

Volume 10 Número 2 Dezembro de 2010

ISSN 1519-8022

REVISTA DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA

A revista tecnológica da UNIG



FACULDADE DE
CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

REVISTA DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA

A revista tecnológica da UNIG

Direitos exclusivos para esta edição:
Universidade Iguazu, UNIG, Nova Iguaçu, RJ
Impresso no Brasil

Os artigos desta revista são de responsabilidade exclusiva dos autores. É permitida a reprodução total ou parcial dos artigos nela publicados, desde que seja citada a fonte.

Supervisor Editorial

Antônio Filipe Falcão de Montalvão, UNIG

Corpo Editorial

Adriana Degrossoli, IOC/FIOCRUZ
Alcina Frederica Nicol, IOC/FIOCRUZ
André Luis Almeida Souza, FIOCRUZ
Antônio Filipe Falcão de Montalvão, UNIG
Antonio Neres Norberg, UNIG
Bruna Oliveira e Carvalho, FAMESC
Camilla Ramalho Duarte, UNIG
Carlos Henrique Medeiros de Souza, UENF
Clélia Christina Corrêa de Mello Silva, IOC/ FIOCRUZ
Edwin Almerto Pile Maure, INIDA/Cabo Verde
Fabiano Gerra Santos, FAMESC
Francisco Antônio Caldas Andrade Pinto, UNIG
Gilberto Sales Gazeta, FIOCRUZ
Gilda Maria Sales Barbosa, UNIG
Jeison Saturnino de Oliveira, UFS
Jerônimo Alencar, FIOCRUZ
José Tadeu Madeira de Oliveira, UNIG
Luís Guilherme Barbosa, UNIG
Marcos Barbosa de Souza, FIOCRUZ
Mauro Célio de Almeida Marzochi, FIOCRUZ
Miguel Angel Aguilar Uriarte, UAA
Nicolau Maués Serra Freire, FIOCRUZ
Paulo Fernando Neves Rodrigues, FAU/UFRJ
Raimundo Wilson de Carvalho, FIOCRUZ

REVISTA DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA / Universidade Iguazu, v.10, n°2 (Dez. 2010)
Nova Iguaçu - Rio de Janeiro: Gráfica Universitária, 2010.

Semestral : ISSN 1519-8022

1. Ciências Exatas e Tecnológicas – Periódicos. I. Universidade Iguazu

REVISTA DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA

A revista tecnológica da UNIG

Objetivo e Escopo

REVISTA DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA é uma publicação de distribuição gratuita, editada, semestralmente, pela Universidade Iguazu, com o objetivo de divulgar *trabalhos científicos inéditos e artigos de revisão*, cobrindo os diversos temas na área de Ciências Exatas e Tecnológicas.

Informações para submissão de artigos

Os interessados em submeter artigos para publicação deverão enviá-los ao endereço abaixo, em duas cópias, impressas em papel formato A4 (impresso somente de um lado da folha), coluna única, com espaçamento simples e letra Times New Roman, tamanho 12, acompanhadas dos respectivos arquivos eletrônicos (e-mail ou em disquete de 3^{1/4}), PC/Compatível, contendo o texto editado em Microsoft Word, as figuras e tabelas necessárias. Com o intuito de agilizar a edição, recomenda-se que as figuras e tabelas sejam embutidas no texto já em suas respectivas posições. A primeira folha deve conter o *título do trabalho*, *nomes* e *endereços* completos dos autores e um *resumo* de, no máximo, 250 palavras. O corpo do trabalho deve ser subdividido em seções numeradas com algarismos arábicos. As referências devem ser numeradas em ordem de citação no corpo do texto. O artigo completo não deve exceder 15 páginas, incluindo figuras e tabelas.

Revisão dos artigos

Todos os artigos serão revisados por especialistas, membros do corpo editorial, ou, caso haja necessidade, revisores externos serão convidados. Neste caso, os nomes de tais revisores serão informados nos respectivos exemplares. No caso da aceitação do artigo estar condicionada às considerações feitas pelos revisores, estas serão repassadas ao autor para que o próprio faça as devidas modificações no artigo, re-enviando-o para o corpo editorial. Após aceitação ou não do trabalho, os autores serão notificados. O material enviado para revisão não será, em hipótese alguma, retornado ao autor.

Endereço para submissão de artigos

Os artigos devem ser submetidos para:

Antônio Filipe Falcão de Montalvão

UNIVERSIDADE IGUAÇU

Assessoria de Pesquisa

Av. Abílio Augusto Távora 2134, Nova Iguaçu, RJ

E-mail: revista.unig@gmail.com

Chanceler

Dr. Fábio Raunheitti – in memorian

Presidente da Mantenedora

Dr. Eduardo Moilli

Reitor

Prof. Dr. Claudio Valente Viana

Vice-Reitor

Dr. Carlos Augusto Baptista

Pró-Reitor Administrativo

Dr. Luis Carlos de Lima França

Pró-Reitora Acadêmica

Prof.ª Simara da Costa Guimarães

Secretária Geral

Cláudia Veigas Fraga Matt

Coordenador do Curso de Sistemas de Informação

Prof.º Osvaldo Parente Gomez

Coordenador do Curso de Engenharia de Produção e Petróleo

Prof. Álvaro Batista Amaral da Purificação

Coordenador do Curso de Engenharia da Computação

Prof.ª Gisele Dorneles Pires

Coordenador do Curso de Matemática

Prof. Luis Carlos da Silva

Assessor de Extensão da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas

Prof. Luis Carlos da Silva



Universidade Iguazu

Av. Abílio Augusto Távora, 2134 – CEP 26.260-000

Nova Iguaçu – RJ – Brasil – Tel.: 2666-2001

www.unig.br

Editorial.....	6
Salmonelose em <i>Crotallus durissus terrificus</i> (L. 1758) Mantidas em Cativeiro	7
Antonio Neres Norberg, Fabiano Guerra Sanches, Marcos Barbosa de Souza, Antonio Nascimento Duarte e Raimundo Wilson de Carvalho	
Enteroparasitoses em Lar Geriátrico Localizado no Município de Nova Iguaçu/RJ/Brasil.....	13
Gilda Maria Sales Barbosa, Thiago dos Santos Silva e Aline Belota Chagas Pereira	
O Programa de Saúde da Família na Baixada Fluminense em 2006: Desafios e Propostas	20
Gilda Maria Sales Barbosa e Juraciara Luciene A. S. Amorim	
A Responsabilidade Social Universitária Assumindo a Posição Central na Rede de Relacionamentos Estabelecida entre as Diferentes Instâncias Sociais	33
Sonia Maria de Carvalho Silva e Stella Regina Reis da Costa	
A Responsabilidade Social Focada nas Questões Socioambientais, no Centro da Relação Mantida entre o Estado, Sociedade e Empresa	45
Stella Regina Reis da Costa e Sonia Maria de Carvalho Silva	
Estudos de Equilíbrio na Biossorção de Íons Pb(II) em Biossorvente Bacteriano ..	55
Diego Macedo Veneu, Victor Ramos Costa, Gabriela Alejandra Huamán Pino e Maurício Leonardo Torem	
Recuperação e Reuso de Efluentes Industriais: 1. Sistemas de Tratamento Centralizado e Semidistribuído a partir do Método DFA.....	71
Daniele Rosa Curti, Fernanda da Costa, Reinaldo Coelho Mirre e Fernando Luiz Pellegrini Pessoa	
Recuperação e Reuso de Efluentes Industriais: 2. Uma Ferramenta Computacional para Análise de Investimento	90
Fernanda da Costa, Daniele Rosa Curti, Reinaldo Coelho Mirre e Fernando Luiz Pellegrini Pessoa	

Editorial

A REVISTA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA divulga mais um número com resultados de pesquisas, que envolvem estudos na área da biologia, da saúde e estudos relativos a processos de sustentabilidade do meio ambiente.

A REVISTA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA agradece aos autores dos artigos publicados neste número e convida a comunidade científica, interna e externa, a divulgar sua produção científica neste veículo.

Antônio Filipe Falcão de Montalvão

Salmonelose em *Crotallus durissus terrificus* (L. 1758) Mantidas em Cativeiro

Antonio Neres Norberg, PhD^{1,2}, Fabiano Guerra Sanches, M.Sc.^{1,2}, Marcos Barbosa de Souza, PhD^{1,3}, Antonio Nascimento Duarte³, Raimundo Wilson de Carvalho, PhD^{1,2,3}

¹ Universidade Iguazu, UNIG, Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde
Nova Iguaçu, RJ, Brasil. e-mail: norberg@uol.com.br

² Universidad Autónoma de Asunción, Programa de Pós-Graduação em
Ciências Biológicas-Doenças Parasitárias

³ Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Departamento de Ciências
Biológicas - FIOCRUZ, Av. Leopoldo Bulhões, 1480, Manguinhos - 21040-360
- Rio de Janeiro, RJ, Brasil, e-mail: rwcarr@ensp.fiocruz.br

Resumo

Este trabalho tem por objetivo estudar a ocorrência de gastroenterite entre 18 cascavéis cativas do serpentário, do Instituto de Biologia do Exército, com letalidade de 33,3%. Foram coletadas amostras de fezes de todos os animais e fragmentos pulmonares daqueles que evoluíram ao óbito. O material foi semeado em meios de cultura e os microrganismos isolados foram submetidos à identificação por prova bioquímica e sorológica. A necropsia dos animais revelou gastroenterite e pneumonia. As bactérias isoladas foram: *Salmonella* sorotipo B, *Escherichia coli*, *Klebsiella* sp., *Citrobacter* sp. *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter* sp., *Edwardsiella* sp., *Proteus mirabilis*, *Aeromonas* sp., *Enterococcus* sp., *Yersinia* sp. e *Serratia marcescens*. Nos fragmentos pulmonares, foram isolados, além de *Salmonella* sorotipo B, também *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*. Sugere-se que a *Salmonella* sorotipo B ($p < 0,01$) seja o causador das duas síndromes.

Palavras-chaves: *Crotallus durissus terrificus*, *Salmonella*; Gastroenterite, Pneumonia

1. Introdução

A microbiota de serpentes tem sido o alvo de pesquisas com o objetivo de se detectar as causas de diversos processos infecciosos, que acometem esses animais, quando mantidos em cativeiro (Garcia & Laure, 1987; Assis *et al.*, 1999). Na literatura, há relatos de grande número de espécies de bactérias responsáveis por infecções em répteis, com destaque para doenças como: Gastroenterite, causada por *Salmonella* sp. (Grupka *et al.*, 2005), Septicemia hemorrágica, Estomatite

necrosante em ofídios, causadas por *Aeromonas hydrophila* (Page, 1976; Stull & Anderson, 1976), *Streptococcus viridans*, *Proteus mirabilis* e *Pseudomonas aeruginosa* (Millichamp *et al.*, 1983; Mavridis *et al.*, 1986). Também as bactérias da família Enterobacteriaceae são responsáveis por processos infecciosos, septicemias, infecções oculares e pulmonares, em serpentes, tendo como principais agentes espécimes de *Pseudomonas* sp., *Providencia* sp. e *Salmonella* sp. (Hilf *et al.*, 1990).

O gênero *Salmonella* abriga mais de 2200 sorotipos, sendo um dos mais

importantes nesta família, são bactérias entéricas que habitam o aparelho digestivo de animais endo e ectotérmicos. Entre os animais ectotérmicos, destacam-se tartarugas, iguanas e ofídios. Algumas espécies de salmonelas parecem ser um componente normal da microbiota intestinal dos répteis, que é igual ou superior a 90% e inclui sorotipos variados tais como java, stanley, marina, poona, pomona e chamaleon, raramente encontrados em seres humanos, mas também albergar a *S. typhimurium* e *S. enteritidis*, principais responsáveis por surtos de toxinfecções alimentares (Jakabi, 1999).

Nos Estados Unidos da América, na última metade do século passado, ocorreram os primeiros casos humanos de Salmonelose, cuja origem fora atribuída ao hábito de criar tartarugas, como animais de estimação; na atualidade, os registros de casos, naquele país, alcançam a cifra de 290.000 casos/ano, o que ressalta a magnitude do problema em termos de saúde pública. No Brasil, epizootias em serpente, mantidas em cativeiro, provocadas por bacilos difteróides, já foram descritas (Warwick *et al.*, 2001; Wu *et al.*, 1998; Vasconcellos, 2001).

Em função de constantes episódios de gastroenterite no plantel de ofídios do Instituto de Biologia do Exército, este manuscrito teve por objetivo a investigação dos possíveis fatores causais no substrato fecal, através do isolamento em serpentes da espécie *C.d.terrificus* (Cascavel).

2. Material e Métodos

2.1 Os animais

As serpentes estudadas, oriundas de vários estados do Brasil, foram capturadas por

Unidades do Exército Brasileiro e enviadas ao Instituto de Biologia do Exército. No serpentário, conviviam em superfície de 100 m², parcialmente coberto, simulando ambiente natural, contendo acomodações de troncos e pedras e um lago com água renovável. Em parte da área, a vegetação predominante era de gramíneas, com arbustos que formavam sombras nas áreas descobertas, principalmente no horário da tarde, período do dia em que é mais quente. Todos os animais eram alimentados com camundongos, criados em condições higiênicas na própria Instituição.

Os episódios de gastroenterite ocorreram no decorrer do ano de 2002 e foram observados em 18 cascavéis, sendo que seis evoluíram ao óbito e, por isso, foram necropsiadas. Tendo em conta os achados pulmonares, optou-se por semear, também, esse material.

2.2 Coleta de amostras de fezes e tecido pulmonar para semeadura

Nas serpentes vivas, após massagear o ventre de cada exemplar no sentido crânio-caudal, provocou-se a liberação da matéria fecal, daí, com o uso de suabes diretamente do intestino, as amostras de fezes foram recolhidas. O método recomendado possibilitou uma análise mais precisa das bactérias contidas no trato intestinal dos animais, porque estas não entraram em contato com o ambiente. Após a coleta, o material foi semeado nos meios Eosin-Methilen-Blue Agar (BEM-Agar), *Salmonella-Shigella* Agar (SSAgar) e meio de enriquecimento para salmonelas, tetracionato Broth e incubado por 24 horas.

Além de fezes, fragmentos dos pulmões dos animais necropsiados foram removidos, com o auxílio de bisturi, e colocados em frascos plásticos esterilizados. Este material

foi, então, triturado em salina estéril e semeado nos mesmos meios de cultura, utilizados anteriormente para coprocultura, e, também, nos meios, tioglicolato, Agar sangue e Agar hipertônico manitol. Os meios semeados foram incubados em estufa bacteriológica, a 37°C por 24 horas; o crescimento, obtido nos meios tetrationato broth e tioglicolato, foi repicado para os meios de cultura sólidos já citados e, novamente, incubados por 24 horas. Os crescimentos obtidos nos meios sólidos foram analisados, observando-se as características culturais e morfotintórias, através de esfregaços corados pelo método de Gram, modificado por Koppelof – Beerman.

As colônias de bacilos Gram negativos isolados foram conduzidas para as provas bioquímicas, de acordo com as recomendadas por Edward & Ewing. As colônias de salmonelas isoladas foram submetidas à confirmação por provas sorológicas. Para a identificação de *Staphylococcus aureus*, empregou-se, além das características culturais, provas de coagulase em tubo e teste de desoxirribonuclease (DNAase).

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de Qui-quadrado com nível de significância de $p < 0,01$.

3. Resultados

Entre as 18 cascavéis estudadas, foram isolados 14 diferentes gêneros de bactérias, a saber, a *Salmonella* sorotipo B apresentou a maior prevalência, tanto em fezes (100%), quanto em material pulmonar (100%); considerando a prevalência geral observada nas culturas de fezes, ou seja, entre os 18 animais, a já referida bactéria foi seguida por *Escherichia coli* (50%), *Klebsiella* sp.

(50%), *Citrobacter* sp. (33,3%), *Pseudomonas aeruginosa* (27,8%), *Enterobacter* sp. (22,2%), *Edwardsiella* (16,7%), *Proteus mirabilis* (16,7%), *Aeromonas* sp. (11,1%), *Enterococcus* sp. (5,5%). Tendo em conta o material isolado dos animais vivos, as salmonelas foram seguidas por *Klebsiella*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Aeromonas*, *Alcaligenes faecalis* e *P. mirabilis*. Ao considerar apenas os isolados de pulmão, foram encontrados, além de *Salmonella*, apenas *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*, ambas com 16,7% de prevalência (tabelas 1 e 2). Somente *S. aureus* não foi isolado em fezes. Por outro lado, nos pulmões, sete gêneros não ocorreram (tabela 2). Na necropsia, foram observadas lesões pulmonares sugestivas de Pneumonia, as quais foram associadas à alta prevalência de *Salmonella* sorotipo B, uma vez que, ao teste de Qui-quadrado, esse resultado foi significativo ($X^2=129,9$, $p < 0,01$).

Tabela 1: Bactérias isoladas de fezes de *Crotallus durissus terrificus*, mantidas em cativeiro, no Instituto de Biologia do Exército, Rio de Janeiro-RJ, Brasil, que apresentavam Gastreenterite, no decorrer de 2003

Serpentes que apresentaram somente Gastreenterite												
No ordem	<i>Salmonella</i> sorotipo B	<i>Enterococcus</i> sp.	<i>Escherichia</i> <i>coli</i> sp.	<i>Klebsiella</i> sp.	<i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>	<i>Enterobacter</i> sp.	<i>Aeromonas</i> sp.	<i>Edwardsiella</i> sp.	<i>Alcaligenes</i> <i>faecalis</i>	<i>Yersinia</i> sp.	<i>Citrobacter</i> sp.	<i>Proteus</i> <i>mirabilis</i>
1	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
2	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
3	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
4	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
5	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
6	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-
7	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-
8	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
9	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-
10	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
11	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
12	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
%	100	8,3	41,7	58,3	25,0	25,0	16,7	8,3	16,7	8,3	25,0	16,7

Tabela 2: Bactérias isoladas de fezes e pulmão de *Crotallus durissus terrificus*, que apresentaram, concomitantemente, Gastreenterite e Pneumonia, mantidas em cativeiro no Instituto de Biologia do Exército, Rio de Janeiro-RJ, Brasil, no decorrer de 2003.

Nº ordem	<i>Salmonella</i> sorotipo B		<i>Escherichia</i> <i>coli</i> sp.		<i>Klebsiella</i> sp.		<i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>		<i>Enterobacter</i> sp.		<i>Edwardsiella</i> sp.		<i>Serratia</i> <i>marcescens</i>		<i>Citrobacter</i> sp.		<i>Proteus</i> <i>mirabilis</i>		<i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i>	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
1	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
3	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
5	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+
6	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
%	100	100	66,7	-	33,3	-	33,3	16,7	16,7	-	33,3	-	16,7	-	50,0	-	16,7	-	-	16,7

4. Discussão

Para a manutenção da saúde dos ofídios, a microfauna das serpentes em cativeiro deve ser objeto de pesquisas constantes, em virtude dos processos infecciosos que provocam (Assis *et al.*, 1999). Agrega-se a isso, a melhoria da qualidade de vida humana, uma vez que delas se obtém a matéria-prima utilizada em fármacos como antídotos para acidentes ofídicos e anticoagulantes, além da crescente utilização

desses animais como adorno e estimação (Warwick *et al.*, 2001; Wallack, 1976). Por isso, as serpentes podem ser responsabilizadas como sendo fontes de infecções para outros animais e para os seres humanos, tal como observado no Brasil e em outros países (Wu *et al.* 1998; Maciel *et al.*, 2004), sobretudo porque, nas duas últimas décadas, em que pesa a queda da notificação geral das doenças transmissíveis de hospedeiro único, em função do desenvolvimento e aprimoramento de ações

terapêuticas ou imunoproláticas (Vasconcellos, 2001), aumentou muito a quantidade de animais exóticos usados como adorno e ou companhia (Steele, 1979). Os resultados obtidos confirmam a presença de flora bacteriana diversificada e corroboram os resultados já obtidos em *Epicrates cenchria*, oriundas de várias regiões do Brasil, onde isolaram, *Salmonella* sp., *Proteus mirabilis* e *Edwardsiella* sp., como bactérias mais comuns (Boyce & Zancanaro, 2005). Esses mesmos autores consideraram que a sensibilidade às infecções bacterianas, ocorridas nas serpentes quando em cativeiro, pode ter tido como causa a mudança do habitat, a qual, provavelmente, alterou o comportamento, causando estresse e, conseqüentemente, baixa da resistência, origem dos processos infecciosos, que as acometeram. Resultados semelhantes ratificam os mesmos achados da flora bacteriana de algumas serpentes, pois os mesmos indicaram que as salmonelas e pseudomonas, por terem atividades proteolíticas e caráter oportunista, seriam as responsáveis por várias doenças, comumente encontradas em serpentes cativas. Considerando que *Salmonella* sorotipo B estava presente em 100% das cascavéis, no intestino e nos pulmões, sendo, por isso, o único gênero com relevância na amostra estudada. O encontro de *P. aeruginosa* e *S. aureus* com baixa prevalência pulmonar (Grupka *et al.*, 2005, Lizuka *et al.*, 1984). Sugere-se a forte participação de *Salmonella* sorotipo B ($p < 0,01$) como causador das duas síndromes, além de indicar como constituintes da microbiota normal do intestino daqueles animais.

Referências

- [1] GARCIA, E.L.; LAURE, C.J. 1987. A study of bacterial contamination of rattlesnake venom. *Rev Med Trop.*, 20: 19-21.
- [2] ASSIS, B.Y.; COTTA, A.G.; CARMO, L.S.; SANTOS, J.E. 1999. Flora bacteriana de serpentes *Epicrates cenchria* (Ophidia, Boidae). *Bios.*, 5: 53-60.
- [3] GRUPKA, L.M.; RAMSAY, E.C.; BEMIS, D.A. 2005. *Salmonella* surveillance in a collection of rattlesnakes *Crotalus* spp. *J. Zoo Wildlife Medicine*, 37: 306-312.
- [4] PAGE, L.A. 1976. Experimental ulcerative stomatitis in *Boa constrictor*. *Javma*, 161: 258-266.
- [5] STULL, P.A.; ANDERSON, M.P. 1976. Stomatitis in *Boa constrictor*. *Javma*, 169: 939-940.
- [6] MAVRIDIS, S.C.; BALDASSI, L.; MOUIN, A.A.P; HIPÓLITO, 1986. M. *Pseudomonas aeruginosa* como agente causal de abscessos em serpentes *Bothrops neuwiedi*. *Rev Microbiol*, 17: 28-30.
- [7] MILLICHAMP, N.J; JACOBSON, E.R.; DAN-WOLF, E. 1983. Disease of the eye and ocular anexal in reptiles. *Javma*, 183: 1205-1212.
- [8] HILF, M.; WAGNER, R.A.; WYU V.I. 1990. A prospective study of upper airway flora in healthy boid snakes and snakes with pneumonia. *J. Zoo-Wild Life Medical*, 21: 318-325.
- [9] HIPÓLITO, M. 1987. *Aeromonas hydrophila* e *Pseudomonas aeruginosa* isoladas de caso de estomatite em *Bothrops alternatus* (Serpente, Viperidae). *Rev Microbiol.*, 18: 224-228.

- [10] JAKABI, M. 1999. Observações laboratoriais sobre surtos alimentares de *Salmonella* sp. Ocorridos na grande São Paulo no período de 1994 a 1997. *Rev Inst Adolfo Lutz*, 58: 47-51.
- [11] WARWICK, C.; LAMBIRIS, A.J.L.; WESTWOOD, D.; STEEDMAN, C. 2001. Reptile-related salmonellosis. *J. R. Soc. Med.*, 9: 124-126.
- [12] WU, C.C.; GORTARI, M.J.; LIN, T.L.; BARRET, B. 1998. Ribotyping of *Salmonella poona* in iguana associated zoonotic salmonellosis. *J. Vet. Diagn. Invest.*, 10: 188-190.
- [13] VASCONCELLOS SA. 2001. Zoonoses e saúde pública: riscos causados por animais exóticos. *Biológico*, 63: 63-65.
- [14] WALLACK JD. 1976. Medical care of reptiles. *Javma*, 155: 1017-1034.
- [15] MACIEL, B.M.; FILHO, R.C.A., FREITAS, E.S.; KRUSCHEWSKY, F.F.; SANTOS, B.F.; ROCHA, G.D.; WETLER, R.M.C; MARTINS, L.A.F. 2004. Ocorrência de sorotipos exóticos de *Salmonella* encontrados em cães assintomáticos nos distritos do município de Ilhéus-BA, Brasil. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, 41: 247-253.
- [16] STEELE J.H. 1979. Internacional and World Developments in Veterinary Public Health with a comment on historical developments. *Int J Zoonoses*, 6: 1-32.
- [17] BOYCE, R.J.; ZANCANARO, P.Q. 2005. Prevalence of methicillin-resistant *Saphylococcus aureus* (MRSA) among patients visiting the emergency room at a tertiary hospital in Brazil. *Braz J Infect Disease*, 9: 52-55.
- [18] LIZUKA, H, CANTER HN, OLIVEIRA EPJ. Estomatite ulcerativa infecciosa em *Boa constrictor constrictor* mantidas em cativeiro. *Mem Inst Butantan*. 1984; 47: 113-120.

Abstract

The objective of this manuscript was to study the occurrence of gastroenteritis among 18 specimens of rattlesnake, captives of the Institute of Biology of the Brazilian Army, with lethality of 33.3%. Were collected stool samples from all animals and lung fragments of those that evolved to death. The material was seeded in culture media and isolated microorganisms were subjected to identification by biochemical and serological evidence. The material was seeded in culture media and isolated microorganisms were subjected to identification by biochemical and serological evidence. The autopsy of the animals revealed gastroenteritis and pneumonia. The bacteria isolated were *Salmonella* serotype B, *Escherichia coli*, *Klebsiella* sp. *Citrobacter* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter* sp. *Edwardsiella* sp., *Proteus mirabilis*, *Aeromonas* sp. *Enterococcus* sp., *Yersinia* sp. and *Serratia marcescens*. In the lung fragments were isolated, and *Salmonella* serotype B, also *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*.

Key-words: *Crotallus durrisus terrificus*; *Salmonella*; *Gastreenteritis* and *Pneumonia*.

Enteroparasitoses em Lar Geriátrico, Localizado no Município de Nova Iguaçu/ RJ / Brasil

Gilda Maria Sales Barbosa¹, Thiago dos Santos Silva², Aline Belota Chagas Pereira²

¹Doutora em Parasitologia- UFRRJ/FIOCRUZ, docente da Universidade Iguaçu/Facbs – Pós-doutoranda do LBPP/IOC/Fiocruz - gilda@ioc.fiocruz.br,

² Graduados do curso de Farmácia da UNIG/RJ

Resumo

*O envelhecimento da população vem sendo observado, no Brasil, de forma acelerada. Entretanto, o aumento da ocorrência de determinadas enfermidades e agravo – entre os quais se destacam os ocorridos por elementos externos, como os acidentes e violências – deve ser objeto de preocupação, principalmente, nesta faixa etária. O objetivo desse estudo é analisar a morbidade por enteroparasitoses e ectoparasitoses em idosos, residentes em um lar geriátrico no município de Nova Iguaçu/RJ. Participaram do estudo 32 idosos, com faixa etária a partir de 60 e 15 funcionários. Verificou-se uma positividade geral de 28%, na qual 15% das pessoas acometidas são idosos monoparasitados. A maior prevalência de parasitoses ocorreu em idosos na faixa etária de 70 a 89 anos. Verificou-se que 13% dos casos são funcionários monoparasitados ou poliparasitados, que se encontram na faixa etária de 20 a 39 anos. As espécies de parasitas mais frequentes foram *Ascaris lumbricoides* (6,25%), *E. coli* (6,25%), *E. nana* (6,25%), *Trichuris trichiura* (6,25%), seguido de *E. histolytica* (3,12%), *E. vermiculares* (3,12%) e *G. lamblia* (3,12%). O acometimento de idoso por enteroparasitoses traz consequências que alteram negativamente a qualidade de vida da população geriátrica. Sua ocorrência pode ser evitada com medidas preventivas adequadas, identificando causas e desenvolvendo métodos para reduzir sua ocorrência.*

Palavras-chave: Enteroparasitoses, idoso, saúde do idoso, qualidade de vida, diagnóstico, fezes.

1.0 Introdução

A necessidade de se articular uma integração entre a universidade, como prestadora de serviços, e a comunidade, como beneficiária desses, é fundamental para se instituir um fortalecimento na promoção e prevenção de doenças transmissíveis notificáveis e, principalmente, não-notificáveis.

A participação ativa dos acadêmicos, em todas as etapas desta pesquisa, foi fator determinante na construção do conhecimento em parasitologia e saúde pública, visando buscar conhecimento dos problemas da saúde local. Este trabalho foi baseado na lógica da argumentação, na auto-reflexão de forma abrangente, comprometendo-se politicamente, levando os acadêmicos ao desenvolvimento da ação crítica e ao despertar das ações sociais.

Segundo SANTANA et al. (1997), a formação do acadêmico será construída de uma forma melhor se este for integrado aos problemas da comunidade e participar do processo de transformação social. O ensino na área de saúde exige “curiosidade”, inquietação indagadora, que nada mais é do que uma procura esclarecedora (FREIRE, 1996). Um dos instrumentos é o desenvolvimento de pesquisas científicas, ancoradas no manejo e na produção do conhecimento. “Aprender a aprender” está além do mero ensinar a aprender. O “processo emancipatório” é encarado como capacidade de produzir e trabalhar, participando organizadamente (DEMO, 1993).

Realizou-se descrição do perfil das pessoas idosas internadas e a identificação da dependência de cuidados de enfermagem na admissão hospitalar e uma das observações estava voltada ao alto grau de espoliação em que se encontravam os idosos, quando admitidos no setor, pois a maioria apresentava lesões cutâneas, tais como, escarificações, provocadas por escabiose, úlceras de pressão, de diferentes graus de evolução, deformidades estruturadas, decorrentes de imobilidade, infecção urinária, desidratação, desnutrição e sujidades, acumuladas em diferentes regiões do corpo (Sales & Santos 2007) Puderam ser feitas várias constatações sobre o fato de o rompimento de vínculos sociais alterar as defesas orgânicas das pessoas, deixando-as mais suscetíveis a doenças. Os laços sociais têm influência no estado de saúde e dispõe de uma rede de suporte social, a qual proporciona ajuda aos indivíduos, que a ela pertencem, beneficiando, deste modo, a saúde,

principalmente dos idosos (Leite et al. 2008).

A preocupação com a saúde dos idosos vem aumentando, ao longo dos anos, e pesquisas vêm constatando envolvimento da ética na promoção do cuidado gerontológico de enfermagem, os quais são indispensáveis para o desenvolvimento de uma cultura de cuidado em enfermagem e para a sustentabilidade desta (Hammerschmidt et al., 2006). A sobrecarga, produzida pelas demandas de cuidados, pode ser minimizada pela adoção de estratégias e de políticas públicas eficazes, representando melhor qualidade de vida para o idoso e para seu cuidador, como demonstraram Luzardo et al. (2006)

As helmintoses intestinais e infecções por protozoários estão entre as parasitoses mais comuns em âmbito mundial. A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que 3,5 bilhões de indivíduos são, constantemente, afetados por diversas parasitoses e que 450 milhões desenvolvem a doença. A cada ano, 65.000 mortes estão atribuídas a diversos tipos de helmintoses. Fensptec (1998) estimou a carga de doença, no contexto brasileiro, para um conjunto de categorias de doenças e incapacidades. Uma boa parte da população brasileira, segundo este estudo, perde anos de sua vida por incapacitação ou por morte prematura. Existe uma necessidade, cada vez maior, em reconhecer e conhecer o perfil epidemiológico das doenças antigas coexistindo com as novas e as emergentes, para que sejam instituídas medidas de intervenções eficazes e duradouras.

A elevada prevalência mundial das parasitoses intestinais se encontra restrita aos continentes que albergam países

subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, onde ainda são insatisfatórias as condições de saneamento básico e há a ausência de educação sanitária, principalmente em populações menos favorecidas, oferecendo condições de risco para diversas endoparasitoses e ectoparasitoses.

O perfil de morbidade para as doenças infectoparasitárias, no Brasil, infelizmente, ainda afeta boa parte da população. Doenças estas negligenciadas, tanto pelo governo, quanto pela própria população. A importância de informar a população, leiga na saúde, sobre os aspectos epidemiológicos básicos, que podem auxiliar em atuais e futuras medidas preventivas, faz-se sempre necessário.

O Centro de Nova Iguaçu concentra um dos maiores comércios existentes na Baixada Fluminense, apresentando uma densidade demográfica por volta de 30% da população total da cidade, que é de 1.000.000 habitantes.

O objetivo desta pesquisa foi, portanto, estabelecer o perfil de enteroparasitoses em população idosa e funcionários, que trabalham no lar geriátrico.

2.0 Metodologia

Trata-se de um estudo transversal descritivo, realizado no município de Nova Iguaçu, no Centro, em um lar geriátrico, no período de março de 2001 a dezembro de 2001, por acadêmicos do curso de Medicina da Universidade Iguaçu (UNIG), supervisionados por professores da disciplina de Parasitologia. Este trabalho faz parte de um projeto intitulado: *Perfil Parasitológico e Epidemiológico das*

Comunidades Circunvizinhas à Universidade Iguaçu, cadastrado na Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão da já referida universidade.

Os acadêmicos foram capacitados através de reuniões semanais, nas quais foram apresentados e discutidos os objetivos e a metodologia do trabalho. Também foram realizadas, durante os encontros, avaliações periódicas das ações construídas. Foram, ainda, realizadas visitas ao lar geriátrico, a fim de conhecer as condições locais de assistência aos idosos.

Foi realizado levantamento de espécies de enteroparasitas e ectoparasitas em idosos e funcionários, os quais concordaram em participar da pesquisa neste lar geriátrico. Após a autorização da direção do lar geriátrico para que o presente trabalho fosse realizado, foram distribuídos, aos idosos e funcionários, termos de consentimento livre e esclarecido, abordando os direitos de privacidade, liberdade, confiabilidade e atualidade dos dados, segundo preconiza a comissão de ética em pesquisa. A partir do consentimento, foram realizadas coletas de fezes para a realização do exame coproparasitológico e a análise dos dados.

As amostras de fezes do lar geriátrico foram recolhidas em recipientes plásticos apropriados, contendo solução conservadora (MIF), e foram processadas, segundo a técnica de Lutz: sedimentação espontânea. As amostras foram recolhidas semanalmente, acompanhadas de um cadastramento individual e de um inquérito, avaliando os seguintes fatores epidemiológicos: tempo de estadia no lar, periodicidade de visita domiciliar, condições de higiene nos quartos e no refeitório. Os resultados dos exames foram encaminhados para direção do lar geriátrico e os casos positivos foram orientados a

procurar o p posto de saúde existente no bairro mais próximo.

A partir do perfil traçado, foram planejadas as ações educativas. Através de oficinas pedagógicas, foram elaborados materiais didáticos, como panfletos educativos e/ou álbuns seriados, para serem utilizados em palestras e outros eventos. Nestes roteiros, priorizaram-se informações sobre mecanismos de transmissão, aspectos epidemiológicos e medidas profiláticas, além do controle de transmissão das enteroparasitoses e ectoparasitoses, e palestras, voltadas para o conhecimento sobre a utilização de tratamento menos invasivos, como fitoterápicos, para pediculose.

As sensibilizações, realizadas pelos alunos, foram feitas através de reuniões periódicas, nas quais todos foram informados sobre a abrangência do projeto, buscando uma parceria para a identificação dos problemas e a construção de soluções para uma educação continuada.

O processamento dos dados foi realizado pelo programa Microsoft Word, versão 2000, visando à descrição das variáveis e de

algumas relações entre elas.

3.0 Resultados e Discussão

Foram analisadas 32 amostras de fezes, de um total de 47 residentes, amostras estas que englobam, tanto os idosos, quanto os prestadores de serviços. Verificou-se uma positividade geral de 28%, na qual 15% das pessoas acometidas são idosos monoparasitados.

A maior prevalência de parasitoses ocorreu em idosos, na faixa etária de 70 a 89 anos. Para as helmintoses, foram registradas espécies de *Ascaris lumbricoides* (3,12%), *E. vermiculares* (3,12%) e *Trichuris trichiura* (3,12%). Para protozooses, foram registrados casos de *E. coli* (3,12%) e *E. histolytica* (3,12%).

Verificou-se que 13% das pessoas acometidas são funcionários, que se encontram na faixa etária de 20 a 39 anos, os quais apresentaram um ou mais parasitos, ou seja, se encontravam monoparasitados ou poliparasitados, de acordo com a tabela 2.

Tabela 1. Frequência de enteroparasitoses, de acordo com a faixa etária e número de enteroparasitas, em idosos do Abrigo Lar Geriátrico, no Centro de Nova Iguaçu, RJ.

Faixa Etária	Nº de amostras	(%)	Positividade	Monoparasitados	Poliparasitados
60-69	3	6,4	-	-	-
70-79	4	8,5	2	2	-
80-89	13	27,5	3	3	-
90-99	7	14,9	-	-	-
Idade indefinida	3	6,4	-	-	-
Total	30	63,7	5	5	-

Tabela 2. Frequência de enteroparasitoses, de acordo com a idade e número de parasitas, em funcionários do Abrigo Lar Geriátrico, no Centro de Nova Iguaçu, RJ.

Faixa Etária	Nº	(%)	Positividade	Monoparasitados	Poliparasitados
20-39	7	14,9	4	2	2
40-49	5	10,7	-	-	-
50-59	5	10,7	-	-	-
Total	17	36,3	4	2	2

Conforme o modelo abaixo, e considerando o número de amostras como um todo, observou-se que os protozoários (18,75%) predominam sobre os helmintos (15,75%). As espécies encontradas, mais frequentemente foram *Ascaris*

lumbricoides (6,25%), *E. coli* (6,25%), *E. nana* (6,25%), *Trichuris trichiura* (6,25%), seguido de *E. histolytica* (3,12%), *E. vermiculares* (3,12%) e *G. lamblia* (3,12%).

Tabela 3. Número de ocorrências por espécies de enteroparasitas, em comunidade de idosos e funcionários do Abrigo Lar Geriátrico, no Centro de Nova Iguaçu, RJ.

Espécie de Enteroparasitas:	n	%
Helmintos	05	15,75
<i>Ascaris lumbricoides</i>	02	6,25
<i>Enterobius vermiculares</i>	01	3,12
<i>Trichuris trichiura</i>	02	6,25
Protozoários	06	18,75
<i>Entamoeba coli</i>	02	6,25
<i>Entamoeba hystolitica</i>	01	3,12
<i>Endolimax nana</i>	02	6,25
<i>Giardia lamblia</i>	01	3,12
Total de casos	11	34,5

A Política Nacional de Saúde da Pessoa Idosa tem por finalidade primordial recuperar, manter e promover a autonomia e a independência dos indivíduos idosos, direcionando medidas eficientes, coletivas e individuais, de saúde.

O envelhecimento saudável compreende em parte políticas públicas, envolvendo as três esferas governamentais, com programas, também, envolvendo profissionais e gestores comprometidos com a implementação, o monitoramento e a avaliação periódica dos resultados e, por outro lado, o comprometimento familiar com a responsabilidade de ofertar assistência básica domiciliar. A ausência de cuidados domiciliares proporciona uma procura maior nos serviços de saúde. O abandono pelos familiares dos idosos não é baixo, levando a um problema de saúde pública importante. Em relação aos serviços públicos, podemos observar políticas partidárias não envolvendo, em sua maioria, qualidade no trabalho de saúde, ofertado pelo sistema de saúde em todos os níveis de complexidade. O planejamento da assistência aos idosos, incluindo informações voltadas aos determinantes e condições de saúde, deve garantir estabilidade a longo prazo, desde infra-estrutura logística, até a qualificação dos profissionais envolvidos, para que se possa, desta forma, promover qualidade na assistência e, conseqüentemente, qualidade de vida desta parte da população brasileira, tão frágil e dependente dos serviços de saúde, como também do carinho familiar. A incidência de enteroparasitas em idosos constitui um fator determinante que altera a qualidade de vida dessas pessoas.

A ocorrência de enteroparasitoses em idosos pode ser evitada com medidas preventivas adequadas, identificando as causas e desenvolvendo métodos para redução dos índices de morbidade da população geriátrica. Desta forma, podemos ver a importância do desenvolvimento e da elaboração de programas que trabalhem a conscientização da sociedade e dos próprios idosos sobre medidas que diminuam as incidências dos casos de acometimento.

Referências

- [1] Demo, P. Desafios da universidade. In: Desafios modernos da educação. 2. ed. Petrópolis: Vozes, cap. IV, p. 126-189, 1993.
- [2] FENSPETEC- Tecnologias em saúde para a qualidade de vida, 2002. *Relatório final do projeto Estimativa da carga de doença do Brasil-1998*
- [3] Freire, P. Pedagogia, Da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, Coleção Leitura, 1996. 165 p.
- [4] Hammerschmidt, Karina Silveira de Almeida, Borghi, Ângela Cristina da Silva and Lenardt, Maria Helena, Ética e estética: envolvimento na promoção do cuidado gerontológico de enfermagem. *Texto contexto - enferm*, vol.15, no.spe, p.114-124., 2006
- [5] Luzardo, Adriana Remião, Gorini, Maria Isabel Pinto Coelho and Silva, Ana Paula Scheffer Schell, Características de idosos com doença de Alzheimer e seus cuidadores: uma série de casos em um serviço de neurogeriatria. *Texto contexto - enferm*, vol.15, nº. 4, p.587-594. 2006.

- [6] Leite, Marinês Tambara, Iara Denise Endruweit Battisti, Evelise Moraes Berlezi, Ângela Inês Scheuer. Idosos residentes no meio urbano e sua rede de suporte familiar e social. *Texto contexto - enferm*, vol.17, nº. 2, p.250-257, 2008
- [7] Santana, V.S.; Teixeira, M. G; Santos, C.P, Andrade, C. A. R. Efetividade do programa de comunicação e educação em saúde no controle de infecção por *S. mansoni* em algumas áreas do estado da Bahia. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 30, n. 6, p. 447 – 456, 1997.

Abatract

The ageing of the Brazilian population has been observed in an accelerated fashion. Nevertheless, the increasing incidence of some harms, among which the external causes (accidents and violence), should be object of concern. The purpose of the present study is the analysis of morbidity as a consequence of enteroparasitosis and ectoparasitosis in aged people living in a geriatric home in Nova Iguaçu city, RJ. Fourty seven people were

*included in the study, being thirty two residents, aged 60 or more, and fifteen workers of the geriatric home. A total positivity rate of 28% was observed. From the total, 15% of the positivity was observed in the residents, who were infected with only one parasite (monoparasitados). The highest prevalence of parasitosis occurred in the group aged between 70 and 89 years. Thirteen percent of the positivity was observed in the workers, who aged between 20 and 39 years and had one or more parasites. The most frequent species of parasites were *Ascaris lumbricoides* (6,25%), *Escherichia coli* (6,25%), *Endolimax nana* (6,25%) and *Trichuris trichiura* (6,25%), followed by *Entamoeba histolytica* (3,12%), *Enterobius vermicularis* (3,12%) and *Giardia lamblia* (3,12%). The occurrence of parasitosis in the aged may result in consequences that affect negatively the quality of life of the geriatric population. Its occurrence can be avoided with appropriate preventive measures, by identifying the causes and developing methods to reduce its occurrence.*

Key-words: Enteroparasitosis, aged, aged health, quality of life. Diagnosis: stool

O Programa de Saúde da Família na Baixada Fluminense, em 2006: Desafios e Propostas

Gilda Maria Sales Barbosa¹ e Juraciara Luciene A. S. Amorim²

¹Doutora em Parasitologia- UFRRJ/FIOCRUZ, docente da Universidade Iguçu/Facbs – Pós-doutoranda do LBPP/IOC/Fiocruz - gilda@ioc.fiocruz.br,
²Fisioterapeuta Coordenadora do Nucrin-22/Crefito-2, Rio de Janeiro, RJ/Brasil - jurabrazanny@yahoo.com.br

Resumo

Este trabalho teve como proposta identificar os aspectos problemáticos e abordar as estratégias indispensáveis, para que ocorram mudanças efetivas na saúde, no nível de atenção básica nos municípios. O estudo foi desenvolvido através de coleta de dados em várias fontes bibliográficas, e envolveu, também, entrevistas com atores-chave no processo de gestão do PSF. Buscamos considerar as condições físicas do programa, a contratação e o acompanhamento das equipes, o número dessas equipes, as quais são necessárias em cada município, e a integração entre os diversos programas. Como resultados, podemos apontar: baixa cobertura do PSF; insuficiência de recursos financeiros e estrutura física; necessidade de organizar a referência e a contra-referência; falta de uma política de assistência farmacêutica racional e de uma política trabalhista, que motive e qualifique os profissionais com perfil para atuar no PSF, além de manter o entrosamento entre os diversos programas, serviços e setores das SMS. Ao final deste estudo, percebemos que, pelo fato da Baixada Fluminense, vir sendo objeto de discussão há muito tempo, faz-se necessária uma atuação mais incisiva por parte do governo federal, que se demonstra sensibilizado em proporcionar mudanças significativas nos indicadores de saúde da região, contando com o interesse dos gestores municipais em causar impactos nas condições sanitárias e de saúde em seus municípios.

Palavras-Chave: *Serviços básicos de saúde, saúde da família, avaliação de programas.*

1- Introdução

O Programa Saúde da Família no Brasil foi criado em 1994, com o intuito de reorientar o modelo da Atenção Básica em Saúde, possibilitando, de uma forma inquestionável, o conhecimento do perfil de doenças na população. Conhecer o modo de vida, o comportamento e as atitudes, que possam levar a diversas alterações, em vários níveis de saúde, torna-se primordial. O conhecimento das doenças notificáveis,

através do Sistema de Informação de Saúde (SIS), fortalece o controle dessas enfermidades, porém, ainda convivemos com altos índices de morbidades referentes a diversas parasitoses evitáveis. Interessou-nos investigar como os municípios vêm implantando o PSF, de forma a perceber as alterações produzidas na organização dos serviços locais de saúde, com repercussão na ampliação ou não, do acesso da população à assistência à saúde.

No processo de implantação do PSF, torna-se crucial considerar a enorme diversidade de contextos, em que o programa é implantado.

À complexidade que envolve a implantação de qualquer política, associam-se as características do federalismo brasileiro, as novas responsabilidades no âmbito da saúde, assumidas pela quase totalidade dos municípios e as profundas desigualdades sociais, econômicas e regionais, que marcam o território nacional. (SENNA/2005). Este trabalho teve como objetivo identificar os aspectos problemáticos e abordar as estratégias indispensáveis, para que ocorram mudanças efetivas na saúde, no nível de atenção básica nos municípios.

2. Metodologia

Realizou-se, no período de julho a setembro de 2006, um estudo epidemiológico descritivo, envolvendo 08 municípios pertencentes à Baixada Fluminense (BF), no estado do Rio de Janeiro.

Foi utilizado, como instrumento de análise, um questionário, contendo 13 perguntas, sendo 10 perguntas do tipo fechadas e 03 perguntas do tipo abertas.

Realizou-se a revisão de literatura, através de referências bibliográficas e pesquisaram-se algumas bases de dados, nas quais se levantaram informações importantes para análise.

Foram realizadas, ainda, entrevistas com 8 co-ordenadores das Secretarias Municipais de Saúde (SMS), responsáveis pelo Programa de Saúde da Família (PSF) nestes municípios. Os sujeitos desta pesquisa foram 1 homem e 7 mulheres, entre 30 e 45 anos de idade. Quase todos enfermeiros, formados a menos de 10 anos, 7 com pós-graduação em Saúde Pública ou PSF.

A técnica utilizada para a coleta de dados foi a entrevista aberta, que pode ser entendida como um processo de interação entre o entrevistador e o entrevistado. Obteve-se o consentimento livre e esclarecido, de acordo com a Lei 196/96, referente à bioética.

A análise dos resultados foi realizada através da classificação e da agregação dos dados obtidos, com escolhas das categorias que comandariam as especificações dos temas e que fossem de fácil compreensão.

3. Resultados e discussão

Em 100% dos municípios entrevistados, as coordenações são ocupadas por profissionais do sexo feminino, e, em 87,5% dos municípios, estas coordenações são ocupadas por um profissional de nível superior, sendo 75% de enfermagem, 12,5% de psicologia e 12,5% por um agente administrativo.

Podemos relatar que as coordenações do PSF trabalharam de forma articulada com a Saúde Coletiva, nas Secretarias de Saúde, tendo como diretrizes as normas e os procedimentos da Atenção Básica no SUS.

Iniciamos nossa entrevista perguntando: “Quando se deu o início da implementação do PSF, nas SMS dos municípios da Baixada Fluminense (BF)?” Averiguamos que, em 50% dos municípios, o início da implementação ocorreu em 1998 e também nos 50% dos municípios restantes ocorreram a partir do Ano 2000.

3.1-Área de Cobertura

Observamos que os municípios de Belford Roxo, Itaguaí e Queimados concordam que o ideal para suas respectivas localidades é chegar a 100% de cobertura, embora ainda tenham um longo caminho a percorrer. Os

municípios de Mesquita e Seropédica pretendem se aproximar do dobro da cobertura atual nos próximos anos. Já Nova Iguaçu e São João de Meriti pretendem quadruplicar a área de cobertura, alcançando a faixa dos 80%, até 2008. O município de Nilópolis está próximo de alcançar a faixa de 50% de Cobertura, que é sua meta.

Ao comparar as faixas de cobertura entre um município e outro, que tenha o número populacional aproximado, podemos verificar que: Belford Roxo e São João de Meriti, respectivamente com 18,5% e 20% de cobertura, em uma população próxima de 500.000 habitantes, têm a perspectiva de chegar a 80% e 100%, segundo a entrevista com os coordenadores; Itaguaí e Seropédica, com aproximadamente 100.000 habitantes, realizam 20% e 25% de cobertura em seus municípios, porém divergem quanto à

pretensão na expansão da cobertura do PSF, pois o município de Itaguaí pretende atingir 100%, enquanto que o de Seropédica tem a intenção de alcançar 50% e, cautelosamente, atingir a sua meta. Isto talvez ocorra pela grande dificuldade de alguns municípios em participarem com a contrapartida financeira, junto ao que é garantido pelo MS.

Em relação à faixa de 150.000 habitantes, temos os municípios de Mesquita, Nilópolis e Queimados tentando atingir a meta de 70%, 50% e 100%, respectivamente, sendo que Nilópolis já está em vantagem em relação aos demais.

Por fim, o município de Nova Iguaçu, com 22% de cobertura, possuindo uma população de 830.902 habitantes, segundo IBGE/2000, neste momento, trabalha para alcançar, até 2008, uma meta de 86% de Cobertura.

Tabela 1 – Relação entre o número de equipes existentes e número de equipes necessárias

Municípios	Nº de Equipes Existentes:	Nº de Equipes ideal até 2008:
BELFORD ROXO	23 (18,5%)	124 (100%)
ITAGUAÍ	05 (20%)	25 (100%)
MESQUITA	15 (28%)	25 (47%)
NILOPÓLIS	14 (41,17%)	17 (50%)
NOVA IGUAÇU	47 (22%)	172 (86%)
QUEIMADOS	08 (15%)	54 (100%)
S. J. MERITI	21 (20%)	82 (80%)
SEROPÉDICA	07 (25%)	15 (50%)

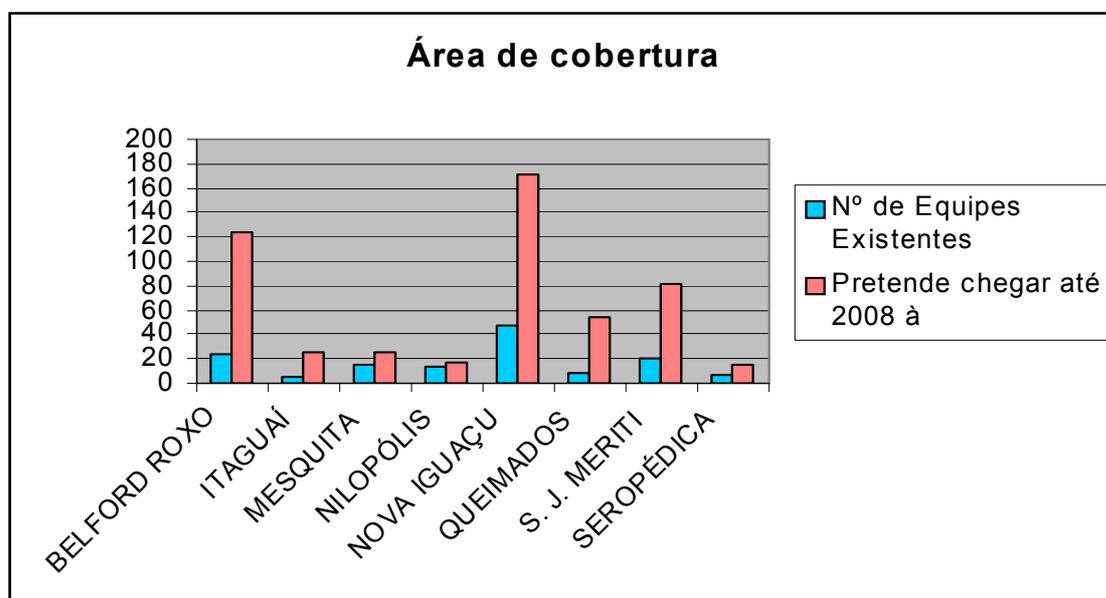


Figura 1 - Municípios da Baixada Fluminense com cobertura dos PSF existentes e estimativa de equipes necessárias.

A preocupação com o aumento de cobertura, com a integração das ações e dos serviços de saúde e com a mudança do modelo assistencial já estava expressa na literatura dos anos 60, de forma simplificada, respeitando a cronologia dos fatos e apenas com a intenção de ressaltar a importância destes aspectos citados.

Em 83% dos municípios do Brasil, implantaram-se os PSF, entre 1997 e 1998, o que evidencia o tempo de existência desta estratégia. Atualmente, 4.957 municípios possuem Equipes de Saúde da Família. Entre dezembro de 2002 e setembro de 2005, o número de equipes aumentou de 16.698 para 24.269. A cobertura populacional, portanto, foi ampliada, passando de 54.932.000 para 77.730.451, o equivalente a 43,9% da população.

3.2 Recursos Financeiros

A implantação do Programa Saúde da Família, mesmo fortemente induzida pelo nível central com transferência de recursos financeiros, e novas atribuições para o município, não se traduziu em termos de garantia de efetivação de uma gestão local do setor, pautada pela ampliação do acesso ao sistema, pela melhoria da qualidade e maior resolutividade das ações de saúde, pela garantia da integralidade da atenção e pelo incentivo a uma maior democratização do sistema. (SENNA, 2004).

De acordo com as respostas fornecidas nos questionários, 62,5% dos municípios responderam que, desde o início da implementação, vêm obtendo os recursos financeiros necessários à já referida

implementação. Não responderam 12,5%, e 25% responderam que não vêm obtendo recursos suficientes para a implementação. Observa-se que, apesar de mais de 50% dos municípios terem os recursos para

implementação, os mesmos não foram suficientes para que nos 8 municípios o número de equipes chegasse a 50% de cobertura (vide tabela 1).

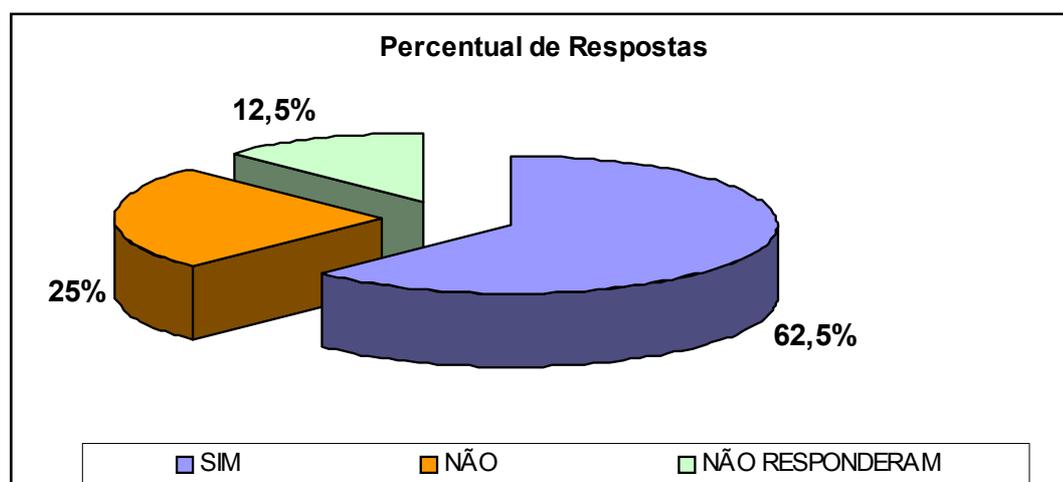


Figura 2: Recursos Financeiros disponíveis, desde o início da implementação do PSF.

3.3 Quanto à Dificuldade na Instalação da Estrutura Física:

Dentre os municípios entrevistados, apenas 12,5% responderam que não tem dificuldade na instalação da estrutura física das Unidades de Saúde da Família. Já 87,5% dos municípios, quer dizer, a grande maioria, responderam que sim, que enfrentam dificuldades nas instalações da estrutura física, o que, muitas vezes, deve-se à falta de documentos do imóvel, a ser locado pelo PSF.

Em algumas localidades, foram cedidas instalações por parte de associações de moradores e igrejas, que, em sua maioria, precisam passar por reformas para se

adequar às novas finalidades. Muitos desses imóveis não possuíam a estrutura adequada para funcionamento do programa. Relatos dos gestores, nas entrevistas, salientam, ainda, que era difícil formalizar o aluguel, tendo em vista que muitos não estavam com documentação regularizada.

Entretanto, a constituição da UBS, no Brasil, é marcada por problemas de estrutura física dos serviços, suficiência e perfil dos profissionais de saúde, acesso oportuno aos recursos e efetividade de políticas e ações de saúde. A estrutura física das UBS foi bastante similar nas duas modalidades de atenção básica, destacando-se por sua precariedade e improvisação⁴⁰.

O Ministério da Saúde não tem recomendado que trabalhem, numa mesma USF, mais que três ESF, devido às dificuldades de organização de agenda e dos fluxos operacionais, que garantam as mudanças de práticas de saúde, necessárias ao modelo de atenção, proposto pela estratégia de Saúde da Família. Entretanto, em realidades, em que já se dispõe de uma rede física instalada, que comporte um número maior de equipes, e que a população, a ser atendida, apresente características de alta densidade, é possível prever a existência de mais de três equipes, desde que se assegure um número de salas adequado à realização das atividades, em especial um número de consultórios, e que seja assegurado o acesso de toda a população à unidade, de preferência, acesso a pé.

3.4 O Processo de Regionalização e a Necessidade de se Organizar a Referência e a Contra-Referência

Embora 87,5% dos municípios entrevistados tenham respondido que os critérios de escolha de uma comunidade, na qual se instale um PSF, estejam de acordo com o processo de regionalização no município, 12,5% responderam que não.

A regionalização objetiva garantir o direito da população à saúde, reduzindo desigualdades sociais e territoriais e promovendo a equidade.

A articulação entre os gestores é determinante para que o processo de descentralização alcance os resultados desejados. Nas diferentes esferas do sistema, eles cumprem um papel central na sensibilização dos atores envolvidos, assim como na constituição e no bom desenvolvimento das Regiões de Saúde, de

forma a mobilizar os diretamente envolvidos e a comunidade na manutenção do movimento de estruturação das ações de saúde, nas regiões, por meio dos eventos específicos, que promovem o debate sobre a regionalização e incentivam o real cumprimento das ações debatidas e estabelecidas.

O papel do estado, como coordenador da regionalização, e do Conselho de Secretários Municipais de Saúde (COSEMS), como espaço de articulação dos gestores municipais, são igualmente importantes nesse processo em que vários temas e questões devem ser criteriosamente analisados, de forma a se chegar ao desenho das Regiões de Saúde e à definição dos modelos de atenção mais adequados aos objetivos da regionalização, sem excluir as entidades da sociedade civil, que atuam como colaboradoras e articuladores dos desejos e necessidades da população envolvida, haja vista as atuações dos Conselhos Municipais de Saúde, que promovem um entrosamento entre os vários atores envolvidos, tentando estabelecer um intercâmbio entre os gestores e a sociedade, através do diálogo e reflexão, demonstrando o interesse de efetivar o papel do controle social colaborativo, e estando aberto a negociações razoáveis, ao invés de impor e estabelecer as regras daquilo que a sociedade, frustrada de seus interesses, tem direito.

Em um planejamento estratégico de Integração Regional em Saúde, que foi impulsionado em um Seminário de Integração Regional em Saúde do Estado do Rio de Janeiro, em novembro de 2000, já se consideravam os tópicos destacados abaixo como macro-problemas a serem solucionados:

- Insuficiência de cobertura do PACS/PSF;

- Ações da área materno-infantil deficientes;
- Dificuldade do usuário em obter medicamentos;
- Dificuldades aos serviços de média e alta complexidade;
- Dificuldades de realização de exames e procedimentos diagnósticos;
- Insuficiência gerencial do SUS;
- Insuficiente atendimento à demanda de sangue, componentes e derivados;
- Insuficiência das atividades de promoção à saúde e baixa integração regional;
- Baixa resolubilidade hospitalar.

O Plano Diretor de Regionalização, uma das estratégias formuladas pela Norma Operacional da Assistência à Saúde – NOAS US 01/01, editado pela Portaria MS/GM nº 95, de 26 de janeiro de 2001 – representa o resultado de um esforço de planejamento dinâmico e permanente em saúde, elaborado e coordenado pela SES, em parceria com as SMS, para orientar o processo de regionalização, explicitando as prioridades de intervenção direcionadas à solução dos problemas de saúde da população e à garantia de acesso dos cidadãos aos demais níveis de atenção.

O PDR, do estado do Rio de Janeiro, propôs a divisão do estado em regiões e microrregiões de saúde, e em módulos assistenciais. Um diagnóstico identificou problemas, localizados em cada região de saúde do estado, que só poderão ser resolvidos com o avanço dos níveis de integração e cooperação entre os gestores municipais e entre estes e a SES/RJ.

A Região Metropolitana I (METRO I) tem 9.131.585 de habitantes, correspondendo a 63,55% da população total do Estado. Para esta região, foram previstas cinco microrregiões (METRO I, METRO I.2, METRO I.3, METRO I.4 e METRO I.5)

A Região Metropolitana I é composta, além do município do Rio de Janeiro, também pelos municípios de Itaguaí, com 81.952 habitantes (1999); Seropédica, que possui 65.020 habitantes (1999); Duque de Caxias, que tem população de 770.865 habitantes; Magé, com 205.699 habitantes; Nova Iguaçu, que tem uma população de 750.487 habitantes (1998); Japeri, que tem população de 83.160 habitantes (1998); Queimados, com 121.688 habitantes (1998); Mesquita, que tem população de 164.879 habitantes (1998); São João de Meriti, que possui 449.229 habitantes (1998); Belford Roxo, município que conta com 433.120 habitantes (1998); Nilópolis, que possui uma população de 153.572 habitantes (1998)

O processo de regionalização da saúde, implementado no Estado do Rio de Janeiro de forma prospectiva, tem como ponto central o cumprimento das diretrizes de territorialização e hierarquização da NOAS e dos princípios de acesso universal, equidade e integralidade da assistência, para garantir à população o direito de assistência em todos os níveis de complexidade do sistema.

Para isto, a SES, em parceria com as SMS, está implementando a rede de centrais de regulação das ações de saúde, com a finalidade de ordenar e controlar a oferta de serviços, referente a internações hospitalares, consultas especializadas e exames de alta e média complexidade.

3.5 Os Municípios Onde Funcionam os Dois Modelos Assistenciais (UBS E PSF) e a Existência de Equipamentos Básicos (ap. pressão, termômetros e etc...).

Em relação à existência de dois modelos de assistência, funcionando na mesma unidade de saúde, obteve-se uma resposta positiva, de 37,5% dos municípios, enquanto

que 62,5% responderam que não existem, em suas unidades de saúde, os dois modelos assistenciais (UB e PSF) funcionando ao mesmo tempo em uma única unidade.

Unidades, onde funcionam os dois modelos de atenção à saúde (tradicional e o PSF), constituem-se como referência para o primeiro contato do usuário com o sistema de saúde. Não é um local de triagem onde a maior parte dos casos é encaminhada para os serviços especializados. A Unidade de Saúde da Família (USF) pode ser o antigo Centro de Saúde, onde cerca de 85% dos problemas mais comuns de saúde da comunidade, devem ser solucionados. Portanto, é necessário dispor de recursos estruturais e equipamentos compatíveis, que possibilitem a ação dos profissionais de saúde em relação a esse compromisso.

Em 100% dos municípios entrevistados, foi confirmado que os equipamentos básicos e medicamentos encontram-se disponíveis. Entre os materiais e equipamentos de infraestrutura necessários para garantir as necessidades demandadas pelas populações cobertas, **não** estão disponíveis para ESF, com uma frequência acima de 50%, os seguintes materiais: material para pequena cirurgia (66,2%), lanternas (72,6%), oftalmoscópios (87,5%), sonares (54%), impressoras (83,5%) e microcomputadores (81,5%). Os demais itens necessários estão sempre disponíveis, com incidência superior a 50%.

3.6 Acessos Racional e Correto aos Medicamentos (A Regularidade no Abastecimento de Medicamentos, nos Módulos do PSF em Tempo Adequado).

Torna-se necessário salientar que 25% dos municípios que não tem o abastecimento de medicamentos, de forma regular e em

tempo adequado; obtivemos uma resposta positiva apenas de 75% dos municípios.

Ao longo dos anos, com a identificação de medicamentos como uma modalidade terapêutica fundamental, vários esforços têm sido realizados para promover seu uso racional, diminuindo os custos associados com prescrições inadequadas, efeitos adversos e utilização incorreta. Um conceito, introduzido pela OMS, nos anos 1970, contempla a adoção de listagens de medicamentos essenciais, de acordo com as necessidades locais (Marin, 2003). Com o objetivo de racionalizar o uso dos medicamentos existentes, o Ministério da Saúde criou uma lista de medicamentos denominada Relação Nacional de Medicamentos Essenciais (RENAME) (Brasil, 2002), que visa orientar o uso de produtos seguros, eficazes e com possibilidade de solucionar a maior parte dos problemas de saúde da população brasileira.

Considerando-se que os custos com medicamentos representam parte importante do cuidado à saúde, e que a prescrição de medicamentos é um ato complexo, sujeito a vários erros, é fundamental, para aqueles que elaboram e implementam políticas de saúde, conhecer o padrão de prescrição vigente na área em que atuam. Esse conhecimento possibilita a adoção de estratégias de gestão e controle que trazem uma melhor relação custo-benefício para a comunidade atendida (Avery, 2002; Butler, 2001; Gonzales, 2001; Latour Perez, 2000; Birrell, 2000; Millet Medina, 1998; Mainous, 1998, Marin, 2003; Mazzaglia, 1998).

Em relação à periodicidade no abastecimento dos medicamentos, 12,5% dos municípios entrevistados responderam que, quinzenalmente, os medicamentos são

recebidos, 25% recebem trimestralmente e 62,5% recebem os medicamentos de maneira mensal.

A utilização de medicamentos padronizados melhora a relação custo-benefício da prescrição, uma vez que se utilizam fármacos de eficácia e segurança estabelecidas, adquiridos através de concorrência pública, pelo menor preço possível.

A adoção de uma listagem padronizada de medicamentos e a existência de um programa institucional de educação continuada são instrumentos que promovem o uso racional de medicamentos e devem fazer parte do gerenciamento de saúde dos municípios.

3.7 A Contratação, a Avaliação e a Integração entre as Equipes do PSF e Outros Programas e Serviços nas SMS:

Verificamos que, em 87,5% dos municípios, os professores são contratados por cooperativas para prestação de serviços, e apenas 12,5% os mesmos realizaram concurso e contratação pela consolidação das Leis Trabalhistas (CLT).

Não existe um critério definido de seleção, podendo ser utilizados diversas modalidades, que vão desde provas (escrita, prática, teórico-prática), até entrevista e análise de currículo. A modalidade de contratação também é definida pelo município, assim como o montante da remuneração dos profissionais, que não obedece a qualquer parâmetro.

De acordo com Machado (2000), o sistema de contratação de profissionais, normalmente utilizado no Programa Saúde da Família, cria um vínculo precário, que, associado à remuneração diferenciada, constituem fatores, que podem ter uma

repercussão negativa na dedicação e desempenho do profissional e na qualidade de sua prestação, comprometendo, não só a qualidade dos serviços, mas também a alta resolatividade, que se pretende com esse programa.

Nos 87,5% dos municípios entrevistados, existe avaliação das equipes, segundo informações dadas no questionário de entrevistas, e apenas 12,5% responderam que não realizam, ainda, a avaliação das equipes.

Um aspecto central a considerar é o fato de que a implantação de um programa, com esta dimensão, configura, por si só, um enorme desafio para os gestores locais, implicando na necessidade de criação de estruturas e mecanismos gerenciais, capazes de alocar, acompanhar e monitorar um número tão grande de profissionais, espalhados por várias áreas da cidade. Este desafio parece ainda maior diante da fragilidade gerencial, característica do município, tornando ainda mais complexa a tarefa de planejar e monitorar as ações do programa (SENNÁ, 2004).

Existe supervisão técnica em 12,5% dos municípios entrevistados, e nos 87,5% dos municípios restantes não há supervisão técnica em funcionamento. Mas, todos demonstram um grande interesse em ter a supervisão técnica funcionando; alguns municípios estão tentando implantar tal supervisão. A educação continuada está ocorrendo em 75%, segundo os coordenadores dos municípios entrevistados e em 25% dos municípios não ocorre, estando em processo de organização para entrar em funcionamento efetivo.

A Educação Permanente de Profissionais de Saúde requer investimentos orientados para o desempenho dos serviços e a

vulnerabilidade social dos problemas de saúde.

Em relação à integração, verificamos que, em 100% das coordenações entrevistadas, existe uma integração entre o PSF e outros programas e serviços nas SMS. Verifica-se que, na maioria dos municípios, a coordenação do PSF não vive uma situação de isolamento dentro das secretarias; relacionando-se com as outras áreas em graus variados, há uma integração com os programas de saúde. Apesar disso, percebe-se que esta integração precisa ser incentivada e mantida nos municípios.

3.8 Em Relação à Perspectiva do Pacto nos Municípios da BF:

A ampliação da atenção básica fortalece os princípios do SUS, motiva os municípios para instituir o PSF e modificar o modelo de atenção positiva com o apoio da Legislação.

Quando perguntamos às coordenações sobre como estes avaliam a proposta do Ministério da Saúde, diante da perspectiva de ampliação das políticas de saúde, mediante o Pacto pela Vida (2006), obtivemos 45% dos municípios respondendo que tem uma visão positiva em relação ao Pacto, e 25% não se sentiram em condições de responder, no momento da entrevista.

O Pacto pela Saúde é um conjunto de reformas institucionais do SUS, pactuado, como o próprio nome sugere, entre as três esferas de gestão, (União, estados e municípios) com o objetivo de promover inovações nos processos e instrumentos de gestão, visando alcançar maior eficiência e qualidade das respostas do Sistema Único de Saúde. Ao mesmo tempo, o Pacto pela Saúde redefine as responsabilidades de cada gestor em função das necessidades de saúde da população e na busca da equidade social.

A implementação do Pacto pela Saúde se dá pela adesão de municípios, de estados e da União ao Termo de Compromisso de Gestão (TCG). O TCG substitui os processos de habilitação das várias formas de gestão, anteriormente vigentes, e estabelece metas e compromissos para cada ente da federação, sendo renovado anualmente. Entre as prioridades definidas estão a redução da mortalidade infantil e materna, o controle das doenças emergentes e endemias, como dengue e hanseníase, e a redução da mortalidade por câncer de colo de útero e da mama, entre outras.

As formas de transferência dos recursos federais, para estados e municípios, também foram modificadas por conta do Pacto pela Saúde, passando a ser integradas em cinco grandes blocos de financiamento: atenção, básica, média e alta complexidade da assistência, vigilância em saúde, assistência farmacêutica e gestão do SUS, substituindo, assim, as mais de cem "caixinhas" que eram utilizadas para essa finalidade.

3.9 Fatores a Serem Considerados como Possíveis Facilitadores do Processo em Andamento: Algumas Propostas Sugeridas para Solucionar as Dificuldades de Implementação do PSF na BF:

- Torna-se necessário discutir amplamente, com os governos e com o controle social, as vantagens da estratégia do PSF para a reordenação da assistência.
- Os profissionais, que não tem o perfil, precisam de capacitação contínua; o que deveria ocorrer, também, é a avaliação de títulos antes dos concursos;
- Existe a necessidade de fortalecimento do vínculo empregatício (CLT), despertando, deste modo, o comprometimento

profissional, estabelecendo um programa de incentivos para desempenho de metas, tornando a Unidade de Saúde da Família imune à interferência de políticos. Se o incentivo, principalmente financeiro, do Ministério for maior, haverá expansão mais rápida;

- Os gestores políticos precisam ser capacitados e orientados pela administração pública, antes de assumirem qualquer cargo público, pois existe um desconhecimento e certa desconfiança quando não há uma relação de amizade entre gestor e coordenação;

- Os custos são enormes e as dificuldades são grandes, mesmo o município recebendo incentivo do Ministério e dando a contrapartida.

4. Conclusão

Vimos que, desde 1999, não houve um crescimento satisfatório do PSF, em vários municípios com população superior a 100.000 habitantes. Tais fatos puderam ser observados com a recente intervenção, ocorrida em alguns hospitais no município do Rio de Janeiro (METRO I), e levando em consideração os índices alarmantes de mortalidade materno-infantil, tuberculose e hanseníase, além de outros indicadores. Faz-se necessário uma atuação mais incisiva por parte do governo federal, a fim de proporcionar mudanças significativas nos indicadores de saúde na Baixada Fluminense (METRO I), contando, sempre, com o interesse dos gestores municipais em causar impactos nas condições sanitárias, e de saúde de seus munícipes.

Referências

- [1] ABRÚCIO, Fernando e COUTO, Cláudio Gonçalves. *A redefinição do papel do Estado no âmbito local*. São Paulo em perspectivas 10 (3). p 40-47: 1996.
- [2] *O SUS que queremos: Sistema Nacional de Saúde ou subsetor público para pobres?* Ciência e Saúde Coletiva 8 (2). p. 346-352.
- [3] ANVISA. Medicamentos. *Conceitos técnicos*. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/medicamento/s/conceito.htm>>. Acesso em: 8 abr. 2003.
- [4] BLUMENAU. Prefeitura Municipal de Blumenau. Secretaria Municipal de Saúde. *Relação municipal de medicamentos essenciais*. Blumenau, 2003. (Mimeo).
- [5] BRAVO, Maria Inês de Souza...[et al.], (organizadoras). *Saúde e serviço social - São Paulo* : Cortez; Rio de Janeiro: UERJ, 2004.
- [6] CARDOSO, Adauto Lúcio. Déficit Habitacional/Rio de Janeiro: Observatório de Políticas Urbanas e Gestão Municipal: IPPUR/FASE/IAF, 1998.55 p. (Série Cadernos da Baixada;1)
- [7] CASTÁN CAMEO, S.; GARCIA LATORRE, F. J.; MARTINEZ GOROSTIAGA, J.; SIERRA MOROS, M. J.; SOLANO BERNAD, U. M.; PERAL CASADO, A. *Un estudio de minimización de costes en la prescripción de antiinfecciosos en dos áreas de atención primaria*. *Rev. Esp. Salud Pública*, v. 72, n. 1, p. 33-42, 1998.
- [8] CANESQUI, Ana Maria e SPINELLI, Maria Angélica dos Santos. *Saúde da*

- família no Estado de Mato Grosso, Brasil: perfis e julgamentos dos médicos e enfermeiros. Cad. Saúde Pública, vol.22, no.9, p.1881-1892. ISSN 0102-311X set. 2006.*
- [9] CEZAR, Lêda Suely Barboza. *Programa de Saúde da Família: Uma Avaliação no Morro do Borel. – Dissertação (mestrado) – UERJ/IMS 2003. Orientadora: Célia Regina Pierantoni.*
- [10] COSTA, M. da C. N.; MACEDO, J. N.; HERMÓGENES, J. A. *Prescrição, dispensação e uso de medicamentos em dois centros de saúde de Salvador. Rev. Baiana Saúde Pública, v. 19, n. 1, p. 19-24, 1992*
- [11] DALMASO, A. S. W. e NEMES FILHO, A. *Promoção da Saúde. In; Ministério da Saúde/ Brasil. Manual de Condutas Médicas. Brasília: IDS; USP, p 7-9, 2001.*
- [12] MARIN, N.; LUIZA, V. L.; OSORIO-DE-CASTRO, C. G. S.; MACHADO-DOS-SANTOS, S. *Assistência farmacêutica para gerentes municipais. Brasília: OPAS, 2003. Disponível em: <<http://www.opas.org.br/medicamentos/>>. Acesso em: 13 nov. 2004.*
- [13] Manual Técnico p/ Estruturação Física de Unidades de Saúde da Família, MS, 2004.
- [14] MINISTÉRIO DA SAÚDE/BRASIL. Departamento de Apoio à Descentralização. *Secretaria Executiva. Regulamento dos pactos pela vida e de gestão. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.*
- [15] MINISTÉRIO DA SAÚDE/BRASIL. Departamento de Apoio à Descentralização. *Secretaria Executiva. Coordenação-Geral de Apoio à Gestão Descentralizada. Diretrizes Operacionais dos Pactos pela Vida, em Defesa do SUS e de Gestão. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Brasília: Ministério da Saúde, 76p, 2006.*
- [16] MINISTÉRIO DA SAÚDE/BRASIL. Departamento de Atenção Básica. *Guia prático do programa de saúde da família. Brasília, Ministério da Saúde, 128 p, 2001.*
- [17] MINISTÉRIO DA SAÚDE/BRASIL. Gabinete do Ministro. Portaria n. 1.587, de 3 de setembro de 2002. *Relação Nacional de Medicamentos Essenciais RENAME - Revisão. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 5 setembro de 2002. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portaria/s/1587_02.htm>. Acesso em: 29 fev. 2004.*
- [18] MINISTÉRIO DA SAÚDE/BRASIL. *Saúde da Família: Avaliação da Implementação em Dez Grandes Centros Urbanos. Fundação Oswaldo Cruz. {Elaborado por Sara Escorel (Coord.); Lígia Giovannella; Maria Helena Mendonça; Rosana Magalhães; Mônica de Castro Mia Senna}- 2.Ed. Atual. – Brasília; Editora do Ministério da Saúde, p. 210: il color - (Série C., Projetos, Programas e Relatórios), 2005.*
- [19] MINISTÉRIO DA SAÚDE/BRASIL. Departamento de Apoio à Descentralização. *Série Pactos pela Saúde 2006; v. 3 Tiragem: 1.ª edição – 2006 – 20.000 exemplares, Elaboração, distribuição e informações: Home page: www.saude.gov.br/dad*
- [20] ROCHA, Nadja de Sá Pinto Dantas. *Análise do Programa de Saúde da Família no Município de Natal – RN: Inovações Assistenciais? - Dissertação (Mestrado) – UERJ/IMS – 2000. Orientadora: Ana Luíza d'Ávila Viana.*

- [21] SERRA, Carlos Gonçalves. *Garantia do Acesso à Atenção Básica e Continuidade de Cuidados como Estratégia para Consolidação da Integralidade no SUS*. 2003.
- [22] SHIMIZII, Helena Eri, DYTZ, Jane Lynn G., LIMA, Maria da Glória; MOURA, Ana Socorro de. *A Prática do Auxiliar de Enfermagem do Programa de Saúde da Família*. Revista Latino-Americana de Enfermagem 12(5) set-out. 2004.
- [23] TESSER, Charles Dalcanale. *Medicalização social (I): O excessivo sucesso do epistemicídio moderno na saúde*. Interface (Botucatu), Botucatu, v. 10, n. 19, 2006.

Abstract

This work had as proposal, to identify the problematic aspects and to approach the indispensable strategies, so that they happen effective changes in the health, in the level of basic attention in the Municipal districts. The Study was developed through collection of data in several bibliographical sources, and it also involved, interviews with actors key in the

process of administration of PSF. We looked for to consider the physical conditions of the Program, the recruiting and the attendance of the Teams, the number of necessary teams in each municipal district, and the integration among the several programs. As results can appear: Low Covering of PSF; Inadequacy of Financial Resources and Physical Structure; need to organize the reference and the against-reference; it lacks of a politics of rational pharmaceutical attendance and a labor politics that it motivates and qualify the professionals with profile to act in PSF, besides maintaining the integration among the several programs, services and sections of SMS. Then, at the end of this study, we notice that for the fact of the Baixada Fluminense, to be being discussion object there is a long time, it is necessary a more incisive performance on the part of the federal government that it is demonstrated touched to provide significant changes in the indicators of health of the area, counting with the municipal managers interest in causing impacts in the sanitary conditions, and of health of their. Municipal district.

Key Words: Basic services of health, Health of the Family; Evaluation of Programs.

A Responsabilidade Social Universitária, Assumindo a Posição Central na Rede de Relacionamentos, Estabelecida entre as Diferentes Instâncias Sociais

Sonia Maria de Carvalho Silva¹ e Stella Regina Reis da Costa²

¹ *Arquivista, especialista em Educação Superior no Brasil e mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Gestão do LATEC – Universidade Federal Fluminense, realizando pesquisa na área de Responsabilidade Social e Sustentabilidade. soniamariasilv@gmail.com*

² *Professora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Curso de Engenharia Química. Professora colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Gestão do LATEC – Universidade Federal Fluminense. stellare@ig.com.br*

Resumo

O artigo apresenta o resultado obtido através de análise realizada com base no referencial teórico em que foi contextualizada a relação de interdependência, estabelecida entre Estado, sociedade, empresa, universidade e meio ambiente. E, para facilitar a compreensão das análises realizadas, foram construídos três modelos relacionais, que representam o esquema das redes existentes, em que, nas duas primeiras propostas, a responsabilidade social ocupa uma posição central. E, na terceira e última proposta, a responsabilidade social universitária assume a posição central na rede de relacionamentos, enquanto núcleo da universidade, desenvolvida através dos Programas e Projetos de Extensão, focados na formação do profissional/cidadão.

Palavras-chave: Responsabilidade Social Universitária. Formação de profissionais/cidadãos. Extensão Universitária.

1 Introdução

A Constituição de 1988 define a educação como um direito de todos e dever do Estado, uma vez que compreende a origem da responsabilidade da educação na formação do ser humano ético e cidadão. Logo, entende-se que é um dever de toda instituição de ensino superior produzir um ensino de qualidade que garanta a formação de profissionais qualificados e conectados com as questões impostas pelo processo de globalização.

A política neoliberal levou o Estado a reduzir seu campo de atuação nas questões

sociais, fazendo com que as empresas passassem a assumir, cada vez mais, parte desta responsabilidade. Assim sendo, o mercado passou a buscar profissionais que compreendam as necessidades do mundo atual, e que, principalmente, saibam propor soluções criativas, inovadoras e comprometidas com a sustentabilidade. Essa realidade deu maior *status* à responsabilidade social (RS) e, conseqüentemente, o mercado passou a exigir das universidades a produção de uma formação que atenda a todos esses requisitos. Neste contexto, as universidades se viram diante do desafio de proporcionar

uma formação mais ampla, focada na ética e na cidadania; tal meta que poderá ser alcançada, por exemplo, através de ações de responsabilidade social universitária (RSU), desenvolvidas em programas e projetos de extensão.

Deste modo, no presente artigo, pretende-se mostrar a rede de relacionamentos estabelecida entre o meio ambiente e as diferentes instâncias sociais em que a RSU, segundo a presente proposta, deve assumir posição central. E, para proporcionar maior entendimento sobre a relação de interdependência existente, foram criados três modelos esquemáticos: o primeiro demonstra a relação estabelecida entre meio ambiente, Estado, sociedade e empresa, dando para a Responsabilidade Social (RS) a posição central; no segundo modelo, a universidade é incluída apenas como mais um dos elementos da rede e a RS mantém a posição central. No terceiro modelo, a universidade assume a posição de centralidade, representada pelas ações de RSU, desenvolvidas nos programas e projetos de extensão com foco na formação dos profissionais/cidadãos, que irão atuar em todas as instâncias sociais, bem como no meio ambiente.

2 Referencial Teórico

2.1 A Responsabilidade Social no Brasil: Origem, Inserção no Contexto Social e Base Conceitual

A visão de que a empresa deveria responder apenas aos seus acionistas começou a receber críticas durante a Segunda Guerra Mundial. Nessa época, diversas modificações aconteceram nos Estados Unidos, e, assim, a RSE, no período pós-guerra, passou a ficar vinculada à idéia

de que as empresas deveriam ter obrigações sociais para com seus empregados, entendendo que, ao cumprir o que determinava a lei, já estariam cumprindo seu papel diante da sociedade. (SILVA, 2008).

Nos anos 70, a RSE recebeu uma nova e ampla abordagem com foco na ação social propriamente dita, passando a enfatizar a capacidade organizacional das empresas de agirem responsabilmente, focadas na proteção dos direitos humanos e na proteção da justiça social. Essa visão ampliada serviu para alinhar a responsabilidade social empresarial enquanto um processo de gestão que permitiu consolidar a parceria formada entre empresas, governo e sociedade, na promoção do desenvolvimento sustentável e de maior justiça social.

Em 2000, as empresas apresentavam acréscimos expressivos na área social, direcionados aos seus empregados, porém, o investimento social das mesmas ainda não estava compatível com o que delas se espera. (TOLDO, 2002)

Nos últimos anos, muito tem sido feito no campo da RSE, inúmeros são os exemplos de empresas que decidiram adotar normas, critérios de auto-avaliação e, principalmente, realizar ajustes financeiros que envolvam, até mesmo, a redução das suas margens de lucro por conta da ampliação nos investimentos sociais e ambientais, capazes de promover a sua própria sustentabilidade.

Com base na diversidade de definições destinadas à RS, seria pertinente afirmar que há consensos e controvérsias que permeiam seu conceito. O termo “responsabilidade social” teve sua conceituação clássica, realizada por Howard Bowen, em 1953: "obrigação social do homem de negócios de adotar orientações, tomar decisões e seguir linhas de ação que sejam compatíveis com

os fins e valores da sociedade."(ASHLEY, 2003, p.6)

Para Ashley (2003), a responsabilidade social pode ser definida como o compromisso que uma organização deve ter com a sociedade, expresso por meio de atos e atitudes que a afetem positivamente, de modo amplo, ou a alguma comunidade, de modo específico, agindo de forma pró-ativa e, coerentemente, no que tange a seu papel específico na sociedade e à sua prestação de contas para com ela. A organização, neste sentido, assume obrigações de caráter moral, além das estabelecidas em lei, mesmo que não diretamente vinculadas às suas atividades, mas que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável dos povos. Assim, numa visão expandida, responsabilidade social é toda e qualquer ação que possa contribuir para a melhoria da qualidade de vida da sociedade.

2.2 O Estado e a Responsabilidade Social

Para Dupas (1998), para alcançar a construção de um novo pacto social, voltado para a implantação efetiva da RS, será necessário que haja mudanças nas relações estabelecidas entre o Estado, a sociedade civil e o setor privado, a fim de que possam estabelecer prioridades, mas sempre tendo de encarar o enorme desafio de não conflitar a cruel meta de manutenção do equilíbrio, orçamentário com as necessidades sociais.

Dupas (1998) afirma que as “ações sociais”, originárias da sociedade civil e de empresas, não ocorrem espontaneamente ao explicitar que o mercado é o elemento regulador das ações do Estado, que foca, por sua vez, suas ações nas atividades econômicas. E assim, o Estado reduz seu comprometimento com as ações de proteção

trabalhistas; essa postura o induz forçosamente à criação de políticas e programas de proteção social, visando diminuir as desigualdades sociais, que se configuram.

A corrida desenfreada, que visa alcançar a estabilidade econômica, causa danos sociais enormes, aumentando as desigualdades e a demanda de excluídos, levando à percepção de que, para avançar nessa questão, será preciso criar um novo e original acordo entre governos éticos e sociedades civis, capazes de fiscalizar o cumprimento de acordos, assumidos nos processos de regulação, que não causem danos sociais irreparáveis, conforme os que estão ocorrendo no Brasil e no mundo. (DUPAS, 2008)

Entende-se que, para a composição de tal análise, será necessário considerar que a nova economia global aumentou a desigualdade social e as taxas de desemprego, na qual o Estado, a sociedade, as empresas, as universidades e as demais instituições passaram a ser acionadas para garantir a sobrevivência dos cidadãos excluídos do mercado formal, mesmo que, por detrás dessas ações, existam outros interesses, que não apenas os de “ajuda aos necessitados”.

2.3 A Relação de Independência Estabelecida entre Empresa, Sociedade e Meio Ambiente.

No Brasil, a redução dos investimentos sociais, por parte do Estado, levou as empresas a aumentarem suas ações em responsabilidade social e a focar no bem estar dos seus colaboradores. Essa situação contribuiu para o aumento do valor social da empresa, gerando uma nova forma de regulação das relações sociais, que não se

restringem mais à questão do consumo ou à dos meios de subsistência, atingindo não só a esfera da produção e de bens de serviço.

Segundo Kirschner (2006), a mudança da forma de atuação do Estado contribuiu para intensificar o debate ideológico criado em torno da questão social. Ocorre uma transferência de responsabilidades: o Estado repassa, para as empresas, muitas de suas atribuições, que passaram, por sua vez, a desenvolver projetos relacionados às questões sociais e ambientais.

A empresa passa a exigir dos profissionais uma formação capaz de gerar a postura de um “cidadão” que se envolva com questões sociais e ambientais, contribuindo para minimizar as desigualdades existentes e a mesma começa a ser encarada como um sistema de dimensões sociais, que ultrapassa as questões de interesse econômico em que, através das suas ações de responsabilidade social, cria espaços de socialização e de convívio social, mantendo-se em constante interação com a sociedade. (KIRSCHNER, 2006)

Porter e Kramer (2006) reafirmam a dependência que se estabelece, colocando que uma empresa de sucesso precisa de uma sociedade saudável, e que uma sociedade saudável expande as demandas a serem atendidas pelas empresas.

A dependência mútua de empresas e sociedade significa que, tanto decisões empresariais, quanto políticas sociais devem seguir o princípio do valor compartilhado; ou seja, devem trazer benefícios para os dois lados. Um empresa ou uma sociedade, que investe em políticas as quais promovem seus interesses à custa da outra parte, está trilhando uma rota perigosa. O ganho temporário de uma vai minar a prosperidade

de longo prazo de ambas. (PORTER; KRAMER, 2006, p. 58)

Os autores ainda sinalizam que, quanto maior for o vínculo de uma questão social com a atividade da empresa, maior será a oportunidade de avalancar recursos em benefício da sociedade, entendendo que as melhores iniciativas de cidadania empresarial vão muito além da ajuda financeira e servem para gerar uma publicidade positiva e melhorar as relações com governos locais e outros públicos de igual importância.

Com o passar dos anos, as empresas perceberam que não bastava produzir bens e serviços, mas que era preciso atentar para toda a cadeia produtiva e para o impacto de suas ações na sociedade e no meio ambiente. Assim, empresas de diferentes modalidades estão sendo convocadas a repensar seu papel no cenário de mudanças do mundo atual, o qual se vê ameaçado pela crescente ação de total degradação dos recursos naturais. (ALVAREZ ; SÁ, 2009, p. 3)

2.4 O Papel Social das Universidades, Enquanto Formadoras de Cidadania: Enfoques Diferenciados.

O papel social das universidades, enquanto formadoras de cidadania, recebe enfoques diferenciados, de acordo com Chauí (2003), que se refere à relação a ser estabelecida entre a universidade e a sociedade, bem como, à forma de atuação que as universidades públicas devem seguir. O segundo enfoque é dado por Dias Sobrinho (2005), que avalia o papel social da universidade enquanto formadora de cidadãos, com base nas relações mantidas entre a universidade, a sociedade civil, e o Estado, considerando, ainda, as

transformações globais impostas pela política neoliberal. Já o terceiro enfoque é dado por Vallaey (2006), que se refere, especificamente, à questão da RSU enquanto possibilidade de formar cidadãos informados.

A universidade é determinada pela estrutura da sociedade e do Estado, ou seja, atua como um reflexo deles. Trata-se de uma instituição social diferenciada, que, definida por sua autonomia intelectual, relaciona-se com a sociedade e com o Estado de maneira conflituosa, dividindo-se, internamente, entre o grupo dos que são favoráveis e os que são contrários à maneira como a sociedade e o Estado reforçam a divisão e a exclusão social, impedindo a concretização republicana da instituição universitária e suas possibilidades democráticas. (CHAUÍ, 2003)

Uma das questões polêmicas a ser considerada é a idéia da formação, que deve ser levada a sério, pois, segundo Chauí (2003), só há formação, quando há pensamento, questionamento, reflexão e crítica.

O que significa exatamente *formação*? Antes de qualquer coisa, conforme a própria palavra indica, trata-se de uma relação com o tempo: é introduzir alguém ao passado de sua cultura, – no sentido antropológico do termo, isto é, como ordem simbólica ou de relação com o ausente – é despertar alguém para as questões, que esse passado engendra para o presente, e é estimular a passagem do instituído ao instituinte. (CHAUÍ, 2003, p. 12)

Dias Sobrinho (2005) faz sua avaliação sobre o papel social da universidade enquanto formadora de cidadãos, compreendendo que, para tratar da universidade, da sociedade e da democracia, é preciso considerar e refletir sobre o

processo de globalização, sem o qual não será possível obter um entendimento amplamente aceitável sobre qualquer um desses temas.

O conhecimento e a formação devem cumprir os requisitos universais, devem ser relevantes para o contexto regional e nacional-global e internacional e devem servir ao desenvolvimento econômico, porém, devem servir como um instrumento da humanização e não como horizonte último e razão determinante da sociedade. Logo, a formação promovida pela educação superior não deve subestimar a ética e a técnica, devendo sim ser responsável pela elevação e ampliação da sociedade e da democratização política e econômica, consolidando assim a democracia. (DIAS SOBRINHO, 2005)

Vallaey (2006) refere-se ao papel social das universidades considerando, especificamente, a meta da responsabilidade social universitária enquanto possibilidade de formar cidadãos informados, capazes de refletir e de dialogar, considerando que a universidade deve ser o espaço de debates e reflexões mais apropriado para cumprir essa tarefa. Segundo o autor, essa meta já foi alcançada, em parte, pelas universidades através dos congressos, seminários abertos ao público e palestras proferidas por especialistas, comprometidos em difundir a formação da cidadania. No entanto, para o autor, essas iniciativas ainda são individuais, faltando incluir a educação da cidadania na política institucional das universidades e no currículo de suas diversas áreas de estudo.

Para Vallaey (2006), um dos espaços sociais mais propícios à obtenção desta formação de cidadãos adultos e responsáveis é a universidade; e o principal pilar de um desenvolvimento sustentado e sustentável só se dará através da formação de profissionais,

com enfoque no desenvolvimento social. Sendo que aquilo que falta é o sentimento de urgência para que, rapidamente, a atual formação acadêmica esteja centrada em uma profissionalização, que instrumentalize o estudante e o docente, desvinculando-os da visão estreita do “êxito pessoal”, tão bem propagado pela sociedade de consumo.

Com relação às propostas apresentadas por Chauí (2003), Dias Sobrinho (2005) e por Vallaeys (2006), considera-se oportuno a realização de uma constatação: é de consenso que qualquer proposta de mudança, que contemple a introdução de conceitos preconizados por processos de gestão e de princípios, que embasem a introdução de ações de responsabilidade social, implicará em alterações na estrutura administrativa e acadêmica das IFES e exigirá, na prática, a adoção de transformações complexas e de difícil implantação.

2.5 A Responsabilidade Social Universitária

A declaração constitucional oficializa a relação embrionária do conceito de responsabilidade social aplicado às instituições educacionais. Dentro dessa perspectiva, a universidade localiza-se no ápice desta cadeia de formação de cidadãos e seu papel, no contexto social, vem sendo amplamente questionado e rediscutido. E, enquanto entidade produtora e transmissora de conhecimento, a mesma legitima o caráter emancipatório do ser humano.

A universidade brasileira pode e deve desempenhar um papel fundamental na consolidação do conceito e da prática de responsabilidade social. Ao cumprir seu papel de instituição, focada na formação de novas gerações, deve estar comprometida

com os valores da contemporaneidade, com destaque para a questão da ética, da transparência, do profissionalismo, do interesse público e da justiça social; precisando, além disso, estar empenhada firmemente em difundi-los pela sociedade. (BUENO, 2007)

Calderón (2006) afirma que, através da implantação da responsabilidade social universitária, é possível pensar na universidade com um instrumento de promoção de mudanças sociais, por conta dos resultados a serem alcançados com seus trabalhos realizados por professores e alunos, que investem seu tempo desenvolvendo projetos de extensão, focados na preservação do meio ambiente, no auxílio à comunidade de baixa renda, na prestação de serviços médicos, na organização de cursinhos gratuitos, para possibilitar o acesso à universidade pública, dentre outras ações de tamanha importância.

A responsabilidade social universitária ganha maior relevância com as mudanças provocadas pelo mundo globalizado, fazendo com que a universidade repense seu papel na sociedade contemporânea. E, sobre essa questão, existem vários artigos de Wagenberg (2006), Klinsberg (2006), Vallaeys (2006) e Carrizo (2006), os quais apontam para a necessidade da universidade estabelecer um novo contrato ou pacto social com a sociedade, tendo como norte o desenvolvimento humano. (CALDERÓN, 2006, p.13)

2.5.1 A Interface da RSU com a Extensão Universitária

É consenso que, através das atividades de extensão, as universidades podem contribuir para a educação permanente e cumprir o seu

papel enquanto formadora de cidadãos, tornando acessíveis os saberes, nela conquistados, a todos aqueles que possam precisar e se beneficiar deles, sendo esse um dos aspectos fundamentais do compromisso social a que as universidades, na maioria das vezes, têm sido incapazes de atender de maneira ampla e satisfatória.

A extensão universitária promove a interação entre a universidade e a comunidade. Seu principal objetivo é a produção e a troca de conhecimento que geram benefícios para ambas as partes. Dessa forma, os universitários, que participam desses projetos, têm a oportunidade de praticar suas futuras profissões, expandir horizontes e aprender novas culturas e a comunidade encontra apoio especializado para solução de problemas sociais. Os projetos de extensão atuam como um importante instrumento para a construção, desenvolvimento e transformação da sociedade, por meio de ações que visam à inclusão social, à justiça, o desenvolvimento dos cidadãos, fazendo valer a solidariedade humana. (CHAUÍ, 2002; OLIVEIRA, 2004)

Para Oliveira (2004), a extensão propicia, aos meios acadêmicos, a sintonia fina entre sociedade e universidade, permitindo reconstruir, historicamente, a universidade nos diversos contextos da sociedade. Assim sendo, a autora alerta que, dentro da ótica de compromisso social da universidade, cabe à produção de estudos identificar se, através dela, realmente ocorre a construção da cidadania.

Para Vallaes (2006), a responsabilidade social universitária exige que a universidade supere a posição em que se coloca a Extensão Universitária, pois, no meio acadêmico, ela é encarada como um apêndice da formação estudantil e da

produção de conhecimentos, em demérito de todo o trabalho, que se realiza para auxiliar a diminuição da pobreza e da exclusão social; a formação e a geração da cidadania, a proteção do meio ambiente, dentre outros.

Para Wagenberg (2006), cabe à universidade facilitar o desenvolvimento individual de seus alunos. Entretanto, é preciso reconhecer que o desenvolvimento do aluno consiste em ensiná-lo a pensar por si mesmo, em ajudá-lo a fortalecer seus próprios ideais, opiniões e idéias, através da realidade do mundo, cercado de pobreza e desnutrição. E, para o autor, ao ensinar esta realidade, a universidade passa a assumir seu compromisso social e o estudante começa a compreender sua própria responsabilidade diante da sociedade, iniciando-se, assim, a transformação social, uma vez que, quando constrói-se a universidade ao redor de um núcleo social, não ocorre um processo paralelo como o da projeção social.

3. Metodologia

O referencial teórico apresentado diz respeito à responsabilidade social universitária, desenvolvida nos programas e projetos de extensão, com foco na formação de cidadãos, em que se pretende demonstrar a importância do papel social da universidade e, principalmente, a posição central que a instituição universitária pode e deve assumir enquanto formadora de profissionais/cidadãos, que atuam em todas as instâncias da rede de relacionamentos, estabelecida entre Estado, sociedade, empresa, universidade e meio ambiente. E, para isso, o presente artigo fundamenta-se, basicamente, nas abordagens realizadas por Calderón (2005, 2006), Chauí (1998, 1999, 2001, 2003), Dias Sobrinho (2004, 2005, 2006), Dupas (1998, 2008), Kirschner

(2006), Oliveira (2004), Porter e Kramer (2006), Silva (2008) e Vallaey (2006).

Sendo o tema “Responsabilidade Social Universitária” ainda incipiente no Brasil, a pesquisa ora apresentada, segundo Vergara (2006), Lakatos e Marconi (1999), caracteriza-se, quanto aos fins, como exploratória – não se verificam muitas produções científicas, que abordem o tema RSU – e descritiva – descreve e analisa o papel social das universidades, da RSU e da extensão universitária – e, quanto aos meios de investigação, classifica-se como bibliográfica – estudo sistematizado, desenvolvido com base nas referências bibliográficas utilizadas.

4. Resultado: Modelo Relacional que Representa a Proposta de Interdependência a Ser Estabelecida entre o Meio Ambiente, as Instâncias Sociais e a Universidade

Considera-se que os modelos relacionais, construídos no presente artigo, servem para representar esquematicamente a proposta de interdependência a ser estabelecida entre o meio ambiente e as instâncias sociais, dando à universidade a posição central. E, para embasar a presente proposta, foram utilizadas várias abordagens, realizadas por diferentes autores.

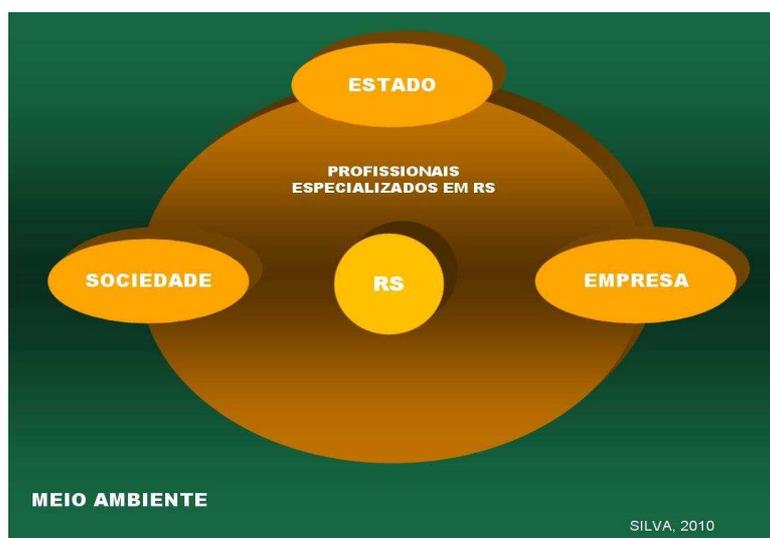


Figura 01 – MODELO RELACIONAL I: Ações de RS, que funcionam como o núcleo da relação de interdependência estabelecida entre Estado, sociedade, empresa e meio ambiente. Fonte: A autora (2010)

Os três modelos construídos objetivaram demonstrar o desencadear das relações de interdependência estabelecidas. No primeiro

modelo relacional, a RS assume o papel central, cabendo aos profissionais, especializados em RS, atuar em todas as

instâncias sociais, conforme consta na Figura 01. Esta representação segue a linha dos autores, que se referem, em suas abordagens, especificamente, à importância do papel social do Estado e da empresa, considerando a relação mantida com a sociedade e o meio ambiente, desconsiderando a presença da universidade na rede. Este modelo foi construído visando facilitar a compreensão da interrelação estabelecida entre Estado, sociedade, empresa e meio ambiente.

No segundo modelo relacional, foi mantida a posição de centralidade da RS e

acrescentou-se à rede, a universidade. Este modelo apresenta a relação de interdependência a ser estabelecida entre RS, Estado, sociedade, empresa e meio ambiente, de acordo com a Figura 02. Esta representação esquemática baseou-se nos autores, que se referem ao papel social das universidades enquanto formadoras de cidadania, e relatam sobre a importância das ações de RSU, demonstrando a sua interfase com a extensão universitária.

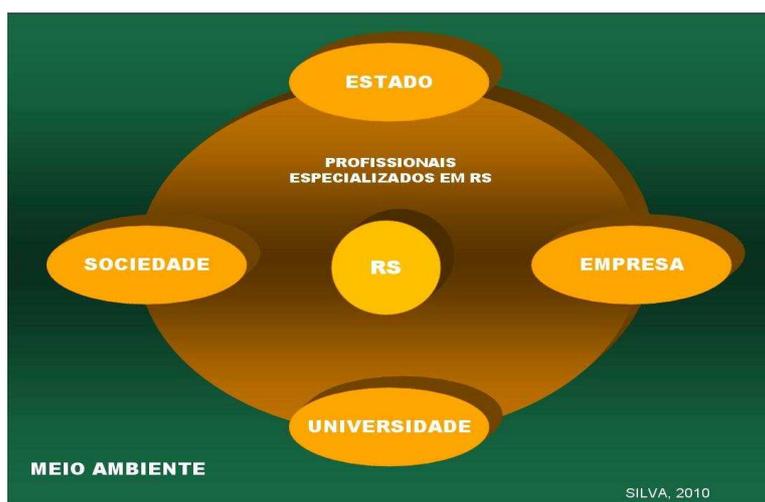


Figura 02 – MODELO RELACIONAL II: Ações de RS, que funcionam como o núcleo da relação de interdependência estabelecida entre Estado, sociedade, empresa, universidade e meio ambiente. Fonte: A autora (2010)

Com base nas abordagens apresentadas, e objetivando explicitar a contextualização pretendida, foi construído o terceiro modelo relacional, representado na Figura 03, que surge como evolução das duas propostas anteriores. Trata-se de uma proposta

conclusiva que visa manter a representação da relação de interdependência, estabelecida no primeiro e no segundo modelos, entre Estado, sociedade, empresa e meio ambiente. A RSU dos programas e projetos de extensão (PPE), desenvolvidos nas

universidades, assume a posição de centralidade na rede enquanto ação realizada em uma instituição, que pode e deve, através das suas ações de RSU, difundir conhecimentos, não somente científicos, mas sendo capaz de ofertar uma ampla formação aos seus estudantes, transformando-os em profissionais/cidadãos.

Logo, a posição de centralidade atribuída à universidade, parte do princípio de que cabe à instituição universitária formar os profissionais, os quais irão atuar nas demais instâncias. Portanto, essa responsabilidade repassa, para a mesma, encargos que irão se refletir por toda a rede de relacionamentos.



Figura 03 – MODELO III: Ações de RSU, desenvolvidas pelos programas e projetos de extensão das universidades, que funcionam como o núcleo da relação de interdependência estabelecida entre Estado, sociedade, empresa e meio ambiente. Fonte: A autora (2010)

5. Conclusões

E, assim como sinalizam as abordagens de diversos autores, entende-se que a universidade deva assumir um papel central na rede relacional, que se estabelece entre as diferentes instâncias sociais, nas quais a RSU, desenvolvida através dos programas e projetos de extensão, deve ter o objetivo de orientar a formação geral e especializada do estudante, com vistas à promoção do desenvolvimento justo e sustentável.

Cria-se, então, um novo perfil do estudante universitário, que transcende os conhecimentos científicos: preocupado com as injustiças sociais e com as questões ambientais; informado e capacitado para contextualizar os problemas do mundo globalizado; formado com base na ética pessoal, e não só profissional; capacitado de mobilidade e preparado para contextualizar posições contraditórias, com base no diálogo, no senso de justiça e dotado de visão inovadora, para solucionar os

principais problemas existentes. Esse estudante deve ser capacitado para se beneficiar das experiências sociais formativas e para construir sua base emocional com consciência. E, desta maneira, torna-se possível adquirir uma formação mais ampla, que lhe dará condições de atuar à frente de todas as instâncias sociais enquanto profissional e enquanto cidadão.

Acredita-se que essa nova função central, atribuída à universidade, permitirá o seu re-encontro com legitimidades sociais e com “valores”, perdidos há muitos anos, não só pela instituição universitária, mas pela sociedade como um todo. Acredita-se, ainda, que, desta forma, será possível escapar do perigo de restringir a universidade a uma pequena perspectiva enquanto instituição, que oferta uma formação voltada apenas para a capacitação profissional.

Ao adotar novos enfoques e métodos de ensino, através do envolvimento dos estudantes em programas e projetos de extensão e, ao re-equilibrar sua relação com seu entorno social, a universidade estará abrindo-se à sociedade civil, podendo auxiliar na resolução de seus principais entraves e dando aos seus estudantes a possibilidade de ampliação, não só da sua visão cultural e social, mas da sua formação como um todo. Nesse contexto, pressupõe-se que essa formação deverá ser baseada em valores e princípios éticos, que só poderão ser repassados através de práticas, ou seja, de ações de RSU, impossíveis de serem incorporadas à formação do profissional/cidadão apenas através de teorias e de conhecimentos científicos.

Referências

- [1] ALVAREZ, Denise.; SÁ, Ricardo Luiz Paes de A efetividade da educação corporativa e suas potencialidades como mobilizadora da cultura de responsabilidade socioambiental. CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO: gestão do conhecimento para a sustentabilidade., 5., 2009, Niterói, RJ. Anais... Niterói: UFF. Escola de Engenharia, 2009. CD-ROW.
- [2] ASHLEY, P. A. (Coord.) Ética e Responsabilidade Social nos negócios. São Paulo: Saraiva, 2003.
- [3] BUENO, Wilson da Costa. Universidade e Responsabilidade Social. Diário Ético. 2007. Disponível em: <diarioetico.blogspot.com/.../universidad e-e-responsabilidade-social.html> Acesso em: 07 mar 2010.
- [4] CALDERÓN, Adolfo Ignácio, Responsabilidade social universitária: contribuições para o fortalecimento do debate no Brasil. Revista Estudos, Brasília, n. 36, p.9, 2006.
- [5] CHAUI, Marilena . A universidade pública sob nova perspectiva. Poços de Calda: Conferência de Abertura da ANPEd, 05.10.2003, mimeo.
- [6] Cultura e Democracia: o discurso competente e outras falas. 9.ed. São Paulo: Cortez, 2001.
- [7] DIAS SOBRINHO, J. Educação superior, globalização e democratização. Revista Brasileira de Educação, Rio de Janeiro, v. 28, p. 164-173, 2005.
- [8] DUPAS, Gilberto. A lógica econômica global e a revisão do Welfare State: a urgência de um novo pacto. Estudos Avançados, São Paulo, v.12, n.33, ago. 1998.

- [9] KIRSCHNER, Ana Maria. La responsabilidade social de la empresa. Nueva sociedad, Buenos Aires, 202, mar./abr. 2006.
- [10] LAKATOS, Eva Maria.; MARCONI Marina de Andrade. Técnicas de pesquisa: planejamento de pesquisas, amostragem e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 4.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- [11] OLIVEIRA, Claudia Hochheim. Qual é o Papel da Extensão Universitária? Algumas reflexões acerca da relação entre Universidade, Políticas Públicas e Sociedade. CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2., Belo Horizonte, MG, 2004. Anais... [s.n.t.]
- [12] PORTER, M.; KRAMER, M. Estratégia e Sociedade. Harvard Business Review, dez 2006.
- [13] SILVA, Carmen Luiza. Responsabilidade Social nas Universidades Brasileiras: autonomia ou adequação? 2008. Universidade Tuiuti Do Paraná.
- [14] TOLDO, M. Responsabilidade social empresarial. Prêmio Ethos Valor. Responsabilidade social das empresas: a contribuição das universidades. São Paulo: Peirópolis, 2002.
- [15] VALLAEYS, François, O Que significa Responsabilidade Social Universitária? Revista Estudos, n. 36, p.37 Brasília, 2006.
- [16] VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

Abstract

The article presents the results obtained through analysis based on the theory that was grounded in the interdependence established between state, society, business, academia and the environment. And, to facilitate understanding of the analysis, three models were constructed representing the relational schema of existing networks, in which the first two proposals to social responsibility is central. And in the third and final proposal, the university social responsibility assumes the central position in the network of relationships, as the core of the university, developed through Extension Programs and Projects, focused on training of professional and citizen.

Keywords: University Social Responsibility. Training for professionals / citizens. University Extension

A Responsabilidade Social Focada nas Questões Socioambientais, no Centro da Relação Mantida entre Estado, Sociedade e Empresa

Stella Regina Reis da Costa¹ e Sonia Maria de Carvalho Silva²

¹ Professora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Curso de Engenharia Química. Professora do Programa de Mestrado em Sistemas de Gestão do LATEC – Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense. stellare@ig.com.br

² Especialista em Educação Superior no Brasil e mestranda do Programa de Mestrado em Sistemas de Gestão do LATEC – Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, realizando pesquisa na área de Responsabilidade Social e Sustentabilidade. soniamariasilv@gmail.com

Resumo

O artigo apresenta o resultado obtido através de análise, realizada com base no referencial teórico em que foi contextualizada a relação de interdependência estabelecida entre responsabilidade social, Estado, sociedade e empresa. O desenvolvimento sustentável vem sendo alvo de inúmeros debates no meio empresarial, graças às crescentes cobranças, realizadas por consumidores conscientes sobre a necessidade emergente da adoção de medidas que visem reduzir os impactos socioambientais, causados por ações das empresas. O Estado, guiado pelos ditames da política neoliberal, passou a priorizar as questões econômicas em detrimento dos demais setores; com isso, a sociedade civil organizada e as empresas começaram a assumir o papel de protagonistas na resolução das questões socioambientais. Ao adotar essa postura, as empresas começaram a perceber que não basta produzir bens e serviços, sendo preciso atentar para toda a cadeia produtiva, visando diminuir a degradação causada no meio ambiente e garantir sua manutenção no mercado. E, para facilitar a compreensão da presente abordagem, foi construído um modelo de rede, que representa a relação mantida entre as diferentes instâncias sociais com a responsabilidade social, focada nas questões socioambientais, que assume a posição central, considerando o equilíbrio que deve ser mantido entre os três pilares da sustentabilidade.

Palavras-chave: Responsabilidade Social. Questões Socioambientais. Desenvolvimento Sustentável.

1. Introdução

Grandes são os problemas que emergem da relação que se estabelece entre Estado, sociedade e empresa, não havendo mais espaço para atuações, que insistem em ignorar os danos causados ao meio ambiente. Cabendo, não somente às empresas, mas a todos os membros das

diferentes instâncias sociais, o repensar sobre a melhor forma de diminuir os impactos ambientais, gerados pela falta de consciência ambiental. As empresas, por sua vez, têm demonstrado estar, cada vez mais, atentas à necessidade de se adequar às exigências ambientais dos mercados, governos e sociedade, pois, já é fato que a mudança de postura, adotada por algumas

delas, respaldadas por ações de responsabilidade social, focada nas questões socioambientais, estão gerando benefícios financeiros e vantagens competitivas, além de estarem contribuindo para a redução da exclusão social e da degradação ambiental.

O desenvolvimento sustentável tem gerado inúmeros questionamentos no meio empresarial e o principal motivo desse debate nasce da conscientização de alguns empresários, do crescente número de consumidores, que começam a negar o consumo produtos oriundos de ações antiecológicas, e das cobranças dos ambientalistas. E assim, a sociedade civil organizada e as empresas passaram a dividir, com o Estado, o papel de protagonista na busca por resoluções que visem minimizar os impactos socioambientais.

O presente artigo realiza uma análise sobre essas questões, em que, primeiramente, apresenta a base conceitual da responsabilidade social e a relação estabelecida com o Estado, além de abordar o papel social, assumido pelas empresas nos últimos anos, através da implantação de programas e projetos de responsabilidade social, focados nas questões socioambientais, em substituição à ausência do Estado, que guiado, pela lógica neoliberal, passou a priorizar o controle do setor financeiro, sendo levado a repassar parte de suas obrigações à sociedade civil organizada e à iniciativa privada. Em seguida, aborda-se a relação simbiótica, estabelecida entre a empresa e a sociedade, em que os autores demonstram que, quanto maior for o vínculo da empresa com as questões socioambientais, maior será a oportunidade de alavancar os recursos da organização e garantir os benefícios para a sociedade.

Na sequência, apresenta a “Teoria dos Três Pilares” como a base para o alcance do desenvolvimento sustentável, na qual as questões sociais, financeiras e ambientais devem ser contempladas de forma equilibrada e harmoniosa pelas diferentes instâncias sociais. E, por último, retrata o vínculo, que as empresas devem manter com as questões sociambientais, para que possam atingir o conceito de excelência socioambiental, associando-se, assim, não só a vantagem competitiva, exigida pelo mercado globalizado, mas também os interesses do Estado e as necessidades da sociedade.

2. Responsabilidade Social: Base Conceitual

Com base nos diferentes autores, que abordam sobre o tema “responsabilidade social”, seria pertinente afirmar que há consensos e controvérsias que permeiam sua conceituação. Para Ashley (2003), a responsabilidade social pode ser definida como o compromisso que uma organização deve ter com a sociedade, expresso por meio de atos e atitudes, que a afetem, positivamente, de modo amplo ou a alguma comunidade de modo específico, agindo de forma pró-ativa e coerentemente no que tange ao seu papel específico na sociedade e à sua prestação de contas para com ela. A organização, neste sentido, assume obrigações de caráter moral, além das estabelecidas em lei, mesmo que não diretamente vinculadas às suas atividades, mas que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável dos povos. Assim, numa visão expandida, responsabilidade social é toda e qualquer

ação que possa contribuir para a melhoria da qualidade de vida da sociedade.

No âmbito empresarial, esse conceito evoluiu, passando a contemplar ações direcionadas não só aos interesses dos acionistas, mas também dos empregados, fornecedores, consumidores e sociedade. Mais tarde, as ações de filantropia passaram a incluir ações de apoio ao desenvolvimento da comunidade, onde a empresa está inserida, à preservação do meio ambiente, bem como, às relações com seus funcionários, acionistas, fornecedores, concorrentes e consumidores. Muito mais do que filantropia, a responsabilidade social sugere uma idéia de comunidade baseada numa sensibilidade moral. (BEGHIN, 2005).

2.1. A Responsabilidade Social, o Estado e o Valor Social da Empresa

No Brasil, a redução dos investimentos sociais, por parte do Estado, levou as empresas a aumentar suas ações em responsabilidade social e a focar no bem-estar dos seus colaboradores. Essa situação contribuiu para o aumento do valor social da empresa, gerando uma nova forma de regulação das relações sociais, que não se restringe mais à questão do consumo ou dos meios de subsistência, atingindo não só a esfera da produção e de bens de serviço. Ocorre uma mudança das relações sociais, que surge a partir do enfraquecimento do Estado frente às ações sociais das empresas. (KIRSCHNER, 2006)

Segundo Kirschner (2006), a mudança da forma de atuação do Estado contribuiu para intensificar o debate ideológico, criado em torno da questão socioambiental. Ocorre uma transferência de responsabilidades, na

qual o Estado repassa para as empresas muitas das suas atribuições, as quais passaram, por sua vez, a desenvolver projetos relacionados à questão da exclusão social e da preservação ambiental, identificados como ações de responsabilidade social.

As tendências do cenário internacional têm provocado a necessidade de uma revisão sobre o papel do Estado moderno, da sociedade e das organizações, surgindo, então, o debate entre a idéia da necessidade de se estabelecer a construção de um “Estado forte.” Segundo Dupas (1998), essa expressão se refere a um Estado que saiba atuar no mundo globalizado, minimizando seus impactos, inclusive os causadores da exclusão social e de danos ambientais, através dos princípios preconizados pela responsabilidade social.

Neste contexto, a empresa deixa de ser apenas uma entidade geradora de lucros e passa a assumir uma posição social de enorme relevância, na medida em que, além de geradora de empregos, começa a atuar como um sujeito social, que promove e mantém ações de solidariedade, de acesso à tecnologia, de promoção da cultura e de envolvimento com os problemas locais. (KIRSCHNER, 2006)

Kirschner (2006) afirma que a empresa passa a exigir dos profissionais uma formação capaz de gerar a postura de um cidadão, que se envolva com as questões sociais, contribuindo para minimizar as desigualdades sociais existentes. E, assim, as empresas começaram a ser encaradas como um sistema de dimensões sociais, que ultrapassa as questões de interesse econômico, nas quais, através das suas ações de responsabilidade social, cria espaços de socialização e de convívio, mantendo-se em

constante interação com a sociedade e com o meio ambiente.

2.2. A Relação Mantida Entre Responsabilidade Social, Empresa e Sociedade

Porter e Kramer (2006) levantam a questão da relação de interdependência, a qual se estabelece entre a empresa e a sociedade. Para os autores, ambas podem e devem beneficiar-se dos resultados alcançados por ações de responsabilidade social, gerando um relação simbiótica em que, tanto o sucesso da empresa, quanto o sucesso da comunidade, passam a reforçar, mutuamente, a troca que se estabelece. E, quanto maior for o vínculo da empresa com a questão socioambiental, maior será a oportunidade de alavancar os recursos da organização e os benefícios para a sociedade. Existem outros autores que também se referem a esse tipo de relação:

Para Joyner e Payne, existe uma verdade fundamental no que diz respeito à relação entre a sociedade e as organizações, segundo a qual as organizações não podem existir sem a sociedade, e a sociedade não pode avançar nem se desenvolver sem os diferentes tipos de organização que nela existem. Nesta simbiose as organizações devem reconhecer a existência da sociedade e a sociedade deve demandar das organizações um comportamento adequado. (ALBEJANTE, QUELHAS, ZANCA, 2009, p.8)

Para os autores, quanto maior for a integração entre empresa e sociedade, maior será o avanço para a responsabilidade social empresarial, pois, um amplo entendimento dessa interrelação, ancorada em estratégias e atividades específicas da empresa, para com

a sociedade, é uma forma de solucionar problemas e atender interesses de ambas.

A responsabilidade social empresarial não pode, nem deve, ser vista como um modismo, e sim como uma realidade do mundo empresarial, pronta a colaborar na mudança gradativa de comportamentos e de valores nas organizações, devendo estar presente nas decisões da alta administração e servindo de alicerce no seu relacionamento com funcionários, clientes e sociedade. (PORTER; KRAMER, 2006)

3. Teoria dos Três Pilares: a Base para o Alcance do Desenvolvimento Sustentável

Na busca do equilíbrio a ser estabelecido pelo desempenho econômico financeiro, social e ambiental, Elkington desenvolveu, em 1994, a “teoria dos três pilares”. Em Inglês, conhecida como “*triple bottom line*” (TBL), essa expressão traduz a perspectiva da sociedade e das organizações, que passaram a entender que o lucro não é o único fator relevante nas transações empresariais, sendo de igual importância e necessidade os resultados socioambientais, originados delas. (CRUZ; LORENZETTI; RICIOLI, 2006)

Trata-se de um modelo de sustentabilidade, que leva em conta a dimensão ambiental, a justiça social e o desenvolvimento econômico da responsabilidade social. Propõe maior equilíbrio na utilização dos recursos naturais, que são essenciais para garantir o alcance de uma sociedade mais próspera e justa, a fim de que seja mantida sua saúde socioambiental e, consecutivamente, a melhor qualidade de vida das gerações futuras.

O pilar econômico, bem conhecido, representa a geração de riqueza pela e para a sociedade, através do fornecimento de bens (duráveis) e serviços; o pilar ambiental relaciona-se à conservação e ao manejo dos recursos naturais, e ao pilar social compete atingir a equidade e a participação de todos os grupos sociais na construção e manutenção do equilíbrio do sistema, compartilhando direitos e responsabilidades. (CRUZ; LORENZETTI; RICIOLI, 2006)

Logo, segundo os autores, essa teoria defende que a existência da sustentabilidade deve demandar do equilíbrio a ser estabelecido entre seus três pilares. O pilar econômico da sustentabilidade refere-se ao impacto das organizações sobre as condições econômicas das partes interessadas e sobre o sistema; aquele é acompanhado por indicadores que estão relacionados à rentabilidade econômico-financeira da empresa. A questão ambiental refere-se ao

uso dos recursos naturais e de sua contaminação. Focam “tragédias lentas” e com perspectiva de ter seus resultados alcançados em longo prazo. Sendo mais fácil medir as ações adotadas, do que mensurar os impactos socioambientais resultantes delas. E, a dimensão social diz respeito ao seu impacto no sistema social, onde opera. (CRUZ; LORENZETTI; RICIOLI, 2006)

Atualmente, o tema “desenvolvimento sustentável” é de alta relevância para as empresas, uma vez que essa expressão passou a ser construída a partir dos anos 60 por um grupo de estudiosos, que já percebiam a impossibilidade de preservação dos recursos naturais para as gerações futuras, caso permanecessem os mesmos padrões de consumo, adotados pela sociedade.

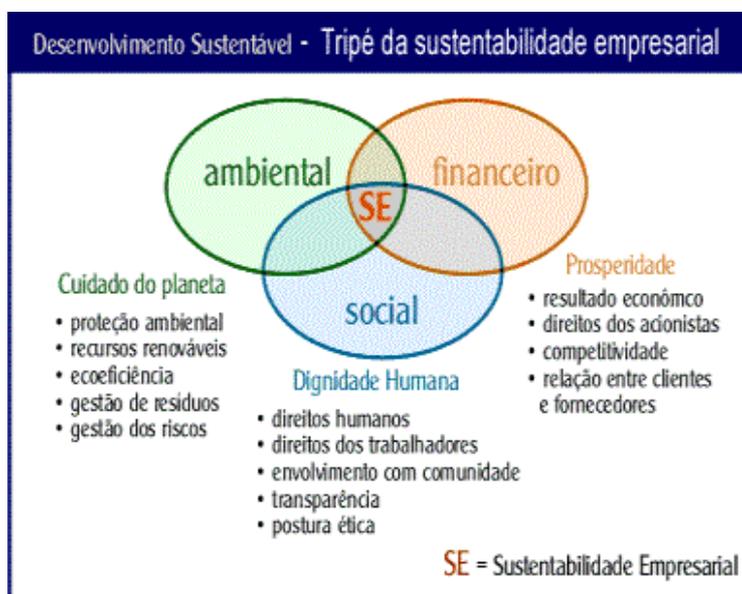


Figura 1 – Desenvolvimento Sustentável – Tripé da Sustentabilidade Empresarial
Fonte: www.copesul.com.br. Acesso em: 25 jan. 2010.

Portanto, a ordem mundial é a busca pelo desenvolvimento sustentável, que se baseia em três critérios fundamentais a serem obedecidos, simultaneamente, e que são a equidade social, a prudência ecológica e a eficiência econômica. A figura 1 apresenta as três dimensões da sustentabilidade empresarial, que garantem o alcance do desenvolvimento sustentável e apresenta, também, as principais ações a serem adotadas dentro de cada eixo.

A noção e os conceitos de sustentabilidade trazem um novo desafio a ser encarado pela gestão ambiental, e, sob esse aspecto, Kraemer (2000) já apontava que as empresas têm um papel de grande relevância, pois, somente através de uma prática empresarial sustentável, será possível provocar mudanças de valores e de orientação em seus sistemas operacionais, que deverão atuar engajadas à idéia de desenvolvimento sustentável, visando garantir a preservação do meio ambiente.

3.1. A Responsabilidade Social, a Empresa e o Vínculo com as Questões Socioambientais

Para Kraemer (2000), as organizações, que pretendem manter uma postura responsável com relação à questão da preservação ambiental, devem incorporar a variável socioambiental no aspecto de seus cenários e na tomada de decisão dos negócios. Uma vez que empresas experientes atuam de forma estratégica, ao se manterem vinculadas a essa causa, e, mesmo sabendo que estes resultados e retornos não ocorrem imediatamente, as mesmas estão cientes de que haverá a necessidade de seus custos e ações serem corretamente planejadas e organizadas para que se possa atingir o conceito de excelência

socioambiental, associando-se, assim, a vantagem competitiva, exigida pelo mercado globalizado.

As empresas, atualmente, exercem uma influência muito grande, não só sobre os recursos naturais, mas também sobre os recursos humanos. Podem atuar como agentes transformadores através dos seus programas e projetos focados em responsabilidade social, atingindo, principalmente, o público interno (funcionários) e, em algumas vezes, seus dependentes e o público externo (clientes, fornecedores, comunidade do entorno ou a sociedade como um todo). Mas, o grande desafio, que muitas das empresas enfrentam, é a falta de gerenciamento sobre o retorno que essas ações podem trazer para elas. (MÜLEER, 2006)

As pressões sociais e mercadológicas sobre as empresas, cuja conduta venha ser contrária a essa nova tendência do mercado, com relação à emergente adoção de ações de responsabilidade social empresarial e os riscos financeiros, que as grandes empresas correm, é um fato inegável que não pode ser negligenciado. Devendo este tema ser amplamente discutido e analisado, a fim de que se possa subsidiar as diferentes instâncias sociais, em futuras avaliações, sobre os possíveis benefícios, gerados para todas as partes que compõem essa rede relacional.

4. Metodologia

O referencial teórico apresentado refere-se à responsabilidade social, focada nas questões socioambientais, em que retrata a importância da responsabilidade social empresarial, o papel social das empresas, a base da sustentabilidade empresarial, visando ao alcance do desenvolvimento

sustentável e, principalmente, à posição central, que a responsabilidade social pode, e deve assumir na rede de relacionamentos, estabelecida entre Estado, sociedade, empresa e meio ambiente. E, para isso, o presente artigo fundamenta-se, basicamente, nas abordagens realizadas por Ashley (2003), Dupas (1998), Kirschner (2006), Porter e Kramer (2006) e Cruz, Lorenzetti, Ricioli (2006).

Sendo a responsabilidade social, focada na questão socioambiental, um tema ainda em construção, no Brasil, a pesquisa apresentada, segundo Vergara (2006), Lakatos e Marconi (1999), caracteriza-se, quanto aos fins, como exploratória – não se verificam muitas produções científicas, que retratam o já referido tema, com essa abordagem – e descritiva – descreve a relação de interdependência estabelecida entre a responsabilidade social, Estado, sociedade, empresa e meio ambiente. E, quanto aos meios de investigação, classifica-se como uma pesquisa bibliográfica – estudo sistematizado, desenvolvido com base nas referências bibliográficas utilizadas.

5. Resultado: Modelo de Rede que Representa a Relação de Interdependência Estabelecida Entre Responsabilidade social, Estado, Sociedade e Empresa

Para embasar a presente proposta, foram utilizadas diferentes abordagens e teorias, realizadas por alguns autores, em que o modelo de rede, apresentado no presente artigo, representa a relação de interdependência estabelecida entre as diferentes instâncias sociais, atribuindo à responsabilidade social, focada nas questões socioambientais, a posição central.

A presente proposta também contempla os três pilares da sustentabilidade, que garantem o alcance do desenvolvimento sustentável. Baseia-se nos três critérios primordiais a serem, simultaneamente, cumpridos, os quais são: o pilar social – representado pela equidade social –, o pilar ambiental – representado pela prudência ecológica – e pilar financeiro – representado pela eficiência econômica. Cabe ressaltar que os três pilares devem ser mantidos presentes nessa teia relacional, de forma equilibrada e igualitária, a fim de que se possa atender aos interesses e às necessidades dos diferentes atores, que compõem toda a rede de relacionamentos.

Com base nas abordagens apresentadas, objetivou-se explicitar que o alcance do desenvolvimento sustentável exige a manutenção de determinadas condições, apresentadas na figura 2.

E, assim, conforme preconiza a “teoria dos três pilares”, as dimensões essenciais, às quais todas as organizações humanas devem estar atentas, são a econômica, a ambiental e a social, devendo as mesmas coexistir de forma harmoniosa e equilibrada. Não cabendo, por exemplo, manter os interesses financeiros à frente dos interesses sociais e ambientais, assim como não será produtivo, para a rede, supervalorizar os interesses e as necessidades socioambientais, desqualificando a importância da eficiência econômica.

Portanto, entende-se que a presente proposta expõe dois desafios a serem vencidos: o primeiro deles está na adoção, por partes das diferentes instâncias sociais, de ações de responsabilidade social, focadas nas questões socioambientais; o segundo está na inclusão e na manutenção equilibrada dos três pilares da sustentabilidade. Porém, acredita-se que a

consciência sobre a importância dessa questão, será um dos fatores motivadores, que impulsionará as diferentes instâncias

sociais, rumo à busca por resoluções, que garantam a permanência dessa condição, imposta pela realidade atual.



Figura 2 – MODELO DE REDE: ações de RS, focadas nas questões socioambientais, que funcionam como núcleo da relação de interdependência estabelecida entre Estado, sociedade e empresa, considerando o equilíbrio a ser mantido entre os três pilares da sustentabilidade

6. Conclusão

Com base no que se propõe, através da temática “Responsabilidade Social”, focada nas questões socioambientais, visando ao alcance do desenvolvimento sustentável, e considerando o equilíbrio, que deve ser mantido entre os pilares da sustentabilidade – econômico, social e ecológico – observa-se que é preciso contar com executivos e profissionais nas organizações públicas e privadas, que incorporem tecnologias de produção inovadoras, regras de decisão estruturadas e conhecimentos sistêmicos,

exigidos no contexto em que se inserem. Sob esse aspecto, entende-se que o desenvolvimento econômico, as questões de inclusão social e de preservação ambiental estão intimamente interligadas, pois, configuram-se como necessidades e interesses de todos os atores, que pertencem às diferentes instâncias sociais, não devendo nenhuma organização, que pretenda implantar programas e projetos, focados em ações de responsabilidade social, dar maior peso a uma dessas dimensões em detrimento das demais, nem divulgar seus resultados,

velando o interesse econômico, que conduz essas ações.

Os conceitos de responsabilidade social e a noção da importância da sustentabilidade empresarial, visando ao alcance do desenvolvimento sustentável, trazem um novo desafio a ser encarado pela gestão ambiental e, sob esse aspecto, Kraemer (2000) já colocava que as empresas têm um papel de grande relevância, pois, somente através de uma prática empresarial sustentável, será possível provocar mudanças de valores e de orientação em seus sistemas operacionais, haja vista que as empresas deverão estar engajadas à idéia de inclusão social e de preservação ambiental.

No cenário atual, um fato é inquestionável: reduz-se, a cada dia, a quantidade de investidores que queiram arriscar seus patrimônios em organizações, que se recusam a adotar medidas preventivas, focadas no desenvolvimento sustentável.

Nesse contexto, o desenvolvimento sustentável está se tornando, cada vez mais, matéria obrigatória das agendas dos executivos, que estão atentos para o fato de que é crescente o número de consumidores mais exigentes e conscientes da importância da preservação do meio ambiente e da garantia de condições para a obtenção de melhor qualidade de vida.

Através da explicitação da relação de interdependência, estabelecida entre a responsabilidade social, com as diferentes instâncias sociais, e das inúmeras contextualizações, que circundam esse tema, pretende-se demonstrar que é indiscutível a importância da responsabilidade social e o papel de centralidade, que ela vem assumindo na rede de relacionamentos contextualizada, considerando o equilíbrio, que deve ser mantido entre os três pilares da

sustentabilidade, visando ao alcance do desenvolvimento sustentável.

Portanto, acredita-se que, através da responsabilidade social, focada nas questões socioambientais, será possível gerar ações conscientes, resultantes de promoção da igualdade social e de redução dos impactos ambientais, causados pelas ações empresariais. E, assim, essa postura poderá refletir-se por toda a rede de relacionamentos, garantindo a manutenção de relações e ações mais harmoniosas e menos impactantes.

Referências

- [1] ALBEJANTE, Lia Mazon; QUELHAS, Osvaldo Luis Gonçalves; ZANCA, Jose Francisco Ramos. Valores empresariais e responsabilidade social corporativa: direções convergentes? CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO: gestão do conhecimento para a sustentabilidade., 5., 2009, Niterói, RJ. Niterói: UFF. Escola de Engenharia, 2009. 1 CD-ROM.
- [2] ASHLEY, P. A. (Coord.) Ética e Responsabilidade Social nos negócios. São Paulo: Saraiva, 2003.
- [3] BEGHIN, Nathalie. A Filantropia Empresarial: nem caridade nem direito. São Paulo: Cortez, 2005. (Coleção Questões da Nossa Época).
- [4] CRUZ, Ricardo Moreira da.; LORENZETTI, Dagoberto Hélio.; RICIOLI, Simone. Estratégia Empresarial e Sustentabilidade: um modelo integrador. Revista da Pós-graduação Unifio. v.2, n.3, 2008. Disponível em: <www.unifio.br/edifio/index.php/posgraduacao/article/view/218/291> Acesso em: 23 mar. 2010.

- [5] DUPAS, Gilberto. A lógica econômica global e a revisão do Welfare State: a urgência de um novo pacto. Estudos Avançados, São Paulo, v.12, n.33, ago. 1998.
- [6] INSTITUTO ETHOS DE EMPRESA E RESPONSABILIDADE SOCIAL. Responsabilidade social das empresas: percepção do consumidor brasileiro. Pesquisa 2002. Disponível em: <www.ethos.org.br/docs/>. Acesso em: 5 jan. 2010.
- [7] KRAEMER, M. E. P. Contabilidade ambiental como sistema de informações. Revista Pensar Contábil do Conselho Regional de Contabilidade do Estado do Rio de Janeiro.. Rio de Janeiro - RJ: ano 3, n. 09, p.19-26, ago/out.2000.
- [8] KIRSCHNER, Ana Maria. La responsabilidade social de la empresa. Nueva sociedade, Buenos Aires, 202, mar./abr. 2006.
- [9] LAKATOS, Eva Maria.; MARCONI Marina de Andrade. Técnicas de pesquisa: planejamento de pesquisas, amostragem e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 4.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- [10] MÜLLER, Lucia Helena, A construção do social a partir da ótica empresarial. In: WORKSHOP EMPRESA, EMPRESÁRIOS E SOCIEDADE, 5., 2006, Porto Alegre. Anais... [s.n.t.]
- [11] PORTER, M.; KRAMER, M. Estratégia e Sociedade. Harvard Business Review, dez 2006.
- [12] RESPONSABILIDADE SOCIAL: UM OLHAR PARA A SUSTENTABILIDADE ... A sustentabilidade, para Gray (2003), é um conceito difícil de aplicar em
Figura 1 – Desenvolvimento Sustentável
- Tripé da sustentabilidade empresarial.....Disponível em: <<http://www.copesul.com.br/site/ambiente/meio/index>> Acesso em: 25 jan. 2010.
- [13] VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

Abstract

The article presents the results obtained through analysis based on the theoretical framework that was grounded in the interdependence established between Social Responsibility, State, society and business. Sustainable development has been the subject of numerous debates in the business, thanks to increasing charges made by consumers aware of the emerging need of adopting measures to reduce social and environmental impacts caused by actions of companies. The state, guided by the dictates of neoliberal policies, started to prioritize economic issues at the expense of other sectors, so that the civil society organizations and companies began to take leading role in addressing socio-environmental issues. By adopting this approach, companies began to realize that not just produce goods and services, being necessary to attend to the entire production chain in order to reduce the degradation caused to the environment and ensuring its maintenance in the market. And, to facilitate understanding of this approach, we built a network model that represents the relationship maintained between the different social levels to Social Responsibility, focused on social and environmental issues, which takes the central position, considering the balance that must be maintained between the three pillars of sustainability.

Keywords: Corporate Social Responsibility. Social and Environmental Issues. Sustainable Development

Estudos de Equilíbrio na Biossorção de Íons Pb (II) em Biossorvente Bacteriano

Diego Macedo Veneu¹, Victor Ramos Costa¹, Gabriela Alejandra Huamán Pino¹
e Maurício Leonardo Torem¹

1 Depto de Engenharia de Materiais – Eng. Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos – PUC-Rio. e-mail: diegomvенеu@yahoo.com.br

Resumo

Neste trabalho, foi avaliado o potencial do microrganismo *Streptomyces lunalinharesii* como biossorvente para a remoção de íons Pb(II) de soluções aquosas, pelo processo de biossorção, através de ensaios experimentais em batelada. Os parâmetros operacionais investigados na etapa de biossorção foram: pH da solução, concentração inicial de biossorvente e concentração inicial do metal. Os dados de equilíbrio de adsorção foram avaliados empregando os modelos de isoterma de adsorção de Langmuir, Freundlich, Temkin e Dubinin-Radushkevich. O valor inicial do pH da solução afetou a sorção dos íons Pb(II); o valor de pH adequado na etapa de biossorção foi de 5,0. A concentração inicial de biossorvente, utilizada nos ensaios de concentração inicial de metal, foi de 2g/L, apresentando uma remoção de 94,8% de íons Pb(II), quando empregada uma concentração inicial de 50 mg/L. Todos os ensaios foram conduzidos com velocidade de agitação de 120 rpm, temperatura de 25±2 °C e tempo de contato de 240 min. Os dados experimentais obtidos ajustaram-se bem aos modelos de isoterma de Langmuir e de Dubinin-Radushkevich, apresentando coeficientes de correlação de 0,9851 e 0,9786, respectivamente.

Palavras-chave: tratamento de efluente, metais pesados, chumbo, *Streptomyces lunalinharesii*, biossorção.

1. Introdução

O rápido aumento da população mundial e da industrialização tem contribuído, significativamente, para a degradação do meio ambiente. A intensificação das atividades industriais, nos últimos anos, está contribuindo para o aumento da concentração de metais pesados no meio ambiente, principalmente nos sistemas aquáticos (Marques et al., 2000). Metais pesados, como Cu(II), Cd(II), Hg(II), Zn(II), Pb(II) etc, têm sido reconhecidos como substâncias perigosas devido às suas

características tóxicas (Çay et al., 2004). A presença de metais pesados está freqüentemente associada a efluentes de diferentes atividades industriais, principalmente, no setor de manufatura primária. O efluente gerado contém, basicamente, poluentes insolúveis e contaminantes minerais, que, na maioria dos casos, são tratados mecanicamente, sendo que os metais pesados e os contaminantes tóxicos precisam de um tratamento químico ou um tratamento físico-químico (Volesky, 1990). A aplicação de alguns destes métodos resulta em custos elevados, ou na

produção de resíduos de difícil tratamento (Zoboulis et al., 2004). Outras indústrias, simplesmente, empregam agentes químicos que podem contribuir para a transformação de um poluente em outro, como acontece na flotação, quando se empregam aminas como agentes coletores (Torem e Casqueira, 2003).

Em face dessa problemática ambiental, é crescente a necessidade de métodos econômicos e eficientes para a remoção de metais, resultando no desenvolvimento de novas tecnologias, como a biossorção. Esta técnica baseia-se na capacidade que certos materiais, de origem natural, possuem de captar metais pesados (Davis et al., 2003).

A biossorção é uma das tecnologias mais promissoras para a remoção de íons metálicos tóxicos, presentes em efluentes, tendo como vantagens o baixo custo dos biossorbentes, a minimização do volume de produtos químicos e/ou do lodo biológico a ser gerado, a rapidez do processo, a alta seletividade, e a possibilidade de recuperação do metal. Diversos materiais biológicos têm sido empregados nos estudos de biossorção, dentre os biossorbentes mais comuns encontram-se as microalgas marinhas, bactérias, leveduras, e fungos filamentosos (Baik et al., 2002).

O presente trabalho visa avaliar o potencial do microrganismo *Streptomyces lunalinharesii* como biossorvente para a remoção de íons Pb(II) de soluções aquosas, pelo processo de biossorção, através de ensaios experimentais em batelada. Os parâmetros operacionais, investigados no processo de biossorção, foram: pH da solução, concentração inicial de biomassa e concentração inicial do metal. Os dados de equilíbrio de adsorção foram avaliados, empregando os modelos de isoterma de

adsorção de Langmuir, Freundlich, Temkin e Dubinin-Radushkevich.

2. Materiais e Métodos

2.1. Obtenção do Biossorvente

A espécie bacteriana, empregada neste trabalho, foi obtida do Laboratório de Microbiologia Geral do Instituto de Microbiologia Professor Paulo Góes (UFRJ). Trata-se de uma espécie não patogênica, isolada do solo. A bactéria *Streptomyces lunalinharesii* foi cultivada usando um meio nutricional contendo 10g/L de glicose, 5g/L de peptona, 3g/L de extrato de malte e 3g/L de extrato de levedura. O meio de cultura foi ajustado em pH 7,2 e, posteriormente, esterilizado em um autoclave vertical (Primatec), a 1 atm de pressão e 121 °C, durante 20 min. O crescimento do microrganismo *S. lunalinharesii* foi realizado em frascos erlenmeyer de 500 mL, contendo 100 mL de meio líquido por um período de 72 horas, a uma temperatura de 28 °C, em uma plataforma de rotação horizontal (CIENTEC CT-712), com velocidade de agitação de 120 rpm. Após o crescimento, a suspensão celular foi centrifugada (centrífuga excelsa baby I - FANEM) a velocidade de 4200 rpm, durante 20 min. O precipitado da centrifugação, constituído pelas células de *S. lunalinharesii*, foi lavado duas vezes com água deionizada para retirada de qualquer resíduo de meio líquido, para posterior re-suspensão em água deionizada. Posteriormente, o re-suspensão foi concentrado, com auxílio de esferas de vidro e um vórtex (MS1 minishaker - IKA), colocado em autoclave a 1atm de pressão, por 20 min, obtendo-se o biossorvente para realização dos ensaios de biossorção.

2.2. Preparo das Soluções

Foi preparada uma solução de estoque de 500 mg/L de chumbo a partir do reagente cloreto de chumbo ($PbCl_2$), quimicamente puro, fornecido pela VETEC. O sal para o preparo da solução padrão foi pesado em balança analítica Digimed KN500, dissolvido em água destilada e deionizada, e guardado em frascos de vidro até sua utilização. As soluções, para utilização nos ensaios de remoção, foram preparadas por diluição da solução padrão em água destilada e deionizada no dia da sua utilização. Para o ajuste do pH, foram preparadas soluções de HCl a 0,1M e NaOH a 0,1M.

2.3. Experimentos de Biossorção em Batelada

Todos os ensaios foram realizados em frascos erlenmeyer de 500 mL, empregando um volume de solução metálica de 100 mL, velocidade de rotação de 120 rpm, tempo de contato de 240 min e temperatura de 25 ± 2 °C em uma plataforma de rotação horizontal (CIENITEC CT-712). A fim de elucidar as ótimas condições para o processo de biossorção, as variáveis escolhidas foram: pH da solução, concentração inicial de biossorvente e de metal.

Uma primeira série de experimentos de biossorção foi realizada com concentração inicial de 20 mg L^{-1} , na qual foi avaliada a influência do pH inicial, numa faixa de 2,0 até 8,0. Neste ensaio, foi determinado o pH ótimo para a biossorção de chumbo. Numa segunda série de experimentos, a concentração inicial do metal foi avaliada, numa faixa de 5 a 500 mg L^{-1} . Com os dados obtidos, foram construídas as isotermas de adsorção. O efeito da concentração inicial de

biossorvente foi estudado com o objetivo de conhecer a concentração adequada de *S. lunalinharesii*; para obter a máxima biossorção dos íons $Pb(II)$, foram realizados os ensaios com diferentes concentrações de biossorvente na faixa de 1,0 a $5,0 \text{ g L}^{-1}$.

3. Resultados

3.1. Efeito do pH

É de conhecimento quase que geral que o pH é a principal variável nos estudos de biossorção de metais pesados em biossorventes. O pH exerce efeitos significativos no processo de biossorção, visto que a especiação do metal na solução é dependente do pH e a carga dos sítios ativos, presentes na parede celular, pode mudar dependendo deste valor (Volesky, 2004). O pH influencia a magnitude da carga negativa na superfície do biossorvente, por protonação ou desprotonação dos sítios de ligação do metal; sendo assim, os sítios de ligação estão disponíveis para os íons metálicos somente no estado desprotonado, ou seja, quando o pH for superior ao pK_a dos grupos funcionais, constituídos na parede no biossorvente (Ofomaja e Ho, 2007). A figura I mostra que a remoção e captação de $Pb(II)$ aumentam de acordo com o incremento do pH. A remoção começa com cerca de 12%, num valor de pH de 2,0, o que corresponde a uma captação de $3,0 \text{ mg Pb/g}$ de *S. lunalinharesii* e atinge a sua máxima remoção num pH 5,0, correspondendo a uma remoção de 89,8% e captação de $19,2 \text{ mg Pb/g}$. Na faixa de pH de 6,0 a 8,0, o efeito do pH, na remoção e captação de $Pb(II)$, não apresentou diferenças significativas, mantendo-se na faixa de 89% e 19 mg Pb/g de *S. lunalinharesii*. Comportamento similar foi

observado por Ferraz e Teixeira (1999), quando os mesmos estudaram a remoção de Pb(II) por levedura de cerveja. Os grupos carboxílicos (-COOH), presentes em polímeros biológicos, têm valores de pKa

variando de 3 a 5 (Hunt, 1996; Bower e Bates, 1963). Isto sugere que estes grupos podem ser os maiores responsáveis pela sorção dos íons Pb(II) pelo bioissorvente *S. lunalinharesii*.

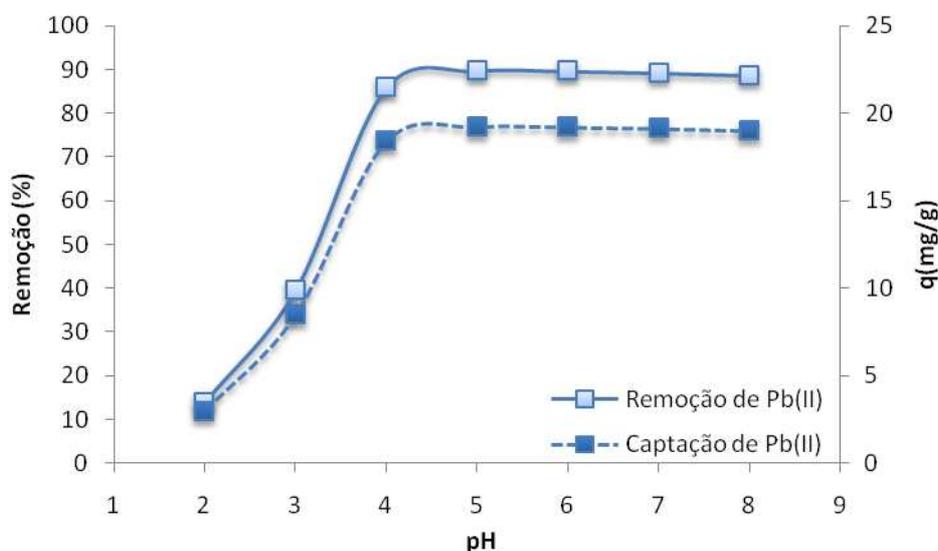


Figura I. Efeito do pH na bioissorção de Pb(II) por *S. lunalinharesii* (concentração inicial de metal: 20 mg/L; concentração de biomassa: 1,0 g/L; velocidade de agitação: 120 rpm; temperatura: 25±2 °C; e tempo de contato: 240 min).

Vários pesquisadores estudaram o efeito do pH na bioissorção de Pb(II). Akar e Tunalı (2006), em seus estudos para remoção de Pb(II) por *Aspergillus flavus*, concluíram que a máxima bioissorção ocorria num valor de pH de 5,0; acima deste valor (pH > 5,5), os íons Pb(II) precipitavam. Quando o pH aumenta, de valores ácidos para valores neutros, várias espécies estão presentes.

No diagrama de especiação do chumbo (Figura II), pode-se observar que, a partir do

pH 6,0, a espécie Pb^{2+} começa a diminuir, dando lugar à formação das espécies de $PbOH^+$, $Pb(OH)_2$, $Pb(OH)_3^-$ conforme o pH aumenta. À medida que o pH do meio é incrementado, a solubilidade dos íons Pb(II) diminui suficientemente, podendo ocorrer a precipitação. Segundo Schiewer e Volesky (1996), isto deve ser evitado durante os testes de bioissorção, nos quais é necessária a distinção entre a remoção por bioissorção e precipitação.

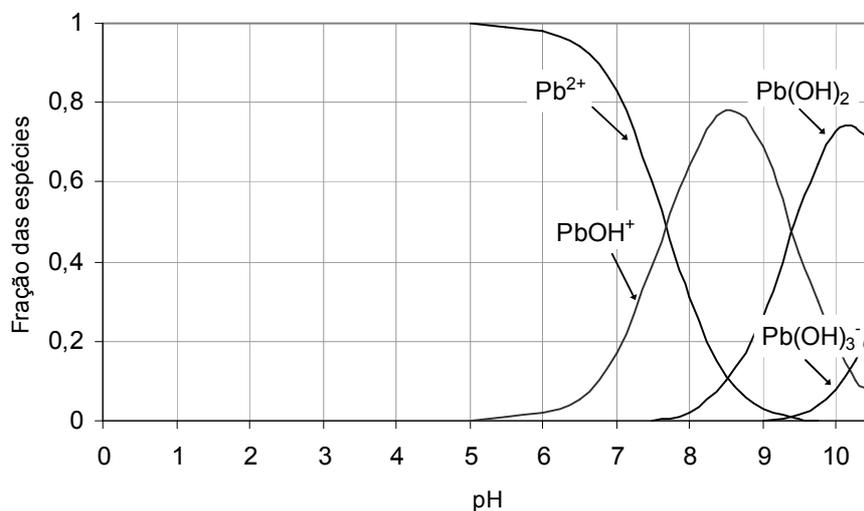


Figura II. Diagrama de especiação das espécies de Pb(II), presente numa concentração de 20mg/L em função do pH (Smith et al., 1996).

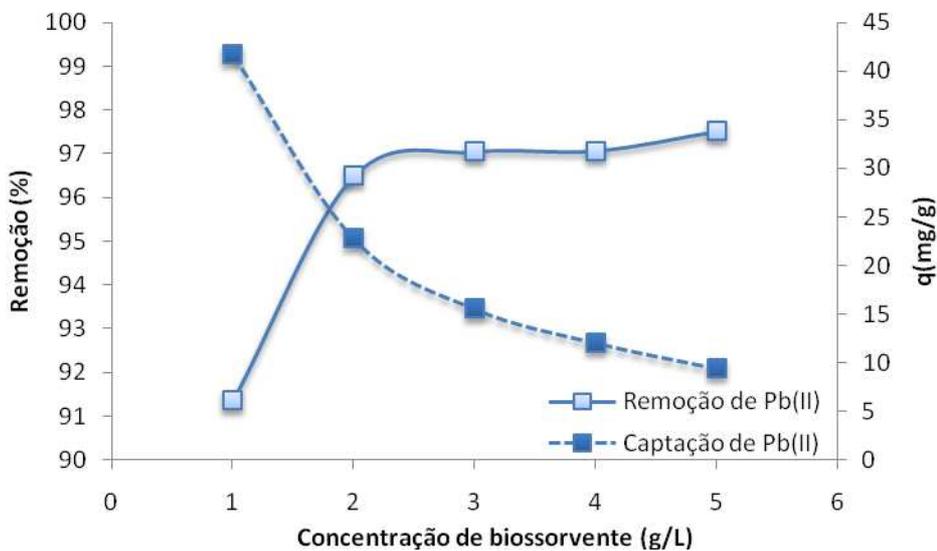


Figura III. Efeito da concentração de biossorbente na biossorção de Pb(II) por *S. lunalinharesii* (pH: 5,0; concentração inicial de metal: 50 mg/L; velocidade de agitação: 120 rpm; temperatura: 25±2 °C; e tempo de contato: 240 min).

Para os experimentos subseqüentes, o pH 5,0 foi fixado para garantir que a espécie Pb^{2+} prevaleça no meio, evitando a formação de espécies hidroxiladas, que possam causar o fenômeno de precipitação.

3.2. Efeito da Concentração de Biossorvente

A dosagem de um biossorvente influencia fortemente a extensão da biossorção. Em muitos casos, doses menores de biossorvente causam maior eficiência na captação e há uma diminuição na porcentagem de remoção (Asku e Çağatay, 2006; Vijayaraghavan et al., 2006). Na figura III, podemos observar que, ao aumentar a concentração de biossorvente, a remoção foi incrementada, atingindo a máxima remoção, com concentração de 5 g/L; na concentração de 2 g/L, foi obtido uma remoção de 96,5%, nas concentrações de 3 e 4 g/L não houve remoção adicional, e a 5 g/L a remoção obteve um pequeno ganho de 1%, correspondendo a uma remoção final de 97,5%. A concentração de biomassa em solução parece influenciar a captação específica: para baixos valores de concentração de biomassa, há um aumento na captação específica (Fourest e Roux, 1992). No presente estudo, a concentração de biomassa de 1g/L foi a que obteve o maior “q” de captação, correspondendo a 41,8 mg de Pb/g de *S. lunalinharesii*. À medida que a concentração inicial de biossorvente é incrementada, o “q” de captação dos íons decresce drasticamente.

O “q” de captação e o percentual de remoção são igualmente importantes no processo de biossorção. Levando isso em consideração, a concentração de biossorvente de 2 g/L foi selecionada para os

estudos seguintes, uma vez que apresentou uma boa relação entre eficiência de remoção e de captação.

3.3. Isotermas de Adsorção

As isotermas de adsorção refletem um processo de equilíbrio, no qual os íons metálicos, ligados ao material biossorvente, encontram-se em estado de equilíbrio com os íons que ainda estão presentes na solução. Este equilíbrio é atingido ao longo do tempo. Uma vez obtido, o sistema de adsorção permanece, teoricamente, em estado estável, com certa quantidade de íons metálicos ligados e imobilizados na fase sólida, enquanto que outra porção se encontra dissolvida na solução (Volesky, 2004).

A capacidade de captação é a característica mais importante de um adsorvente, a qual é definida como a quantidade de adsorvato, retirado pelo adsorvente por unidade de massa deste. Esta variável é governada por uma série de propriedades, tais como: tamanho da partícula e dos poros, superfície específica, pH, grupos funcionais presentes na superfície e temperatura (Febrianto, 2001). A capacidade de adsorção é calculada mediante a equação I:

$$q = \frac{V(C_i - C_{eq})}{M} \quad (I)$$

onde:

q é a capacidade de captação de metal (mg de metal/g de biossorvente);

C_i é a concentração inicial do metal (mg de metal/L de solvente);

C_{eq} é a concentração do metal no equilíbrio (mg de metal/L de solvente);

V é o volume da solução contendo o metal (L);
M é a massa do bioissorvente (g).

Diversas isotermas de adsorção, usadas, originalmente, para a adsorção de gases em sólidos, foram adotadas prontamente para correlacionar equilíbrios de adsorção no processo de bioissorção de metais pesados. Algumas são bem conhecidas como a equação de Langmuir, Freundlich, Temkin e Dubinin-Radushkevich.

O modelo de Langmuir foi inicialmente descrito para a adsorção de gases em superfícies sólidas; a sorção é considerada como um fenômeno químico. Basicamente, a equação da isoterma de Langmuir tem uma forma hiperbólica dada pela Equação II:

$$q = \frac{q_{\max} K_{ads} C_{eq}}{1 + K_{ads} C_{eq}} \quad (II)$$

onde:

q é a quantidade de adsorvato (metal) retido no sólido, quando em equilíbrio (mg/g);

q_{\max} é o parâmetro de Langmuir relativo à capacidade de adsorção (mg/g);

K_{ads} é a constante de Langmuir relativa à energia de adsorção (L/mg);

C_{eq} é a concentração do íon na solução, quando está em equilíbrio (mg/L).

O modelo de Freundlich (equação III) considera a existência de uma estrutura em multicamadas e não prevê a saturação da superfície baseada no processo de adsorção, correspondendo a uma distribuição exponencial de vários sítios de adsorção com energias diferentes, podendo, assim, ser aplicado a sistemas não ideais.

$$q = K_f C_{eq}^{1/n} \quad (III)$$

onde:

q é a quantidade de adsorvato (metal) retido no equilíbrio (mg/g);

C_{eq} é a concentração do adsorvato no equilíbrio (mg/L);

K_f é a constante, que indica a capacidade de adsorção (L/g);

n é a constante, que indica a intensidade de adsorção.

O modelo de Dubinin-Radushkevich avalia a natureza de sorção e é mais geral do que a isoterma de Langmuir, já que esta não assume uma superfície homogênea ou um potencial de adsorção constante. Dubinin em 1960 e Radushkevich, em 1949, reportaram que a curva característica de adsorção está relacionada à estrutura porosa do bioissorvente. A equação IV representa a isoterma de Dubinin-Radushkevich e a equação V representa o potencial de Polanyi.

$$q = q_{\max} \exp(-Bs^2) \quad (IV)$$

$$\varepsilon = RT \ln(1 + 1/C_{eq}) \quad (V)$$

onde:

q é a quantidade de adsorvato retido no equilíbrio (mg/g);

q_{\max} é a capacidade de adsorção máxima do bioissorvente (mg/g);

B é a constante relacionada à energia de sorção (mol^2/kJ^2);

ε é o potencial de Polanyi (kJ/mol);

R é a constante dos gases (0,008314 kJ/mol.K);

T é a temperatura absoluta (K).

C_{eq} é a concentração do adsorvato no equilíbrio (mg/L);

Os valores da energia de sorção (kJ/mol) serão relacionados com a constante B pelo uso da Equação VI:

$$E_s = 1/\sqrt{2B} \quad (VI)$$

onde:

E_s é a energia livre média de sorção (kJ/mol).

A variação de energia livre é definida quando um mol de um íon for transferido do infinito, dentro da solução, para a superfície do sólido, sendo esta energia relacionada ao fenômeno de adsorção, que acontece no sistema biossorvente/adsorvato (Wang et al., 2007).

Se $E_s < 8$ kJ/mol, a adsorção é de natureza física;

Se 8 kJ/mol $< E_s < 16$ kJ/mol, a adsorção se dá por troca iônica;

Se 16 kJ/mol $< E_s$, a adsorção é de natureza química.

O modelo de Temkin considera os efeitos de interações indiretas adsorvato/biossorvente sobre as isotermas de adsorção, assumindo que a queda no calor de adsorção é linear devido à cobertura da camada pelas interações adsorvato/biossorvente e não logarítmica, como mostrado na isoterma de Freundlich. A equação VII representa a isoterma de Temkin:

$$q = \frac{RT}{b} \ln(AC_{e,q}) \quad (VII)$$

onde:

q é quantidade de adsorvato (metal) retido no equilíbrio (mg/g);

C_{eq} é a concentração do adsorvato no equilíbrio (mg/L);

T é a temperatura absoluta (K);

R é a constante universal dos gases (0,008314 kJ/mol.K);

A é a constante da isoterma de Temkin (L/mg);

b é a constante relacionada ao calor de biossorção (kJ/mol).

Foram realizados ensaios com diferentes concentrações iniciais de Pb(II), nos quais a capacidade de remoção e de captação da biomassa foram observadas. A tabela I mostra os valores de remoção e captação dos íons Pb(II) em função das diferentes concentrações iniciais, empregadas no processo de biossorção, utilizando *S. lunalinharesii* como biossorvente num valor de pH de 5,0, concentração de biomassa de 2 g/L, velocidade de agitação de 120rpm, tempo de contato de 240min e temperatura de 25 ± 2 °C.

Como pode ser visto na tabela I, as melhores remoções foram observadas quando empregadas as concentrações inferiores a 100 mg/L, correspondendo a remoções maiores que 90%, sob as condições experimentalmente testadas. À medida que a concentração inicial de Pb(II) é incrementada (> 100 mg/L), a porcentagem de remoção diminui drasticamente e a captação aumenta. A máxima porcentagem de remoção dos íons metálicos foi obtida com uma concentração inicial de 50 mg/L, obtendo o valor de 94,8%. Já as melhores captações de Pb(II), foram observadas na concentração inicial de 500 mg/L, que correspondeu a 76,3 mg de Pb(II)/g de *S. lunalinharesii*.

Este comportamento acontece, possivelmente, devido às baixas concentrações, nas quais as espécies

metálicas têm maior disponibilidade de sítios ativos, presentes na superfície da biomassa, então, a probabilidade de remoção dos íons é elevada e a captação é baixa, pois, a relação molar inicial de soluto para sítios

ativos na superfície é baixa. Quando a concentração inicial metálica é elevada, os sítios ativos são esgotados rapidamente e a percentagem de remoção decai (Chandra et al., 2003).

Tabela I. Efeito da concentração inicial de Pb(II) no processo de bioissorção utilizando *S. lunalinharesii*

Conc. Inicial de Metal (mg/L)	Pb(II)	
	Remoção (%)	q (mg/g)
5	79,14	1,88
20	90,53	8,61
50	94,80	23,08
100	92,86	47,87
150	85,09	60,50
200	73,06	64,52
250	63,30	70,52
350	49,26	75,00
500	36,84	76,30

Mediante a construção das isotermas, é possível observar a relação existente entre a quantidade de íons Pb(II), presente na superfície do bioissorvente, e a quantidade de íons Pb(II), remanescentes na solução. Na figura IV, podemos observar a isoterma de adsorção dos íons Pb(II), a qual é apresentada com um formato convexo e tende à formação de um platô, próximo à concentração de equilíbrio de 350 mg/L. O formato inicial das curvas indica uma adsorção favorável, porém, à medida que os sítios disponíveis no bioissorvente são ocupados, torna-se cada vez mais difícil para as espécies Pb(II), que ainda estão na

solução, encontrarem sítios ativos vazios para adsorção.

Os dados experimentais apresentados na figura IV foram aplicados aos modelos de Langmuir, Freundlich, Temkin e Dubinin-Radushkevich, através das equações II, III, IV e VII, respectivamente. As figuras V, VI, VII e VIII apresentam as isotermas de Langmuir, Freundlich, Temkin e Dubinin-Radushkevich, respectivamente, nas formas linearizadas. A tabela II mostra os parâmetros obtidos dos modelos de isotermas empregados, assim como seus respectivos coeficientes de correlação.

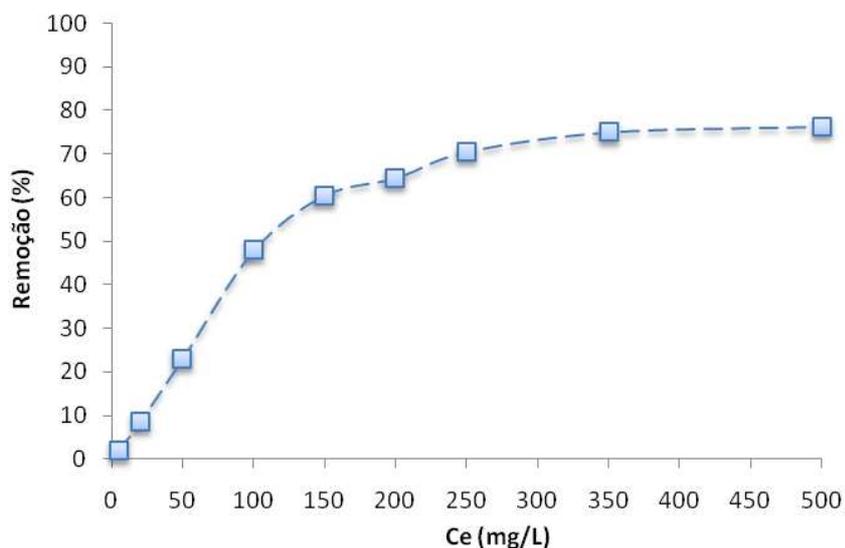


Figura IV. Isoterma de adsorção dos íons Pb(II) em *S. lunalinharesii* (pH: 5,0; concentração inicial de biossorvente: 2g/L; velocidade de agitação: 120rpm; temperatura: 25±2 °C; tempo de contato: 240 min).

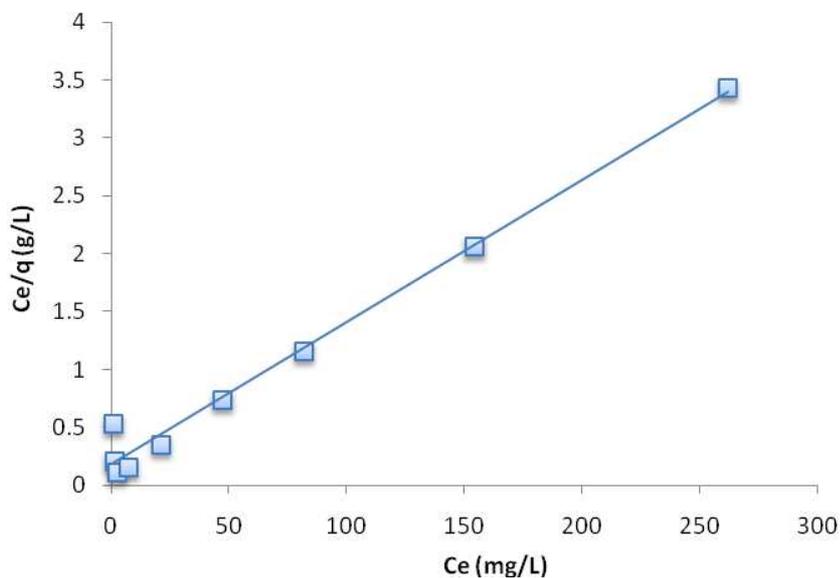


Figura V. Isoterma de Langmuir, linearizada para a biossorção de Pb(II) em *S. lunalinharesii* (pH: 5,0; concentração inicial de biossorvente: 2g/L; velocidade de agitação: 120rpm; temperatura: 25±2 °C; tempo de contato: 240 min).

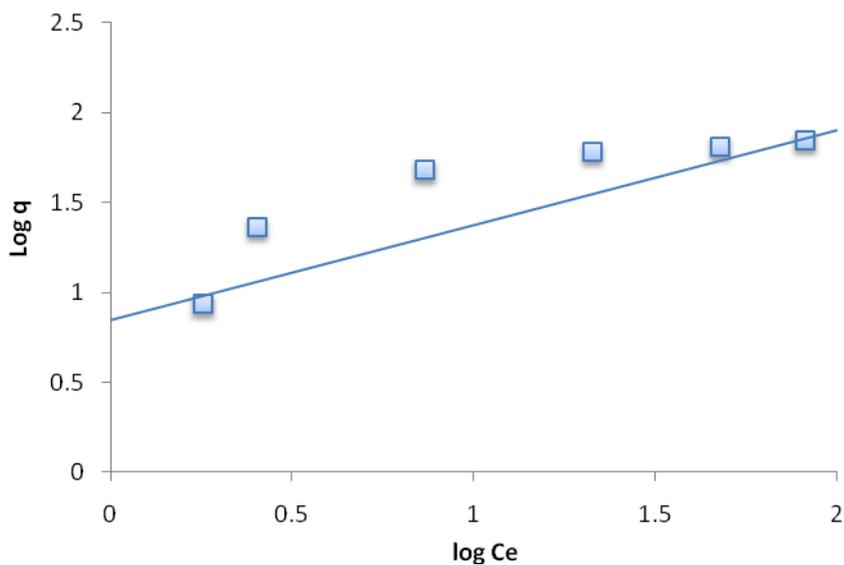


Figura VI. Isoterma de Freundlich, linearizada para a biossorção de Pb(II) em *S. lunalinharesii* (pH: 5,0; concentração inicial de biossorvente: 2g/L; velocidade de agitação: 120rpm; temperatura: 25±2 °C; e tempo de contato: 240 min).

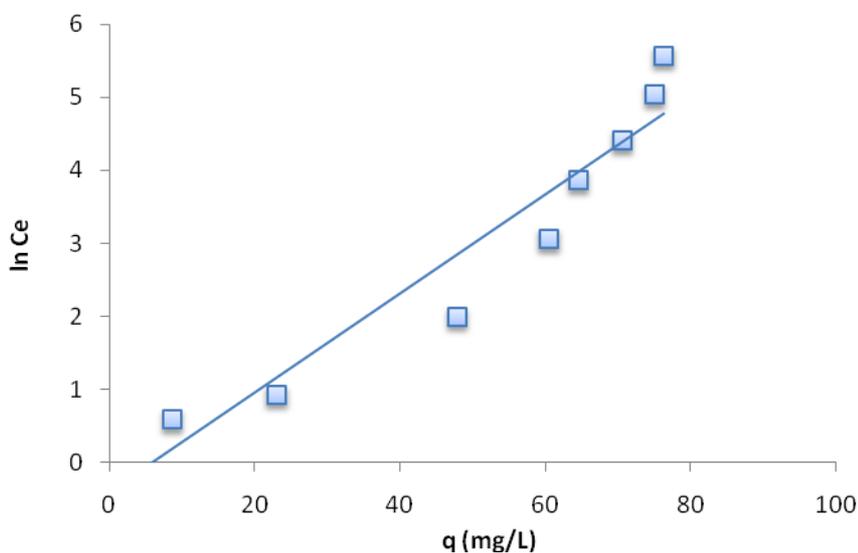


Figura VII. Isoterma de Temkin linearizada para a biossorção de Pb(II) em *S. lunalinharesii* (pH: 5,0; concentração inicial de biossorvente: 2g/L; velocidade de agitação: 120rpm; temperatura: 25±2 °C; e tempo de contato: 240 min).

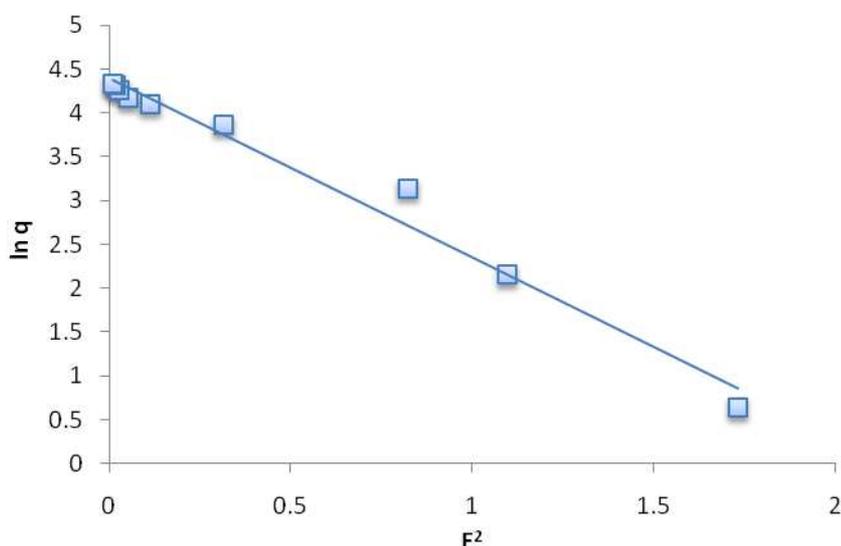


Figura VIII. Isoterma de Dubinin–Radushkevich linearizada para a biossorção de Pb(II) em *S. lunalinharesii* (pH: 5,0; concentração inicial de biossorvente: 2g/L; velocidade de agitação: 120rpm; temperatura: 25 ± 2 °C; e tempo de contato: 240 min).

Tabela II. Constantes de adsorção dos íons Pb(II) em *S. lunalinharesii*

Modelos de Isotermas de Adsorção					
Langmuir			Freundlich		
q_{max} (mg/g)	K_{ads} (L/mg)	R^2	K_F (L/mg)	n	R^2
81,30	0,0686	0,9851	7,00	1,8904	0,7167
Temkin			Dubinin–Radushkevich		
b (kJ/mol)	A (L/mg)	R^2	q_{max} (mg/g)	B (mol ² /kJ ²)	R^2
36,49	0,0026	0,9341	80,92	$1,0 \cdot 10^{-5}$	0,9786

Os valores, apresentados na tabela II, mostram que os dados experimentais obtidos ajustam-se bem ao modelo de Langmuir e ao de Dubinin–Radushkevich, com valores de R^2 de 0,9851 e 0,9786, respectivamente. Os valores de “ q_{max} ”, obtidos do modelo de Langmuir e Dubinin–Radushkevich,

apresentaram valores próximos, 81,3 mg/g e 80,92 mg/g, respectivamente. Vários pesquisadores usam tais modelos para fins de comparação, e descrevem os valores de “ q_{max} ” como uma das constantes mais importantes, uma vez que refletem a capacidade do biossorvente de captar os íons

em solução. Akar e Tunalı (2006), usando o bioissorvente *Aspergillus flavus* para remoção de Pb(II), encontraram um “ q_{max} ” de 13,46 mg/g. Ucun et al. (2003), usando *Pinus sylvestris*, encontrou um “ q_{max} ” de 11,38 mg/g. Fan, et al. (2008), empregando o bioissorvente *Penicillium simplicissimum*, encontrou um valor de “ q_{max} ” mais elevado, correspondendo a 87,72 mg/g. Selatnia et al. (2004), usando NaOH no pré-tratamento da biomassa *Streptomyces rimosus*, encontrou um valor de “ q_{max} ” de 135 mg/g. Segundo Davis et al. (2003), altos valores de “ K_{ads} ” são refletidos em uma curva inicial de isoterma íngreme, indicando uma alta afinidade.

No modelo de Freundlich, “ K_F ” representa uma medida relativa da capacidade de adsorção, e “ n ” está relacionada à intensidade de adsorção. Neste estudo, observa-se que os dados experimentais não se ajustaram bem ao modelo de Freundlich, apresentando um coeficiente de correlação linear baixo (0,7167), embora, os valores de “ K_F ” e “ n ” sejam de 7,0 L/mg e 1,89, respectivamente. Quando comparados com valores de alguns pesquisadores, como Arica et al. (2003), empregando Alginato (“ K_F ” de 0,24 L/mg e “ n ” de 1,47), e Kapoor et al. (1999), empregando *Aspergillus Níger* (“ K_F ” de 0,63 L/mg e “ n ” de 0,60), podemos dizer que os valores destas constantes estão bastante próximos, ou até melhores, quando comparado com estes bioissorventes. Porém, Akar e Tunalı (2006), trabalhando com *Aspergillus flavus*, obtiveram valores bem mais expressivos: “ K_F ” de 4,14 L/mg e “ n ” de 4,53.

O modelo de Temkin tem uma aplicação em diversos sistemas de quimissorção, assim como o modelo de Freundlich. Este modelo considera a existência de uma estrutura em

multicamadas e não prevê a saturação da superfície baseada no processo de adsorção, correspondendo a uma distribuição exponencial de vários sítios de adsorção com energias diferentes. Os dados experimentais obtidos não se ajustaram tão bem a este modelo, quando comparados com os modelos de Langmuir e Dubinin–Radushkevich, mas se obteve um R^2 de 0,9341, mais representativo que o encontrado no modelo de Freundlich. Como descrito, o modelo de Dubinin–Radushkevich nos fornece a constante “ B ”, que foi relacionada, por meio da equação VI, para obter o valor da energia livre média de sorção “ E_s ” de 223,61 kJ/mol, para a bioissorção dos íons Pb(II) no bioissorvente *S. lunalinharesii*, sugerindo que o mecanismo predominante seja a adsorção química, ou quimissorção, envolvendo ligações fortes, e a adsorção nem sempre é reversível.

Fan et al. (2008), obteve em seus estudos com o bioissorvente *Penicillium simplicissimum*, um valor de “ E_s ” de 11,62 kJ/mol, sugerindo que a adsorção dos íons Pb(II) no bioissorvente era predominantemente um mecanismo de troca iônica. Çabuk et al. (2007), empregando *Saccharomyces cerevisiae*, obteve um valor de energia livre média igual a 10,89 kJ/mol, caracterizando-se, também, como um mecanismo de troca iônica. Já Blázquez et al. (2010), encontrou valores de 3,71 a 9,33 kJ/mol para a energia livre média, sugerindo que a bioissorção de Pb(II), em resíduo de produção de azeite, pode ocorrer através de um processo físico, como uma interação eletrostática.

Igwe e Abia (2007), aplicando o bioissorvente farelo de trigo, modificado com EDTA para a remoção de Pb(II), conclui que seus dados ajustaram-se bem ao modelo de Dubinin–Radushkevich, com um R^2 de

0.9988, obtendo um valor de energia livre média de adsorção de 5,77 kJ/mol, retratando, assim, um processo de fisiossorção. Apiratikul e Pavasant (2008), encontraram uma energia livre média de adsorção de 5,75 kJ/mol, para a biossorção dos íons Pb(II) na macroalga verde *Caulerpa lentillifera*, concluindo que uma força física eletrostática foi potencialmente envolvida no processo de sorção.

4. Conclusões

Este estudo avaliou a remoção de íons Pb(II) de soluções aquosas, usando a biomassa *Streptomyces lunalinharesii* como biossorvente. A biossorção dos íons Pb(II) é influenciada pelo pH do meio. Nos estudos, foram obtidos os valores de 89,8% de remoção e 19,2 mg/g de captação, correspondendo ao valor de pH 5,0. Com uma concentração inicial de biossorvente de 2 g/L, foi obtida uma remoção de 96,5% e captação de 22,8 mg/g. Os dados experimentais obtidos ajustaram-se melhor ao modelo da isoterma de Langmuir e a de Dubinin–Radushkevich, com coeficientes de correlação de 0,9851 e 0,9786, respectivamente. Os valores de q_{max} , obtidos do modelo de Langmuir e Dubinin–Radushkevich, foram de 81,3 mg/g e 80,92 mg/g, respectivamente. A energia livre média de sorção de 223,61 kJ/mol sugere que a adsorção é, predominantemente, química.

Os resultados preliminares, apresentados neste trabalho, mostram a possibilidade de utilização da biomassa *Streptomyces lunalinharesii* como material biossorvente para a remoção de Pb(II), sendo uma boa opção para o tratamento de efluentes líquidos.

Referências

- [1] AKAR, T e TUNALI, S. Biosorption characteristics of *Aspergillus flavus* biomass for removal of Pb(II) and Cu(II) ions from an aqueous solution, *Bioresource Technology*, 97: 1780–178, 2006.
- [2] AKSU, Z.; ÇAĞATAY, S.S. *Investigation of biosorption of Gemazol Turquoise Blue-G reactive dye by dried Rhizopus arrhizus in batch and continuous systems*, *Separation Purification Technology*, 48: 24–35, 2006.
- [3] APIRATIKUL, R.; PAVASANT, P. *Batch and column studies of biosorption of heavy metals by Caulerpa lentillifera*, *Bioresource Technology*, 99: 2766–2777, 2008.
- [4] ARICA, M.Y.; ARPA, Ç.; ERGENE, A.; BAYRAMOĞLU, G.; GENÇ, Ö. *Ca-alginate as a support for Pb(II) and Zn(II) biosorption with immobilized Phanerochaete chrysosporium*, *Carbohydr. Polym.*, 52: 167–174, 2003.
- [5] BAIK, W.Y.; BAE, J.H.; CHO, K.M.; HARTMEIER, W. *Biosorption of heavy metals using whole mold mycelia and parts thereof*, *Bioresource Technology*, 81: 167-170, 2002.
- [6] BLÁZQUEZ, G.; CALERO, M.; HERNÁINZ, F.; TENORIO, G.; MARTÍN-LARA, M.A. *Equilibrium biosorption of lead(II) from aqueous solutions by solid waste from olive-oil production*, *Chemical Engineering Journal*, 160: 615–622, 2010.
- [7] BOWER, V.E.; BATES, R.G. In: MEITES, L. (Ed.), *Handbook of Analytical Chemistry*. Mc Graw-Hill, New York, 120–127, 1963.

- [8] ÇABUK, A.; AKAR, T.; TUNALI, S.; GEDIKLI, S. *Biosorption of Pb(II) by industrial strain of Saccharomyces cerevisiae immobilized on the biomatrix of cone biomass of Pinus nigra: Equilibrium and mechanism analysis*, Chemical Engineering Journal, 131: 293–300, 2007.
- [9] ÇAY, S.; UYANIK, A.; ÖZAŞIK, A. *Single and binary component adsorption of copper(II) and cadmium(II) from aqueous solutions using tea-industry waste*, Separation and Purification Technology, 38: 273–280, 2004.
- [10] CHANDRA, K.; KAMALA, C.T.; CHARY, N.S.; ANJANEYULU, Y. *Removal of heavy metals using a plant biomass with reference to environmental control*, International Journal of Mineral Processing, 68: 37–45, 2003.
- [11] DAVIS, T. A.; VOLESKY B.; MUCC, A. *A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae*, Water Research. 37: 4311–4330, 2003.
- [12] FAN, T.; LIU, Y.; FENG, B.; ZENG, G.; YANG, C.; ZHOU, M.; ZHOU, H.; TAN, Z.; WANG, X. *Biosorption of cadmium(II), zinc(II) and lead(II) by Penicillium simplicissimum: Isotherms, kinetics and thermodynamics*, Journal of Hazardous Materials, 160: 655–661, 2008.
- [13] FEBRIANTO, J.; KOSASIH, A.N.; SUNARSO, J.; JU, Y.; INDRASWATI, N.; ISMADJI, S. *Equilibrium and kinetic studies in adsorption of heavy metals using biosorbent: A summary of recent studies*, Journal of Hazardous Materials, 162: 616–645, 2009.
- [14] FERRAZ, A.I.; TEIXEIRA, J.A. *The use of flocculating brewer's yeast for Cr(III) and Pb(III) removal from residual wastewaters*, Bioprocess Engineering, 21: 431–437, 1999.
- [15] FOUREST, E.; ROUX, J.C. *Heavy metal biosorption by fungal mycelial by-products: mechanism and influence of pH*, Appl. Microbiol. Biotechnology, 37: 399–403, 1992.
- [16] HUNT, S. In: ECCLES, H.; HUNT, S. (Eds.), *Immobilization of Ions by Biosorption*. Ellis Horwood, Chichester, 15– 46, 1996.
- [17] IGWE, J.C.; ABIA, A.A. *Equilibrium sorption isotherm studies of Cd(II), Pb(II) and Zn(II) ions detoxification from waste water using unmodified and EDTA-modified maize husk*, Electronic Journal of Biotechnology, 10(4): 2007.
- [18] KAPOOR, A.; VIRARAGHAVAN, T.; CULLIMORE, D.R. *Removal of heavy metals using the fungus Aspergillus niger*, Bioresource Technology, 70: 95–104, 1999.
- [19] MARQUES, P.A.S.S.; ROSA, M.F.; PINHEIRO, H.M. *Ph effects on the removal of Cu²⁺, Cd²⁺ and Pb²⁺ from aqueous solution by waste brewery waste*, Bioprocess Eng., 23: 135–141, 2000.
- [20] OFOMAJA, A.E.; HO, Y.S. *Effect of pH on cadmium biosorption by coconut copra meal*, Journal Hazard Materials, 139: 356–362, 2007.
- [21] SCHIEWER, S.; VOLESKY, B. *Modeling multi-metal ion exchange in biosorption*, Environmental Science Technology, 30(10): 2921–2927, 1996.
- [22] SELATINIA, A.; BOUKAZOULA, A.; KECHID, N.; BAKHTI, M.Z.; CHERGUI, A.; KERCHICH, Y. *Biosorption of lead (II) from aqueous solution by a bacterial dead Streptomyces rimosus biomass*,

- Biochemical Engineering Journal, 19: 127-135, 2004.
- [23] SMITH E.H.; LU, W.; VENGRIS T.; BINKIENE, R. *Sorption of heavy metals by Lithuanian glauconite*, Water Research, 30(12): 2883-2892, 1996.
- [24] TOREM, M.L.; CASQUEIRA, R. *Flotação Aplicada à Remoção de Metais Pesados*, Série Tecnologia Ambiental, Nº 28 CETEM. Rio de Janeiro, 2003.
- [25] UCUN, H.; BAYHAN, Y.K.; KAYA, Y.; ÇAKICI, A.; ALGUR, O.F. *Biosorption of lead(II) from aqueous solution by cone biomass of Pinus sylvestris*, Desalination, 154: 233–238, 2003.
- [26] VIJAYARAGHAVAN, K.; PALANIVELU, K.; VELAN, M. *Biosorption of copper(II) and cobalt(II) from aqueous solutions by crab shell particles*, Bioresource Technology, 97: 1411–1419, 2006.
- [27] VOLESKY, B. *Biosorption of heavy metal*, CRC Press, Inc., Boca Raton, Boston, p. 396, 1990.
- [28] VOLESKY, B. *Sorption and Biosorption*, BV-Sorbex, Inc., St. Lambert, Quebec, 360 p, 2004.
- [29] WANG, X.; HUANG, J.; HUAI, Q.; WANG, J.; QIN, Y. *Determination of kinetic and equilibrium parameters of the batch adsorption of Ni(II) from aqueous solutions by Na-Mordenite*, Journal of Hazardous Materials, 142: 468-476, 2007.
- [30] ZOUBOULIS A.I.; LOUKIDOU M.X.; MATIS K.A. *Biosorption of toxic metals from aqueous solutions by bacteria strains isolated from metal-polluted soils*, Process Biochemistry. 39, p. 909–916, 2004.

Abstract

This study evaluated the potential of the microorganism Streptomyces lunalinharesii as biosorbent for removal of Pb(II) from aqueous solutions by biosorption, through batch experiments. The parameters investigated were pH, initial concentration of biosorbent and metal ion. The adsorption equilibrium data were fitted using the adsorption isotherms of Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin-Radushkevich. The pH was an important parameter, the suitable value for biosorption process was 5.0. With an initial concentration of biosorbent of 2 g/L and initial ion concentration of 50 mg/L the removal of Pb(II) was 94.8%. All experiments were conducted at agitation speed of 120 rpm, temperature 25±2 °C and contact time of 240 min. The experimental data fit well to Langmuir and Dubinin-Radushkevich model, showing correlation coefficients of 0.9851 and 0.9786, respectively.

Keywords: wastewater treatment, heavy metals, lead, Streptomyces lunalinharesii, biosorption

Recuperação e Reuso de Efluentes Industriais: 1. Sistemas de Tratamento Centralizado e Semidistribuído a partir do Método DFA

Daniele Rosa Curti¹, Fernanda da Costa¹, Reinaldo Coelho Mirre¹,
Fernando Luiz Pellegrini Pessoa¹

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Laboratório do Departamento de Engenharia Química (Ladeq), Centro de Tecnologia, Bloco I-164, Sala 3, Av. Horácio Macedo 2030, 21941-909, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Resumo

Atualmente, há uma grande preocupação com a escassez dos recursos hídricos, impulsionado, principalmente, pelo crescimento populacional. Diversas alternativas têm sido estudadas visando ao melhor gerenciamento e à preservação desses recursos. Diante disso, este trabalho tem por objetivo avaliar as alternativas geradas com a aplicação da ferramenta “algorítmica-heurística – Diagrama de Fontes de Água” a sistemas, que envolvem tratamentos centralizado ou semidistribuído. A partir do estudo de caso de uma refinaria de petróleo, cujas correntes de processos hídricos contêm seis contaminantes, são propostos cenários de possíveis fluxogramas, que incluam a possibilidade de reúso e/ou reciclo com regeneração de correntes. Ressalta-se a importância de se considerar a influência da estação de tratamento nas concepções centralizada e semidistribuída, esta como segregadora de correntes com características similares, em termos de carga de contaminantes. Foi alcançado um cenário, cuja economia ficou em torno de 40% na captação de água primária, em relação ao consumo inicial. Em termos gerais, o trabalho pretende servir de base para um estudo de viabilidade técnica e econômica, com vista à implementação dos cenários mais promissores alcançados.

Palavras-chave: Reúso de efluentes industriais, regeneração e reúso, síntese de redes de transferência de massa.

1. Introdução

A água é um recurso natural fundamental para a manutenção dos ecossistemas. Por essa razão, sua disponibilidade tem sido alvo de constantes preocupações, principalmente, por fatores como a contaminação de mananciais hídricos e o consumo desmedido deste importante recurso. O não-tratamento das águas residuárias, o derramamento de petróleo, o despejo de componentes

industriais e agrícolas, as minas e os poços abandonados, sem um controle prévio, estão entre as principais fontes de contaminação de rios e solo. Segundo Quadrado e Vergara [1], todos os anos, de 300 a 500 milhões de toneladas de metais pesados, solventes, produtos tóxicos e outros tipos de dejetos são lançados como efluentes pelas indústrias.

No Brasil, a Lei Federal nº 9.433, de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, visando à utilização

racional e integrada e à cobrança de recursos hídricos, sujeitos à outorga. Como o custo da água disponibilizado às indústrias é relativamente alto, a lei induz ao mecanismo de reutilização como forma de se alcançar a redução dos custos.

Para atender às necessidades das indústrias e ao meio ambiente, faz-se necessária a otimização do processo de produção e do processo de tratamento dos resíduos, gerados pela atividade industrial, sempre procurando observar as legislações vigentes. O tratamento convencional de efluentes tem como finalidade atender aos padrões de lançamento, já o foco do reúso, está na redução de custos e, além disso, na garantia de qualidade do abastecimento hídrico.

A área da Integração de Processos Químicos vem contribuindo para o desenvolvimento de uma importante ferramenta de uso prático, que auxilia o engenheiro de processo na minimização de efluentes aquosos. Trata-se do Diagrama de Fontes de Água (DFA) [2], um procedimento algorítmico baseado na Análise *Pinch* e em regras heurísticas. Tal ferramenta busca as melhores configurações possíveis, incluindo a redestinação de correntes aquosas, visando ao máximo reúso e, se necessário, à regeneração de correntes. A sua vantagem está na simplicidade e facilidade de cálculos, na economia de tempo e na minimização de trabalho computacional, sendo uma valiosa alternativa – e mesmo um suporte inicial – ao uso de métodos de programação matemática, com importante papel na otimização do processo hídrico.

O método DFA foi apresentado por Gomes [3], como uma evolução dos trabalhos de Wang e Smith [4, 5, 6] e Castro *et al.* [7], aplicando-o a soluções de

problemas com um contaminante e também com múltiplos contaminantes, nas condições de máximo reúso, restrição de vazão, múltiplas fontes, perda de água no processo e regeneração para reúso ou reciclo. Constatou-se que os menores custos totais foram obtidos nas condições de máximo reúso, e quando combinadas ao reciclo. A metodologia já foi aplicada com sucesso a casos reais de refinarias de petróleo brasileiras [8, 9], assim como a distintos setores industriais [10, 11]. Ulson de Souza *et al.* [12] também aplicaram o DFA a processos de refino de petróleo, com o objetivo de reduzir o consumo de água tratada, a geração de efluentes e os custos envolvidos no tratamento de efluentes, através de reúso de correntes de efluentes aquosos dentro do processo. Adicionalmente, Mirre *et al.* [13] apresentaram o DFA como uma valiosa ferramenta integrada às metodologias de Produção mais Limpa.

Wang e Smith [5] verificaram uma maior economia quando se realiza o tratamento de efluentes distribuído no processo (*in-plant-treatment*), comparativamente ao tratamento centralizado no final (*end-of-pipe*). Constataram que, quanto menor a vazão, menor será o custo do tratamento e as taxas de remoção de cada contaminante. Nem sempre a menor vazão corresponde ao custo mínimo de tratamento, uma vez que fatores, como o tipo de contaminante e a sua concentração também devem ser considerados. A síntese do sistema de tratamento, distribuído de efluentes, também já foi abordada por outros autores, ressaltando-se a contribuição de Kuo e Smith [14], com a proposta de selecionar o tipo e o número de operações de tratamento. Relativamente ao DFA, cumpre destacar os

trabalhos de Húngaro [15] e Delgado [16, 17].

Neste contexto, o trabalho em questão tem como objetivo avaliar as alternativas geradas com a aplicação do DFA, através da síntese de sistemas de tratamento centralizado e semidistribuído. São apresentadas propostas de configurações alternativas de reutilização de correntes, permitindo tomar decisões preliminares frente aos cenários promissores, com vista a uma posterior análise de investimentos, que possa demonstrar sua viabilidade técnica e econômica.

2. Metodologia

2.1. Diagrama de Fontes de Água: Uma Ferramenta de Apoio à Redução de Efluentes

O DFA é um procedimento algorítmico-heurístico, que gera diferentes fluxogramas/diagramas de blocos em situações de reúso/reciclo e regeneração. Uma das vantagens está na geração simultânea de propostas alternativas. O procedimento divide a análise em intervalos de concentrações de contaminantes, os quais são considerados como fontes internas de água, enquanto que a água primária e a regenerada são definidas como fontes externas.

O método segue um conjunto de regras heurísticas, que orientam a transferência de massa dentro dos intervalos de concentração, usando a menor vazão possível da fonte externa de água mais limpa, o que permite reduzir o consumo de água limpa e a geração de efluente.

Os dados primários, requeridos para aplicação do DFA, são a vazão limite em cada operação e as concentrações de entrada

e saída dos contaminantes, relevantes nas correntes das respectivas operações. O primeiro passo consiste em dividir o problema em intervalos de concentração, os quais são limitados pelas concentrações da fonte externa e das operações. Cada operação é representada por uma seta partindo da concentração de entrada até a de saída. As operações são alocadas de cima para baixo no diagrama, tendo como referência a sua concentração de entrada.

As etapas consistem em calcular a quantidade de contaminante a ser transferida, em cada operação e em cada intervalo, de acordo com a equação 1.

$$\Delta m_{ki} = f_{Lk} \cdot (C_{fi} - C_{ii}) \quad (1)$$

Onde Δm_{ki} é a quantidade de contaminante a ser transferido, na operação k e no intervalo i ; f_{Lk} é a vazão da operação k ; C_{fi} é a concentração final do intervalo i ; C_{ii} é a concentração inicial no intervalo i ; $k = 1, \dots, N_{op}$; e $i = 1, \dots, N_{int}$, onde N_{op} é o número de operações, e N_{int} é o número de intervalos. O procedimento considera fixos os valores de carga mássica, assimilada em cada operação (Δm). A rede de transferência de massa é sintetizada, a fim de garantir o mínimo consumo de água primária, procurando atender às três regras básicas durante o procedimento:

(i) uso de fontes externas, somente quando as fontes internas não estiverem disponíveis;

(ii) transferir a maior quantidade possível de contaminante, dentro de cada intervalo de concentração;

(iii) para as operações presentes em mais de um intervalo, ao passar de um intervalo para outro, a corrente deve manter a vazão da mesma operação anterior; esta heurística

é importante, à medida em que evita a divisão de operações.

Em problemas multicontaminantes, considera-se que sua transferência ocorra simultaneamente. Assim, deve ser considerada a possibilidade de violação da concentração de entrada dos demais contaminantes. Para garantir o máximo reúso de água no processo, um deles deve ter sua concentração estabelecida como limite do processo. Este contaminante é, então, chamado de referência e todos os cálculos são realizados tendo por base o mesmo, com os demais contaminantes apresentando a mesma vazão para atender às restrições do processo [3].

Uma completa descrição do método DFA pode ser encontrada em Gomes *et al.* [2], com a discussão de cada restrição – vazão fixa, múltiplas fontes e perdas de vazão –, apresentada separadamente.

2.2. Processos de Tratamento de Efluentes

Para que o efluente possa ser descartado, de forma a minimizar seu impacto no meio

ambiente e atender às legislações vigentes, é necessário que este seja, previamente, tratado. No processo de tratamento de efluentes industriais são utilizadas diversas operações unitárias. Os processos podem ser classificados em físicos, químicos e biológicos, em função da natureza dos poluentes a serem removidos e/ou das operações unitárias utilizadas para o tratamento. A figura 1 ilustra uma estação de tratamento de efluentes ou de despejos industriais (ETDI).

Em sistemas que envolvem técnicas de reúso, a especificação da qualidade da água requerida constitui uma etapa importante. Assim, a determinação da localização de retorno da água também é necessária, pois, cada processo, ou cada etapa, admite uma concentração diferente de contaminantes. Na existência de múltiplas entradas de água de reúso, ao longo do processo, é recomendável que se trate o efluente, visando minimizar a quantidade de contaminantes. Além disso, a vazão reutilizada deve ser compatível com a vazão do efluente tratado.

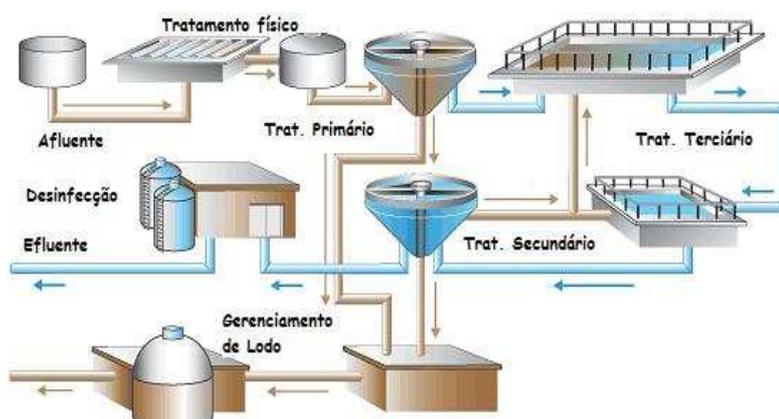


Figura 1 – Ilustração de uma estação de tratamento de efluentes [18]

Nível	Tratamento	Processo	Objetivo	Equipamentos
PRELIMINAR	Físico	Gradeamento	Remoção de sólidos grosseiros sedimentáveis, óleos, borras oleosas e graxas	Grades, caixas de areia, peneiras, tanques API, tanques de equalização
		Peneiramento		
		Separadores Água/Óleo		
		Neutralização		
PRIMÁRIO	Físico / Químico	Sedimentação/Clarificação	Remoção de sólidos orgânicos e inorgânicos, remoção de matéria orgânica emulsionada, DBO, componentes tóxicos	Sedimentadores, flotadores, clarificadores, coaguladores, floculadores
		Flotação		
		Coagulação/Floculação		
		Precipitação/Oxidação Química		
SECUNDÁRIO	Biológico	Lodo Ativado	Degradação de compostos orgânicos e inorgânicos dissolvidos biodegradáveis	Lagoas de aeração, lodos ativados, biodiscos, lagoas aeradas facultativas, biodigestores
		Aeróbios/Anaeróbios		
		Facultativos		
TERCIÁRIO	Físico / Químico	Filtração	Remoção de cor residual; turbidez (remoção de colóides, metais pesados, nitrogênio, fósforo, compostos orgânicos)	Filtradores tipo membrana, produtos químicos para oxidação química, desinfecção, neutralização de pH, floculadores e sedimentadores, carvão ativado, troca iônica
		Oxidação/Desinfecção		
		Neutralização		
		Floculação		
		Sedimentação		

Figura 2 – Principais processos de tratamento de efluentes

A figura 2 apresenta algumas das principais técnicas de tratamento de efluentes.

A tabela 1 relaciona os contaminantes das correntes, as técnicas de tratamento

adequadas e as suas eficiências, bem como os respectivos custos por m³ de efluente tratado. Os padrões de lançamento são mostrados na tabela 2.

Tabela 1 – Técnicas de tratamento e eficiência de remoção de contaminantes

Contaminante	Tratamento	Eficiência ⁽²⁾	Custo ⁽¹⁾ (\$/m ³ de efluente tratado)
NH ₃	Tratamento biológico	90%	0,106 a 0,1321 (<1000 mg/l DBO) 0,2642 (>5000 mg/l DBO)
	Oxidação química	>80%	0,0528 a 2,6420
	<i>Stripping</i>	>95%	0,0106 a 0,0661
	Osmose Reversa	88-95% ⁽³⁾	0,177 ⁽³⁾
H ₂ S	Tratamento biológico	90%	0,106 a 0,1321 (<1000 mg/l DBO) 0,2642 (>5000 mg/l DBO)
	Oxidação química	>80%	0,0528 a 2,6420
	<i>Stripping</i>	>95%	0,0106 a 0,0661
	<i>Stripping</i>	>90%	0,0106 a 0,0661
CN ⁻	Troca Iônica	>90%	0,0661 a 0,2642
	Oxidação Química	>80%	0,0528 a 2,6420
	Osmose Reversa	90-95% ⁽³⁾	0,177 ⁽³⁾
	<i>Stripping</i>	>90%	0,0106 a 0,0661
Cl ⁻	Troca Iônica	>90%	0,0661 a 0,2642
	Osmose Reversa	95-97% ⁽³⁾	0,177 ⁽³⁾
Fenol	Oxidação Química	95%	0,0528 a 2,6420
	Extração com Solvente	50%	0,2642 a 2,6420
Óleo	Filtração	<5mg/L	0,0053 a 0,0264
	Flotação	≥50% ou >90% (com adição de agentes químicos)	0,0053 a 0,0264
	Sedimentação	60-99%	0,0132 a 0,1321

Fonte: (1) Doerr *et al.* [19]

(2) Doerr *et al.* [19] e Metcalf & Eddy [20]

(3) Dados referentes à osmose reversa [21]

Tabela 2 – Padrão de lançamento de efluentes (Resolução Conama nº357)

Contaminante	Padrão de lançamento
Amônia	5mg/L N ⁽¹⁾
Sulfeto	1,0 mg/L S ⁻
Cianeto	0,2 mg/L CN ⁻
Cloreto	250 mg/L Cl ⁻
Fenóis Totais	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Óleos e Graxas (minerais)	20mg/L
Óleos e Graxas (vegetais/animais)	50mg/L

Fonte: (1) Resolução Conama nº20/1986. Refere-se ao corpo hídrico e não ao padrão de descarte.

Neste trabalho, é utilizado um exemplo em que o procedimento do DFA já tenha sido aplicado, sendo definidos sistemas de tratamento de efluentes, visando avaliar alternativas de reúso de correntes na saída da ETDI ou somente o descarte em corpo receptor.

3. Estudo de Caso

3.1. Dados de uma Refinaria de Petróleo

Este estudo de caso utiliza os dados de uma refinaria de petróleo, apresentados por Mirre *et al.* [8]. Os processos de refino de petróleo demandam grande quantidade de água. Esse consumo é bem representativo nas operações de resfriamento e na produção de vapor, como fonte de energia. Os efluentes gerados, em cada etapa do processo, contêm, como contaminantes: amônia, sulfetos, cianetos, fenóis e óleo.

Neste caso, existem três fontes de água:

(i) Fonte 1: água primária, com concentração de 0 ppm para todos os contaminantes;

(ii) Fonte 2: água industrial, com concentrações de 0,065 ppm de NH_3 , 0,16 ppm de S^{2-} , 0,01 ppm e CN^- , 9,7 ppm de Cl^- , 0,05 ppm de fenol e 3,34 ppm de óleo;

(iii) Fonte 3: água regenerada do segundo processo de regeneração, por *stripping* (arraste com vapor), com concentrações de 0,0743 ppm de NH_3 , 43,17 ppm de S^{2-} , 2,49 ppm de CN^- , 16,06 ppm de Cl^- , 72,88 ppm de fenol e 24,90 ppm de óleo, a uma vazão de 128,5 m^3/h .

As operações 4, 5, 7 e 8 empregam água industrial, enquanto as operações 2, 3 e 6

utilizam água desmineralizada. A operação 5 é uma operação de perda de água, inerente ao processo de 335 m^3/h , a uma concentração de 0,065 ppm de NH_3 , 0,16 ppm de S^{2-} , 0,01 ppm de CN^- , 9,7 ppm de Cl^- , 0,05 ppm de fenol e 3,34 ppm de óleo. Isso é um ponto que deve ser considerado na análise de problemas, já que esta água não estará disponível para o reúso. Como exemplo desse tipo de perda, pode-se citar a evaporação, que ocorre em torres de resfriamento, vazamentos em conexões, ou, até mesmo, sistemas de purga em plantas de processo.

A tabela 3 relaciona os dados limites para os contaminantes em cada operação: vazão e concentração de entrada (C_{in}) e de saída (C_{out}), e carga mássica transferida de contaminantes (Δm).

O método foi aplicado, considerando a transferência simultânea de contaminantes. Para isto, foram adotadas as concentrações do contaminante NH_3 como referência, pelo fato deste possuir o maior diferencial de concentração (ΔC), perante os demais [8]. A figura 3 mostra a rede de transferência de massa resultante. As concentrações dos contaminantes são representadas e calculadas a partir das concentrações de entrada e da carga mássica obtida para o contaminante de referência, mantendo fixa a transferência de massa em cada operação. Esta rede indica um consumo de água primária de 110,7 m^3/h e de água industrial (fonte 2) de 625,8 m^3/h . A vazão de água, regenerada na concentração de 0,0743 ppm, permanece constante (128,5 m^3/h), sendo utilizada na operação 1.

Tabela 3 – Dados dos contaminantes nas operações

Operação	Vazão (m ³ /h)	Contaminante	C _{in} (ppm)	C _{out} (ppm)	Δm (kg/h)
1	128,5	NH ₃	0,0743	17,98	2,30
		S ⁻²	43,17	9,17	-
		CN ⁻	2,49	4,25	0,23
		Cl ⁻	16,06	1618,33	205,89
		Fenol	72,88	2,55	-
		Óleo	24,90	47,63	2,92
2	44	NH ₃	0	279,01	12,28
		S ⁻²	0	368,79	16,23
		CN ⁻	0	9,56	0,42
		Cl ⁻	0	91,62	4,03
		Fenol	0	66,40	2,92
		Óleo	0	544,61	23,96
3	10	NH ₃	0	7707,67	77,08
		S ⁻²	0	22838,33	228,38
		CN ⁻	0	33,80	0,34
		Cl ⁻	0	75,40	0,75
		Fenol	0	54,73	0,55
		Óleo	0	10507,30	105,07
4	39	NH ₃	0,065	0,26	0,007
		S ⁻²	0,16	6,58	0,25
		CN ⁻	0,01	0,52	0,02
		Cl ⁻	9,7	142,91	5,20
		Fenol	0,05	0,03	-
		Óleo	3,34	29,58	1,02
5	335	NH ₃	0,065	-	0,02
		S ⁻²	0,16	-	0,05
		CN ⁻	0,01	-	0,003
		Cl ⁻	9,70	-	3,25
		Fenol	0,05	-	0,02
		Óleo	3,34	-	1,12
6	12	NH ₃	0	1,31	0,02
		S ⁻²	0	1,26	0,02
		CN ⁻	0	1,26	0,02
		Cl ⁻	0	15,62	0,19
		Fenol	0	0,08	0,001
		Óleo	0	5,86	0,07

Tabela 3 – Dados dos contaminantes nas operações (continuação)

7	74,5	NH ₃	0,065	4359	324,75
		S ⁻²	0,44	5339,48	397,76
		CN ⁻	0,20	31,13	2,30
		Cl ⁻	11,17	55,60	3,31
		Fenol	0,02	149,37	11,13
		Óleo	3,07	425,91	31,50
8	222	NH ₃	0,065	76,07	16,87
		S ⁻²	0,16	15,21	3,34
		CN ⁻	0,01	< limite de detecção	-
		Cl ⁻	9,7	731,12	160,16
		Fenol	0,05	0,43	0,08
		Óleo	3,34	13903,65	3085,87

3.2. Cenários de Regeneração e Reúso em Sistemas Centralizado e Semidistribuído

Os efluentes, gerados nos diversos processos, possuem, normalmente, qualidades bastante distintas e são misturados, antes de serem enviados a uma ETDI. O tratamento centralizado é o mais utilizado, pois as indústrias, normalmente, não têm o hábito de segregar os efluentes para o devido tratamento, de acordo com suas características.

Neste trabalho, além da configuração centralizada, também são propostos cenários do tipo descentralizado. Para ambos, são consideradas duas possibilidades: o (i) tratamento e descarte do efluente no rio, em concentrações dentro do padrão de lançamento; e o (ii) tratamento e reúso no processo. Os critérios na escolha dos cenários levam em conta a eficiência desses tratamentos e o custo/m³ de efluente tratado. A seqüência de tratamento segue a linha convencional: tratamentos preliminar (físico), primário (físico-químico),

secundário (biológico) e terciário (físico-químico).

O primeiro cenário, mostrado na figura 4, utiliza uma seqüência de tratamento, segundo os critérios de eficiência e custo, para configuração centralizada. O objetivo desta proposta está em garantir que as concentrações de todos os contaminantes, na saída da estação de tratamento, estejam dentro do padrão de lançamento de efluentes no corpo receptor. As etapas de tratamento propostas levam em conta os processos de flotação (Flo), biológico (Bio), oxidação química (Oxd), *stripping* (Strp), troca iônica (TI) e osmose reversa (OR).

No cenário 2 (figura 5), é apresentada uma nova rota de tratamento, sendo incorporado um número maior de equipamentos, acrescentando etapas de flotação, oxidação, *stripping* e troca iônica à estação. A ideia, neste caso, é aproveitar parte do efluente tratado para reúso dentro do processo. Com estas modificações, o custo seria mais elevado que o anterior, porém, observou-se uma economia, tanto de

água industrial (fonte 2), como de água primária (fonte 1 - desmineralizada), o que pode refletir-se na redução de custos a longo prazo.

Para adequar a qualidade final do efluente tratado, o cenário 3 (figura 6) apresenta uma proposta, considerando outra possibilidade de reúso de correntes, incluindo um sistema de osmose reversa. Neste cenário, a corrente, a ser aproveitada no processo, entraria no misturador alocado a montante da operação 7, para reduzir a vazão de água primária; mas, a corrente resultante violou as concentrações máximas de entrada desta operação. Para corrigir a concentração da corrente, foi necessário acrescentar um regenerador. Uma análise preliminar de custos é necessária para verificar se a proposta é economicamente promissora, uma vez que a alocação do regenerador pode não compensar a economia de 34,3 m³/h de água primária (fonte 1).

O cenário 4 (figura 7) apresenta uma proposta para tratar as correntes do cenário original de forma semidistribuída, e apenas com o objetivo de lançar os efluentes, gerados dentro dos padrões do Conama 357/2005, conforme descrito na tabela 2. As correntes foram agrupadas de acordo com a ordem de grandeza dos contaminantes: (i) ETDI 1, formada pelos tratamentos necessários às operações 1 e 2, antes do descarte no corpo receptor; (ii) ETDI 2,

formada pelo conjunto de tratamentos requeridos pela associação das correntes das operações 3, 7 e 8; e (iii) ETDI 3, formada pela resultante das correntes das operações 4, 5 e 6, as quais não sofrem tratamento, pois já se encontram dentro dos padrões de lançamento.

A configuração do cenário 4 é bastante interessante sob o ponto de vista econômico, pois, no tratamento distribuído, a vazão a ser tratada é menor que no centralizado, como por exemplo neste caso, em que se constata que a segregação de correntes permite dispor o tratamento em unidades mais compactas e específicas para um conjunto de correntes com características semelhantes. Neste cenário, para melhor visualização, não foi incluído o fluxograma original completo, mas apenas as saídas das operações e os tratamentos realizados.

O cenário 5 (figura 8) resulta de uma modificação do cenário 4. Neste cenário, propõe-se o reúso da corrente, resultante das operações 4, 5 e 6, pelo fato de possuir uma qualidade melhor em relação às demais. A corrente resultante é adicionada ao misturador a montante da operação 7, de modo similar ao realizado no cenário 3, levando a uma economia de 21,2 m³/h de água primária (fonte 1). Também neste caso foi necessário alocar um regenerador.

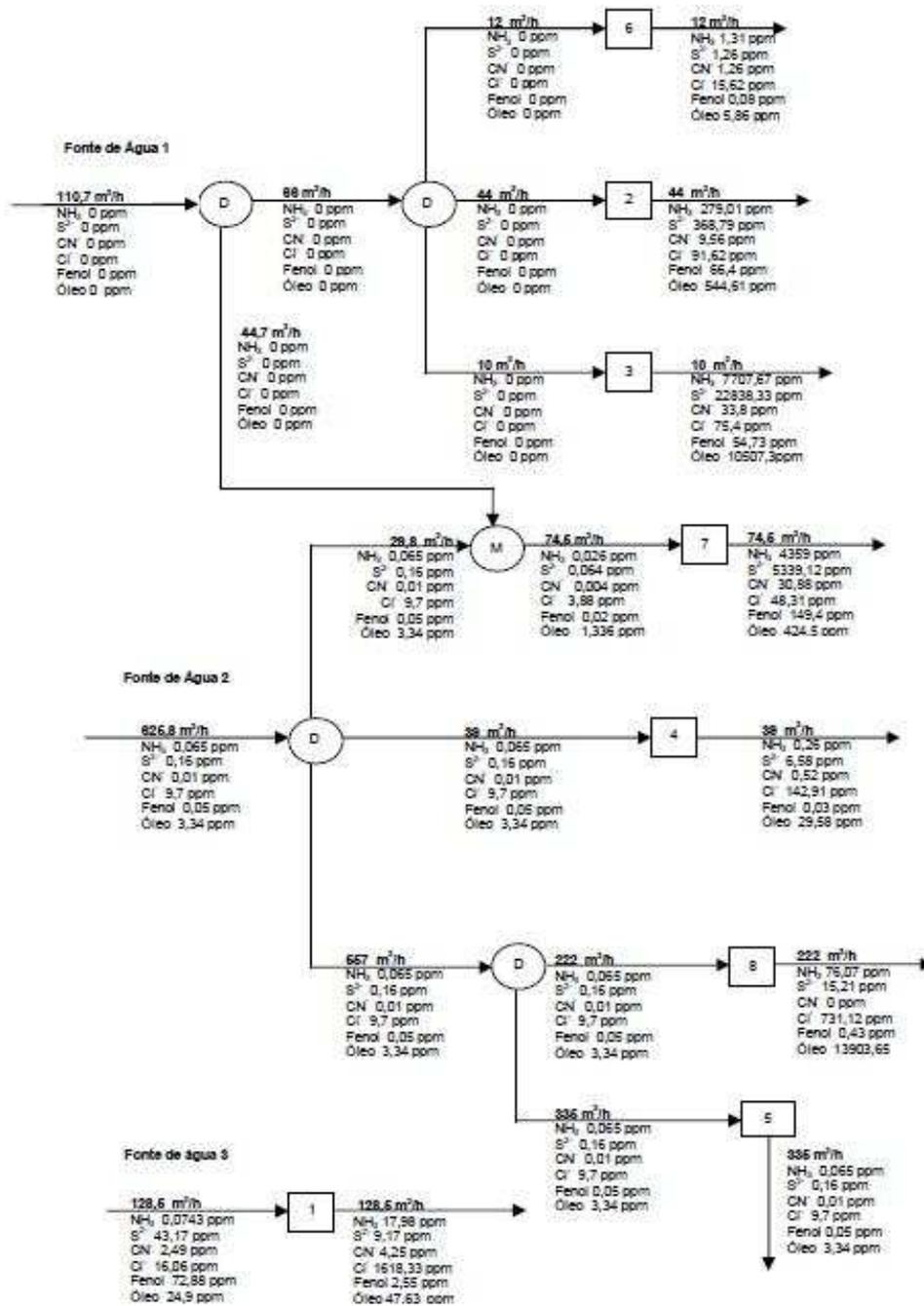


Figura 3 – Rede de transferência de massa dos processos hídricos da refinaria

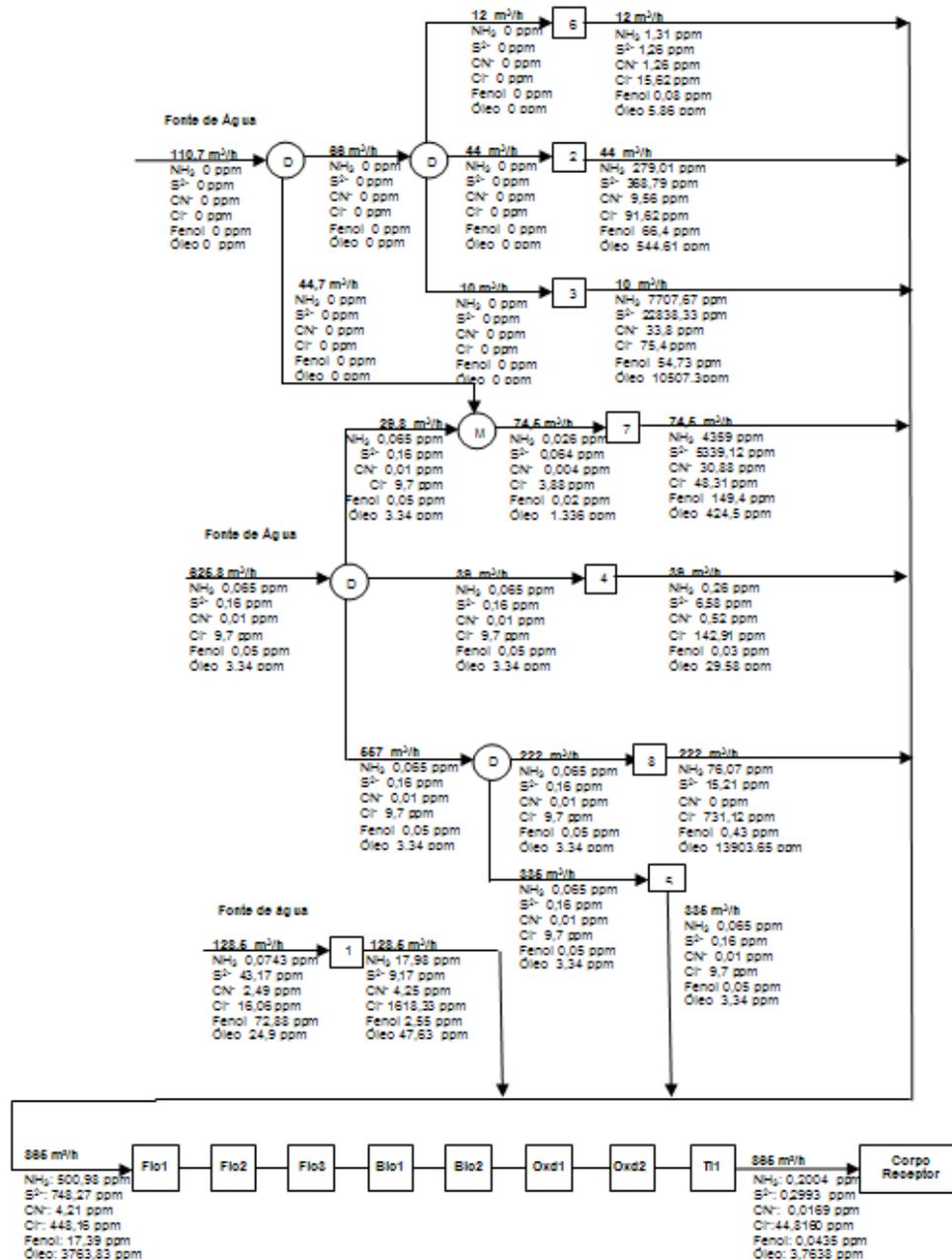


Figura 4 – Rede de águas do cenário 1

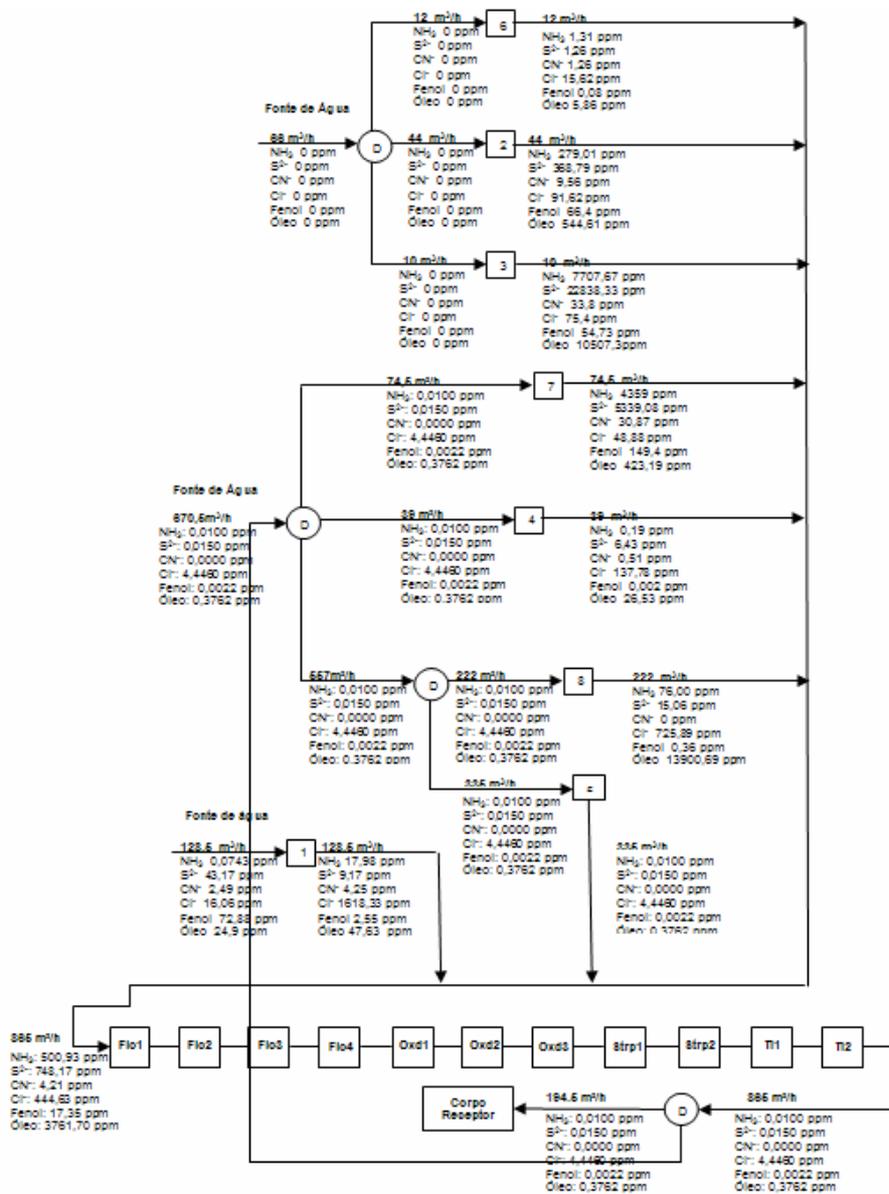


Figura 5 – Rede de águas do cenário 2

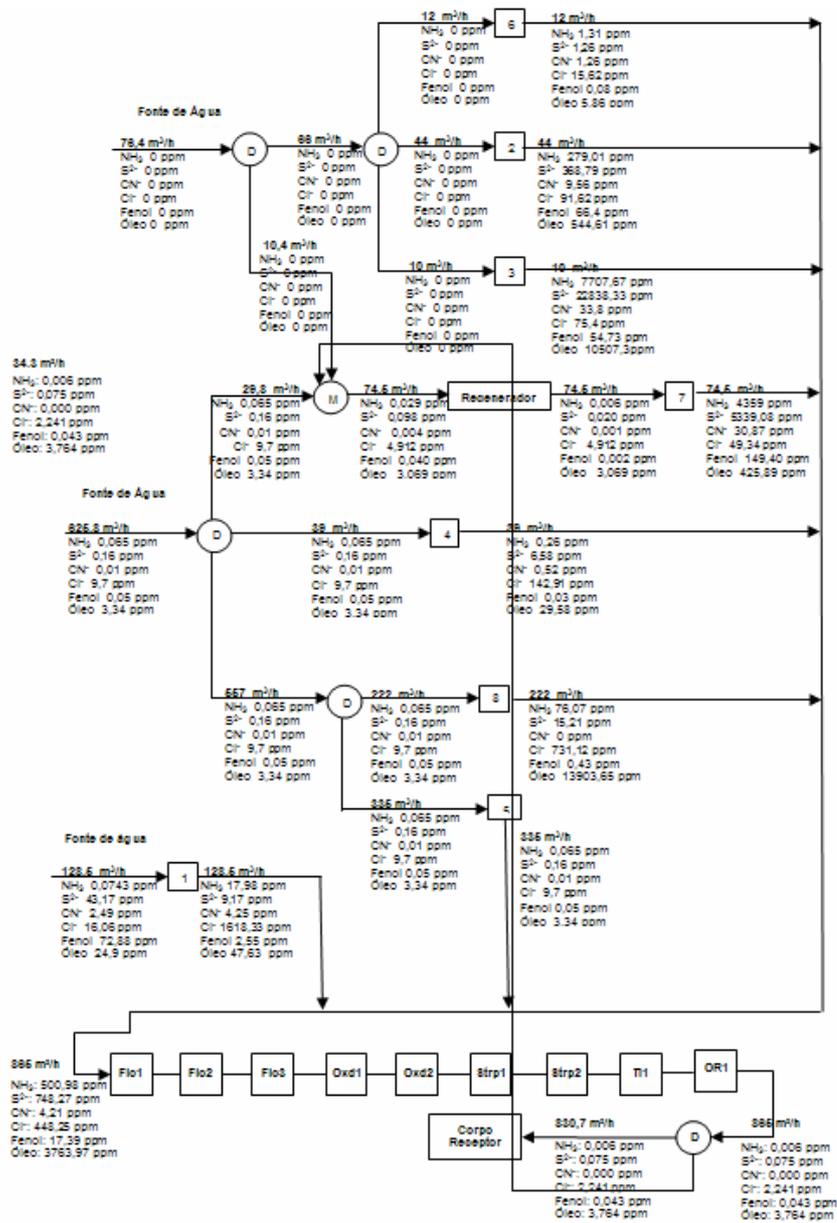


Figura 6 – Rede de águas do cenário 3

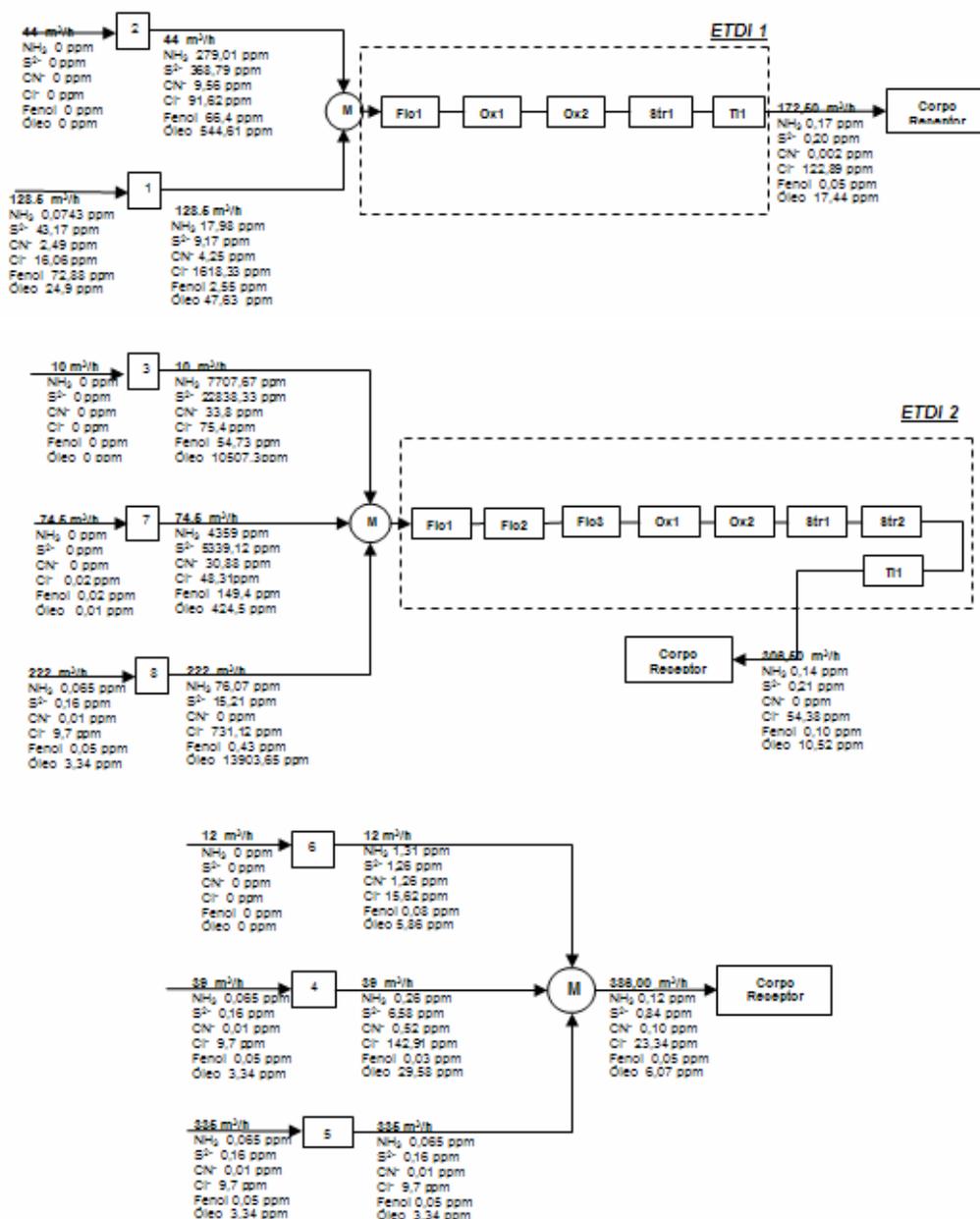


Figura 7 – Rede de águas do cenário 4

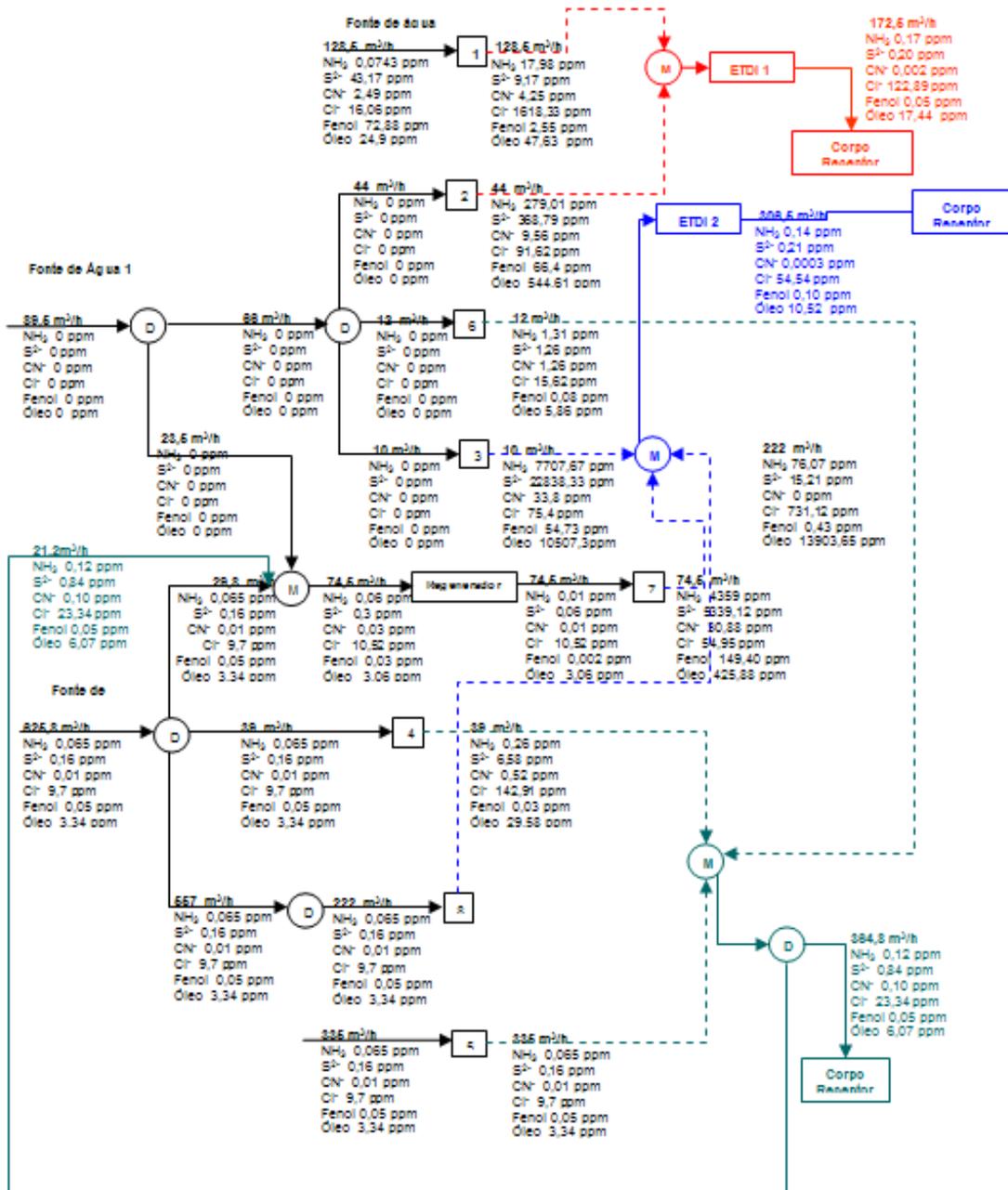


Figura 8 – Rede de águas do cenário 5

Tabela 4 – Comparação entre as vazões dos cenários

Cenário	Captação de água primária (m ³ /h)	Descarte de efluente (m ³ /h)	Vazão de reúso (m ³ /h)	Economia de água primária em relação ao cenário base (%)
1	110,7	865	0	0,0
2	66,0	194,5	670,5	40,4
3	76,4	830,7	34,3	31,0
4	110,7	865	0	0,0
5	89,5	843,8	21,2	19,2

A tabela 4 sintetiza os resultados obtidos com os cenários apresentados, relacionando a vazão de água primária utilizada, a vazão de descarte no corpo receptor e a vazão de reúso de correntes no processo.

O cenário 2 destaca-se por ter as menores vazões de água primária e de lançamento no corpo receptor. Isto se deve à melhor qualidade final do efluente, tratado pela ETDI proposta, bem como à maior possibilidade de reúso. A ETDI, deste cenário, é a que possui mais etapas de tratamento, o que pode torná-la não economicamente viável, sendo esta uma decisão delegada à análise preliminar de custos.

4. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo analisar as possibilidades de reciclo e reúso de correntes, oriundas de unidades de tratamento de efluentes, na tentativa de adequar a qualidade das correntes, a partir da aplicação do método DFA, na síntese de redes de águas. Foi possível observar que, dentre as opções de reúso, no caso estudado, o cenário 2 apresentou uma maior vazão de reúso (670,5m³/h), economizando 40,4% na captação de água primária. Isto contribuiu para a redução de custos com a

desmineralização de água, assim como a redução do lançamento de efluentes, minimizando o impacto ambiental, gerado com o descarte. Este trabalho pretende servir de base para um estudo de viabilidade técnica e econômica, com vista à implementação dos cenários mais promissores alcançados.

Referências

- [1] QUADRADO, A., VERGARA, R. Vai faltar água?. Revista Superinteressante, 189, 2003. Disponível em: <http://super.abril.com.br/superarquivo/2003/conteudo_284317.shtml>. Acesso em: 08 jan. 2009.
- [2] GOMES, J.F.S., QUEIROZ, E.M., PESSOA, F.L.P. Design procedure for water/wastewater minimization: single contaminant. Journal of Cleaner Production, 15, 474-485, 2007.
- [3] GOMES, J.F.S. Procedimento para minimização de efluentes aquosos. Dissertação (M.Sc. em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos), UFRJ, Rio de Janeiro, 228 p., 2002.
- [4] WANG, Y.P., SMITH, R. Wastewater minimisation. Chemical Engineering Science, 49 (7), 981-1006, 1994a.

- [5] WANG, Y.P., SMITH, R. Design of distributed effluent treatment systems. *Chemical Engineering Science*, 49 (18), 3127-3145, 1994b.
- [6] WANG, Y.P., SMITH, R., Wastewater minimization with flowrate constraints. *Transactions of the Institution of Chemical Engineers*, 73(A), 889-904, 1995.
- [7] CASTRO, P., MATOS, H., FERNANDES, M.C., PEDRO NUNES, C. Improvements for mass-exchange networks design. *Chemical Engineering Science*, 54, 1649-1665, 1999.
- [8] MIRRE, R.C., SANTOS, R.P., DELGADO, B.E.P.C., PESSOA, F.L.P. Application of WSD procedure to petroleum industry. *Proceedings of the 17th International Congress of Chemical and Process Engineering (CHISA 2006)*, Prague, Czech Republic, 1-16, 2006.
- [9] HIGA, C.M., DELGADO, B.E.P.C., QUEIROZ, E.M., PESSOA, F.L.P. Minimização do consumo de água: o caso de uma refinaria de petróleo. *Revista de Ciência & Tecnologia, Nova Iguaçu*, 8 (1), 34-46, 2008.
- [10] MARQUES, S.V. Minimização do consumo de água e da geração de efluentes aquosos – estudos de casos. *Dissertação (M.Sc. em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos)*, UFRJ, Rio de Janeiro, 212 p., 2008.
- [11] ULSON DE SOUZA, A.A., MELO, A.R., PESSOA, F.L.P., GUELLI U. SOUZA, S.M.A. The modified water source diagram method applied to reuse of textile industry continuous washing water. *Resources, Conservation and Recycling*, 54, 1405-1411, 2010.
- [12] ULSON DE SOUZA, A.A., FORGIARINI, E., BRANDÃO, H.L., XAVIER, M.F., PESSOA, F.L.P., GUELLI U. SOUZA, S.M.A. Application of water source diagram (WSD) method for the reduction of water consumption in petroleum refineries. *Resources, Conservation and Recycling*, 53 (3), 149-154, 2009.
- [13] MIRRE, R.C., YOKOYAMA, L., PESSOA, F.L.P. WSD as a sustainable tool for the CP practices: water/wastewater minimization in industrial processes. *Proceedings of the 2nd International Workshop Advances in Cleaner Production*, São Paulo, 1-10, 2009.
- [14] KUO, W.C.J., SMITH, R. Effluent treatment system design. *Chemical Engineering Science*, 52 (23), 4273-4290, 1997.
- [15] HÚNGARO, L.M. Desenvolvimento de algoritmo para síntese de tratamento distribuído para efluentes líquidos, *Dissertação (M.Sc. em Engenharia Química)*, UFRJ, Rio de Janeiro, 137 p., 2005.
- [16] DELGADO, B.E.P.C. Minimização de efluentes aquosos em plantas industriais – Extensão do algoritmo diagrama de fontes de água para regeneração diferenciada. *Dissertação (M.Sc. em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos)*, UFRJ, Rio de Janeiro, 319 p., 2003.
- [17] DELGADO, B.E.P.C. Síntese de sistemas de regeneração e tratamento final de efluentes. *Tese (D.Sc. em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos)*, UFRJ, Rio de Janeiro, 451 p., 2008.
- [18] MENEZES, J. Tratamentos secundários de efluentes líquidos. Disponível em:

<<http://www.esac.pt/rnabais/GAREIA2007-2008/TRATAMENTOSBIOLOGICOS2.ppt>>.

Acesso em: 21 ago. 2009.

- [19] DOERR W.W., ZINKUS, G.A., BYERS, W.D. Identify appropriate water reclamation technologies. Chemical Engineering Progress, 19-31, 1998.
- [20] METCALF & EDDY, Inc. Wastewater engineering: treatment and reuse. 3ª Ed., McGraw-Hill, New York, 1991.
- [21] AZEVEDO, C.A.L., KAYANO, C.A.S., ABREU, G.M.R., SALVESTRO, R.E. Reutilização de efluentes líquidos de uma refinaria de petróleo. Monografia (Pós-Graduação em Controle da Poluição Ambiental), FAAP / CENAP, São José dos Campos, 229 p., 1999.

Abstract

Currently there is a great concern about the scarcity of water resources mainly due to

population growth. Several possibilities have been studied in order to better manage and preserve these resources. Thus, this study aims to evaluate the alternatives generated with the application of an algorithmic-heuristic tool called Water Sources Diagram, and evaluating process that need treatment systems centralized and semi-distributed. From the case study of an oil refinery, whose processes streams contain six contaminants, are proposed scenarios of reuse and/or recycling, besides the regeneration of contaminants in streams. It's important considering the influence of wastewater treatment centralized and semi-distributed types, in order to segregating streams with similar characteristics in terms of contaminant loading. It was reached a stage where the economy was around 40% in quality of primary water, compared to the initial consumption. Overall, this work serves as a basis for a study of technical and economic feasibility, aiming to the implementation of promising scenarios achieved.

Keywords: Industrial wastewater reuse, regeneration and reuse, mass exchange networks synthesis.

Recuperação e Reúso de Efluentes Industriais: 2. Uma Ferramenta Computacional para Análise de Investimento

Fernanda da Costa¹, Daniele Rosa Curti¹, Reinaldo Coelho Mirre¹,
Fernando Luiz Pellegrini Pessoa¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Laboratório do Departamento de Engenharia Química (Ladeq), Centro de Tecnologia, Bloco I-164, Sala 3, Av. Horácio Macedo 2030, 21941-909, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Resumo

Este trabalho constitui a segunda parte de uma série de dois artigos, que abordam os sistemas de tratamento de efluentes a partir da aplicação do procedimento algorítmico “Diagrama de Fontes de Água”. Após apresentar os cenários, que representam propostas de configurações, as quais envolvem tratamento centralizado e o semidistribuído, incluindo possibilidade de reúso e/ou reciclo com regeneração de correntes hídricas, uma estimativa de investimento, para cada cenário, é realizada neste trabalho. Sendo assim, um estudo de caso é utilizado para testar a consistência técnica e econômica dos cenários promissores. Foi desenvolvida uma ferramenta, em Microsoft Excel®, para o estudo da viabilidade econômica de uma estação de tratamento de efluentes genérica, analisando o custo individualizado por equipamentos. Através desta plataforma computacional, são analisados os custos totais de investimento de cada cenário. Verifica-se a eficiência da proposta, semidistribuída dentre as configurações sugeridas para reúso, reduzindo os custos em quase 48% frente ao cenário com o método centralizado. Além disso, os métodos de investimento são comparados ao serem aplicados aos respectivos cenários. A ferramenta econômica desenvolvida constitui um importante e útil instrumento para uma análise preliminar das alternativas mais promissoras, relativas a sistemas de tratamento com vista ao reúso e/ou reciclo de correntes hídricas em um processo industrial.

Palavras-chave: Reúso de efluentes industriais, regeneração e reúso, análise de investimento, estimativas de custos.

1. Introdução

A água é um recurso natural fundamental para a manutenção dos ecossistemas. De acordo com Agência Nacional de Águas [1], o Brasil possui cerca de 12% da reserva mundial de água, tendo uma condição privilegiada no mundo. Entretanto, a escassez deste recurso já atinge algumas regiões do país, seja devido a

condições climáticas adversas, como a Região Nordeste, seja pela distribuição desigual da água. A maior parte da água doce disponível encontra-se na Região Amazônica, que possui 9,6% dos 12% disponíveis, e atende cerca de 5% da população, enquanto os 2,4% restantes atendem 95% da população brasileira, cuja demanda é concentrada na Região Sudeste e Sul [2].

O uso mais importante da água é para o consumo humano (10%), mas se destacam outros, como o uso industrial e a geração de energia (20%) e a irrigação (cerca de 70%), que representa a utilização mais intensa da água [3].

Em termos ambientais, deve-se evitar a geração de poluentes no final do processo industrial, embora nem sempre é economicamente e/ou tecnicamente viável eliminar totalmente a geração de efluentes, sendo necessário seu controle no final do processo. A minimização de rejeitos representa redução de custo, tanto em disposição, quanto em diminuição na perda de matéria-prima. O seu uso ineficiente no processo aumenta a geração de efluentes. Uma produção mais limpa, além de ser mais econômica, também tem como retorno uma boa imagem pública para a empresa.

Atualmente, novos métodos de controle da poluição têm sido desenvolvidos. Políticas e práticas preventivas são adotadas, com o desenvolvimento de tecnologias limpas, visando à minimização de resíduos, em todas as etapas do processo produtivo, substituindo, assim, as tecnologias de tratamentos e disposição de efluentes. As ferramentas de Integração de Processos visam utilizá-los de forma mais eficiente, ou seja, objetiva-se que a recuperação de energia e matéria-prima seja a máxima possível. Essa técnica é empregada na prevenção de poluição, pois, minimiza o consumo de água e, conseqüentemente, a geração de efluentes, através de modificações no processo.

Este trabalho integra a segunda parte de um estudo que visa à síntese de sistemas de tratamento centralizado e semidistribuído, a partir da aplicação da ferramenta Diagrama de Fontes de Água (DFA) [4], a qual representa um importante instrumento

prático, voltado para a minimização de efluentes aquosos. O presente trabalho procura, ainda, levantar e compilar informações sobre custo de compra dos equipamentos, e está, portanto, diretamente ligado à análise de capital fixo. Os resultados referentes à aplicação do DFA, um procedimento algorítmico-heurístico, baseado na análise *pinch*, caracterizam os cenários relativos aos fluxogramas (diagramas) de processos, que levaram a minimizar o consumo de água limpa e a geração de efluentes, sendo avaliados quanto ao seu investimento. Sendo assim, visa fornecer uma estimativa de custo e investimento para compra de equipamentos, normalmente utilizados em estações de tratamento de efluentes aquosos, através de dois modelos encontrados na literatura: o método de Lang [5, 6, 7], baseado em uma estimativa, na qual apenas se conhece alguns equipamentos e materiais utilizados, e o método de Guthrie [8, 9], baseado no conhecimento prévio dos equipamentos, bem como seus auxiliares. Este método possui acurácia de, aproximadamente, $\pm 20\%$, enquanto que no primeiro é de cerca de $\pm 30\%$ [10]. Não são considerados, aqui, os custos de investimento em tubulações, misturadores, bombas e demais equipamentos auxiliares, embora também possam ser estimados através de indicadores fornecidos na literatura.

Paralelamente, o trabalho permitiu elaborar uma ferramenta computacional para análise de custos das propostas de reúso de efluentes, permitindo ao usuário tomar decisões preliminares frente aos investimentos dos cenários promissores.

2. Metodologia

A análise econômica é uma ferramenta essencial para um planejamento de projeto, na qual o elemento base, para a concepção e construção de qualquer projeto, é a estimativa de custos. A análise destes irá fornecer ao projeto uma direção a seguir, pois, irá considerar diferentes alternativas e cenários para que se obtenha o melhor processo. Cada um fornecerá um custo diferente e cabe ao projetista avaliar o melhor deles e o menor custo [11]. Cada processo analisado, possui custos de operação e manutenção diferenciados, o que requer maior atenção ao se utilizar a estimativa de investimento.

A avaliação econômica visa prever se o capital disponível deve ser investido no projeto. O capital investido é o capital necessário para suprir todas as necessidades de produção, construção e operação. Para isto, devem-se levar em consideração os custos envolvidos, tanto na produção, quanto os custos referentes à operação. O investimento total do capital pode ser dividido em duas grandes áreas: capital fixo e capital de giro.

O capital de giro (*Working Capital - WC*) é o capital necessário para a operação ao longo dos anos. Tais custos referem-se ao somatório de custos com matérias-primas e suprimentos em estoque, custos com produto final e subprodutos em estoque, contas a receber e a pagar, taxas e gastos com salários, compra de material. O capital fixo refere-se aos custos de construção, montagem, compra de equipamentos, entrega e instalação. Pode ser subdividido em duas áreas: (i) manufatura – custos diretamente ligados à operação e instalação dos equipamentos (ex: instrumentação, tubulações) –, e (ii) não-manufatura – não-diretamente ligados à operação (terra, prédios de processo e administrativos,

laboratórios, logística). O investimento fixo pode ser anualizado, utilizando a metodologia de depreciação linear, gerando, portanto, informações sobre o investimento anual.

O custo individual de cada equipamento, ou parcelas deste, pode ser obtido através de contatos com empresas fabricantes e vendedores. Entretanto, para uma estimativa preliminar, o tempo disponível pode ser um fator de risco, uma vez que entre o pedido de orçamento e a resposta final pode haver um intervalo de meses. Deste modo, para uma estimativa inicial, os dados adequados podem ser encontrados em correlações fornecidas na literatura, em livros especializados e publicações, tais como o *Marshall & Swift (MS) Equipment Cost Index*, o *Chemical Engineering (CE) Plant Cost Index*, o *Nelson-Farrar (NF) Refinery Construction Cost Index* e o *Engineering News-Record (ENR) Construction Cost Index*.

Os índices de custos, para atualização de investimentos, são utilizados para fornecer uma estimativa, mas não levam em consideração todos os fatores. Algumas limitações dos índices incluem: (i) precisão: dois índices podem gerar diferentes respostas; (ii) os índices são baseados em médias; (iii) na melhor das hipóteses, 10% de precisão pode ser esperada, para períodos de até cinco anos; (iv) para períodos acima de 10 anos, os índices são adequados somente para estimativas de ordem de grandeza.

As correlações, fornecidas pela literatura, geralmente, não indicam claramente se avaliam apenas o custo de compra individual do equipamento (*purchased cost*) ou se incluem os custos de logística e instalação.

Os índices MS são amplamente utilizados, quando se pretende estimar o custo de compra do equipamento, apesar de considerar custos de instalação, ferramentas, e equipamentos menores. Já o índice CE, inclui custos de trabalho e material para fabricação do equipamento.

Existe, naturalmente, uma relativa dificuldade para coleta e compilação de informações sobre custos reais de equipamentos por meio de empresas fornecedoras, bem como dados de correlações específicas para equipamentos voltados para tratamento de efluentes. Uma inconveniência, que surge, consiste em identificar quando os custos são apenas de compra ou quando expressam os custos de instalação, uma vez que o equipamento pode ser construído no próprio local de instalação. Apesar de existirem listas de preços disponíveis, as empresas sempre pagam menos, o que torna a estimativa preliminar dos custos conservadora. Uma informação importante é que os dados, fornecidos pelos índices utilizados para atualização dos custos, levam em consideração a inflação nos EUA, sendo necessário incluir um fator local para transposição dos custos para o país desejado (não contemplado neste trabalho).

2.1. Modelos de custos preexistentes

Conforme definido anteriormente, o investimento total é subdividido em duas

áreas: o capital fixo e o capital de giro. Entretanto, para se ter uma boa estimativa dos custos envolvidos, lança-se mão de metodologias de análise de investimento em capital fixo, bem como de investimento total de capital.

Para a estimativa de custo de equipamentos, existem diversas opções, dentre as quais: (i) utilização de gráficos log x log, em função do critério de seleção; (ii) correlações de custos da literatura; (iii) estimativa, através de escala, na qual se conhece um equipamento similar e seu custo de compra, conhecido como “método dos seis décimos” [12, 13] (equação 1).

$$Custo_{atual} = Custo_{base} * \left(\frac{capacidade_{atual}}{capacidade_{base}} \right)^{0,6} \quad (1)$$

A atualização dos custos é realizada através de índices, de acordo com a equação 2.

$$Custo_{atual} = Custo_{base} * \left(\frac{índice_{atual}}{índice_{base}} \right) \quad (2)$$

Para a análise de custo, o método comumente utilizado – inclusive neste trabalho – é o “método dos seis décimos”, o qual inclui o fator de índice, atualizando, assim, a capacidade e o custo, conforme a equação 3.

$$Custo_{atual} = Custo_{base} * \left(\frac{capacidade_{atual}}{capacidade_{base}} \right)^{0,6} * \left(\frac{índice_{atual}}{índice_{base}} \right) \quad (3)$$

A tabela 1 compara os valores fornecidos pela Revista *Chemical Engineering* [14], em relação aos índices CE e MS, para um período de 14 anos, de 1995

a 2008. Os valores apresentados correspondem à média anual referente a todas as indústrias.

Tabela 1 – Valores anuais dos índices MS e CE

ANO	MS	CE
1995	1027,5	381,1
1996	1039,1	381,7
1997	1056,8	386,5
1998	1061,9	389,5
1999	1068,3	390,6
2000	1089,0	394,1
2001	1093,9	394,3
2002	1104,2	395,6
2003	1123,6	402,0
2004	1178,5	444,2
2005	1244,5	468,2
2006	1302,3	499,6
2007	1373,3	525,4
2008	1449,3	575,4

Outro método utilizado, para efeito de comparação, faz uso de correlações encontradas na literatura.

A estimativa de custos de investimento total de capital pode ser obtida a partir de inúmeros métodos. Para este trabalho, que envolve análise preliminar, foram consideradas duas metodologias, a saber, Lang e Guthrie.

A técnica proposta por Lang supõe que o investimento total necessário pode ser obtido multiplicando-se o custo de compra do equipamento por um fator de aproximação de capital. Este fator varia, dependendo do tipo de planta considerada e de qual estimativa deseja-se obter: de capital fixo ou de capital total. Estes fatores levam em

consideração custos de compra da terra e taxas de contrato. Lang considera, ainda, um fator de 1,05 para custo de entrega. Convém observar que o custo do equipamento deve ser *free on board* (FOB), ou seja, livre de custos de entrega, instalação ou outras taxas. A seguir, é mostrado o procedimento necessário para a estimativa de investimento:

- Etapa 1: preparar uma lista de equipamentos com os custos de compra (C_{pi}) do ano base;

- Etapa 2: acrescentar os custos e índices e atualizar. Após atualizar cada custo de equipamento, somá-los para obter o C_p ;

- Etapa 3: multiplicar C_p total por 1,05, para contabilizar o custo de entrega do

equipamento. Multiplicar pelo fator de Lang (f_L), para obter o investimento total fixo (C_{TPI}) (sem considerar o capital de giro, WC) ou o investimento total de capital (C_{TCI}) (considerando 15% de capital de giro

sobre o investimento total de capital, ou 17,6% do capital fixo) [15]. As equações 4 e 5 expressam o investimento total fixo (C_{TPI}) e de capital (C_{TCI}), respectivamente.

$$C_{TPI} = 1,05 * f_{L_{TPI}} * \sum \left(\frac{\text{Índice}_{\text{atual}}}{\text{Índice}_{\text{base}}} \right) * C_{pi} \quad (4)$$

$$C_{TCI} = 1,05 * f_{L_{TCI}} * \sum \left(\frac{\text{Índice}_{\text{atual}}}{\text{Índice}_{\text{base}}} \right) * C_{pi} \quad (5)$$

Os fatores de Lang (f_L), para capital fixo e capital total, podem ser obtidos pela Tabela 2. Deve-se considerar que nem o

fator original de Lang, nem o fator de custo fixo incluem informações de capital de giro, apenas o fator de capital total.

Tabela 2 – Valores para fator de Lang [15]

Tipos de plantas	Fator Original	$f_{L_{TPI}}$	$f_{L_{TCI}}$
Sólidos	3,10	3,9	4,8
Sólido-fluidos	3,63	4,1	4,9
Fluidos	4,74	4,6	5,7

O método, pensado por Guthrie, propõe que, para cada equipamento, existe um fator de compra (*bare-module: módulo básico da unidade*), diferentemente de Lang, no qual o fator utilizado considera a instalação. Para a análise de investimento fixo, é utilizado o preço de compra do equipamento individual (FOB), bem como uma série de estimativas para os custos de *site*, construção (*building*)

e instalações de *offsite* (*offsite facilities*), além de um fator de 1,18 relativo a taxas de contrato e taxas futuras. Ao investimento fixo, é adicionado o capital de giro, também encontrado a partir de uma estimativa, obtendo-se, assim, o investimento total de capital. A equação 6 não leva em consideração custos de *royalties*, nem de partida (*startup*).

$$C_{TCI} = C_{TPI} + WC = 1,18 * (C_{TBM} + C_{site} + C_{building} + C_{offsite}) + WC \quad (6)$$

onde: $C_{offsite}$ = Custo de *offsite* (100%) + 5% do C_{TBM} , C_{TBM} é o custo total do módulo básico, $C_{building}$ = 10% do C_{TBM} para equipamentos fabricados no próprio local (prédios de processo) e 20% para prédios

não-processo ou 5% para adição de processos. C_{site} = 10-20% do C_{TBM} para plantas novas ou 4-6% para adição na planta atual. WC = 15% do C_{TCI} ou 17,6% do C_{TPI}

O custo C_{TBM} consiste no somatório dos custos de compra dos equipamentos, devidamente corrigidos pelo índice. Inclui

fatores de compra (F_{BM}), design (F_d), pressão (F_p) e material (F_m), conforme mostrado na equação 7.

$$C_{TBM} = \sum C_p * \left(\frac{\acute{I}ndice_{atual}}{\acute{I}ndice_{base}} \right) * [F_{BM} + (F_d * F_p * F_m - 1)] \quad (7)$$

$$C_{TBM} = \sum C_p * \left(\frac{\acute{I}ndice_{atual}}{\acute{I}ndice_{base}} \right) * [F_{BM}] \quad (8)$$

Neste trabalho, os fatores de *design*, pressão e material são considerados unitários, de modo que a equação 7 se resume na equação 8:

Os dados de fatores de compra (F_{BM}) referem-se aos custos diretos e indiretos e podem ser encontrados na literatura, embora haja pouca disponibilidade para equipamentos específicos de tratamento de efluentes. Neste caso, na ausência de informações, recomenda-se utilizar o valor unitário.

2.1. Lista de equipamentos e correlações

Inicialmente, para que se faça uma estimativa de custo adequada, é necessário preparar uma lista de equipamentos, de forma a contemplar todas as etapas do processo.

O quadro 1 indica a lista de equipamentos, utilizados neste trabalho, para

análise de custo, através da metodologia de atualização por índices de MS e CE.

As correlações, também obtidas para este trabalho, foram selecionadas de várias fontes da literatura, porém, algumas somente disponíveis para equipamentos de processo e poucos específicos para tratamento de efluentes. Com isso, buscou-se uma razoável aproximação de equipamento de processo ao de tratamento. Em alguns casos, houve a necessidade de gerar uma correlação, a partir de outras informações disponíveis.

Para as membranas de microfiltração, utilizaram-se dados apresentados por Baker [16]: o custo do módulo, contendo a membrana, varia de US\$10 a US\$20, com 0,3 a 0,5 m² de membrana, estando portanto, entre US\$ 33,33/m² e US\$40/m².

A lista de equipamentos, utilizados na estimativa por correlações da literatura, é apresentada no quadro 2.

Quadro 1 – Lista de Equipamentos para Atualização por Índices

Processo	Equipamento	Variável	Processo	Equipamento	Variável
Gradeamento	Grade	Área (ft ²)	Coagulação-Sedimentação-Flotação	Sistema triplice (coagulador + sedimentador + flotador)	Vazão Q (t/h)
Peneiramento	Peneiras	Vazão Q (m ³ /s)	Lodos ativados convencional	Tanques	Vazão Q (L/s)
Desarenação	Caixa de areia	Vazão Q (m ³ /s)	Adsorção	Carvão ativado	Volume (ft ³)
Medição de vazão	Calha Parshall	Vazão Q (L/s)	Troca iônica	Regenerador	Vazão Q (t/h)
Separação Água/Óleo	Tanque API	Vazão Q (t/h)	Filtração por membranas	Microfiltração	Vazão (m ³ /h)
Equalização e Neutralização	Tanques	Volume (gal)		Ultrafiltração	Área (ft ²)
Coagulação / Flocculação	Tanques	Vazão Q (m ³ /h)		Osmose reversa	Vazão Q (L/h)
Sedimentação	Decantador/ Espessadores	Área (ft ²)	Filtração	Filtro rotativo	Área (ft ²)
	Clarificador circular	Área (ft ²)		Filtro de areia	Área (ft ²)
	Clarificador retangular	Área (ft ²)	Processo Oxidativo Avançado (POA)	Ozonização	Vazão Q (Lb/d)
Flotação	Tanques	Vazão Q (m ³ /h)	<i>Stripping</i>	Colunas	Vazão Q (t/h)

Quadro 2 – Lista de Equipamentos com Correlação na Literatura

Processo	Equipamento	Variável avaliada	Correlação	Faixa	Fonte
Gradeamento	Grade vibratória	Área (ft ²)	$C_p = 4.600 * A^{0,34}$	6 a 40	Seider <i>et al.</i> [15]
Separação Água/Oleo	Tanque API	Vazão Q (t/h)	$C_p = 4800 * Q^{0,7}$		Gunaratnam <i>et al.</i> [17]
Equalização e Neutralização	Tanque aberto	Volume (gal)	$C_p = 14 * V^{0,72}$	1000 a 30000	Seider <i>et al.</i> [15]
Floculação	Bacia	Volume (MG)	$C_p = 673894 * V + 217222$	0,02 a 7,00	McGivney e Kawamura [11]
Sedimentação	Decantador/ Espessador	Diâmetro (FT)	$C_p = 4729,8 * D + 37068$	20 a 150	McGivney e Kawamura [11]
	Clanificador circular	Diâmetro (LF)	$C_p = 2989,8 * D^{1,2346}$	30 a 200	McGivney e Kawamura [11]
	Clanificador retangular	Área de Bacia (SF)	$C_p = 13572 * A^{0,3182}$	5000 a 15000	McGivney e Kawamura [11]
Flotação	Flotador a ar dissolvido	Vazão Q (t/h)	$C_p = 12600 * Q^{0,7}$		Takama <i>et al.</i> [18]
Coagulação – Sedimentação – Flotação	Sistema triplice (coagulador + sedimentador + flotador)	Vazão Q (t/h)	$C_p = 12600 * Q^{0,7}$		Takama <i>et al.</i> [18]
Lodos ativados Convencional	Tanques	Vazão Q (t/h)	$C_p = 12600 * Q^{0,7}$		Gunaratnam <i>et al.</i> [17]
Adsorção	Carvão ativado	Vazão Q (Lb/h)	$C_p = 102625 * Q^{0,2028}$	3 a 6600	McGivney e Kawamura [11]
Troca iônica	Leito fixo	Volume (t/h)	$C_p = 0,2642 * Q^{0,7} * 1,36$		Doerr <i>et al.</i> [19]
Filtração por membranas	Microfiltração	Área (m ²)	$C_p = 40 * A$		Baker [16]
	Ultrafiltração	Área (ft ²)	$C_p = 20 * A$		Seider <i>et al.</i> [15]
	Osmose reversa	Vazão Q (t/h)	$C_p = 61305 * Q^{0,7}$		Mirre [20]
Filtração	Filtro rotativo	Área (ft ²)	$C_p = \exp \{11,432 - 0,1905 * [\ln(A)] + 0,0554 * [\ln(A)]^2\}$	10 a 800	Seider <i>et al.</i> [15]
	Filtro de areia	Área de Filtração (SF)	$C_p = 158 * A + 11185$	140 a 28000	McGivney e Kawamura [11]
Desinfecção – Oxidação Química	Ozonização	Vazão Q (Lb/d)	$C_p = 31015 * Q^{0,6472}$	10 a 3500	McGivney e Kawamura [11]
Stripping	Colunas	Vazão Q (t/h)	$C_p = 16800 * Q^{0,7}$		Gunaratnam <i>et al.</i> [17]

No tópico seguinte, será apresentada uma ferramenta computacional desenvolvida para cálculo de custo de compra de equipamentos e investimento anual, permitindo uma análise comparativa entre os métodos de Lang e Guthrie.

3. Software para Análise de Investimento

O objetivo desta etapa é fornecer ao usuário um suporte para estimativa do custo de compra de equipamentos de tratamento de efluentes aquosos e, após análise de investimento, decidir se o projeto pode ser considerado viável para uma análise mais detalhada ou se é necessário buscar outros investimentos.

Após investigação na literatura sobre metodologias de estimativa de investimento, e criação de lista de possíveis equipamentos utilizados, desenvolveu-se um *software* em plataforma Microsoft Excel®, capaz de

fornecer custos atuais dos equipamentos selecionados.

A planilha de apresentação (figura 1) visa dispor ao usuário o procedimento de utilização do *software*. As informações, contidas neste trabalho, apenas apresentam dados estimados, não podendo ser, portanto, utilizados como reais, pois necessitam de informações mais detalhadas. Os índices de atualização de custos utilizados correspondem ao *Marshall & Swift Equipment Cost* (MS) e ao *Chemical Engineering* (CE). Caso haja necessidade de incluir outro índice, será necessário modificar a validação para seleção de índices.

Informações sobre Entrada de dados

- 1 - Este trabalho é parte do Projeto Final de Curso de Graduação em Engenharia Química de Daniele Rosa Curti e Fernanda da Costa (Setembro, 2009).
- 2 - As informações fornecidas neste trabalho apenas apresentam dados estimados, não sendo, portanto, utilizados como reais, pois necessitam de maiores informações. Os índices de atualização de custos utilizados correspondem ao Marshall & Swift (MS) Equipment Cost e ao Chemical Engineering (CE). Caso haja necessidade de escolha de outro índice, será necessário modificar a validação para seleção de índices.
- 3 - **Planilhas Custos Método Índice MS e CE** - Estas planilhas utilizam a metodologia de atualização de custos. É possível verificar quais os equipamentos estão disponíveis para consulta, escolher a quantidade de equipamentos desejados, entrar com dados de capacidade base e atuais, bem como o custo base. É necessário também entrar com o dado de depreciação do equipamento desejado e o índice de Guthrie. Caso este dado não esteja disponível, considerar o valor igual a 1. É necessário observar que os dados devem ser inseridos somente na planilha índice MS e são automaticamente transmitidos à planilha de índice de CE (nesta omente inserir informações sobre o valor do índice desejado).
- 4 - **Planilha Custos Correlações da Literatura** - Esta planilha utiliza correlações encontradas na literatura para estimativa de custos de equipamentos. É possível verificar quais os equipamentos estão disponíveis para consulta, escolher a quantidade de equipamentos desejados, entrar com dados de capacidade desejados. É necessário também entrar com o dado de depreciação do equipamento desejado e o índice de Guthrie. Caso este dado não esteja disponível, considerar o valor igual a 1.
- 5 - **Planilha Investimentos - Método Lang** - Esta planilha utiliza a metodologia de investimento criada por Lang, onde é possível obter informações sobre investimento anual para as três metodologias de custo de compra de equipamentos observada nas planilhas anteriores. É necessário somente entrar com informações sobre o fator de Lang a ser utilizado, visto que difere para cada tipo de planta.
- 6 - **Planilha Investimentos - Método Guthrie** - Esta planilha utiliza a metodologia de investimento criada por Guthrie, onde é possível obter informações sobre investimento anual para as três metodologias de custo de compra de equipamentos observada nas planilhas anteriores. Não é necessário entrar com nenhum dado.
- 7 - **Planilha Gráfico** - Esta planilha mostrará o resultado comparativo obtido para a análise de investimento desejada. Entretanto, é necessário modificar a escala do gráfico de acordo com os valores obtidos.

Figura 1 – Planilha de Introdução ao Usuário

As planilhas de custos “Métodos Índices MS e CE” utilizam a metodologia de atualização de custos pelo “método dos seis décimos”. É possível verificar quais equipamentos estão disponíveis para consulta, escolher a quantidade de

equipamentos desejada, entrar com dados de capacidade base e atuais, bem como estimar o custo base. É necessário, também, entrar com o dado de depreciação do equipamento desejado e o índice de Guthrie. Caso este dado não esteja disponível, considerar o

valor igual a 1 (alguns valores são tabelados, não podendo ser modificados).

A lista de equipamentos, fornecida para ambas as planilhas de índice MS e CE, corresponde àquela apresentada no quadro 1. É necessário entrar com valores somente na planilha de índices MS, uma vez que os mesmos valores serão utilizados na planilha de CE. Com isto, selecionam-se os valores de índice na planilha de CE e os demais dados serão calculados.

As duas primeiras colunas fornecem, respectivamente, o processo e o equipamento disponível para análise. A terceira coluna indica a variável, que deve ser utilizada para esta estimativa. A quarta coluna oferece opções de escolha de quantidade de equipamentos, para casos onde há necessidade de se empregar mais de um. Neste caso, é possível selecionar até 20 equipamentos.

A quinta e a sexta colunas correspondem à inserção de dados de capacidade base e capacidade atual do equipamento desejado. Nestas colunas, deverão ser fornecidos valores base e atual, para que haja uma comparação de dados (11ª coluna - C_a/C_b). Na sétima coluna, deverão constar valores de custo base (em dólares) de um determinado ano, para que haja atualização do mesmo.

As colunas 8 e 9 correspondem aos índices de atualização base e atual, onde é possível selecionar o valor correspondente ao ano desejado. Por exemplo: caso o ano base seja 1997, deve-se selecionar o valor correspondente, neste caso, MS=1056,8 e CE=386,5. O mesmo procedimento deve ser feito para ano atual desejado. É necessário atentar para o fato de que cada uma das planilhas utiliza índices diferentes: a primeira, MS, e a segunda, CE. Após a seleção dos valores do índice, a coluna 10

irá, automaticamente, calcular o fator de índice, não sendo necessário inserir valores.

A partir da coluna de índices, não é mais permitido entrar com valores, uma vez que o *software* irá calcular os demais dados. A coluna 13 refere-se ao “Custo de Compra Atual (Cp) - Antes Depreciação (U\$\$)”, e mostra o valor atual (em dólares) do equipamento, sem considerar a depreciação do mesmo.

Na coluna 13, deverá ser fornecido o valor da depreciação desejado para cada equipamento. Deste modo, o custo do equipamento, após a depreciação, será fornecido na coluna seguinte. Este dado corresponde ao custo de equipamento anualizado e serve como base para o método de Lang. Para utilizar o método de Guthrie na coluna 16, e obter o custo anualizado, é necessário entrar com o valor do fator *bare-module* (F_{BM}) na coluna 15.

Este procedimento deve ser feito para todos os equipamentos desejados, uma vez que o custo será somado e apresentado na planilha de investimento. A ilustração das tabelas, utilizadas nesta etapa, encontra-se na figura 2.

A “Planilha de Custos – Correlações da Literatura” utiliza a metodologia de correlação de custos, encontrados na literatura, segundo a tabela 4. É possível verificar quais equipamentos estão disponíveis para consulta, escolher a quantidade de equipamentos desejada e entrar com dados de capacidade atual. É necessário, também, entrar com o valor de depreciação do equipamento desejado e o índice de Guthrie. Caso este dado não esteja disponível, considerar o valor igual a 1. Existem valores do índice de Guthrie que não podem ser alterados, pois já foram obtidos da literatura. A ilustração da tabela,

utilizada nesta etapa, encontra-se na figura 3.

Método de Atualização de Custo por Índices Econômicos - MS															
Processo	Equipamento	Variável Avaliada	Quantidade de Equipamento	Capacidade base - C _b	Capacidade atual - C _a	Custo base (U\$)	Index Base (MS)	Index Atual (MS)	I _a /I _b	C _a /C _b	Custo de Compra Atual (Cp) - Antes Depreciação (U\$)	Depreciação Anual linear	Custo de Compra Atual (Cp) - Depois Depreciação (U\$)	F _{ms}	Custo de Compra (C _{ms}) - Guthrie
TRATAMENTO PRELIMINAR															
Gradeamento	Grade	Área (ft²)	1									0,10		1,73	
Peneiramento	Peneiras	Vazão Q (m3/s)	1									0,10		1,00	
Desarenação	Caixa de Areia	Vazão Q (m3/s)	1									0,20		1,00	
Medição de vazão	Calha Parshall	Vazão Q (L/s)	1									0,10		1,00	
Separação Água/Óleo	Tanque API	Vazão Q (t/h)	1									0,10		1,00	
Equalização e Neutralização	Tanques	Volume (gal)	1									0,10		1,00	
TRATAMENTO PRIMÁRIO															
Coagulação / Flocculação	Tanques	Vazão Q (m3/h)	1									0,10		1,00	
Sedimentação	Decantador/ Espessadores	Área (ft²)	1									0,10		1,00	
	Clarificador Circular	Área (ft²)	1									0,10		1,00	
	Clarificador Retangular	Área (ft²)	1									0,10		1,00	
Flotação	Tanques	Vazão Q (m3/h)	1									0,10		1,00	
Coagulação-Sedimentação-Flotação	Sistema Tríplice (Coagulador + Sedimentador + Flotador)	Vazão Q (t/h)	1									0,10		1,00	
TRATAMENTO SECUNDÁRIO															
Lodos ativados Convencional	Tanques	Vazão Q (L/s)	1									0,10		1,00	
TRATAMENTOS TERCIÁRIO															
Adsorção	Carvão Ativado	Volume (ft3)	1									0,10		4,30	
Troca Iônica	Regenerador	Vazão Q (t/h)	1				1061,9	1443,3	1,36			0,10		1,00	
Filtração por Membranas	Microfiltração	Vazão (m3/h)	1									0,10		3,20	
	Ultrafiltração	Área (ft2)	1									0,10		3,20	
	Osmose reversa	Vazão Q (L/h)	1									0,10		3,20	

Figura 2 – Layout da Ferramenta de Análise de Investimento - Atualização por Índices Econômicos

A “Planilha de Investimentos – Metodologia Lang” considera o fator de entrega de 1,05 e o fator de capital. Nesta planilha, realiza-se um comparativo de investimento entre os custos obtidos por índice MS, índice CE e a correlação pertinente. O usuário deverá somente fornecer o fator de capital desejado a partir de uma lista de seleção. Esta lista encontra-se abaixo da tabela de investimento, sendo

possível verificar à qual tipo de planta (sólido, sólido-fluido ou fluido) pertence o fator. Cabe salientar que é possível que não se disponham correlações para todos os equipamentos utilizados nas tabelas de índices MS e CE, fazendo com que a estimativa, através dos custos, apresente valores completamente diferentes.

A “Planilha de Investimentos – Metodologia Guthrie” considera os custos de

site, construção, e *offsite*. Nesta planilha, também se realiza uma comparação de investimento entre os custos obtidos por índice MS, índice CE e a correlação pertinente. O usuário não deverá fornecer nenhum dado, visto que todos são, automaticamente, calculados. Novamente, cabe salientar que é possível não haver correlações para todos os equipamentos utilizados nas tabelas de índices MS e CE, fazendo com que a estimativa através dos custos apresente valores completamente diferentes.

Na “Planilha de Gráficos” é ilustrado o gráfico, obtido a partir dos dados fornecidos

anteriormente, com o objetivo de auxiliar na comparação dos investimentos realizados.

Os tópicos anteriores apresentaram as metodologias utilizadas e a ferramenta elaborada para a análise de investimento. No item seguinte, a ferramenta desenvolvida será utilizada para analisar os dados obtidos em um estudo de cenários de regeneração e reúso/reciclo de correntes, a partir da aplicação do procedimento algorítmico DFA, avaliando os custos das propostas, de modo integrado ao uso da plataforma computacional.

Método de Atualização de Custo por Correlação da Literatura									
Processo	Equipamento	Variável Avaliada	Quantidade de Equipamento	Capacidade atual - C_a	Custo de Compra Atual (Cp) - Antes Depreciação (US\$)	Depreciação Anual linear	Custo de Compra Atual (Cp) - Após Depreciação (US\$)	F _{EM}	Custo de Compra (C _{EM}) - Após Depreciação Guthrie
TRATAMENTO PRELIMINAR									
Gradeamento	Grade Vibratória	Área (ft ²)	1			0,10		1,73	
Separação Água/Óleo	Tanque API	Vazão Q (t/h)	1			0,10		1,00	
Equalização e Neutralização	Tanque Aberto	Volume (gal)	1			0,10		1,00	
TRATAMENTO PRIMÁRIO									
Floculação	Bacia	Volume (MG)	1			0,10		1,00	
Sedimentação	Decantador/ Espessadores	Diâmetro (FT)	1			0,10		1,00	
	Clarificador Circular	Diâmetro (LF)	1			0,10		1,00	
	Clarificador Retangular	Área de Bacia (SF)	1			0,10		1,00	
Flotação	Flotador ar dissolvido	Vazão Q (t/h)	1			0,10		1,00	
Coagulação-Sedimentação-Flotação	Sistema Triplíce (Coagulador + Sedimentador + flotador)	Vazão Q (t/h)	1			0,10		1,00	
TRATAMENTO SECUNDÁRIO									
Lodos ativados Convencional	Tanques	Vazão Q (t/h)	1			0,10		1,00	
TRATAMENTOS TERCIÁRIO									
Adsorção	Carvão Ativado	Volume (Lb/h)	1			0,10		4,30	

Figura 3 – Layout da Ferramenta de Análise de Investimento – Correlações da Literatura

4. Aplicação de Ferramenta Econômica

A execução das propostas de adequação de efluentes, para descarte e reutilização, apresentadas neste trabalho, poderá reduzir significativamente o consumo de água e a geração de efluentes. Consequentemente, os custos relativos à captação, ao tratamento de água e ao tratamento de efluentes também tendem a ser reduzidos.

Para os casos analisados, não foi possível contabilizar o investimento do tratamento por oxidação química, uma vez que não foram encontradas correlações disponíveis na literatura. Outra dificuldade

refere-se à obtenção de dados de custo de compra e de capacidade de equipamentos. Deste modo, a utilização da ferramenta de análise de investimento, a partir da atualização por índices, não foi utilizada.

O estudo de caso é adaptado de Mirre *et al.* [21] e considera múltiplos contaminantes em uma refinaria de petróleo, sendo possível gerar cinco cenários. Os cenários contemplam configurações de tratamento centralizado (cenários 1, 2 e 3) e semidistribuído (cenários 4 e 5).

A figura 4 sintetiza os resultados obtidos com os cenários apresentados, relacionando a vazão de água primária utilizada à vazão de descarte no corpo receptor.

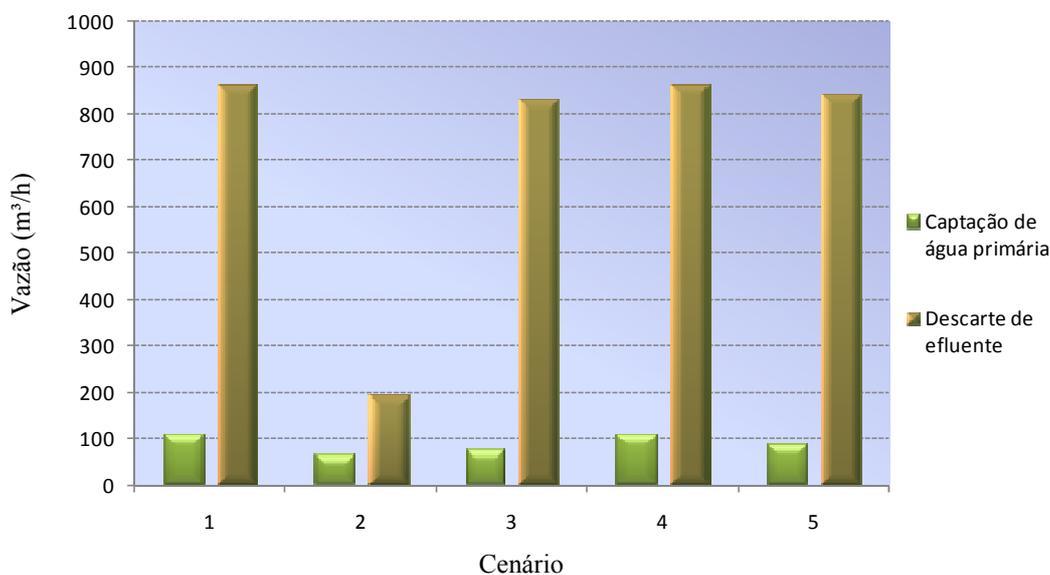


Figura 4 – Comparação entre as Vazões dos Cenários

Para todos os cenários, considerou-se o fator de Lang como de uma planta que processa sólido-fluido. Para os cenários 1, 2 e 3, a vazão de efluente do processo é de 865 m³/h. Os cenários 4 e 5, por adotarem a

configuração semidistribuída, utilizam a vazão de 172,5 m³/h para a ETDI 1, e de 306,5 m³/h para a ETDI 2. A tabela 4 indica os valores de investimentos totais anual, para todos os cenários obtidos, enquanto que

a figura 5 ilustra a comparação de tais investimentos, alcançados para cada metodologia.

Tabela 4 – Comparativo de Investimento Total Anual de Estação de Tratamento

Cenário	Vazão de efluente (m ³ /h)	Investimento capital total (US\$) - Lang	Investimento capital total (US\$) - Guthrie	Valor médio de investimento capital total (US\$)
1	865	2.212.084,55	686.125,42	1.449.104,99
2	865	4.915.635,32	1.524.689,63	3.220.162,48
3	865	7.765.780,60	4.856.754,88	6.311.267,74
4.1 (ETDI 1)	172,50	556.532,32	172.620,42	364.576,37
4.2 (ETDI 2)	306,50	2.021.096,79	626.886,48	1.010.548,40
4 (1+2)		2.577.629,08	799.506,90	1.688.567,99
5.1 (ETDI 1)	172,50	556.532,32	172.620,42	364.576,37
5.2 (ETDI 2)	306,50	2.021.096,79	626.886,48	1.010.548,40
5 (1+2)		2.577.629,08	799.506,90	1.688.567,99

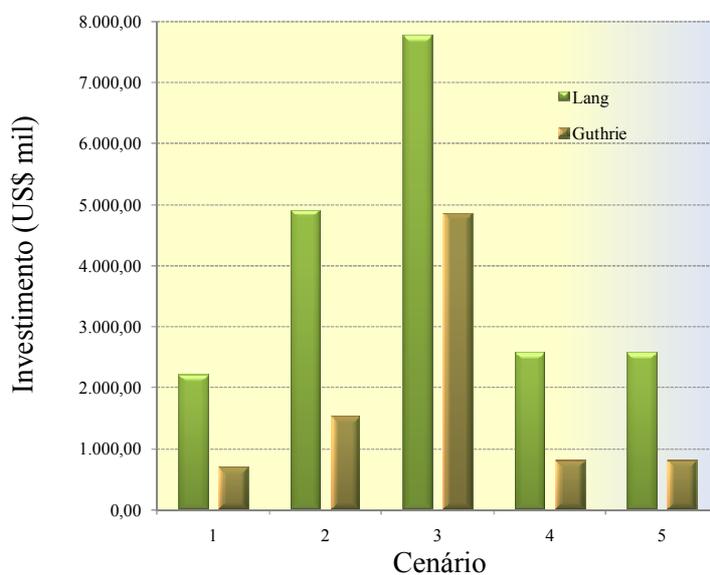


Figura 5 – Comparativo de Investimento Total Anual, para os Cenários Obtidos

Na Figura 5, verifica-se que, dentre os custos de investimento anual, para os quais se realizam tratamento para descarte (cenários 1 e 4), a melhor opção é o cenário 1, apresentando um investimento anual médio de U\$\$1.449.104,99. Entretanto, as estações de tratamento, acopladas ao cenário 4, possuem, separadamente, um custo muito inferior, devido às vazões menores. Com isto, pode-se levantar a possibilidade de se utilizar a configuração semidistribuída para tratar os efluentes.

Dentre os cenários, projetados para reúso do efluente após tratamento (cenários 2, 3 e 5), o mais viável é o cenário 5, onde o custo de investimento anual médio é de U\$\$1.688.567,99. Neste caso, constata-se a eficácia do tratamento semidistribuído, reduzindo em 47,56% os custos frente ao cenário 2, o qual possui um investimento anual médio de U\$\$3.220.162,48, com o método centralizado. Por outro lado, é importante ressaltar que a regeneração de correntes também acarreta um maior custo em bombas e tubulações, o que não foi considerado neste trabalho.

É também interessante observar a diferença entre as estimativas geradas pelos dois métodos utilizados: o método de Lang mostrou-se mais conservador, ou seja, levou a custos maiores, uma vez que sua estimativa é mais generalizada do que a do método de Guthrie, que é mais detalhado e, portanto, mais acurado, em cerca de $\pm 20\%$ [15].

5. Conclusão

Este trabalho refere-se à segunda parte de um estudo, que tem como objetivo analisar as possibilidades de reciclo e reúso de correntes oriundas de unidades de tratamento de efluentes, através da

estimativa preliminar de investimento nestas unidades regeneradoras. Neste caso, foi desenvolvida uma ferramenta em plataforma Excel voltada para a análise automática dos cenários promissores, obtidos de um estudo de caso de uma refinaria de petróleo. No entanto, a ferramenta pode ser utilizada de forma generalizada para diferentes setores industriais. A partir de sua aplicação, constatou-se que a proposta, com o tratamento semidistribuído, mostrou-se eficaz, pois reduziu os custos em quase 48% em relação à configuração centralizada, dado que tratou uma menor vazão de efluentes. Também foi possível comparar a aplicação de duas metodologias distintas para análise de investimento, permitindo direcionar para um estudo econômico mais detalhado das alternativas apresentadas. De modo geral, o programa desenvolvido mostrou-se prático e satisfatório para seus objetivos, embora as limitações técnicas permitam um contínuo aprimoramento de sua estrutura.

Referências

- [1] ANA (Agência Nacional de Águas). GEO Brasil: recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. Ministério do Meio Ambiente / Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2007. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/SalaImprensa/projetos/livro_GEO.pdf>. Acesso em: 03 de mar. 2009.
- [2] POMPEO, R.P. Avaliação técnica e econômica da utilização do efluente da ETE de Martinópolis – São José dos Pinhais. Dissertação (M.Sc. em

- Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), UFPR, Curitiba, 2007.
- [3] COSTA, D.M.A., BARROS JÚNIOR, A.C. Avaliação da necessidade do reúso de águas residuais. *Holos*, Ano 21, 81-101, setembro, 2005.
- [4] GOMES, J.F.S., QUEIROZ, E.M., PESSOA, F.L.P. Design procedure for water/wastewater minimization: single contaminant. *Journal of Cleaner Production*, 15, 474-485, 2007.
- [5] LANG, H.J. Engineering approach to preliminary cost estimates. *Chemical Engineering*, 54, 9, 130-133, 1947a.
- [6] LANG, H.J. Cost relationship in preliminary cost estimation. *Chemical Engineering*, 54, 10, 117-121, 1947b.
- [7] LANG, H.J. Simplified approach to preliminary cost estimates. *Chemical Engineering*, 55, 6, 112-113, 1948.
- [8] GUTHRIE, K.M. Data and techniques for preliminary capital cost estimating. *Chemical Engineering*, March 24, 114-142, 1969.
- [9] GUTHRIE, K.M. Capital and operating costs for 54 chemical processes. *Chemical Engineering*, June 15, 140-156, 1970.
- [10] PETERS, M.S., TIMMERHAUS, K.D. Plant design and economics for chemical engineers. 4^a Ed., McGraw-Hill, New York, 1991.
- [11] MCGIVNEY, W., KAWAMURA, S., Cost estimating manual for water treatment facilities. John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- [12] WILLIAMS, R. Standardizing cost data on process equipment. *Chemical Engineering*, 54, 6, 102, June, 1947a.
- [13] WILLIAMS, R. Six-tenths factor aids in approximating costs. *Chemical Engineering*, 54, 12, 124-125, December, 1947b.
- [14] CHEMICAL ENGINEERING, 2009. Disponível em: <<http://www.che.com>>. Acesso em: 03 ago. 2009.
- [15] SEIDER, W.D., SEADER, J.D., LEWIN, D.R. Product & process design principles. 2^a Ed., John Wiley & Sons, Inc., 2003.
- [16] BAKER, R.W. Membrane technology and applications. 2^a Ed., John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- [17] GUNARATNAM, M., ALVA-ARGÁEZ, A., KOKOSSIS, A., KIM, J.-K., SMITH, R., Automated design of total water systems. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 44, 588-599, 2005.
- [18] TAKAMA, N., KURIYAMA, T., SHIROKO, K., UMEDA, T. Optimal water allocation in a petroleum refinery. *Computers and Chemical Engineering*, 4, 251-258, 1980.
- [19] DOERR W.W., ZINKUS, G.A., BYERS, W.D. Identify appropriate water reclamation technologies. *Chemical Engineering Progress*, 19-31, 1998.
- [20] MIRRE, R.C. Recuperação e reúso de água na indústria de petróleo: síntese de redes de transferência de massa. Dissertação (M.Sc. em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos), UFRJ, Rio de Janeiro, 197 p., 2007.
- [21] MIRRE, R.C., SANTOS, R.P., DELGADO, B.E.P.C., PESSOA, F.L.P. Application of WSD procedure to petroleum industry. Proceedings of the 17th International Congress of Chemical and Process Engineering (CHISA 2006), Prague, Czech Republic, 1-16, 2006.

Abstract

This work is the second article in a two-part series that discuss the wastewater treatment systems through the application of the Water Sources Diagram method. An estimate of investment for each scenario was performed after presenting the configurations proposed with centralized and semi-distributed treatments, including an analysis based on the possibility of reuse and/or recycling as from regeneration of water streams. Thus, the same case study from the previous article is used to evaluate the consistency of economic feasibility of the scenarios that present a wastewater treatment plant, analyzing the cost for individual equipment. It was analyzed the total investment

costs of each scenario through developing a computational framework. It was also verified that proposal of semi-distributed setting for reuse led to reduce the costs by almost 48% compared to the scenario that uses centralized method. Moreover, the results of application of investment methods were compared. The economic tool developed is an useful framework for a preliminary analysis of the most promising alternatives obtained for the wastewater treatment systems in order to water recycling and reuse in an industrial process.

Keywords: Industrial wastewater reuse, regeneration and reuse, investment analysis, cost estimates.