de atracação do Porto de Paranaguá – 2011/2011.

O relatório da ACQUAPLAN informa ainda que, segundo estudos realizados por Farias et al (2007), em estações amostrais localizadas entre a nascente e a foz da bacia hidrográfica do Rio Cabelo em João Pessoa/PB, no período compreendido entre março de 2005 e março de 2006, encontraram-se valores de boro superiores ao estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/2005 em 100% das amostras coletadas.

Quanto às concentrações de zinco, o relatório indicou valores presentes em todas as amostras das águas coletadas durante a dragagem, em concentrações superiores ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/2005. O mesmo foi observado para as amostras obtidas no momento pós-dragagem, por isso, uma regra que

pode ser escrita para os números fuzzy MUITO ALTO, está relacionada com a ressuspensão de sedimentos e subsequente disponibilização deste metal para a coluna d'água. Esta hipótese é suportada pelos dados de turbidez, mostrados no relatório da ACQUAPLAN (APPA, 2011).

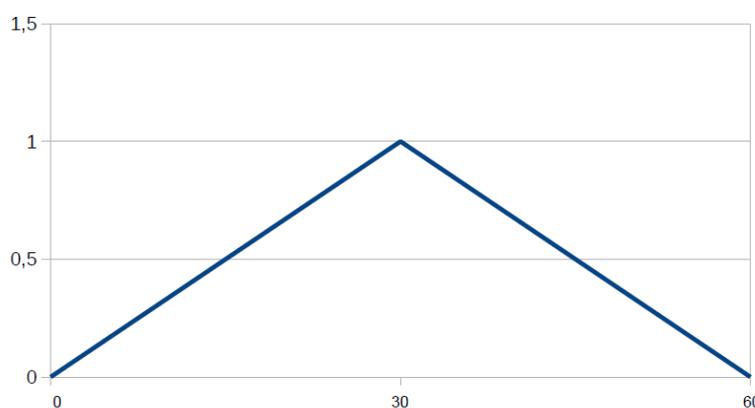
Figura 6 - Representação dos números fuzzy para zinco



Fonte: ACQUAPLAN E APPA, Monitoramento dos impactos da atividade de dragagem emergencial dos berços de atracação do Porto de Paranaguá – 2011/2011.

Outro motivo apresentado no relatório, para o valor MUITO ALTO do zinco, seria porque em quase todos os tipos de rocha, o zinco é um elemento que ocorre naturalmente associado (REIMANN & DE CARITAT, 1998, *apud* WASSERMAN, 2005). Os minerais típicos portadores deste elemento são os piroxênios, os anfíbolitos, as micas, granadas e magnetitas (WEDEPOHL, 1978, *apud* WASSERMAN, 2005).

Figura 7 - Representação da função pertinência para o zinco ($\mu=1$).



Fonte: ACQUAPLAN E APPA, Monitoramento dos impactos da atividade de dragagem emergencial dos berços de atracação do Porto de Paranaguá – 2011/2011.

O relatório da ACQUAPLAN explica que valores MUITO ALTOS para o zinco são o resultado das operações de dragagem de sedimentos estuarinos reductores e contaminados por metais pesados; nesse movimento vários processos físico-químicos podem ocorrer, causando a liberação dos contaminantes para a coluna d'água ou tornando-os disponíveis para absorção pelos organismos (APPA, 2011).

Os contaminantes não se fixam permanentemente aos sedimentos. Estes podem sofrer processos de remobilização, entre os quais a difusão dos poluentes para dentro dos corpos d'água, devido ao gradiente de concentração, oxidação dos sedimentos anóxidos pela bioturbação ou ressuspensão causada pelas enchentes (APPA, 2011).

Outro processo de remobilização de metais é a degradação dos contaminantes orgânicos, a qual transfere os metais para formas mais móveis. A mudança do potencial redox nos sedimentos é um dos fatores mais importantes no controle da mobilidade dos poluentes (WASSERMAN, 2009).

As reações que ocorrem na superfície do sólido são a de troca iônica e a de complexação. Os íons trocáveis que estão presentes na superfície do solo são principalmente de natureza eletrostática e os complexos que se formam na superfície são de natureza química. Os metais adsorvidos por natureza eletrostática estão mais disponíveis para os corpos de água; quanto aos adsorvidos por natureza química, para serem disponibilizados é necessária uma mudança nas condições físico-químicas da água (NOALE, 2007).

CONCLUSÕES

Os portos são empreendimentos organizados em plataformas logísticas, comportando-se como interfaces entre o sistema de produção e os centros de consumo. O comércio mundial está cada vez mais orientado a resultados; não se fala somente em produzir mais e sim em produzir melhor. Nesse contexto, devem ser considerados os conceitos de produtividade e eficácia, examinando-se o grau de atendimento às especificações internas e às expectativas externas.

Este artigo contribui no sentido de, utilizando-se a lógica fuzzy, relacionar vários elementos que influenciam o desempenho da dragagem portuária e as ações

desenvolvidas pela Autoridade Portuária para atender a legislação ambiental. Neste sentido, o que se propõe aqui é destacar a necessidade da atividade portuária, bem como a importância de desenvolver ferramentas para a área de gestão ambiental, que permitam a avaliação dos riscos ambientais segundo os padrões internacionais vigentes, o monitoramento do impacto ambiental e os planos de investimento para a gestão ambiental portuária.

As funções pertinências construídas permitem interpretar os resultados obtidos num processo de dragagem, dentro de uma abordagem que utiliza a lógica *fuzzy* e, ainda, relacionar esta abordagem com os fatores conhecidos pela literatura técnica. O artigo se propõe buscar a construção de regras que possam ser usadas na construção de softwares inteligentes, para que o gestor e o empresário possam tomar boas decisões no sentido de causar o menor impacto ambiental.

Por outro lado, as regras estudadas dos sistemas de inferência *fuzzy*, poderão ter outras aplicações, como por exemplo, na elaboração de um sistema neuro *fuzzy*, para estudar o transporte de sedimentos em um porto, a partir de um modelo hidrodinâmico. As regras linguísticas são fundamentais, de modo a montar um sistema de inferências *fuzzy*, tentando imitar a habilidade humana de tomar decisões racionais em um ambiente de incerteza e imprecisão. Isto porque os sistemas de inferência *fuzzy* têm sido utilizados para modelar processos complexos, não lineares e vagos, com base em um conjunto regras do tipo “*se...então*”, que representam as entradas e saídas do modelo. Estas, combinadas com métodos de redes neurais artificiais, dão origem a um novo método classificado como híbrido, que combina a capacidade de aprendizado das redes neurais artificiais, por meio de dados de treinamento, com o poder de interpretação linguística dos sistemas de inferência *fuzzy*.

Como sugestão para uma possível sequência deste trabalho, é que ele possa servir como base para a construção de um sistema híbrido para modelar a difusão de elementos químicos no ambiente marinho, e indicar o grau de contaminação na região. Os dados obtidos serão uma informação fundamental para o gestor, que não pode ignorar o aumento da consciência ecológica global dos indivíduos. Portanto, o trabalho destaca a importância das aplicações da lógica *fuzzy* no tema, ressaltando que o assunto é muito mais amplo do que nele foi tratado.

REFERÊNCIAS

ACQUAPLAN; ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA (APPA). **Monitoramento dos impactos da atividade de dragagem emergencial dos berços de atracação do Porto de Paranaguá**, abr 2011. Acesso em 20 nov 2015. www.antaq.gov.br/portal/EVTEAs/
APPA/RelatorioMonitoramentoDragagemBercosRev07.

ANTAQ. **Manual de Licenciamento de Portos**, 2010, acesso em 20 nov 2015. www.antaq.gov.br/portal/pdf/MeioAmbiente/manual_de_licenciamento_ambiental_nos_portos.

BENINE, L. C. **Estimação da densidade de solos utilizando sistemas de inferência fuzzy**, 210 f. Tese Doutorado – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2007.

CAIXETA FILHO, J.V.; GAMEIRO, A. H. (org.). **Transporte e Logística em Sistemas Agroindustriais**. São Paulo: Atlas, 2001.

FARIAS, M. S. S.; LIMA, V. L. A.; DANTAS NETO, J. et al. **Avaliação dos níveis de boro e chumbo na água do Rio Cabelo – João Pessoa – PB**. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, SP, v.4, n.1, p. 24-31, 2007.

CASTIGLIA, M. C. C. P. **Disposição subaquática de rejeitos de dragagem: caso do complexo Lagunar de Jacarepaguá**. Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

CASTRO, S. M. *et al.* **Dragagem e conflitos ambientais em portos clássicos e modernos: uma revisão**, *Soc. & Nat.*, Uberlândia, ano 24 n. 3, 519-534, set/dez. 2012.

FILLOL, A.G.*et al.* **Sustentabilidade ambiental: um estudo na autoridade portuária de Valência/2012**, *Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade*, UNEB, Salvador, v. 2, n. 1, p. 2-20, jan/abr, 2012.

GAINES, B. R. **"Foundations of Fuzzy Reasoning"**. *Int. Journal of Man- Machine Studies*, vol. 8, p. 623-668, 1976.

GINER FILLOL, A.; RIPOLL FELIU, V. De la contabilidad de costes a la contabilidad de gestión: el caso de la Autoridad Portuaria de Valencia - Valenciaport. *Partida Doble*, n. 184, p. 62-74, Enero, 2007.

GINER FILLOL, A. Impacto de los Sistemas de Información Integrados y de Business Intelligence sobre la Contabilidad de Gestión de la Autoridad Portuaria de Valencia. *Manager Business Magazine*, n. 10, p. 13-20, marzo/abril, 2008.

GINER FILLOL, A.; RIPOLL FELIU, V. Información estratégica de costes y sistemas de información integrados en una unidad de negocio del Sistema Portuario español. *Revista*

Internacional de Administración & Finanzas (RIAF), The Institute for Business and Finance Research (IBFR), v. 2. n. 1. p. 73-92, 2009.

GINER FILLOL, A.; RIPOLL FELIU, V. Cálculo y gestión estratégica de costes portuarios. Valencia, España: 2009. p 318.

LASCHEFSKI, K.A. *et al.* **A Legislação Ambiental como foco de conflitos: uma análise a partir das representações sociais da natureza dos pequenos agricultores em Minas Gerais**, *Soc. & Nat.*, Uberlândia, ano 24 n. 3, 405-418, set/dez, 2012.

LIMA, J. C. P. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; LIMA, J. G. C. & LIRA JUNIOR, M. A. **Níveis críticos e tóxicos de boro em solos de Pernambuco determinados em casa de vegetação**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 31,73-79, 2007.

MILAN, GS E VIEIRA, GBB. **Proposição de um modelo conceitual em torno da prática da governança em cadeias logístico-portuárias**. UTFPR, Ponta Grossa, *Revista Gestão Industrial*, v. 07, n. 04: p. 154-174, 2011.

MONTEIRO, M. T. **Fitorremediação de rejeito contaminado proveniente do Canal do Fundão, na Baía de Guanabara-RJ**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil em Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

NOALE, R. Z. **Avaliação do risco ambiental em sedimento dos lagos do riacho Cambé em Londrina pela distribuição de metais**. Londrina, Dissertação de Mestrado em Química dos Recursos Naturais - Universidade Estadual de Londrina, 2007.

SICSÚ, J. *et al.* **Por que novo-desenvolvimentismo?** *Rev. Economia Política*. vol.27 no.4. São Paulo, Oct./Dec., 2007.

TANSCHKEIT, R. **Sistema Fuzzy**. Pontifícia Universidade Católica (PUCRJ), 2005. Acesso em 20 nov 2015. www.dainf.cefetpr.br/~myriam/PastWeb/Fuzzy/ApostilaFuzzy.

VAN NIEKERK, H. C. (2005). **Port Reform and Concessioning in Developing Countries**. *Maritime Economics & Logistics* Tomo 7(Nro.2), 141.

VANZELLA, A.; CHAVES, C. J, A.; MENEZES, T. M.; KAVESKI, M. S., **Análise de viabilidade econômica do escoamento da soja produzida na cidade de Sorriso - MT através dos corredores de escoamento BR-163 e PARANÁ – TIETÊ**, *Revista Gestão Industrial*, v. 09, n. 03, p. 662 - 680, 2013.

VIEIRA, G. B. B.; GONÇALVES R. B.; PASA G. S.; NETO F. J. K. **O nível de serviço do TECON RIO GRANDE pela ótica dos exportadores e importadores**, *Revista Gestão Industrial*, v. 09, n. 02, p. 484-501, 2013.

VIEIRA, G. B. B.; GONÇALVES R. B.; MILAN G. S.; NETO F. J. K.; ROSA A. Q., **Avaliação da eficiência portuária utilizando a análise envoltória de dados: um estudo dos terminais de**

contêiners dos portos da Região SUL do Brasil, *Revista Gestão Industrial*, v. 10, n. 04, p. 793-809, 2014.

VIEIRA G. B. B.; GONÇALVES R. B; LAZZARI F.; BERTUOL S., **Critérios de escolha portuária: uma revisão sistemática da literatura**, *Revista Gestão Industrial*, v.10, n. 03, p. 654-672, 2014.

ZADEH, L. A., "Fuzzy Sets". *Information and control*, v.8, p.29-44, 1965.

WASSERMAN, J. C., **O Impacto da mobilização química de metais durante um serviço de dragagem na Baía de Sepetiba para o terminal marítimo da CSA**, Set 2005. Acesso janeiro 2012. www.uff.br/remaadsuff/BibVirtual/RelatdragagemCSA-sepetiba.