

**VI-047 – PROSPECÇÃO DOS FATORES INTERVENIENTES NA FORMAÇÃO DE ESPUMA EM RIOS – ESTUDO DE CASO: RIO TIETÊ NA REGIÃO DE SALTO EM SÃO PAULO****Danielle Polidório Intima<sup>(1)</sup>**

Bacharel em Química pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Especialista em Engenharia de Controle da Poluição Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP). Doutora em Química Analítica pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ/USP). Química do Departamento de Controle de Qualidade dos Produtos Água e Esgoto da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

**Márcia Moribe**

Bacharel em Química pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ/USP). Especialista em Engenharia de Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP). Supervisora dos laboratórios do Departamento de Controle de Qualidade dos Produtos Água e Esgoto da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

**André Luis Góis Rodrigues**

Bacharel em Química pela Universidade Mackenzie. Mestre em Físico-química pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ/USP). Gerente do Departamento de Controle de Qualidade dos Produtos Água e Esgoto da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

**Marcelo Morgado**

Engenheiro Químico pelo Instituto Militar de Engenharia (IME). Especialista em Administração Financeira pela Fundação Getúlio Vargas. Especialista em Gestão Ambiental pela Universidade Estadual de Campinas. Assessor de meio ambiente da Presidência da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Conselheiro Saraiva, 519 - Santana - São Paulo - SP - CEP: 02037-021 - Brasil - Tel: (11) 2971-4158 - e-mail: [dpolidorio@sabesp.com.br](mailto:dpolidorio@sabesp.com.br)

**RESUMO**

A descarga de esgotos sanitários, efluentes industriais e de poluição difusa, contendo componentes tensoativos, ao atravessar a Região Metropolitana de São Paulo, contribui para a formação de espuma no rio Tietê na região de Salto. Na época de estiagem, a situação se torna crítica devido à redução da vazão que chega a 50%, favorecendo maior formação de espuma, devido ao aumento da concentração de poluentes. Em Santana de Parnaíba, a concentração de detergente é de 2,3 mg L<sup>-1</sup>. Para formar espuma, a presença de 0,5 mg L<sup>-1</sup> já é suficiente. Além disso, de São Paulo a Salto, o rio tem um desnível de 235 metros, o que gera turbulência significativa. Além do incômodo pelo mau cheiro e evolução no ar, a espuma, abriga microorganismos e o contato com a mesma é indesejável, podendo provocar irritações. Em face a esta problemática, foi realizada a avaliação da influência da concentração de tensoativos, fosfatos, dureza, óleos e graxas sobre a formação de espuma nas águas do rio Tietê, através de testes de espumabilidade. Foi realizado planejamento fatorial que permitiu conhecer o efeito isolado e combinado de cada parâmetro, concluindo-se que todas as associações contendo fosfatos apresentaram maior volume de espuma formado. Em decorrência disto, conclui-se que é imprescindível estabelecer limites decrescentes para banir a presença de fosfatos em tensoativos, e promover educação ambiental de consumidores para evitar o uso excessivo do produto, campanhas para reduzir a poluição difusa e reestudo de processos industriais de limpeza para reduzir consumo de tensoativos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Espuma em corpos hídricos, tensoativos, fosfato, dureza, óleos e graxas.

**INTRODUÇÃO**

A formação de espumas se dá pela turbulência em presença de tensoativos nas águas. Nestas condições, detergentes, sabões e substâncias naturais com ação semelhante diminuem a tensão superficial da água, propiciando estabilidade na formação da espuma branca, ao aprisionar ar engolfado pela agitação o corpo d'água.(ALVES et al., 2004; FCTH, 2005).

Matéria orgânica, óleos e graxas também proporcionam a formação de espumas, porém no caso de estações de tratamento de esgotos e no rio Tietê são os tensoativos os grandes responsáveis pela sua formação. Estes são encontrados nos detergentes líquidos, sabões, cremes dentais, xampus, condicionadores, desinfetantes e produtos de limpeza em geral. (Barbosa e Valério, 2005)

Os tensoativos, também conhecidos como surfactantes, apresentam em sua estrutura uma porção lipofílica (atraída pelo óleo ou gordura) e uma porção hidrofílica (atraída pela água). A porção lipofílica adere aos óleos e graxas e a hidrofílica permite que as gotículas de OG fiquem emulsionadas em água. Os detergentes empregados atualmente classificam-se em três categorias: aniônicos, anfóteros e não-iônicos. Os detergentes aniônicos são os mais usados e são constituídos por álcoois graxos sulfatados como os laurilsulfatos, lauriléteres sulfatos, as sarcosinas e os sulfossuccinatos (DRAELOS, 1991). Dentro de cada grupo desses, existem várias substâncias que estão disponíveis no mercado. Os surfactantes iônicos representam 2/3 dos surfactantes utilizados, e os não iônicos representam 1/3. Os surfactantes catiônicos (Ex: são utilizados em pequena escala e normalmente são mais empregados para propósitos cosméticos e de desinfecção do que por suas propriedades detergentes).

Como mencionado anteriormente, as espécies surfactantes combinam em uma única molécula um grupo fortemente hidrofóbico com um fortemente hidrofílico. O grupo hidrofóbico é geralmente um radical de hidrocarboneto que contém de 10 a 20 átomos de carbono. A parte hidrofílica pode ser de dois tipos: os que se ionizam e os que não se ionizam em água. Os surfactantes iônicos são subdivididos em duas categorias, podendo apresentar carga positiva,  $(RMe_3N)^+ Cl^-$ , ou negativa,  $(RSO_3)^- Na^+$ , onde R é um grupo alquil linear secundário de 10 a 14 átomos de carbono. (APHA, 2005)

A descarga de detergentes e sabões nas águas naturais, através dos esgotos sanitários e dos efluentes industriais, afeta o poder autodepurador dos corpos d'água e sabe-se que, mesmo em baixas concentrações, os tensoativos provocam a formação de espuma.

Na bacia do Alto Tietê as vazões são baixas em decorrência da proximidade das cabeceiras e o rio tem capacidade de diluição e regeneração natural reduzidas frente ao volume de poluentes gerado pela maior metrópole da América do Sul. Isto torna mais desafiadora a recuperação da qualidade no trecho metropolitano. Na época de estiagem, a vazão dos rios, córregos e da calha principal é ainda mais reduzida, favorecendo maior formação de espuma, devido ao aumento da concentração de componentes tensoativos no esgoto, efluentes industriais e na poluição difusa (lixo, despejos clandestinos como lavagem de calçadas, veículos dentre outros). O esgoto doméstico não tratado pode chegar a 28% da vazão total no período de estiagem (Ecodebate, 2010). Isto a despeito de avanços que aumentaram a coleta para 85% e o tratamento para 72% em 2010, na base operada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), somando-se o esgoto que a Sabesp recebe e trata de alguns municípios não operados e que responde por 1,5%.

Depois que passa pela RMSP, o rio Tietê apresenta uma vazão média anual de  $116 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . No período de chuvas, a vazão chega a  $160 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , mas durante a estiagem, de abril a setembro, este valor é de  $70 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Desse total,  $20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  são esgotos lançados sem tratamento na RMSP. Cerca de  $15 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  são efluente final das 5 estações de tratamento de esgoto (ETEs) de grande porte e 21 de menor porte operadas pela Sabesp, que atendem 32 dos 39 municípios da região. Dentre os  $20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  lançados *in natura*, cabe destacar a contribuição de municípios não operados como Guarulhos, este com 1,2 milhão de habitantes e situado à montante da capital, com uma contribuição de quase metade, cerca de  $9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . (FCTH, 2005)

Em Santana de Parnaíba, a concentração média de tensoativos é de  $2,3 \text{ mg L}^{-1}$ . Para formar espuma, a presença de  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$  já é suficiente. Além disso, de São Paulo a Salto, o rio apresenta um desnível de 235 metros, o que gera turbulência significativa. Além do incômodo pelo mau cheiro e evolução no ar, a espuma, abriga microorganismos e o contato com a mesma é indesejável, podendo provocar irritações nas vias aéreas superiores.

A indústria nacional de produtos de limpeza utiliza largamente fosfatos no abrandamento da água, visando proporcionar melhor umectação. O componente usual é o tripolifosfato de sódio (STPP –  $Na_5P_3O_{10}$ ), que atua como “builder”, servindo para abrandar a água, reduzindo a dureza (sais de cálcio e magnésio) e levando à maior formação de espuma. Entende-se que os teores são ainda majorados pela demanda dos consumidores por mais espuma, devido à crença errônea, mas arraigada, que mais espuma significa mais limpeza. No mundo

desenvolvido, o uso de fosfatos vem sendo banido, sendo substituído por zeólitas. O Brasil está caminhando neste sentido e, para isso, foi emitida a resolução CONAMA 359/05 estabelecendo limites para fosfato. Por outro lado, o fósforo é o macronutriente controlador do processo de eutrofização de corpos d'água, sendo relevante no fenômeno de proliferação de algas em represas e lagos naturais. O fósforo é ainda um elemento químico relativamente escasso na litosfera e consumido intensamente na atividade agrícola nos fertilizantes NPK (nitrogênio, fósforo e potássio). Ocorre que o tratamento convencional de esgoto (lodos ativados) somente remove parcialmente (~25%) a carga de fósforo.

Com base no exposto, este trabalho tem por objetivo avaliar a influência da concentração de tensoativos, fosfatos, temperatura, óleos e graxas sobre a formação de espuma nas águas do rio Tietê, visando conhecer o efeito isolado e combinado sobre a espumabilidade, permitindo avaliar o comportamento de cada fator e a sinergia entre eles e assim subsidiar ações de controle.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar a prospecção do papel do esgoto na formação de espuma, este estudo foi desenvolvido em etapas, tais como: avaliação do perfil dos esgotos lançados no rio Tietê; coleta e caracterização de amostras de água do rio Tietê na região onde ocorre a formação da espuma, esta etapa foi realizada nos meses de novembro de 2010, janeiro, março e maio de 2011, afim de avaliar o comportamento do corpo hídrico; avaliação da influência isolada e conjunta da concentração de tensoativos, fosfatos, dureza, óleos e graxas sobre a formação de espuma.

Primeiramente, foi avaliado o perfil dos esgotos lançados nos últimos 12 meses. Com base nos dados obtidos, constatou-se a presença de uma concentração média de  $7,0 \text{ mg L}^{-1}$  em fosfatos,  $5,0 \text{ mg L}^{-1}$  em dureza,  $42 \text{ mg L}^{-1}$  em óleos e graxas e  $6,0 \text{ mg L}^{-1}$  em surfactantes.

Para avaliar a influência da concentração tensoativos, fosfatos, dureza, óleos e graxas sobre a formação de espuma, foram adicionadas quantidades crescentes de cada composto mencionado sobre 500 mL de amostra de água do rio Tietê.

Para adição de tensoativo foi utilizada uma solução contendo  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  de Dodecil Benzeno Sulfonato de Sódio (Lote 25155, CRQ), a partir desta solução foram preparadas as amostras contendo diferentes concentrações do composto.

O fosfato foi inserido nas amostras a partir da solução estoque  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  em Fosfato (Lote F09I379J, IsoSol).

A inserção de óleos e graxas foi realizada pesando-se diferentes massas de uma mistura de óleo vegetal e óleo mineral 1:1 (m/m), em balança analítica (Sartorius, LA230S).

Para avaliar a sinergia decorrente da presença de todos os parâmetros em conjunto, foram preparadas amostras com diferentes concentrações apresentadas na Tabela I.

A tabela I foi delineada pelo software STATGRAPHICS PLUS 3.0, apresentando um planejamento fatorial  $2^4$ . Este consiste em uma ferramenta estatística importante e simples, que permite a observação dos efeitos de cada parâmetro e de suas interações para entender os processos que estão sendo monitorados no sistema.

A aplicação do planejamento fatorial, tanto na parte de preparo das amostras quanto no número de experimentos a ser realizado, contribuiu para rastrear adequadamente o espaço amostral, na busca de tirar informações sobre as variáveis que afetam o sistema.

**Tabela I: Amostras para os testes de espumação**

Experimento	Fosfato (mg L <sup>-1</sup> )	Dureza (mg L <sup>-1</sup> )	Óleos e Graxas (mg L <sup>-1</sup> )	Tensoativos (mg L <sup>-1</sup> )
1	15	0	100	0
2	0	10	0	15
3	7,5	5	50	7,5
4	15	10	100	0
5	0	0	100	0
6	0	10	100	15
7	0	0	0	15
8	0	10	100	0
9	15	10	0	0
10	15	10	100	15
11	15	10	0	15
12	0	0	0	0
13	15	0	100	15
14	0	0	100	15
15	15	0	0	0
16	15	0	0	15
17	0	10	0	0

O Teste de formação de espuma foi realizada com base na metodologia ASTM D 3601-88 (Teste de frasco). Este método foi adaptado de forma a reproduzir o mesmo fenômeno que ocorre no rio Tietê, ao invés de agitação manual do frasco fechado, foi realizado o teste de formação de espuma proveniente do impacto por queda.

Transferiu-se 500 mL de cada amostra a uma proveta graduada de 1000 mL, lançando-se o conteúdo a um metro de altura. Após o lançamento da amostra, mediu-se imediatamente o volume de espuma formado e acionou-se o cronômetro, deixando a proveta em repouso, registrou-se a altura a cada 30 segundos até completar 5 minutos, após este tempo tem-se a medição da espuma residual.

Na etapa de caracterização das amostras foram determinadas as concentrações de tensoativos, fosfatos, dureza, óleos e graxas, além de pH e temperatura de coleta, aplicando-se metodologias baseadas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

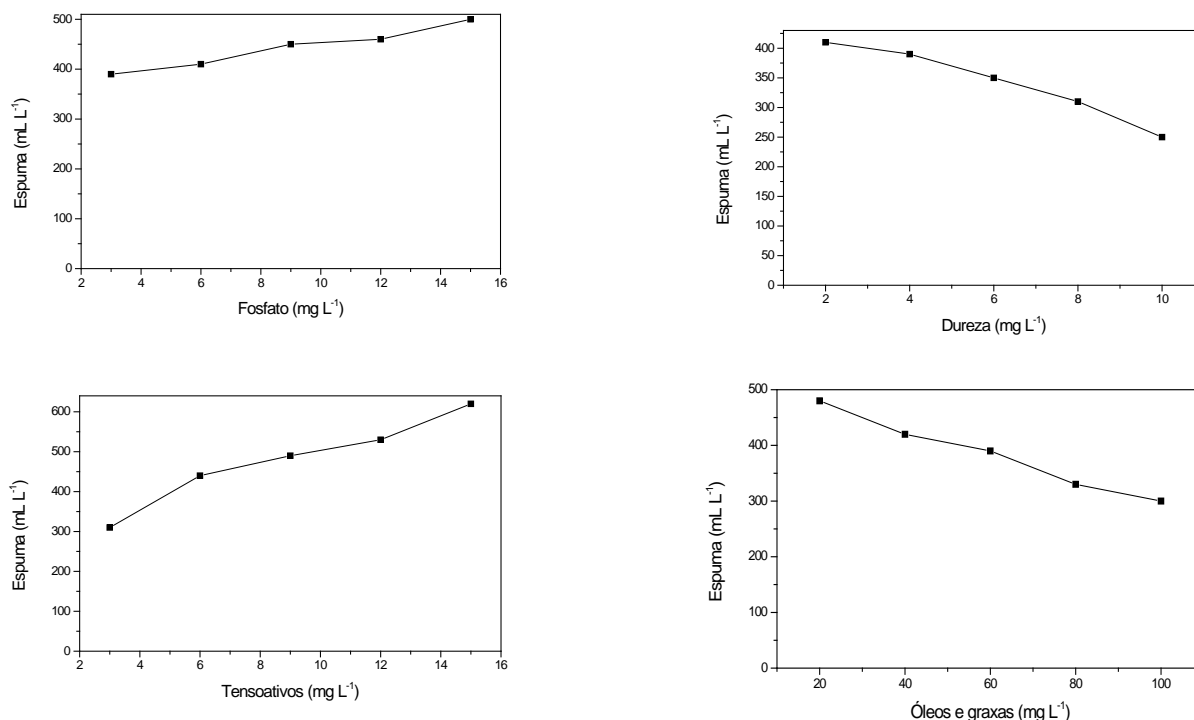
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em um primeiro momento, foi realizada a caracterização sazonal da matriz para conhecer as concentrações dos parâmetros a serem estudados. As coletas foram realizadas bimestralmente, e os pontos de amostragem foram localizados no rio Tietê, antes e após a Estação de Tratamento de Esgotos de Pirapora do Bom Jesus da Sabesp. Os resultados estão apresentados na Tabela II.

Tabela II: Resultados obtidos para caracterização das amostras

Amostragem	Temperatura (°C)	pH		DQO (mg L <sup>-1</sup> )		Dureza (mg L <sup>-1</sup> )		Fosfatos (mg L <sup>-1</sup> )		OG (mg L <sup>-1</sup> )		Tensoativos (mg L <sup>-1</sup> )	
		antes	após	antes	após	antes	após	antes	após	antes	após	antes	após
18/10/2010	23oC	6,87	7,49	167,1	105,2	0,215	0,197	2,6	1,6	20	14,7	4,9	1,7
05/01/2011	26oC	6,94	7,03	57,5	34,9	0,065	0,015	0,05	<0,002	11,2	8,3	3,1	0,95
21/03/2011	25oC	7,29	7,4	47,68	43,05	0,355	0,226	5,3	3,7	9,4	6,0	1,39	0,38
11/05/2011	22oC	6,91	7,02	470	48	0,098	0,031	2,1	1,8	8,1	5,3	9,4	3,5

O estudo da interferência isolada de cada parâmetro foi realizado utilizando-se amostras de água do rio Tietê caracterizadas na etapa anterior. Ao realizar os testes de formação de espuma com amostras apresentando concentrações crescentes de fosfato, dureza, óleos e graxas e tensoativos, foram obtidos os gráficos apresentados na Figura 1.



**Figura 1: Efeito isolado da concentração de Fosfato, Dureza, Tensoativos e Óleos e Graxas sobre a formação de espuma**

Avaliando-se os gráficos apresentados na Figura 1, constatou-se que ao aumentar a concentração de fosfato nas amostras ocorreu o aumento do volume de espuma, devido a reação entre este analito com o cálcio e o magnésio presentes na amostra, ou seja, a dureza da amostra é abrandada ocasionando uma maior formação da espuma. Já o aumento da concentração de dureza nas amostras provoca a redução do volume de espuma, uma vez que aumenta a tensão superficial da solução.

Ainda avaliando a Figura 1, tem-se o comportamento das amostras na presença de concentrações crescentes de óleos e graxas. Constatou-se que a presença de compostos oleosos inibe a formação da espuma, por reagirem com as espécies tensoativas presentes no meio, reduzindo assim o volume de espuma formado. Já a presença de tensoativos, reduz a tensão superficial, provocando o aumento do volume de espuma formado.

Dadas estas observações, foram realizadas algumas medições de tensão superficial, utilizando-se o tensiômetro (Lauda/TD1). Neste experimento foram utilizadas amostras contendo diferentes concentrações de tensoativos, fosfatos, dureza, óleos e graxas. Os resultados são apresentados na Tabela III.

**Tabela III: Resultados de tensão superficial obtidos**

Amostra sem adição	Fosfato (mg L <sup>-1</sup> )		Dureza (mg L <sup>-1</sup> )		OG (mg L <sup>-1</sup> )		Tensoativos (mg L <sup>-1</sup> )	
Tensão Superficial (mN m <sup>-1</sup> )	5	10	5	10	50	100	5	10
75,8	72,7	68,2	75,9	77,3	44,1	50,1	52,1	47,2
75,4	72,5	68,6	75,8	77,8	57,5	61,6	53,2	47,3
75,2	72,9	68,4	75,9	77,5	52,3	49,7	52,1	48,3

Observando-se os resultados apresentados na Tabela III, comprova-se que a alteração da tensão superficial do meio líquido é responsável pela formação de espuma no meio, confirmando as constatações do estudo de espumabilidade realizado.

Para avaliar a sinergia de interação entre os parâmetros estudados, foi delineado e executado o planejamento fatorial 2<sup>4</sup> já mencionado, conforme Figura 2.

```
Design Summary
-----
Design class: Screening
Design name: Factorial                2^4
File name: C:\Documents and Settings\Dani\Meus documentos\ABES\superficie 18 05 11.sfx

Base Design
-----
Number of experimental factors: 4   Number of blocks: 1
Number of responses: 1             Number of centerpoints per block: 1
Number of runs: 17                 Error degrees of freedom: 6
Randomized: Yes

Factors                Low           High           Units           Continuous
-----
Fosfato                0,0           15,0           mg/L            Yes
Dureza                 0,0           10,0           mg/L            Yes
OG                     0,0           100,0          mg/L            Yes
Surfactante            0,0           15,0           mg/L            Yes

Responses              Units
-----
Var_1                  mg/L

The StatAdvisor
-----
You have created a Factorial design which will study the effects of
4 factors in 17 runs. The design is to be run in a single block. The
order of the experiments has been fully randomized. This will provide
protection against the effects of lurking variables.
```

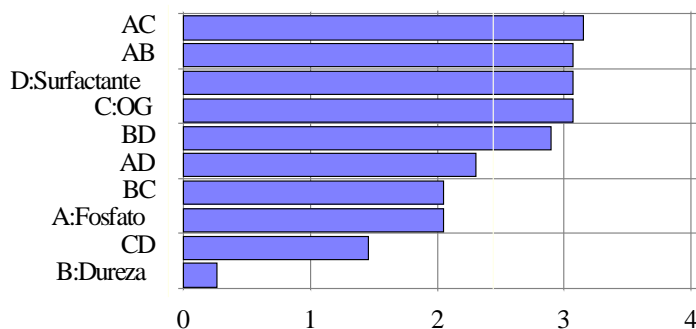
**Figura 2: Delineamento do planejamento fatorial 2<sup>4</sup> (STATGRAPHICS PLUS 3.0)**

Após a realização de todos os experimentos definidos pelo programa estatístico, registrou-se as respostas com o intuito de avaliar a influência de cada parâmetro assim como a influência das interações entre eles. A Tabela IV apresenta os resultados obtidos.

Tabela IV: Resultados obtidos no planejamento fatorial

Experimento	Fosfato (mg L <sup>-1</sup> )	Dureza (mg L <sup>-1</sup> )	Óleos e Graxas (mg L <sup>-1</sup> )	Tensoativos (mg L <sup>-1</sup> )	Espuma (mL L <sup>-1</sup> )
1	15	0	100	0	200
2	0	10	0	15	290
3	7,5	5	50	7,5	350
4	15	10	100	0	220
5	0	0	100	0	150
6	0	10	100	15	400
7	0	0	0	15	400
8	0	10	100	0	500
9	15	10	0	0	400
10	15	10	100	15	350
11	15	10	0	15	500
12	0	0	0	0	300
13	15	0	100	15	500
14	0	0	100	15	350
15	15	0	0	0	500
16	15	0	0	15	600
17	0	10	0	0	400

Executando-se o tratamento estatístico foram obtidas as estimativas de interferência entre os quatro parâmetros. Na Figura 3, estes valores são apresentados em diagrama de paretos, facilitando a avaliação.

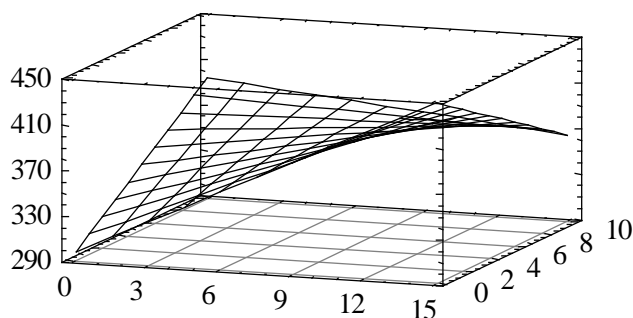


**Figura 3: Efeitos principais e de interação para formação de espuma , onde A=Fosfato, B=Dureza, C=Óleos e graxas e D=Surfactante**

Observando-se a Figura 2, constatou-se que as interações entre fosfato e óleos e graxas (AC), assim como fosfato e dureza (AB) são os principais fatores que contribuem para a formação da espuma, seguidos da presença de óleos e graxas e das interações entre os parâmetros que apresentam menor contribuição. É importante observar que as interações contendo fosfatos apresentam maior volume de espuma formado.

A Figura 4 apresenta a superfície de resposta para a formação da espuma. Este tipo de visualização é importante, pois pode-se avaliar o comportamento do sistema em qualquer ponto do campo amostral.





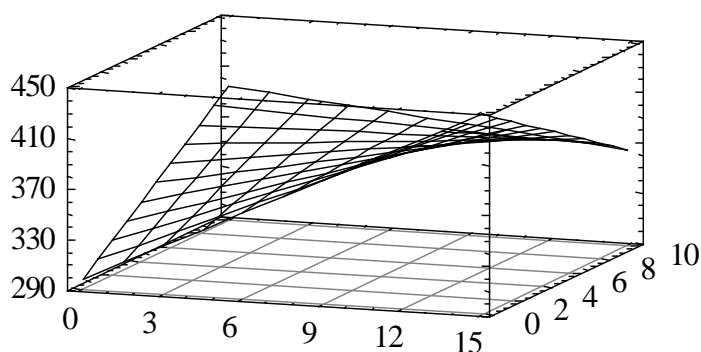
**Figura 4: Superfície de resposta para formação da espuma**

## CONCLUSÕES

Com base no exposto, conclui-se que todas as interações que apresentam fosfatos estão associadas à maior formação de espuma. Este fato pode ser explicado considerando que espécies fosfatadas são adicionadas aos detergentes com o intuito de reagir com o cálcio e o magnésio presentes na água de consumo, de forma a abrandar a dureza e potencializar a eliminação de gorduras dentre outros resíduos a serem removidos pela ação do detergente. Logo, a presença de fosfatos auxilia no sentido de reduzir ainda mais a tensão superficial dos corpos d'água formando maior número de bolhas de ar.

Infelizmente, prevalece no Brasil a crença errônea que associa mais espuma à maior ação limpadora. Isto conduz ao excesso do uso de fosfatos na formulação. No mundo desenvolvido, seu uso vem sendo banido e através da ANVISA, o Ministério da Saúde está caminhando neste sentido. O fósforo é o macronutriente controlador do processo de eutrofização de corpos d'água, sendo relevante no fenômeno de afloração de algas em represas e lagos naturais. Por outro lado, o fósforo é um elemento químico relativamente escasso na litosfera e consumido intensamente na atividade agrícola nos fertilizantes NPK. Ocorre que o tratamento secundário somente remove parcialmente (~25%) da carga de fósforo. Por isso, milhares de toneladas seguem para rios e lagos. Assim o uso em detergentes é altamente indesejável, pois além da poluição, provoca a depleção de um recurso natural escasso, essencial à agricultura e, portanto, à sobrevivência da humanidade.

Com base no estudo realizado, é imperativo estabelecer limites decrescentes para banir a presença de fosfatos em tensoativos, educação ambiental de consumidores para evitar o uso excessivo do produto, campanhas para reduzir a poluição difusa e reestudo de processos industriais de limpeza para reduzir consumo de tensoativos.





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, B. H.; MOCHIDA, G. A.; CRUZ, G. J. G.; DUMA, M.; GOMES, C. S., 2005. Precipitação química e cloração para combate a maus odores em estações de tratamento de esgoto anaeróbias. Sanare – Revista Técnica da Sanepar, Curitiba, v. 21, n. 21, p. 19-32.
2. American Public Health Association - APHA, 2005. Surfactants – 5540 A. Introduction. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th Edition, United States of America.
3. ANVISA, 2010. <[http://www.anvisa.gov.br/legis/decretos/79094\\_77.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/decretos/79094_77.htm)>, acessado em maio 2010.
4. ANVISA, 2010. <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/01\\_78.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/01_78.htm)>, acessado em maio 2010.
5. Barbosa e Valério, 2009. Formação de espumas e gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) no rio Tietê, município de Pirapora do Bom Jesus, e sua relação com o Sistema de Tratamento das Águas do Rio Pinheiros. Anais II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade, Taubaté, Brasil, p. 199-206.
6. CONAMA, 2010. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>, acessado em junho 2010.
7. DRAELOS, Z., 1991. Cosméticos em dermatologia. Porto Alegre, Artes Médicas, 223 p.
8. Ecodebate, 2010. <<http://www.ecodebate.com.br/2008/07/03/rio-tiete-na-regiao-de-salto-na-estagem-a-concentracao-de-esgoto-equivale-a-50-da-vazao-total-do-rio/>>. Acessado em maio 2010.
9. FUNDAÇÃO CENTRO DE TECNOLOGIA HIDRÁULICA – FCTH, 2005. Estudo sobre a formação de espumas nas barragens do Rio Tietê: Efeitos da implantação de central hidrelétrica na Barragem de Pirapora – Relatório Final, São Paulo, Brasil.
10. Globo, 2010. <http://g1.globo.com/Noticias/SaoPaulo/0,,MUL632918-5605,00.html>.> Acessado em maio 2010.
11. Teixeira, S.M.L. e Cartonilho, M.M, 2007. Avaliação do Nível de Substâncias Tensoativas nas Águas do Igarapé do Mindu Como Indicador de Poluição para Monitoramento Ambiental. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Minas Gerais.
12. UNESP, 2010. < <http://www.feg.unesp.br/~caecc/downloads/4/aulaa11.doc>>, acessado em maio 2010.