

## CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO PARA SISTEMAS DE SEPARAÇÃO ÁGUA/ÓLEO EM AEROPORTOS

*Roberto Gonçalves de Carvalho<sup>1</sup> & Nadiane Smaha Kruk<sup>2</sup>*

**Resumo** – A carência de dispositivos normativos e métodos de dimensionamento para projeto de Separadores de Água/Óleo tem acarretado uma diversidade de soluções técnicas visando à implantação de Sistemas de Separação Água/Óleo em aeroportos brasileiros. O presente trabalho apresenta uma discussão dos aspectos e critérios condicionantes a serem adotados no dimensionamento dos Sistemas de Separação Água/Óleo destinados ao tratamento dos efluentes provenientes de precipitações que caem e escoam (*runoff*) em áreas de pátio de aeronaves e pistas de aeroportos, onde há presença de óleos, graxas, combustíveis e outros hidrocarbonetos derivados do petróleo, provenientes das operações com aeronaves e veículos de apoio ao solo. Devido às elevadas vazões resultantes de precipitações em pavimentos aeroportuários, deverão ser estudadas alternativas que utilizem o parâmetro do *first flush* nos dimensionamentos, para estimativa dos volumes de efluentes que deverão ser tratados, de forma a minimizar os custos de implantação e manutenção desses sistemas.

**Palavras-Chave** – Sistema de Separação Água/Óleo, aeroportos, *first flush*.

## DESIGN CRITERIA FOR OIL/WATER SEPARATION SYSTEMS AT AIRPORTS

**Abstract** – The lack of regulatory provisions and design methods for Oil/Water Separators has led to a diversity of technical solutions aiming at the implementation of airport Oil/Water Separation Systems. This paper presents a discussion of the issues and constraints criteria to be adopted in the design of Oil/Water Separation Systems for treatment of stormwater runoff from areas of aircrafts apron and runways where there are oils, greases, fuels and other petroleum hydrocarbons from leaks and spills of aircraft and ground support vehicles. Due to high flows resulted from rainfall in airport pavements alternatives that use the design parameter *first flush* should be examined to estimate the effluent volume that needs to be treated in order to minimize the costs of implementation and maintenance of these systems.

**Keywords** – oil/water separation system, airports, *first flush*.

<sup>1</sup> Mestrando em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica – carvargc@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Professora do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – Instituto Tecnológico de Aeronáutica – nadiane@ita.br

## INTRODUÇÃO

Uma das grandes preocupações das nações em desenvolvimento como o Brasil está relacionada à infraestrutura de transportes, considerada como um elemento catalisador para o crescimento e o desenvolvimento da economia de um país. Nesse contexto, percebe-se a grande deficiência nos aeroportos brasileiros, tanto nos aspectos relacionados à infraestrutura de pistas, pátios, táxis e auxílios à navegação, como na capacidade operacional dos terminais de passageiros.

Sobre os aspectos relativos à infraestrutura de pistas, pátios e táxis, destacam-se as necessidades impostas pelos órgãos ambientais quanto aos impactos gerados ao meio ambiente pela implantação de algum tipo de sistema que integrará um aeroporto.

Devido ao crescente aumento nas operações de aeronaves, ocorrências de vazamentos e derramamentos de hidrocarbonetos derivados do petróleo, têm se tornado eventos constantes, principalmente em áreas de abastecimento e manobras de aeronaves como hangares, pátios de estacionamento, pistas de pouso e decolagem e pistas de táxi.

As precipitações em áreas aeroportuárias que produzem escoamento superficial (*runoff*) constituem o principal meio de dispersão de óleos e graxas acumulados nas superfícies dos pavimentos levando à contaminação do solo e cursos d'água existentes no entorno dos aeroportos.

Segundo Sulej *et al.* (2011), as águas escoadas provenientes de precipitações em aeroportos contêm elevadas concentrações de poluentes como PAH's (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons), que são substâncias altamente tóxicas e potencialmente carcinogênicas. Essa poluição é proveniente de atividades antrópicas relacionadas às operações de aeronaves, como manutenção, reabastecimento, carga e descarga, bem como trânsito de veículos e equipamentos de apoio ao solo.

De acordo com o Auckland Regional Council (2003), pesquisas realizadas em postos de gasolina revelaram a existência de 37 compostos potencialmente tóxicos nos sedimentos e 19 na água das caixas de drenagem. Muitos destes compostos são PAH's, considerados prejudiciais aos seres humanos e organismos aquáticos.

Estudos conduzidos por Ray *et al.* (2008) revelaram a existência de elevadas concentrações de PAH's nos solos do entorno do Aeroporto Internacional de Nova Delhi – Índia. A exaustão de turbinas de aeronaves, que possui elevadas concentrações de gases poluentes resultantes da queima de hidrocarbonetos foi apontada como a principal causa para a contaminação do solo com PAH's.

Segundo Azevedo (2007), as ocorrências de vazamentos registradas no Aeroporto de Congonhas em São Paulo/SP constituem-se de óleos hidráulicos de aeronaves, veículos e equipamentos de solo, bem como de combustíveis de aeronaves provenientes das operações de abastecimento.

A Figura 1 mostra a presença de manchas escuras nos pavimentos provenientes de derramamentos e vazamentos de óleos, graxas e combustíveis de aeronaves, veículos e equipamentos de apoio ao solo, em locais de posicionamento de aeronaves para embarque e desembarque de passageiros nos Aeroportos de Guarulhos e Brasília.

Para diminuir os impactos resultantes destas atividades, uma das alternativas que tem sido frequentemente adotada é a implantação de Separadores de Água/Óleo – SAO em aeroportos, com o objetivo de reduzir as concentrações de hidrocarbonetos presentes nas águas pluviais a níveis considerados aceitáveis para lançamento ao meio ambiente, conforme estabelecido em normas ambientais.



Figura 1 – Manchas no pavimento dos aeroportos de Guarulhos (esquerda) e Brasília (direita) devido à presença de óleos e graxas. Fonte: Google Earth.

No Brasil, a concentração máxima para lançamento de efluentes contaminados com óleos e graxas de origem mineral, provenientes de qualquer fonte poluidora é estabelecida em 20 mg/l, através da Resolução N° 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 17 de março de 2005, complementada e alterada pela Resolução N° 430 do CONAMA, de 13 de maio de 2011.

Os Sistemas de Separação Água/Óleo – SSAO em aeroportos têm como objetivo a coleta de um efluente contaminado com graxa, óleos lubrificantes e combustíveis de aeronaves, veículos e equipamentos através de um sistema de captação dotado de calhas, canaletas, valas, tubulações, etc., e seu posterior tratamento com base na passagem desse efluente através de um SAO, que realiza por diferenças de densidade entre os materiais, a separação da matéria contaminante da água, até um nível de concentração definido em projeto, que possibilite o seu lançamento a um sistema de esgoto ou diretamente ao meio ambiente.

Os SAO's instalados para tratamento de efluentes oriundos de lavagem de aeronaves, pisos de hangares, oficinas e postos de abastecimento são facilmente encontrados no mercado e possuem capacidades da ordem de dezenas de litros por segundo, uma vez que são fabricados para pequenas vazões de projeto. Por outro lado, os SAO's necessários ao tratamento de efluentes provenientes de águas pluviais que escoam em pátios e pistas de aeroportos, além de apresentarem maiores custos e dificilmente serem encontrados no mercado, apresentam maior porte e ocupam grandes espaços, que muitas vezes são de difícil disponibilidade em áreas aeroportuárias. As vazões dos sistemas de captação das águas pluviais para esses casos são da ordem de centenas de litros por segundo, devendo ser adotados critérios de dimensionamento específicos, de forma a viabilizar a sua implantação.

## SEPARADORES DE ÁGUA E ÓLEO

Os SAO's são utilizados para receber águas e efluentes contaminados com óleos, graxas e combustíveis provenientes de locais onde haja grande circulação de veículos ou manuseio de

equipamentos que utilizam hidrocarbonetos derivados do petróleo, tais como oficinas, estacionamentos, postos de combustível, áreas de estocagem, aeroportos, etc. A separação física entre a água e o óleo é feita pela ação da gravidade através da diferença de densidade dos materiais.

Segundo o EPA (1999), os SAO's são compostos por uma série de câmaras que promovem a sedimentação dos materiais sólidos em suspensão e a separação do óleo livre presente nas águas provenientes dos deflúvios superficiais. A maioria dos SAO's também contém telas para retenção de detritos maiores ou flutuantes e os mais recentes projetos incluem uma unidade de coalescência que possibilita um aumento na eficiência da separação água/óleo.

A adição de uma unidade ou módulo de coalescência ao SAO pode aumentar significativamente a sua eficácia na separação água/óleo e ao mesmo tempo reduzir o tamanho da unidade de separação. Os módulos coalescentes são feitos a partir de materiais que possuem afinidade em atrair o óleo, tais como polipropileno ou outros materiais oleofílicos. Estas unidades atraem pequenas gotículas de óleo promovendo a sua concentração, até que sejam suficientemente grandes para ascenderem com maiores velocidades até a superfície do líquido, conforme ilustrado na Figura 2. Sem essas unidades, o óleo e as partículas de graxa deverão concentrar-se e separar-se naturalmente. Isto requer uma área de superfície do SAO muito maior e, por conseguinte, as unidades que não utilizam os módulos coalescentes, serão bem maiores.

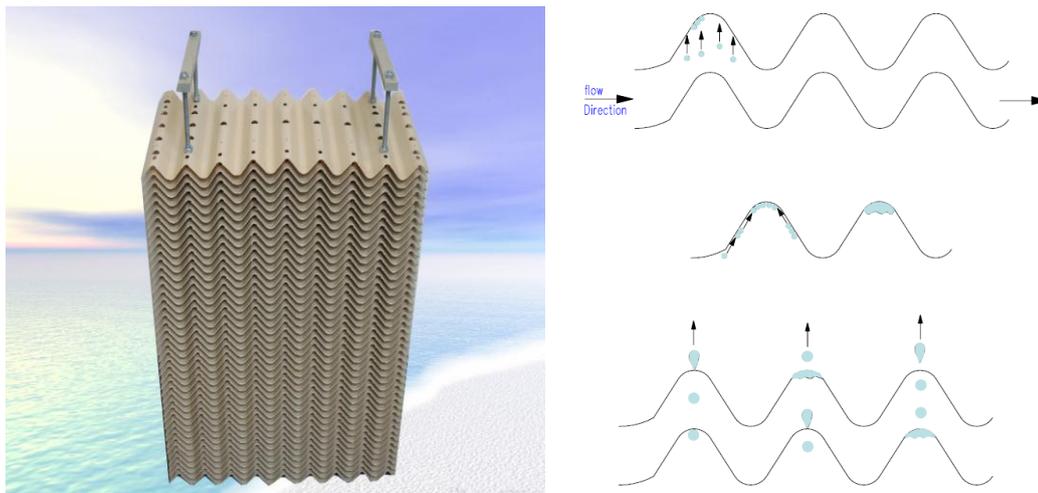


Figura 2 – Placas coalescentes e mecanismo de aglutinação das partículas de óleo.  
Fonte: FREYLIT UMWELTTECHNIK GmbH.

Segundo Azevedo (2007), um dos aspectos considerados na escolha de um SAO em aeroportos está relacionado à manutenção e à especialização de pessoal para operações de retro lavagem. Levando em consideração os custos de operação, os SAO mais empregados e existentes no mercado restringem-se a dois tipos: os separadores tipo API, que seguem a Publicação nº 421 do American Petroleum Institute – API (API, 1992) e os separadores com placas coalescentes, também chamados de TPI (Tilted Plate Interceptor).

Os separadores API são formados por três câmaras, sendo a primeira para sedimentação de partículas sólidas presentes no fluxo, a segunda para deposição do óleo na superfície da lâmina líquida e a terceira para descarga. Óleo emulsionado e pequenas partículas de óleo, com diâmetro inferior a 150 µm não são separados. A concentração do efluente após o tratamento é reduzida para cerca de 50 mg/l.

Os separadores com placas coalescentes são formados pela superposição de inúmeras placas paralelas corrugadas, inclinadas de 45° a 60° e separadas entre si de 20 a 40 mm. Essa superposição produz um aumento de área efetiva de separação entre o óleo e a água, resultando em unidades compactas de menor volume (Figura 3). Os SAO's com placas coalescentes são mais adequados quando se deseja separar glóbulos maiores ou iguais a 60 µm e reduzem a concentração do efluente para cerca de 10 mg/l.

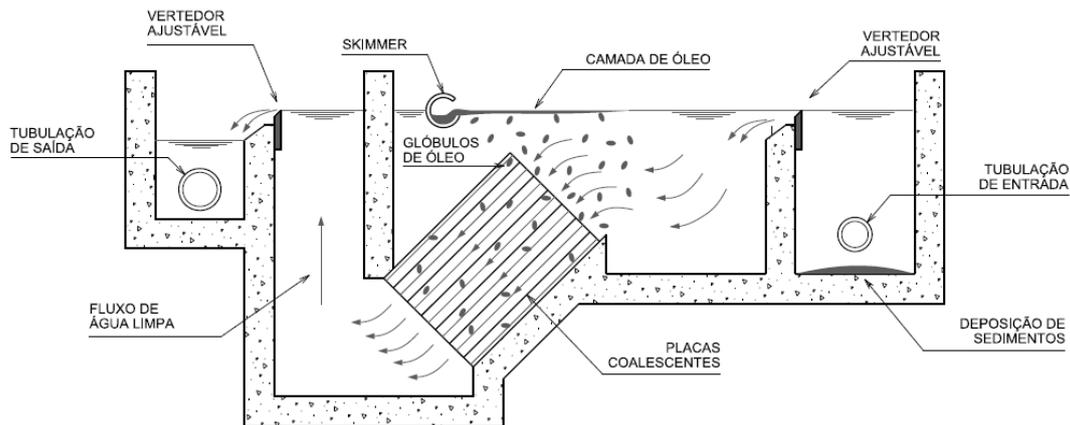


Figura 3 – Separador água/óleo com módulo de placas coalescentes.

Nos separadores de placas coalescentes as águas oleosas são introduzidas no sistema e passam através de uma chicana de forma a orientar o fluxo e quebrar a energia. A seguir, o efluente passa por blocos de placas onduladas inclinadas onde as gotículas de óleo são interceptadas, de forma que as partículas separadas aglutinam-se no topo das ondulações das placas e pelo efeito da inclinação, fluem para cima. Na superfície, o óleo é removido por meio de um tubo coletor (*skimmer*).

Segundo Auckland Regional Council (2003), dados disponíveis sobre a distribuição do tamanho das gotículas de óleo existentes em águas pluviais provenientes de locais de armazenagem de combustível indicam que cerca de 80% das gotículas (por volume) são superiores a 90 µm e 30% são superiores a 150 µm de diâmetro. Tradicionalmente, os SAO's eram utilizados para separar gotículas de até 150 µm, resultando em efluentes com concentração de óleos e graxas entre 50 e 60 mg/l. As normas para as descargas de efluentes provenientes de áreas industriais na Austrália estabelecem concentrações de óleos e graxas entre 10 e 20 mg/l, que corresponde à remoção de gotículas superiores a 60 µm.

A fim de evitar partículas muito diminutas, é importante que os efluentes na rede e canais de drenagem, sejam esgotados cuidadosamente, evitando regimes turbulentos de escoamento (Azevedo, 2007; EPA, 1999).

## CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Historicamente, os Separadores de Água/Óleo foram instalados para tratamento do escoamento de águas pluviais em áreas industriais militares, sujeitas a elevados volumes de precipitação (ETL, 1994).

Apesar da quantidade de óleo resultante de pequenos vazamentos de aeronaves aparentar ser uma insignificante preocupação, quando misturada à água de chuva proveniente do escoamento

superficial em pavimentos aeroportuários contaminados, faz-se necessário para o seu tratamento a adoção de um conjunto de critérios face ao elevado volume de efluente contaminado gerado (ETL, 1994).

Grandes volumes de águas pluviais acarretam dois tipos de problemas. Em primeiro lugar, a maioria dos SAO's, não têm capacidade para tratar grandes volumes de efluente. Assim, em picos de vazão, o fluxo de água que circulará no separador não possibilitará um tempo de detenção suficientemente adequado, resultando em um mau tratamento. Isto pode fazer com que, a maior parte do óleo presente no efluente contaminado seja liberado do separador. O segundo problema surge a partir da descarga de grandes quantidades de resíduos oleosos em esgotos sanitários, e no efeito que tem sobre as Estações de Tratamento de Esgoto (ETL, 1994).

Para dimensionamento dos SSAO, primeiramente deve-se definir se a caixa separadora será posicionada *on-line* ou *off-line*. Sistemas *on-line* são projetados para atender a vazões de pico das áreas de contribuição.

Segundo o EPA (1999), os SSAO são tipicamente utilizados em configurações *off-line*, ou seja, apenas uma parte do escoamento superficial (*runoff*) será direcionada ao SAO. Geralmente, estruturas *off-line* são dimensionadas considerando um volume correspondente para um *first flush* de 13 mm de chuva que precipita sobre as áreas de drenagem. Após atingido esse volume e por meio de um dispositivo de passagem livre (*by-pass*), todo o excedente do escoamento deverá ser direcionado diretamente ao sistema de drenagem sem necessidade de tratamento. O projeto de estruturas *on-line* tende a resultar em elevadas vazões que favorecem regimes turbulentos de escoamento e grande quantidade de sólidos em suspensão, contribuindo para redução da eficácia do SSAO.

Conforme Tomaz (2006), estudos realizados no Município de Mairiporã, Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, apontam que, para 90% das precipitações acima de 2 mm (que produzem *runoff*), obteve-se um *first flush* de 25 mm e uma redução de 80% dos Sólidos Totais em Suspensão, bem como de outros poluentes.

Para projeto de SSAO em aeroportos pode-se utilizar tanto configurações *on-line* quanto *off-line*, desde que se estabeleçam critérios bem definidos de projeto. Estruturas *on-line* são mais indicadas em áreas que não resultem em elevadas vazões de pico. Assim, para locais como pisos de hangares, estacionamento de veículos em áreas cobertas, vias de serviço internas ao Terminal de Passageiros, Terminais de Carga, etc., que estarão sujeitos apenas a lavagens de pisos e veículos, bem como a pequenas manutenções de aeronaves, terão seus SSAO dimensionados com base em vazões de mangueiras e torneiras, resultando em pequenas vazões de projeto. Para esses casos, há uma grande variedade de SAO's pré-fabricados existentes no mercado com baixos custos de aquisição e de aplicabilidade direta. Por outro lado, nos locais onde há incidência de precipitações, como nos pátios de aeronaves e pistas de pouso e taxiamento, as vazões de projeto dos sistemas de drenagem são substancialmente mais elevadas, o que acarreta a adoção de SAO em paralelo, resultando em maiores custos de implantação e necessidade de mais espaço para ocupação.

Portanto, critérios específicos de projeto deverão ser adotados, tendo como princípio que os SSAO para grandes vazões deverão ser projetados em configurações *off-line* e dimensionados para tratar apenas a parte inicial da precipitação que produz *runoff*, como uma forma de pré-tratamento, antes descartá-la ao meio ambiente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implantação de SAO em configurações *off-line* tende a diminuir os custos de implantação e manutenção dos SSAO para áreas de pistas e pátios de aeroportos. Porém, os valores de *first flush* utilizados para dimensionamento, ainda não mostram suficientemente adequados face à realidade encontrada nos aeroportos.

Com base nos estudos de Murça (2011), realizados em telhados de hangares em instalações militares da Força Aérea Brasileira, a adoção de um descarte de 1,5 mm da precipitação inicial pode ser considerada satisfatória para aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

Os valores de 13 mm e 25 mm obtidos pelo EPA (1999) e por Tomaz (2006) para a RMSP, respectivamente, foram determinados com base em estudos conduzidos em locais externos a áreas aeroportuárias. O *first flush* estabelecido pelo EPA é recomendado para áreas de até 0,4 hectares, uma vez que foi concebido para áreas urbanas que, devido a grande variabilidade na topografia, favorecem a ocorrência de regimes turbulentos de escoamento, que contribuem para reduzir a eficácia na separação água/óleo. Por outro lado, o valor de *first flush* obtido para RMSP considera a precipitação total necessária para lavar áreas urbanas de toda a carga poluente existente no *runoff*, que inclui, além de óleos e graxas, lixo nas ruas, poeira nos telhados e superfícies impermeabilizadas, fezes de animais domésticos, pedaços de grama, partículas de solo, entre outros.

Por questões de segurança operacional e obrigatoriedade de adequação a padrões internacionais, áreas aeroportuárias diferem de áreas urbanas em muitos aspectos que podem influenciar diretamente na determinação do *first flush* a ser utilizado no dimensionamento de SSAO. Entre eles, destacam-se a topografia plana, a presença de áreas gramadas, ausência de lixo e partículas sólidas que são potenciais causadores de danos a turbinas de aeronaves e menor quantidade de fezes de animais domésticos e pássaros. Além disso, em projetos de drenagem para pavimentos aeroportuários, são adotadas técnicas para reduzir a ocorrência de transporte de sedimentos e elevadas velocidades, favorecendo regimes laminares de escoamento e a diminuição da quantidade de sólidos em suspensão.

## CONCLUSÕES

A carência de normas e procedimentos que estabeleçam critérios e condicionantes de projeto para Sistemas de Separação Água/Óleo tem sido uma potencial dificuldade para projetistas de sistemas de drenagem oleosa em áreas aeroportuárias.

Na falta de dispositivo normativo específico, o valor de 13 mm, estabelecido pelo EPA (1999), mostra-se ser adequado ao dimensionamento de SSAO para aeroportos, quando aplicado a áreas de até 0,4 ha. Para áreas superiores a 0,4 ha recomenda-se a subdivisão em áreas menores com implantação de SAO separados.

Sugere-se um estudo específico de *first flush* para áreas de aeroportos sujeitas à ocorrência de respingos e vazamentos de óleos, graxas e combustíveis, pois este será de grande contribuição ao meio técnico para dimensionamento de SSAO.

## REFERÊNCIAS

- API (1992). American Petroleum Institute. API Publication 421: Monographs on Refinery Environmental Control – Management of Water Discharges – Design and Operation of Oil/Water Separators. Washington D. C., 50 p.
- AUCKLAND (2003). Stormwater Treatment Devices Design Guideline Manual, Technical Publication, Chapter No. 10. Auckland Regional Council. Auckland, 9 p.
- AZEVEDO, H. P. M. (2007). Descrição do Projeto do Sistema Separador de Água e Óleo do Aeroporto de Congonhas. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 82 p.
- BRASIL (2005). Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005.
- BRASIL (2011). Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 mai. 2011.
- EPA (1999). United States Environment Protection Agency. EPA 832-F-99-029: Storm Water Technology Fact Sheet – Water Quality Inlets. Washington, D. C., 6 p.
- ETL (1994). Army Engineering Technical Letter. 1110-3-4666 Selection and Design of Oil/Water Separators at Army Facilities. 45 p.
- FREYLIT UMWELTTECHNIK GmbH, obtido do endereço: <http://www.freylit.com/Produktinfo%20englisch/Oil%20Separators/General%20Information%20Oilseparator.pdf>
- MURÇA, M. C. R. (2011). Aproveitamento de águas pluviais em instalações militares do Comando da Aeronáutica: aplicação ao caso do PAMA-GL. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos-SP, 139 p.
- RAY, S.; KHILLARE, P.S.; AGARWAL, T.; SHRIDHAR, V. (2008). Assessment of PAHs in Soil Around the International Airport in Delhi, India. *Journal of Hazardous Material* 2008, pp. 9 – 16.
- SULEJ, A.M.; POLKOWSKA, Z.; NAMIESNIK, J. (2011). Contamination of Runoff Water at Gdansk Airport (Poland) by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Polychlorinated Biphenyls (PCBs). *Journal Sensors* 2011, pp. 11901 – 11920.
- TOMAZ, P. (2006). *Poluição Difusa*. Navegar Editora. São Paulo-SP, 446 p.