

7

# CIENTEC

Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE

Tema: Meio Ambiente

CIENTEC · Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidade do IFPE

v. 7, n. 1 · Julho de 2015



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco  
Av. Prof. Luiz Freire, 500 - Cidade Universitária - Recife/PE Fone: (81) 2125.1600 - www.ifpe.edu.br

ISSN 1984 -7300 versão impressa  
ISSN 1984 - 9710 versão on-line

v. 7, n. 1 · Julho de 2015



## A Eficiência do Uso do Carvão Ativado no Tratamento de Lixiviado

*The efficiency of activated charcoal use in the treatment of leached*

Submetido em 23.01.15 | Aceito em 08.05.15 | Disponível on-line em 31.08.15



**Eduardo Antonio Maia Lins\***

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco –IFPE, Av. Prof Luiz Freire, 500, CEP: 50740-540, Cidade Universitária. Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP). Rua do Príncipe, 526, Boa Vista, Recife - PE, 50050-900. Recife/PE, Brasil. | \*eduardomaia@ipojuca.ifpe.edu.br

**Alessandra Lee Barbosa Firmo**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco –IFPE, Av. Prof Luiz Freire, 500, CEP: 50740-540, Cidade Universitária, Recife/PE, Brasil.

**Cecília Maria Mota Silva Lins, Érica Patrícia Lima de Brito e Antonio Rodrigues de Brito**

Departamento de Engenharia civil, Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP). Rua do Príncipe, 526 - Boa Vista, Recife - PE, 50050-900. Brasil.

### RESUMO

*Este trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência do carvão ativado como material alternativo para compor uma barreira reativa permeável no tratamento terciário de lixiviado em um aterro de resíduos sólidos urbanos. A avaliação do desempenho do carvão ativado foi realizada em laboratório através de teste cinético utilizando-se diferentes granulometrias. Para isto, foram pesadas 10 gramas de carvão ativado e colocados em 100 ml de lixiviado pré-tratado com hidróxido de cálcio. Juntamente com estas amostras foram preparadas amostras ditas brancas, correspondentes a 100ml do contaminante com concentrações diferentes sem a presença de carvão ativado com a finalidade de avaliar uma possível remoção de DQO e amônia, apenas pelo processo da agitação (aeração). Com base nos resultados obtidos, o melhor desempenho ficou para o carvão ativado de granulometria 20 x 40mm, por possuir uma maior superfície específica, removendo cerca de 68% de amônia e 73% de DQO, demonstrando eficiência também na remoção de íons solúveis presentes no lixiviado.*

**Palavras-chaves:** *Efluente, Etapa Terciária, Barreira Reativa, Carvão Ativado, Lixiviado.*

### ABSTRACT

*This study aims at evaluating the efficiency of activated charcoal as an alternative material to form a permeable reactive barrier in the tertiary treatment of leached in a landfill of municipal solid waste. The evaluation of the performance of activated charcoal was conducted in the laboratory by kinetic test using different grain sizes. To this, it was weighed 10 grams of activated charcoal and placed in 100 ml of leached pretreated with calcium hydroxide. Along with these samples, named as white samples, it was prepared corresponding samples of 100ml with different dopant concentrations without the presence of activated charcoal in order to evaluate a possible COD removal and ammonia, only through the stirring process (aeration). Based on the results, the best performance was for the activated charcoal particle size 20 x 40mm, because it has a higher specific surface, removing about 68% of ammonia and 73% of COD, demonstrating efficiency also in the removal of soluble ions present in leached.*

**Keywords:** *Effluent, Step Tertiary, Reactive Barrier, Activated Carbon, Leachate.*

## 1. Introdução

O carvão ativado é um material que apresenta alta capacidade de adsorção, sendo eficiente e amplamente utilizado para o tratamento de água e efluentes. Entretanto, a fabricação desses adsorventes por vezes é de alto custo devido à origem e o valor da matéria prima (BACCAR et al., 2009). Nesse sentido, existe um crescente interesse na busca de materiais alternativos de baixo custo que possam ser utilizados na produção de carvão ativado (AUTA; HAMEED, 2011).

Segundo Breia (2006), o termo carvão ativado refere-se a uma forma do carvão que foi especialmente tratado para aumentar em várias vezes o número de poros, obtendo-se, assim, um produto de enorme área interna que pode variar de 500 até 1.500 m<sup>2</sup>/g. É uma substância quimicamente inerte e suas propriedades dependem de vários fatores, tais como: matéria-prima, processo de ativação, tempo de ativação, etc.

Devido a elevada superfície específica, as estruturas dos microporos, a alta capacidade de adsorção e a reatividade, a adsorção utilizando carvão ativado granular (CAG) e carvão ativado em pó (CAP) vêm sendo largamente empregada na remoção de poluentes orgânicos e inorgânicos dos lixiviados (KURNIAWAN et al., 2006). O CAP e CAG têm sido usados pela sua capacidade de promover sorção, absorvendo e adsorvendo quantidades residuais de material orgânico de lixiviados quando esses líquidos já tiveram a maioria de seus compostos orgânicos removidos através de outro tipo de tratamento (DoE, 1995 apud BIDONE, 2007).

Segundo Bahé (2008), o carvão ativado possui elevada área superficial (500-1500 m<sup>2</sup>/g) muito porosa, com grande vantagem de ser recuperado, remover cor, fenóis (50 kg de

carbono para cada 5 a 12 kg de fenóis), nutrientes (fosfatos, nitratos), sólidos em suspensão, matéria orgânica não biodegradável, etc. Segundo Nunes (2004), na remoção da matéria orgânica dissolvida, além da adsorção, há também a assimilação através de microrganismos, em que o carvão serve de suporte para desenvolvimento e adaptação que contribuem para regenerar o carvão, embora não seja esta a finalidade.

De acordo com Lins (2008), o processo de adsorção ocorre em três estágios: macrotransporte, microtransporte e sorção. O macrotransporte envolve o movimento do material sólido através da água até a interface líquido-sólido por convecção e difusão. O microtransporte envolve a difusão do material orgânico através do sistema de macroporos até os sítios de adsorção nos microporos. A sorção é o termo utilizado para descrever a fixação do material orgânico no adsorvente. Quando a taxa de sorção é igual à taxa de dessorção diz-se que o equilíbrio foi alcançado e que a capacidade de adsorção do carvão foi esgotada (METCALF & EDDY, 1991 apud BREIA, 2006).

O carvão ativado foi escolhido como tratamento terciário em função do baixo custo, alta capacidade de sorção, seletividade e compatibilidade com o meio ambiente, além de ser eficiente na remoção de compostos orgânicos e recalcitrantes presentes no lixiviado.

Este trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência do carvão ativado como material alternativo para compor uma barreira reativa permeável no tratamento terciário de lixiviado de aterros de resíduos sólidos analisando-se o comportamento do carvão ativado para diferentes granulometrias e tempos de detenção.

## 2. Metodologia

### 2.1. Ensaio de Tratabilidade

O CAP e CAG têm sido usados quando os efluentes líquidos já tiveram a maioria de seus compostos orgânicos removidos através de outro tipo de tratamento (DoE, 1995 apud BIDONE, 2007). Assim sendo, para os ensaios cinéticos utilizando carvão ativado, não foi utilizado um lixiviado bruto e, sim, um pré-tratado.

A concepção adotada para o tratamento de lixiviado consistiu na precipitação química - eficiente na remoção de compostos recalcitrantes - seguido do processo de stripping a fim de volatilizar a amônia com elevação do pH, tendo como polimento final - após correção de pH - a barreira reativa preenchida com carvão ativado, conforme estudos de Beltrão (2006). O objetivo principal deste sistema foi a remoção de DQO e amônia, através de um sistema de tratamento de lixiviado economicamente viável, de fácil implantação, simples operação e com boa eficiência de remoção de poluentes.

O carvão ativado foi escolhido como tratamento terciário em função do baixo custo, alta capacidade de sorção, seletividade e compatibilidade com o meio ambiente, além de ser eficiente na remoção de compostos orgânicos e recalcitrantes presentes no lixiviado. De acordo com Qasim & Chiang (1994), estudos realizados por diversos pesquisadores utilizando-se carvão ativado para o tratamento de lixiviado em coluna comprovaram uma remoção de DQO entre 59 a 94%.

### 2.2. Testes Cinéticos

Os testes cinéticos para avaliação da sorção da DQO e amônia pelo carvão ativado foram realizados com o objetivo de determinar não só o ponto ótimo para o sistema carvão ativado/lixiviado como também para avaliar a

granulometria mais eficiente na remoção dos parâmetros supracitados e o tempo de agitação ideal. Para isto, foram pesadas 10 gramas de carvão ativado e colocados em 100 ml de lixiviado pré-tratado com hidróxido de cálcio. Juntamente com estas amostras foram preparadas amostras ditas brancas, correspondentes a 100ml do contaminante com concentrações diferentes sem a presença de carvão ativado com a finalidade de avaliar uma possível remoção de DQO apenas pelo processo da agitação (aeração). Estas amostras foram colocadas sob agitação de 120 rpm e temperatura constante de 26°C em uma incubadora refrigerada com agitação (modelo TE 424 - TECNAL).

Em intervalos preestabelecidos, 10 min, 30 min, 1h e 2h, foram retirados os frascos determinados dos quais, imediatamente, foi separado o sobrenadante do carvão ativado. Logo em seguida, determinou-se a concentração de Amônia, DQO e os valores de pH e condutividade (Figura 1).

**Figura 1.** Incubadora TE 424 - TECNAL utilizada na execução do teste cinético.



### 2.3. Cálculo da Eficiência

Após a obtenção dos dados experimentais a eficiência do carvão ativado foi calculada pela Equação 1:

$$E = (C_o - C_f)/C_o \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

E = Eficiência (em percentual);

$C_o$  = Concentração inicial da solução antes do contato com o adsorvente (mg/L);

$C_f$  = Concentração final da solução após o tempo de agitação (mg/L).

### 3. Resultados e discussão

As características do lixiviado bruto trabalhado estão relatadas na Tabela 1. Trata-se de uma amostra com alto teor de amônia e pH de 7,9, característico de fase metanogênica. A linha seguinte apresenta as características do lixiviado pré-tratado com hidróxido de cálcio.

**Tabela 1.** Caracterização do Lixiviado Bruto e Pré-Tratado.

Amostra	Amônia (mg/L)	pH	DQO (mg/L)
Amostra Bruta	1.226	7,9	6039
Amostra Pré-Tratada	649,3	8,0	5380

De acordo com a Figura 2 - gráfico da DQO versus tempo de agitação - para uma granulometria do carvão ativado de 20 x 40mm, observa-se que o maior percentual de remoção de DQO ocorre para um tempo de 2 horas, obtendo uma remoção máxima de 73% para um lixiviado pré-tratado.

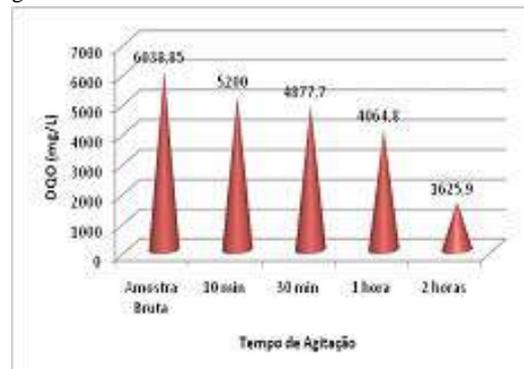
Na Figura 3 - gráfico da amônia versus tempo de agitação - para uma granulometria de 20 x 40mm, nota-se uma maior eficiência de remoção de amônia para um tempo de agitação de 1 hora,

diferentemente da DQO. Porém, para o tempo de 2 horas a remoção de amônia alcançou um percentual de 68%.

De acordo com a Figura 4 - gráfico da DQO versus tempo de agitação - para uma granulometria de 6 x 10mm, observa-se que o maior percentual de remoção de DQO ocorre para um tempo de 2 horas, obtendo uma remoção máxima de 46% para um lixiviado pré-tratado.

Já a Figura 5 - gráfico da amônia versus tempo de agitação - para uma granulometria de 6 x 10mm, nota-se, mais uma vez, uma maior eficiência de remoção para um tempo de 1 hora. Porém, para o tempo de 2 horas a remoção de amônia alcançou um percentual idêntico para a análise com carvão de granulometria de 20 x 40mm, de 68%.

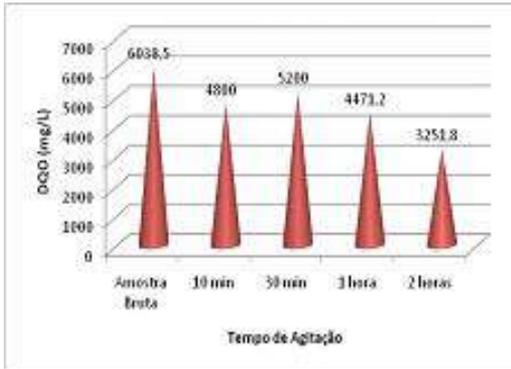
**Figura 2.** Gráfico DQO x Tempo de Agitação para granulometria do carvão ativado de 20 x 40mm.



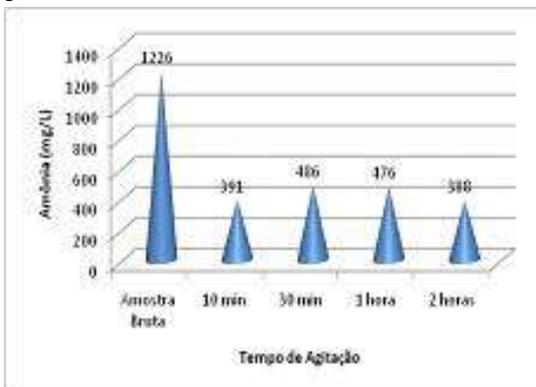
**Figura 3.** Gráfico Amônia x Tempo de Agitação para granulometria 20 x 40.



**Figura 4.** Gráfico DQO x Tempo de Agitação para granulometria 6 x 10.



**Figura 5.** Gráfico Amônia x Tempo de Agitação para granulometria 6 x 10.



Fazendo-se uma comparação entre os resultados obtidos com o carvão ativado de granulometrias diferentes, observa-se que quanto menor a granulometria, melhor o desempenho na remoção de DQO do lixiviado pré-tratado (Figura 6). O desempenho inicial da granulometria de 6 x 10mm em relação a DQO possui maior eficácia. Porém, à medida que o tempo de agitação supera a marca de 30 minutos, o carvão de maior área superficial (20 x 40mm) passa a ter o melhor desempenho.

O baixo tempo de homogeneização pode vir a elevar a DQO uma vez que não há uma grande interação entre o contaminante e o carvão ativado, podendo elevar também a turbidez no

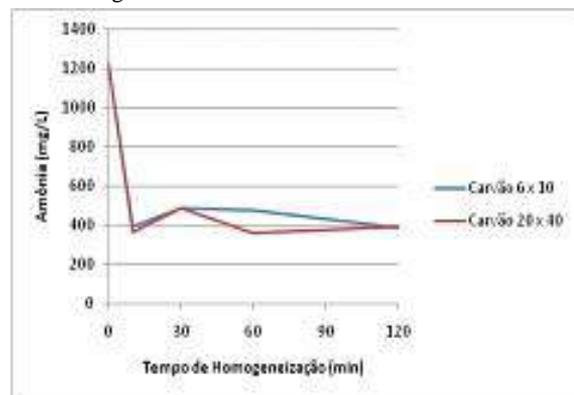
efluente. Ressalta-se que o carvão ativado é composto de carbono e óxidos metálicos e seu baixo tempo de homogeneização pode influenciar no aumento da DQO.

Já em relação ao gráfico amônia versus tempo de agitação para diferentes granulometrias, observa-se um comportamento semelhante na remoção de amônia (Figura 7). Entretanto, para tempo de homogeneização pequeno, a menor granulometria (20 x 40) obtém uma maior eficiência na remoção da amônia quando comparado ao de maior granulometria (6 x 10).

**Figura 6.** Gráfico DQO x Tempo de Agitação para diferentes granulometrias.



**Figura 7.** Gráfico Amônia x Tempo de Agitação para diferentes granulometrias.



Quanto a análise de cor, foram analisadas amostras do sobrenadante resultante do teste cinético utilizando ambos os carvões após 2 horas de agitação. Inicialmente, o lixiviado possuía uma cor real de 2488 UH - valor compatível com a média encontrada na estação de tratamento de lixiviado do Aterro da Muribeca ao longo do ano. A Tabela 02 apresenta a eficiência da remoção de cor do carvão ativado para as granulometrias de 6 x 10mm e 20 x 40mm

De acordo com a Tabela 01, observa-se uma grande remoção de cor pelo carvão ativado para ambas granulometrias, acima de 89%. Porém, com o uso do carvão com granulometria de 20 x 40 mm foi possível observar um melhor desempenho por este possuir uma área superficial superior ao carvão de granulometria 6 x 10mm.

**Tabela 2.** Eficiência de Remoção de Cor para diferentes granulometrias.

Amostra	Carvão 6 x 10	Carvão 20 x 40
Bruta (UH)	2488	2488
Tratada (UH)	268	157
Eficiência (%)	89,2	93,7

#### 4. Conclusões

De um modo geral, o carvão ativado de granulometria 20 x 40mm possui maior eficiência na remoção de DQO e amônia quando comparado ao carvão de granulometria inferior, 6x10 mm. O tempo de homogeneização de 2 horas é considerado o ideal uma vez que possui o maior desempenho na remoção de DQO, eficiência considerável na remoção de amônia e cor.

Um baixo tempo de homogeneização pode vir a elevar a DQO uma vez que não há uma grande interação entre o contaminante e o carvão ativado, podendo elevar também a turbidez no efluente. Ressalta-se que o carvão ativado é composto de carbono e óxidos metálicos e seu

baixo tempo de homogeneização pode influenciar no aumento da DQO.

Observa-se uma grande remoção de cor pelo carvão ativado em ambas as granulometrias trabalhadas. Porém, o carvão com granulometria de 20 x 40mm obteve um melhor desempenho por possuir uma área superficial superior ao carvão de granulometria de 6 x 10mm.

Considerando os ensaios realizados em escala de bancada, o emprego do carvão ativado apresenta-se promissor para um sistema de polimento final de tratamento do lixiviado. No entanto, experimentos como ensaio de coluna devem ser realizados para uma melhor avaliação do sistema e sua aplicação em processos contínuos de tratamento de lixiviado.

#### 5. Agradecimentos

Agradecimento especial a EMLURB pela disponibilidade do campo de pesquisa e ao PROSAB pelo financiamento concedido.

#### 6. Referências

- AUTA, M.; HAMEED, B. H. (2011). Preparation of waste tea activated carbon using potassium acetate as an activating agent for adsorption of Acid Blue 25 dye, *Chemical Engineering Journal*, v. 171, p. 502-509.
- BACCAR, R.; BOUZID, J.; FEKI, M.; MONTIEL, A. (2009). Preparation of activated carbon from Tunisian olive-waste cakes and its application for adsorption of heavy metal ions. *Journal of Hazardous Materials*, v. 162, p. 1522–1529.
- BELTRÃO, K.G.Q.B. (2006). Sistema de barreira bioquímica como alternativa para o tratamento de percolado. Tese de Doutorado - Centro de

Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE. 168 p.

BREIA, G.C.(2006) Aplicação dos processos de coagulação/ floculação e adsorção em carvão ativo no tratamento primário dos efluentes de indústrias de defensivos agrícolas, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 174 p.

BIDONE, R.F. (2007). Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por um sistema composto por filtros anaeróbios seguidos de banhados construídos: estudo de caso: Central de Resíduos do Recreio, em Minas Do Leão/ RS. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP. 138 p.

KURNIAWAN, T.A.; LO, W.; CHAN, G.Y.S. (2006). Physico-chemical treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate. *Journal of Hazardous Materials*, n. 28, p. 80-100.

LINS, C. M. M. (2008). Avaliação da zeólita natural para aplicação em barreiras reativas permeáveis no tratamento do lixiviado do aterro da Muribeca/PE. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife. 130 p.

NUNES, J. A. (2004) Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais, 2ed., Aracaju: Gráfica Editora J. Andrade.

QASIM,S.R; CHIANG,W. (1994). Sanitary landfill leachate-generation,control and treatment. USA: Technomic Publishing. 339p



## Estudo da Geração de Biogás Proveniente de Resíduos Sólidos Urbanos Através de Ensaios em Laboratório

### *Study of Biogas Generation Coming from Municipal Solid Waste Testing Through Laboratory*

Submetido em 23.01.15 | Aceito em 06.04.15 | Disponível on-line em 31.08.15



Artigo

**Priscila Cintia Macêdo da Silva\***, Laís Lopes de Jesus, Ericka Patrícia Lima de Brito, Talita Vasconcelos de Lucena

Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Prof. Moraes Rego, 1235, CEP: 50670-901, Cidade Universitária, Recife/PE, Brasil | \*pricms@gmail.com

**Alessandra Lee Barbosa Firmo**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Av. Prof Luiz Freire, 500, CEP: 50740-540, Cidade Universitária, Recife/PE, Brasil.

#### **RESUMO**

No Brasil, a questão dos resíduos sólidos (RS) tem sido amplamente discutida a partir de vários levantamentos da situação atual brasileira e das perspectivas para o setor, dentre elas, o aproveitamento energético do biogás. A partir desta perspectiva, o presente trabalho apresenta um estudo do potencial de geração de biogás sob condições anaeróbias dos diversos componentes existentes nos resíduos sólidos urbanos (RSU) da região metropolitana do Recife/PE. Neste intuito, foram utilizados reatores de bancada preenchidos com amostras de RSU recém-chegados ao aterro sanitário com o objetivo de analisar a geração de biogás e o efeito da co-disposição com lodo anaeróbio. Estas análises foram viabilizadas pelo monitoramento dos reatores através de medições de pressões (interna e atmosférica), temperatura interna do reator, coleta e caracterização de biogás. Nos resultados obtidos, observou-se um maior volume de biogás nos reatores inoculados, indicando um possível processo de aceleração da degradação e que a inoculação de micro-organismos anaeróbios pode ser uma alternativa para estimular e acelerar a biodegradação de resíduos e, conseqüentemente, aumentar o potencial de geração de biogás, viabilizando o aproveitamento energético nos aterros.

**Palavras-chaves:** resíduos sólidos urbanos, biodegradação, geração de biogás, reatores de laboratório.

#### **ABSTRACT**

In Brazil, the issue of solid waste (SW) has been widely discussed from various surveys of Brazil's current situation and perspectives for the sector, among them, the energy use of biogas. From this perspective, this paper presents a study of the potential for biogas generation under anaerobic conditions of the various existing components in municipal solid waste (MSW) in the metropolitan area of Recife/PE. For such purposes we used bench reactors filled with samples of MSW newcomers to the landfill with the objective of analyzing the generation of biogas and the effect of co-disposal with anaerobic sludge. These analyzes were obtained by monitoring the reactor through pressure measurements (internal and atmospheric), internal temperature of the reactor, collection and characterization of biogas. From the results, it has been observed a greater amount of the inoculated biogas reactors, indicating a possible accelerated degradation process and inoculation of anaerobic microorganisms that can be an alternative to encourage and accelerate the biodegradation of waste and thereby increase the potential for biogas generation, enabling the energy use in landfills.

**Keywords:** municipal solid waste, biodegradation, biogas generation, laboratory reactors.

## 1. Introdução

Ao longo de décadas, o volume de bens produzidos atrelado ao crescimento populacional tem contribuído para uma vertiginosa produção de resíduos que, por não receberem tratamento e gerenciamento adequados, ocasionam sérios danos ao meio ambiente além de problemas no âmbito da saúde e saneamento básico, bem como sociais e econômicos. Buscando solucionar os problemas gerados pelos resíduos sólidos urbanos, várias formas de disposição, pré-tratamento, tratamento e operação de sistemas vem sendo estudadas e aplicadas, destacando-se a compostagem, reciclagem e disposição em aterro sanitário (PINTO, 2000).

A problemática em torno do lixo - comumente chamado pela população - despertou o interesse da sociedade em encontrar soluções viáveis no que diz respeito ao seu manejo, possibilitando o aproveitamento energético do biogás proveniente da degradação anaeróbia dos resíduos e, conjuntamente, reduzir as emissões de gases do efeito estufa para o ambiente.

De uma maneira geral, a decomposição e produção de gás nos aterros, em condições normais de operação, cresce rapidamente nos primeiros anos de disposição dos resíduos atingindo valores máximos entre 4 e 6 anos. Após esta fase, a produção de biogás decresce lentamente até cessar após 15-20 anos de fechamento da célula (JUCÁ et al, 2005). Em termos de composição, o biogás pode conter diversos tipos de gases (principais ou traços). Os principais gases encontrados nos aterros incluem o amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) e oxigênio ( $\text{O}_2$ ). O metano e o dióxido de carbono são os principais gases procedentes da decomposição anaeróbia dos componentes biodegradáveis das frações

orgânicas nos resíduos sólidos urbanos (FILHO, 2005). Alves (2008) considera como constituintes principais aqueles que juntos representam quase a totalidade (99%) dos gases encontrados nos aterros, como o  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ . Em geral, o biogás advindo de aterros é composto de 45 a 60% de  $\text{CH}_4$ , 35 a 50% de  $\text{CO}_2$  e, em pequena quantidade, de outros elementos como nitrogênio ( $\text{N}_2$ ), hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), ácido sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e amônia ( $\text{NH}_3$ ) (ALVES, 2008).

A composição dos resíduos é outro fator a ser levado em consideração, pois afeta quantitativamente e qualitativamente a produção dos gases. Assim, a disponibilidade de frações mais facilmente degradáveis (carboidratos, proteínas e lipídios) significa maior quantidade de substrato para a atuação de microrganismos. Desta forma, os resíduos com grande presença de matéria orgânica devem apresentar maior potencial de produção de gases (MACIEL, 2003).

Através de experimentos realizados em laboratório com reatores anaeróbios em diferentes escalas é possível avaliar a biodegradação dos resíduos e estimar o potencial de produção de biogás sob condições controladas uma vez que, segundo Alcântara (2007), simular as situações que ocorrem no aterro seriam inviáveis em escala real. Os experimentos em escala de laboratório também se justificam devido ao baixo custo de montagem, facilidade de controle das variáveis, bem como contribui para uma melhor compreensão do metabolismo da degradação da matéria orgânica nos aspectos físicos, químicos e microbiológicos (MOTTA, 2011).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho consiste em utilizar reatores de laboratório para avaliar o potencial de geração de biogás e metano dos RSU recém-chegados ao local de disposição final. Pretende-se, também, verificar se há otimização do processo pela co-digestão da amostra com lodo anaeróbio proveniente de estação de tratamento de esgoto (ETE) com vistas

a contribuir para o fomento da pesquisa e desenvolvimento (P&D) na área de tratamento, controle e destinação final de resíduos sólidos urbanos. Além disso, esse trabalho se enquadra nas principais áreas estratégicas estabelecidas na Política Nacional de Resíduos Sólidos instituída através da Lei nº 12.305/2010 e na Política Nacional de Mudanças Climáticas instituída através da Lei nº 12.187/2009 regulamentada pelo Decreto nº 7.390/2010 possibilitando o aumento da ecoeficiência, redução do consumo dos recursos naturais e diversificação da matriz energética.

## 2. Metodologia

Para simular o potencial de geração de biogás dos aterros, as atividades experimentais foram executadas no laboratório do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e concentraram-se no monitoramento de quatro reatores de bancada do tipo batelada, conforme verificado na Figura 1. O experimento foi realizado em duplicata – para aumentar a confiabilidade de comparação entre os resultados – sob condições controladas, utilizando resíduos sólidos urbanos in natura (resíduos brutos), sendo dois reatores preenchidos apenas com resíduos – identificados como reator bancada 1 (RB1) e 2 (RB2) – e dois reatores preenchidos com resíduos+lodo anaeróbio a 10% em massa – identificados como reator bancada 3 (RB3) e 4 (RB4). Foram monitoradas diariamente as pressões manométricas, composição dos gases e temperaturas internas dos reatores e, mensalmente, a quantidade e composição do lixiviado, volume de headspace, injeção de água e ar atmosférico, elementos importantes considerados para análise conjunta do estágio de biodegradação.

**Figura 1.** Reatores de bancada utilizados no experimento.



### 2.1. Coleta e Caracterização das amostras de resíduos

O experimento foi realizado com resíduos sólidos urbanos in natura (resíduos brutos), recém-chegados à Central de Tratamento de Resíduos (CTR-PE), situada em Igarassu, estado de Pernambuco, em meados de julho de 2011, com resíduos coletados nos bairros da Região Metropolitana do Recife (RMR), tendo-se a preocupação em obter uma amostra representativa em termos de material orgânico devido ao alto poder de biodegradabilidade dos mesmos. Dos montantes iniciais, aplicou-se a técnica de quarteamento descrita por Alves (2008) para garantir representatividade das amostras em termos de frações orgânicas destinadas ao preenchimento dos reatores de bancada.

No mesmo dia, foi coletado lodo anaeróbio da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Mangueira, pertencente ao Sistema de Esgotamento Sanitário da COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento), localizada no município de Recife/PE, no intuito de realizar a co-digestão e verificar se o processo de biodegradação dos resíduos e a produção do biogás são acelerados.

Os reatores utilizados possuem um volume médio de, aproximadamente, 10 litros, sendo

construídos em base e topo de aço inox e cilindro acrílico de 28,3 cm de altura e 21 cm de diâmetro interno, em média, além de possuir conexões em alumínio fundido no topo e válvulas na base que permitem a coleta de lixiviado. Os reatores 1 e 2 foram preenchidos com 3,86 kg de RSU in natura, enquanto que os reatores 3 e 4 com 4,69 kg e 4,72 kg de RSU in natura+lodo, respectivamente. Os mesmos foram compactados até atingir a altura determinada de 22 cm a fim de obter o volume de headspace que se refere ao espaço não preenchido pela massa de resíduo onde ocorre o acúmulo de gases.

### 2.3. Monitoramento dos reatores

No período de aproximadamente um ano, compreendido entre julho de 2011 a julho de 2012, foram realizados monitoramentos diários de pressão interna, temperatura interna e pressão atmosférica além de coleta do gás para caracterização volumétrica em termo de composição. Este procedimento teve o intuito de analisar a biodegradação da massa de resíduo ao longo do tempo e a quantificação do biogás para estimar seu potencial de geração.

As pressões internas foram analisadas através da leitura visual dos manômetros de  $1\text{kgf/cm}^2$ , com escala de  $0.02\text{kgf/cm}^2$  (Figura 2a). Já a temperatura interna foi medida através do termopar instalado, tipo K, com capacidade de medição na faixa de 40 a  $200^\circ\text{C}$ , conectado ao termômetro digital modelo Minipa MT - 525 Thermometer (Figura 2b). Já as pressões atmosféricas foram obtidas por meio de consulta ao site do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - CPTEC/INPE, nos dados do menu “Plataforma de Coleta de Dados - PCD meteorológicos”, considerando-se as pressões atmosféricas cujas leituras de data e hora do monitoramento mais se aproximaram da leitura de

data e hora realizada pelo sensor meteorológico da plataforma.

**Figura 2.** Equipamentos utilizados para monitoramento: (a) manômetro para aferir pressão interna; (b) termômetro digital; (c) câmara de borracha e (d) Dräger



Para não comprometer o sistema de vedação adotado, foram realizados alívios manuais de pressão e coleta do biogás quando a pressão interna superava  $0,2\text{kgf/cm}^2$  até atingir  $0,1\text{kgf/cm}^2$ . As amostragens do biogás foram realizadas utilizando câmaras de borracha (Figura 2c) previamente esvaziadas a vácuo, por meio da bomba a vácuo modelo Tecnal TE-058, evitando assim interferência do gás com o ar. Em seguida, seguia-se com a caracterização do biogás coletado utilizando-se um analisador volumétrico de biogás (Dräger modelo X-am 7000) para a determinação do volume percentual de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  e medida em partes por milhão (ppm)  $\text{CO}$  e  $\text{H}_2\text{S}$ , conforme Figura 2d.

Para se estimar a taxa de geração de biogás, todos os valores aferidos no monitoramento foram repassados para planilha do Microsoft Office Excel juntamente com as

pressões atmosféricas (em mbar) que permitiram a aplicação de equações e obtenção do volume de biogás e metano. As Equações 1 e 2 foram utilizadas para calcular o volume de biogás com base em Harries et al. (2001a) e ABE Department (2007) *apud* Alves (2008) e Firmo (2013) onde a Equação 1 determina o volume de biogás gerado (em ml) em um intervalo de tempo definido (entre

T e T+1), enquanto que com a Equação 2, calcula-se o volume de biogás acumulado (em ml). A Equação 3 foi utilizada para determinar o volume de biogás acumulado nas CNTP (Nml), e a Equação 4 associa o volume de biogás obtido em Nml aos dias corridos para determinar a taxa de geração média de biogás em Nml/dia (ALVES, 2008).

$$\text{Volume de Biogás Gerado entre T + (T+1)} = \frac{\text{PF(mbar)} \times \text{VUF (L)} \times 22,41 \times 1000}{[83,14 \times \text{TF (K)}]} \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{Volume de Biogás Acumulado (mL)} = [\text{Gerado entre T e (T+1)}] + \text{VGA (mL)} \quad (\text{Equação 2})$$

$$\text{Volume acumulado CNTP (NmL)} = [\text{Volume Acumulado (mL)}] \times [273/\text{TF (K)}] \times [(\text{Patm. (mbar)} - 42)/760] \quad (\text{Equação 3})$$

$$\text{Taxa de Geração de Biogás (NmL/d)} = \frac{\text{Volume Acumulado CNTP (NmL)}}{\text{N}^\circ \text{ de dias corridos}} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

*T: Tempo (dias);*

*PF (mbar): Pressão do Frasco em milibar;*

*VUF (L): Volume Útil do Frasco em litros;*

*TF (K): Temperatura do Frasco em Kelvin;*

*VGA (ml): Volume de biogás acumulado do dia anterior em mililitros;*

*TF (K): Temperatura do Frasco em Kelvin;*

*Patm. (mbar): Pressão Atmosférica em milibar*

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Composição gravimétrica e teor de umidade dos resíduos

Os resultados da caracterização gravimétrica dos resíduos coletados no aterro (Figura 3) apresentaram um significativo percentual de material orgânico (resíduos de comida) que atingiu um valor de aproximadamente 32% (percentual em peso)

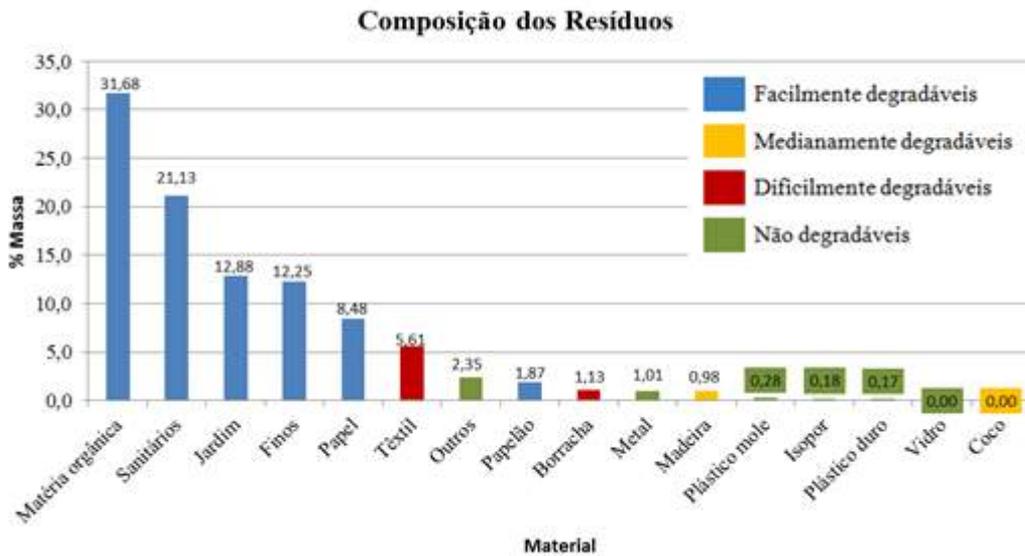
seguido por sanitários (22%), jardins (13%) e finos (12%) sendo estes componentes somados aos componentes papel (8,5%) e papelão (1,9%) que facilitam o processo de biodegradabilidade da massa devido sua facilidade de degradação. Também foi observada uma baixa representatividade dos materiais secos presentes na amostra. Os resultados obtidos da caracterização ratificam que a escolha da rota e o quarteamento dos resíduos contribuíram para obtenção de uma massa de resíduos mais

homogênea em termos de materiais mais representativos para a composição carbonácea.

A Tabela 1 apresenta o percentual em função das características de biodegradabilidade dos resíduos após agrupamento dos compostos. Verifica-se que as frações consideradas facilmente degradáveis apresentaram um valor bastante significativo (88,21%), o que significa uma maior quantidade de substrato para atuação dos microrganismos em função dos carboidratos, proteínas e lipídios facilmente presentes nesses materiais que favorecem a

produção dos gases. As frações moderadamente degradáveis foram praticamente irrisórias (0,98%). Já os não degradáveis, 3,54%, não são considerados para fins de produção de biogás, segundo Maciel (2009). Vale ressaltar que diante da divergência na literatura para a classificação de algumas frações dos resíduos em termos de biodegradabilidade, devido aos resultados obtidos, agruparam-se as frações de papel e papelão na categoria de facilmente biodegradável com base em algumas literaturas mais recentes.

**Figura 3.** Composição dos resíduos após coletados recém chegados ao aterro



**Tabela 1.** Características de biodegradabilidade dos RSU coletados

Biodegradabilidade RSU	Frações	Composição Gravimétrica (%)
Facilmente degradáveis	Matéria orgânica (resíduos de comida), sanitários, jardim (folhas secas), finos, papel e papelão	88,21
Medianamente degradáveis	Madeira, coco, fraldas	0,98
Dificilmente degradáveis	Têxteis, borracha e couro	6,74
Não degradáveis	Plásticos, isopor, metais, vidros e outros	3,54

Os teores de umidade do resíduo bruto e do lodo de esgoto destinados ao preenchimento dos reatores apresentaram resultados significativos, 68,53% e 89,62%, respectivamente, indicando uma massa com presença elevada de matéria orgânica. Leite (2008) relata que a umidade de chegada dos resíduos é muito importante, pois é ela que determinará a umidade inicial da massa de resíduos imediatamente após a conclusão do aterro ou experimento. A umidade de 68% obtida dos resíduos brutos encontra-se dentro do teor de umidade médio dos RSU brasileiros que, segundo Gadelha (2005), concentrava-se em torno de 60%, podendo este percentual ser elevado para 75% nos períodos chuvosos.

### 3.2. Monitoramento

#### 3.2.1. Pressão e Temperatura

A média das pressões máximas encontradas nos quatro reatores de bancada foi de 0,41 kgf/cm<sup>2</sup>, ou seja, 41 kPa, sendo realizado uma média de 53 drenagens de gás entre estes. Observa-se que as variações das pressões foram de 0 a 50 kPa e que o comportamento do RB4 foi distinto dos demais apresentando menor nível de pressão (34 kPa).

A média das temperaturas dos reatores monitorados (28,9°C) indica a fase anaeróbia de degradação não metanogênica e evidencia a atuação das bactérias mesofílicas (temperatura entre 20°C a 40°C utilizada por alguns autores).

É possível observar que os reatores sofreram influência direta da temperatura ambiente visto que foram identificadas oscilações nas temperaturas internas, resultando em um considerado aumento das pressões internas. Isto pode ter ocorrido uma vez que os reatores não foram isolados termicamente. Observa-se ainda

que as temperaturas apresentaram-se superiores à faixa considerada inibitória para o desenvolvimento da fase metanogênica, ou seja, abaixo de 15°C, como pode ser verificado na Figura 4.

### 3.3. Análise da produção do biogás

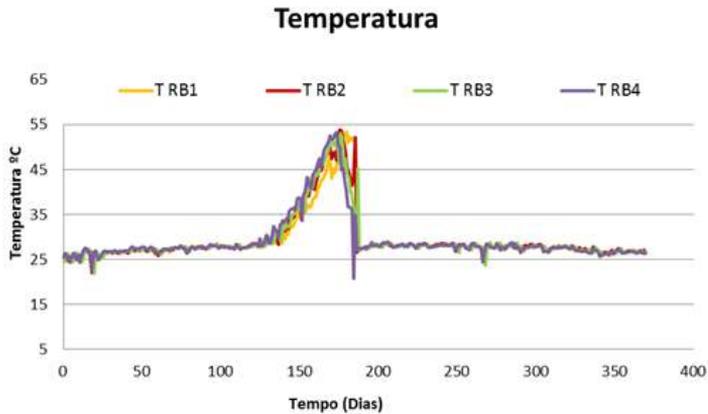
A Figura 5 apresenta os resultados da composição do biogás ao longo do tempo para os quatro reatores monitorados, dos quais foram obtidos valores médios de 41,56% para CO<sub>2</sub> e 4,72% para CH<sub>4</sub>. Os reatores co-digeridos com lodo – reatores 3 e 4 – apresentaram picos iniciais e estabilizaram com um maior percentual de CH<sub>4</sub>, 7,97% e 7,85%, respectivamente, ou seja, cerca de 5 vezes mais que os percentuais dos reatores RB1 e RB2 que não foram submetidos à adição do inóculo, 1,44% e 1,63%, respectivamente.

Já a composição gasosa do CO<sub>2</sub> apesar de momentos variados de pico, apresentou-se bastante equiparada entre os reatores RB1, RB2 e RB3 cujos valores foram respectivamente: 43,83%, 47,44% e 45,45%. O mesmo não foi verificado para o reator RB4 cujo percentual foi de 29,50%. Este reator teve uma queda acelerada de produção a partir dos primeiros setenta dias, aproximadamente, onde começou a prevalecer um acentuado aumento das concentrações de O<sub>2</sub> - média de 5,8%.

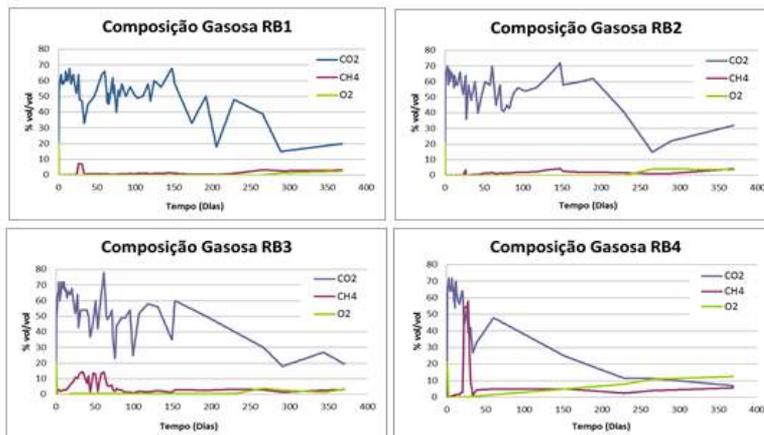
Acredita-se que o procedimento de adição de água destilada e injeção de ar, nos momentos de drenagens de lixiviado, podem ter influenciado o aumento gradativo do O<sub>2</sub>, conjuntamente com a heterogeneidade da massa ou por outros fatores considerados limitantes – como umidade excessiva, temperatura, pH, etc. –, acarretando a inibição da produção do CH<sub>4</sub> que demonstrava possuir potencial de

desenvolvimento para atingir a fase metanogênica.

**Figura 4.** Temperatura monitorada nos reatores de bancada ao longo do estudo.



**Figura 5.** Composição gasosa dos reatores de bancada (% volume).



A tendência de comportamento das curvas na geração acumulada de biogás (soma dos principais gases presentes no biogás:  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ ) – Figura 6 – foi semelhante para os reatores RB1, RB2 e RB3, que apresentaram crescimento constante após os 100 primeiros dias de experimento. O destaque se deu para o RB3 (15.588,69 Nml), seguido pelos reatores RB1 (13.903,94 Nml) e RB2 (11.676,15 Nml)

respectivamente, estando o maior valor associado ao efeito da aceleração da degradação ocasionada pela co-digestão dos resíduos com lodo anaeróbio, ou seja, uma maior quantidade de microrganismos, umidade e nutrientes.

O RB4 com menor volume acumulado de biogás (5.345,94 Nml) apresentou uma disparidade bastante acentuada entre os demais reatores, principalmente entre o RB3 – quase três

vezes menos –, apesar de ambos terem sido inoculados com o mesmo tipo e quantidade de lodo, resultando em uma mesma umidade inicial na ordem de 70,64% para resíduo+lodo. Por este motivo, a variação da geração acumulada do biogás teve uma variação de 10.242,75 Nml correlacionando o maior e menor valor. Ressalta-se ainda que no RB4 foram identificados pontos de vazamento que tentaram ser sanados ao longo do experimento.

Em relação à parcela dos gases CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> no volume acumulado de biogás, verificou-se que o volume de CH<sub>4</sub> foi inferior ao de CO<sub>2</sub> em todos os quatro reatores, atingindo um volume médio de 565,37 Nml em, aproximadamente, 400 dias de monitoramento, variando de 1.653,15 Nml (RB3) a 92,13 Nml (RB1) para os maiores e menores valores apresentados. Já o volume de CO<sub>2</sub> variou de 8.936,56 Nml (RB3) a 2.989,01 Nml (RB4), o que pode ter sido ocasionado pelo aporte periódico de oxigênio fornecido pelo teste de estanqueidade dos reatores.

Na Tabela 2 pode-se observar que o potencial de biogás nos reatores variou de 6.506 a 18.971,3 Nml/g SV. O RB3 apresentou uma produção de biogás mais expressiva, fato que pode ser atribuído à umidade proporcionada pela adição do lodo à amostra uma vez que os valores das massas secas dos reatores foram bastante próximas, apresentando uma variação de 0,17 g entre o maior e menor valor obtido.

Maciel (2009) obteve um potencial de biogás de 474,6 Nml/g SV para reatores de bancada com capacidade de 1,5 L de preenchimento e um teor de umidade de 65,8% e 144,9 Nml/g SV para umidade de 28,1%, o que, apesar da diferença de volumes trabalhadas no preenchimento dos reatores de ambos os estudos analisados, corrobora a influência exercida pela umidade no processo de biodegradação e produção do biogás. Enquanto Alves (2008), ao trabalhar com reatores de bancada com

capacidade de 1,5 L, obteve considerado volume acumulado de biogás para amostras com 80% de umidade (7.774,7 Nml/g SV) contra 499,1 Nml/g SV para amostras com menor umidade (20%). Isto resultou em uma variação de produção de biogás de 31,4 Nml/g SV a 2,0 Nml/g SV e 35,3 a 2,2 Nml/g de resíduos secos para as respectivas umidades mencionadas.

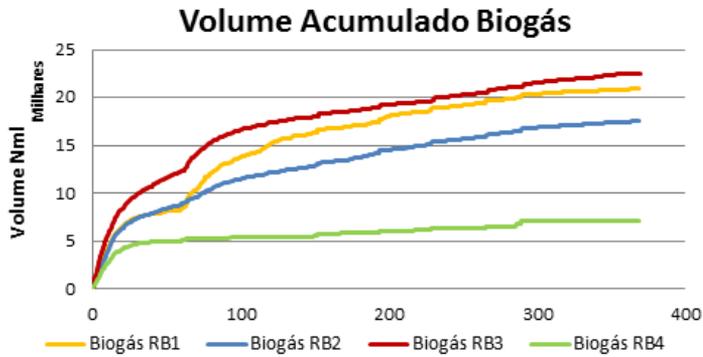
Resíduos com potencial acumulado de biogás inferior a 20 Nml/g já pode ser considerado bioestabilizado (MACIEL, 2009), o que não é evidenciado neste estudo mesmo com os baixos valores de CH<sub>4</sub> apresentados uma vez que ainda não foi atingida a fase metanogênica. Percebe-se ainda que os resíduos co-digeridos exercem influência mais significativa na produção do CH<sub>4</sub> do que do CO<sub>2</sub>, tendo em vista que os reatores RB1 (92,13 Nml) e RB2 (92,38 Nml), que não foram inoculados com lodo anaeróbio, apresentaram baixos valores desse gás, ratificando que os resíduos apresentam geração de biogás mais lenta quando não inoculados. De maneira geral, foi observado que a produção do biogás ao longo do tempo ocorreu de forma crescente apesar das limitações identificadas durante a pesquisa.

Em termos de taxa de geração de biogás (soma dos principais gases presentes no biogás: CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>) – Figura 7 –, o RB3 apresentou a maior taxa: uma média de 208,62 Nml/dia; seguido pelos RB1 (157,29 Nml/dia), RB2 (143,71 Nml/dia) e RB4 (84,18 Nml/dia).

As taxas médias de geração por composição gasosa apresentaram a mesma tendência para CO<sub>2</sub>, RB3 (125,34 Nml/dia), RB1 (90,50 Nml/dia), RB2 (86,92 Nml/dia) e RB4 (52,35 Nml/dia), sendo que os RB1 e RB2 mostraram um comportamento semelhante. Já a composição por CH<sub>4</sub> apresentou comportamento similar ao identificado no volume acumulado do biogás com a média dos maiores valores para os reatores RB3 (15,94 Nml/dia) e RB4 (3,71

Nml/dia) e a média dos menores valores para o RB1 (0,64 Nml/dia) e RB2 (0,52 Nml/dia), uma diferença de quase 30 vezes.

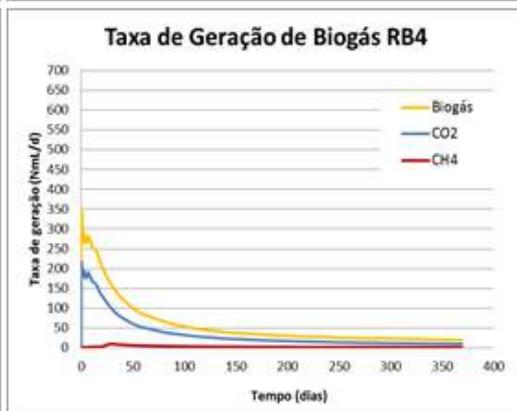
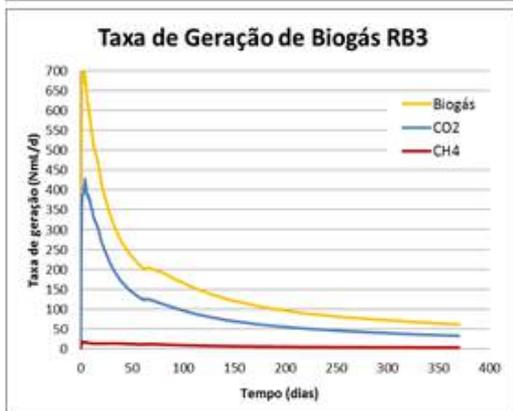
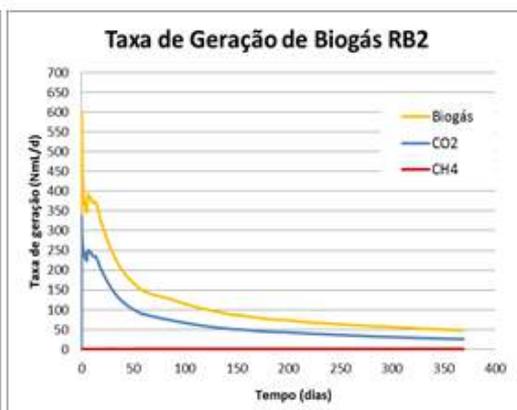
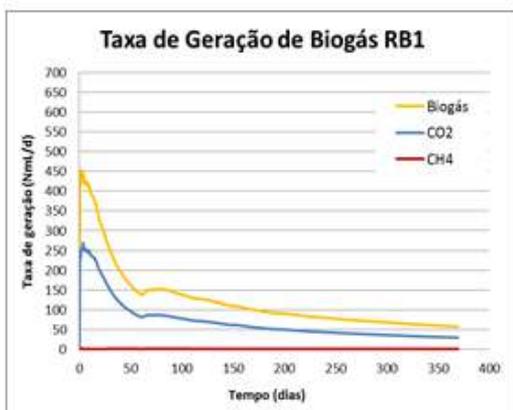
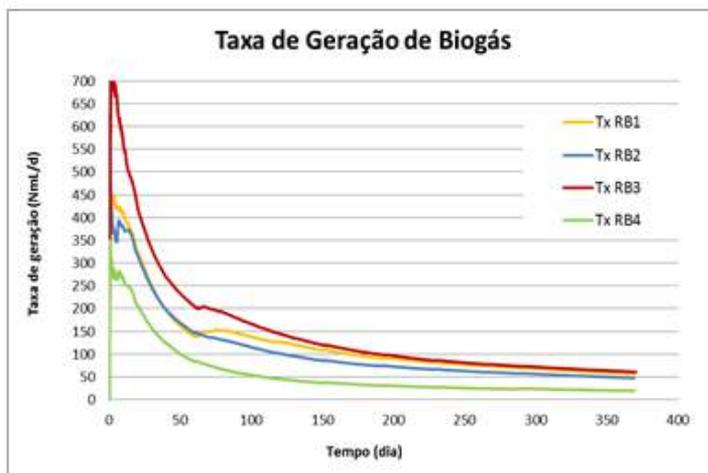
**Figura 6.** Volume de biogás acumulado em CNTP (Nml) por reator.



**Tabela 2.** Valores da estimativa de produção do biogás

Estimativa da Produção do Biogás				
Amostra	Volume Acumulado de Biogás (Nml)	Potencial biogás (Nml/g SV)	Potencial biogás (Nml/g seca)	Potencial CH <sub>4</sub> (Nml/g seca)
<b>RB1</b>	13903,9	16921,0	11437,5	75,8
<b>RB2</b>	11676,2	14209,7	9604,9	76,0
<b>RB3</b>	15588,7	18971,3	11323,3	1200,8
<b>RB4</b>	5345,9	6506,0	3858,3	305,9

**Figura 7.** Taxa de geração de biogás com o tempo (Nml/dia) por reator e composição gasosa.



#### 4. Considerações Finais

Os reatores RB1 e RB2 preenchidos apenas com resíduos sólidos urbanos apresentaram uma geração de biogás mais lenta quando comparados aos reatores RB3 e RB4 que tiveram adição de 10% de lodo (em massa) ao resíduo. O inóculo utilizado apresentou desempenho satisfatório para a aceleração do processo de degradação, verificando-se uma influência mais significativa na produção do CH<sub>4</sub> do que do CO<sub>2</sub>,

Este resultado mostra uma possível viabilidade da utilização do inóculo utilizado nesta pesquisa para estimular a aceleração das frações degradáveis dos resíduos e, conseqüentemente, aumentar a eficiência da produção do metano para fins de aproveitamento energético.

Verifica-se que as baixas concentrações obtidas de metano neste estudo podem ter sido influenciadas não só pela velocidade de decomposição dos resíduos, mas principalmente ao excesso de O<sub>2</sub> associado a outros fatores limitantes como umidade, temperatura, pH, heterogeneidade da massa, etc.

Contudo, após as análises realizadas do biogás, pode-se dizer que os resíduos encontravam-se na fase ácida de decomposição anaeróbia metanogênica instável. Nesta fase ácida, não são evidenciadas concentrações de O<sub>2</sub>, características da fase de transição. Todavia, o estudo apontou um teor médio de 2,11% deste, o que pode ser o fator que inibe o estabelecimento da fase metanogênica nos demais reatores, como observado inicialmente para o RB4.

#### 5. Referências

ALCANTARA, P.B. Avaliação da influência da composição de resíduos sólidos urbanos no comportamento de aterros simulados. Tese

(Doutorado em Engenharia Civil). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2007.

ALVES, I.R.F.S. Análise experimental do potencial de geração de biogás em resíduos sólidos urbanos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - CPTEC/INPE. Plataforma de Coleta de Dados - PCD meteorológicos. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br>> Acesso em: Fevereiro de 2013.

FILHO, L.F.B. Estudo de gases em aterros de resíduos sólidos urbanos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

FIRMO, A.L.B. Documento de qualificação de tese de doutorado. Qualificação de Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

GADELHA, E.P. Avaliação de inóculos metanogênicos na aceleração do processo de degradação da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Brasília: Universidade de Brasília, 2005.

JUCÁ, J.F.T.; MACIEL, F.J.; MARIANO, M.O.H.; BRITO, A.R. Relatório técnico do estudo de aproveitamento energético do biogás no Aterro da Muribeca. Recife: Universidade Federal de Pernambuco/Grupo de Resíduos Sólidos, 2005. Lei Federal nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências.

Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>.  
Acesso em: setembro de 2012.

Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://presidencia.gov.br/legislação>. Acesso em: novembro de 2012.

LEITE, H. E. A. S. Estudo do comportamento de aterros de RSU em um biorreator em escala experimental na cidade de Campina Grande-PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Paraíba: Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

MACIEL, F.J. Estudo da geração, percolação e emissão de gases no aterro de resíduos sólidos da Muribeca/PE. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

MACIEL, F.J. Geração de biogás e energia em aterro experimental de resíduos sólidos urbanos. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2009.

MOTTA, E. Q. Avaliação da resistência ao cisalhamento de resíduos sólidos urbanos com co-disposição de lodo de tratamento de esgoto através de ensaios de cisalhamento direto de grandes dimensões. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2011.

PINTO, D.M.C.L. Avaliação da partida da digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos domésticos inoculados com percolado. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000.



## Indicadores de Sustentabilidade Hidroambiental utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG)

*Hydroenvironmental Sustainability Indicators using a Geographic Information System (GIS)*

Submetido em 15.12.14 | Aceito em 13.04.15 | Disponível on-line em 31.08.15



Artigo

**Antonio da Silva Rocha, Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa\*, Maria Tereza Duarte Dutra**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – Campus Recife, Av. Professor Luiz Freire, 500, Cidade Universitária, 50740-540 – PE, Brasil. | \*ionarameh@yahoo.com.br; ionarameh@recife.ifpe.edu.br

**Roberta Guedes Alcoforado**

Universidade de Pernambuco- Escola Politécnica da UPE, rua Benfica, 455 - Madalena - Recife/PE CEP: 50720-001 - Fone: 81-3184-7500.

### RESUMO

*O presente estudo teve por objetivo fazer o levantamento dos indicadores de sustentabilidade hidroambiental no assentamento rural Serra Grande, situado na sub-bacia hidrográfica do Riacho Natuba, afluente do Rio Tapacurá, no município de Vitória de Santo Antão, em Pernambuco e estruturar um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os dados que compõem o SIG referentes à qualidade de água e de vazão em nascentes, bem como os dados complementares obtidos em observação in loco, foram obtidos de duas pesquisas realizadas anteriormente na área, já os dados secundários utilizados foram retirados do Censo Demográfico do IBGE de 2010. Esses dados foram tratados e manipulados em tabelas do Microsoft Office Excel, posteriormente, integrados ao SIG estruturado nesta pesquisa. Através dessa ferramenta, foram confeccionadas diferentes cartas georreferenciadas e gráficos temáticos, que retratam espacialmente a realidade do assentamento no tocante aos indicadores de sustentabilidade hidroambiental. Verificou-se que o uso de um SIG permitiu integrar dados de diversas fontes, organizou e facilitou a manipulação de dados espaciais e que, quando bem estruturado, mostrou-se capaz de auxiliar gestores na tomada de decisão quanto aos problemas ambientais, sejam urbanos ou rurais.*

**Palavras-chaves:** recursos hídricos, SIG, indicadores ambientais.

### ABSTRACT

*This study aimed at surveying of the hydro-environmental sustainability indicators in the rural settlement Serra Grande, located in the sub-basin of Natuba, an affluent of the Tapacurá River, in Vitória de Santo Antao, Pernambuco and structuring them in a Geographical Informations System (GIS). The data that made up the GIS related to water quality and flow in springs located in the rural settlement, as well as complementary data on-site observation, were obtained from two surveys previously conducted in the area, since the secondary data used was taken from the demographic census 2010 IBGE. These data were treated and manipulated in Microsoft Office Excel tables and subsequently integrated into the GIS structured in this research. Through this tool, different georeferenced maps and themed graphics, that spatially depict the reality of the settlement with regard to hydro-environmental sustainability indicators, were made. It has been found through research that the use of a GIS enabled to integrate data from different sources, organized and facilitated the manipulation of spatial data and, when properly structured, proved to be able to assist managers in making decisions about the environmental problems, both urban or rural.*

**Keywords:** water resources, GIS, environmental indicators.

## 1. Introdução

O uso dos recursos hídricos tem se intensificado com o desenvolvimento econômico, tanto no que se refere ao aumento da quantidade demandada para determinada utilização, quanto no que se refere a variedade dessas utilizações. Originalmente, a água era usada principalmente para dessedentação, usos domésticos, criação de animais e para usos agrícolas a partir da chuva e, menos frequentemente, com suprimento irrigado. À medida que a civilização foi se desenvolvendo tipos de usos foram surgindo, tais como: uso industrial, navegação, aquicultura, geração de energia elétrica, recreação e lazer, disputando o uso de recursos hídricos, muitas vezes escassos, e estabelecendo conflitos entre usuários (LANNA, 2009).

Visando a gestão sustentável desse importante recurso natural, a Lei nº 9.433/97 (BRASIL, 1997) estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH - que traz modernos instrumentos de gestão, como, por exemplo: os planos de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos; o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. A Lei também cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGRH), apresentando importantes diretrizes para a proteção desse recurso.

Sabe-se que, a implementação da política e a aplicação de seus instrumentos se constituem em uma tarefa árdua para o poder público. Neste sentido, a construção e a utilização de indicadores torna-se extremamente necessária para subsidiar gestores públicos nas suas administrações, já que revelam avanços, retrocessos ou estagnações nos mais diversos aspectos da sociedade (RODRIGUES, 2010).

Foram tomados como fundamento para a pesquisa os indicadores ambientais e de recursos hídricos aplicados ao nível de bacia hidrográfica apontados por Magalhães Jr (2007) bem como os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS) desenvolvidos pelo - IBGE (2012).

Indicadores são ferramentas constituídas por uma ou mais variáveis que, associadas através de diversas formas, revelam significados mais amplos sobre os fenômenos a que se referem. Indicadores de desenvolvimento sustentável são instrumentos essenciais para guiar a ação e subsidiar o acompanhamento e a avaliação do progresso alcançado rumo ao desenvolvimento sustentável. Devem ser vistos como um meio para se atingir o desenvolvimento sustentável e não como um fim em si mesmo. Valem mais pelo que apontam do que pelo seu valor absoluto e são mais úteis quando analisados em seu conjunto do que o exame individual de cada indicador (IBGE, 2012).

Em se tratando de indicadores hidroambientais, Van Bellen (2006) aponta que o seu objetivo é de agregar e quantificar informações de modo que sua significância fique mais aparente, simplificando informações sobre fenômenos complexos, tentando melhorar, dessa forma, o processo de comunicação.

Neste cenário, uma das ferramentas que vem auxiliando ao longo dos anos a preservação dos recursos naturais e que está ganhando cada vez mais importância é o geoprocessamento. Ele permite a espacialização das informações, auxiliando a compreensão de fenômenos que ocorrem em determinado território (LEAL & PEIXE, 2009).

Conforme indicado por Silva (2003), a espacialização do território para melhor compreensão das informações pode ser realizada através dos Sistemas de Informações

Geográficas (SIG) que são usualmente aceitos como sendo uma tecnologia que possui o ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais e, portanto, oferece, ao ser implementado, alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico.

Dentro desse contexto, o presente estudo se propõe a estruturar um Sistema de Informações Geográficas para armazenar, manipular e apresentar indicadores de sustentabilidade hidroambiental no assentamento rural Serra Grande, na sub-bacia hidrográfica do Riacho Natuba, em Vitória de Santo Antão, Pernambuco. Ressalta-se que a escolha da área se deu pelo fato de existirem diversos trabalhos e projetos realizados e ser uma importante área de produção de hortaliças que atende a Região Metropolitana do Recife.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1 Caracterização da área**

A área de estudo está localizada na Zona da Mata Centro do Estado de Pernambuco, abrangendo os municípios de Vitória de Santo Antão e Pombos, inserindo-se na bacia hidrográfica do rio Tapacurá (Figura 01).

A sub-bacia hidrográfica do rio Natuba possui uma área de drenagem de aproximadamente 3.874,08 ha, que corresponde a 8,23% da área da bacia do Tapacurá (SILVA, 2006). O seu curso principal tem uma extensão de 17,5 km e possui um afluente na sua margem esquerda com comprimento de aproximadamente 1,6 km e 24 afluentes na margem direita, que totalizam 39,6 km de cursos d'água.

O assentamento Serra Grande foi criado em 1998 pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), possui 758,71 ha de área total, onde 140,78 ha são Reservas

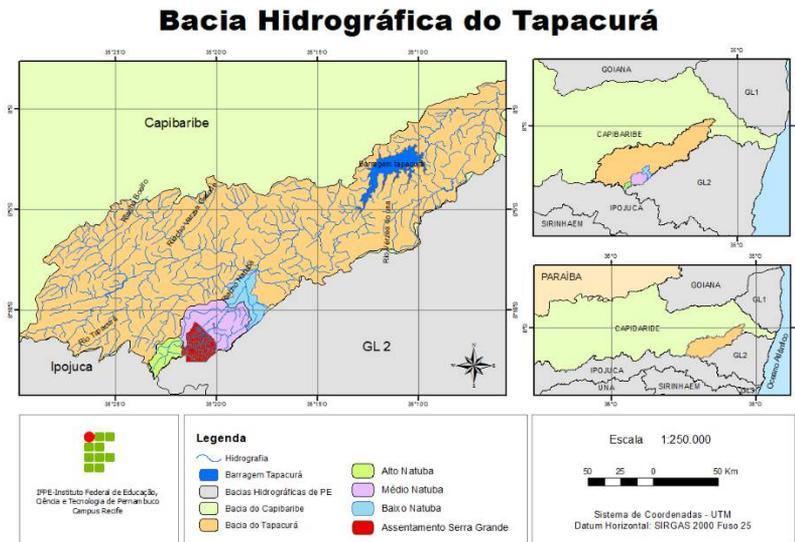
Legais, 61,95 ha são APPs – áreas de preservação permanente, de cursos d'água, 13,30 ha são áreas comunitárias e o restante, 542,68 ha, correspondem às parcelas. O assentamento está a 61 km do Recife e fica localizado a aproximadamente 7,4 km de distância da BR-232 que dá acesso ao assentamento (FREIRE & BRAGA, 2011).

Nesta área vivem cerca de 100 famílias, distribuídas em 100 parcelas, cujo tamanho médio é de 6,39 ha. As 100 famílias distribuídas por igual número de parcelas no assentamento são formadas em média por 4,3 pessoas, sendo que 66,7% das famílias são compostas por três ou quatro pessoas. Estas famílias utilizam em média 2,7 ha para o plantio, o que é uma baixa taxa de ocupação considerando-se o tamanho médio das parcelas de 6,39 ha. A área para o plantio corresponde a cerca da metade do tamanho das parcelas (SILVA, 2009).

### **2.2 Levantamento dos Indicadores de Sustentabilidade Ambiental e de Recursos Hídricos Aplicados ao Nível de Bacia Hidrográfica**

Para levantamento dos indicadores ambientais e de recursos hídricos aplicados ao nível de bacia hidrográfica foi realizada uma revisão da literatura, tomando-se como base os indicadores expostos por Magalhães Jr (2007), assim como, os indicadores ambientais elencados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE (2012), com base nos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS).

**Figura 1.** Localização do Assentamento Serra Grande na sub-bacia do riacho Natuba, Zona da Mata de Pernambuco.



### 2.3 Análise dos Indicadores de Sustentabilidade hidroambiental

Dentro do que foi exposto em referências bibliográficas consultadas, procurou-se obter indicadores hidroambientais disponíveis, sejam em documentos escritos ou de fontes secundárias, para compor o banco de dados do SIG desenvolvido nessa pesquisa.

No assentamento rural Serra Grande, duas pesquisas foram conduzidas através do Projeto de Recuperação e Conservação de Matas Ciliares e de Nascentes na Bacia do Capibaribe desenvolvido pela Sociedade Nordestina de Ecologia e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) no período de 2011 a 2013. A primeira pesquisa versa sobre o monitoramento da qualidade da água (OLIVEIRA, 2014) e a segunda sobre a medição da vazão das nascentes (LUCENA, 2013).

Para monitoramento da qualidade da água nas nascentes foram realizadas medições em campo de parâmetros de qualidade da água como:

Oxigênio Dissolvido (OD), Temperatura (C°), Condutividade Elétrica (CE) e potencial hidrogeniônico (pH). Em laboratório foram realizadas as análises de Coliformes Totais e Escherichia Coli. A metodologia utilizada para as coletas das amostras no corpo das nascentes, bem como para as análises são as indicadas pelo *Standard Methods* (APHA-AWWA-WEF, 2005).

Para a medição da vazão, a metodologia utilizada pela pesquisadora baseou-se na coleta da água do fluxo da nascente, sendo possível realizar a leitura do volume de água e a medição do tempo, necessários para os cálculos das vazões. A partir da medida do volume e o tempo sincronizado do fluxo da água na nascente, posteriormente calculou-se a vazão, seguindo método proposto por Pinto *et al.* (2004).

A escolha das nascentes para a realização da pesquisa se deu através de fatores como: a aceitação dos moradores em participar da pesquisa, a utilização da água pelos moradores nas residências, a vazão das nascentes, além da localização das mesmas. Para o monitoramento

da qualidade das águas foram escolhidas 17 nascentes por ter disponível um período de tempo maior para o desenvolvimento do estudo, já a pesquisa sobre a medição da vazão dispunha-se de um período de tempo menor, sendo então escolhidas 05 nascentes.

Vale salientar que, na pesquisa conduzida por Lucena (2013), foi possível identificar a estrutura física das nascentes estudadas. Nessa pesquisa, buscou-se observar se elas possuíam algum tipo de proteção nas paredes laterais (anel de concreto ou de alvenaria) e se possuíam tampa. A ausência de estrutura física de proteção (paredes laterais ou tampa) nas nascentes torna a água vulnerável à contaminação.

Para complementação da pesquisa, também foram levantados dados do Censo Demográfico do IBGE, realizado no ano de 2010 referente ao setor censitário N° 261640705000118, no qual se encontram inseridas as nascentes que são alvo desse estudo.

### 2.3 Estruturação do Sistema de Informações Geográficas (SIG)

Inicialmente, para a estruturação do Sistema de Informações Geográficas, foi realizada a seleção dos arquivos em formatos *shapefiles* e imagens referentes ao assentamento rural Serra Grande e a sub-bacia do riacho Natuba. Estes arquivos foram cedidos pelo Projeto de Recuperação e Conservação de Matas Ciliares e de Nascentes na Bacia do Capibaribe da UFPE.

Os arquivos no formato *shapefile* utilizados foram: bacias hidrográficas de Pernambuco, bacia do Capibaribe, Limite da bacia do Tapacurá, Microbacias do Tapacurá, Açude do Tapacurá, Hidrografia da sub-bacia do Tapacurá, Contorno da sub-bacia do Riacho Natuba, Hidrologia do Natuba, Alto Natuba, Médio Natuba, Baixo Natuba, Altimetria do Médio Natuba, Estradas do Médio Natuba, Área de

estudo, Reserva Florestal do Natuba, Assentamentos Rurais da sub-bacia do Natuba. A imagem de satélite utilizada nos mapas foi adquirida através do *Google Earth*.

Os dados utilizados foram referenciados no SIRGAS2000 - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, único sistema geodésico de referência adotado oficialmente no Brasil a partir de 25 de fevereiro de 2015.

As nascentes foram georreferenciadas com aparelho de GPS Map 62stc GARMIN, posteriormente, os dados de qualidade de água das 17 nascentes e os de vazão referentes às 05 nascentes, adquiridos por Oliveira (2014) e Lucena (2013), bem como os dados do Censo 2010 do IBGE foram organizados e manipulados em planilhas do Microsoft Excel.

Em seguida, por meio das coordenadas das nascentes, essa tabela foi adicionada ao aplicativo ArcMap do ArcGIS 10.1 e transformada em arquivo *shapefile* de pontos para posteriormente ser armazenada ao *Geodatabase* (GDB). Dessa forma, os dados passaram a ser georreferenciados, ou seja, tiveram uma localização definida a partir das coordenadas adquiridas com o GPS em campo.

Após realizadas as etapas anteriores, passou-se para a etapa da visualização dos dados em SIG. Com os diversos tipos de arquivos (gráfico e não gráficos) inseridos no ArcGIS, foi possível manipular os dados de acordo com os temas trabalhados com o objetivo de apresentar visualmente todo o conteúdo do banco de dados. Ainda foi possível fazer a formatação das cartas georreferenciadas e gráficos temáticos como a introdução de títulos, legendas e alterações de cores e símbolos.

Por fim, realizou-se a espacialização da área de estudo, podendo identificar a localização das nascentes, a qualidade da água e vazão das mesmas, os diferentes tipos de uso do solo no assentamento, entre outros aspectos da área.

### 3. Resultados e discussões

#### 3.1 Seleção dos Indicadores de Sustentabilidade Hidroambiental

Conforme descrito na metodologia do trabalho, foram levantadas em bibliografia os indicadores que poderiam compor a base de dados espacial da pesquisa. Pela disponibilidade de dados, os seguintes indicadores foram selecionados.

#### 3.2 Preparação dos Dados e Indicadores de Sustentabilidade Hidroambiental para o SIG

Com os indicadores selecionados, o passo seguinte foi manipular os dados de Oliveira (2014) referentes a qualidade de água das nascentes e dados complementares, e de Lucena (2013) referentes à vazão das nascentes, além dos dados secundários - Censo 2010 (IBGE, 2011) em planilhas do Microsoft Excel, para posteriormente ser realizada a inserção dos mesmos no SIG.

**Tabela 1.** Indicadores de Sustentabilidade hidroambiental selecionados para compor a base de dados espacial do SIG

Indicador	Indicadores de Desenvolvimento Sustentável IDS (IBGE, 2012)	Indicadores de Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos (Magalhães Jr, 2007)	Disponível em:
Densidade Populacional Total, Urbana e Rural	X	X	Censo 2010 (IBGE)
Índice de Captação de Água para Abastecimento Público	X	X	Pesquisa 2
Acesso ao Sistema de Abastecimento de Água	X	X	Censo 2010 (IBGE)
Acesso ao Sistema de Esgotamento Sanitário	X	X	Censo 2010 (IBGE)
Qualidade de águas Interiores	X		Pesquisa 1
Taxa de Conformidade da água segundo o OD		X	Pesquisa 1

#### 3.3 Visualização dos Indicadores de Sustentabilidade Hidroambiental e Dados Complementares em SIG

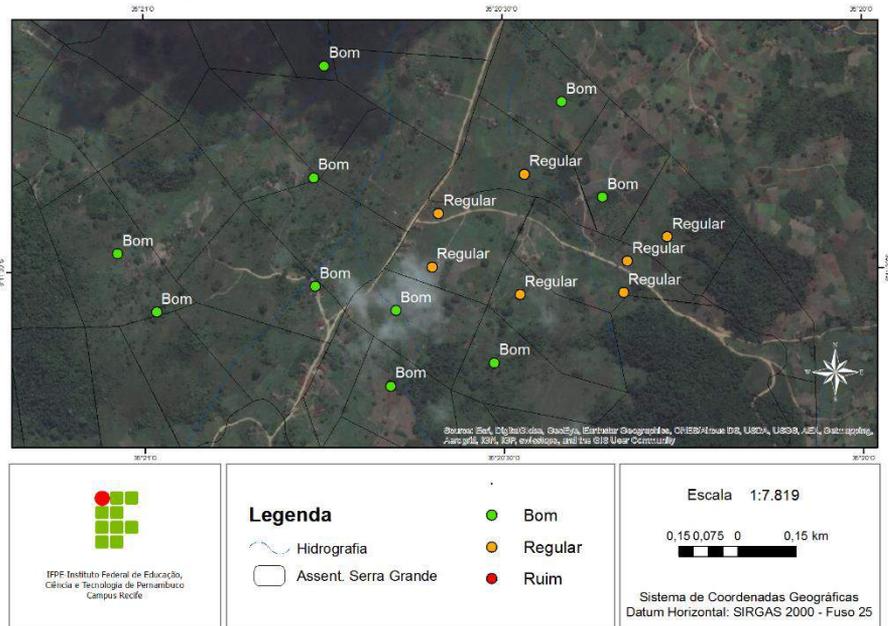
A possibilidade de visualização dos resultados das análises ou até mesmo da distribuição espacial dos dados que compõem um SIG faz com que a compreensão do analista seja facilitada. Justamente pelo fato do SIG ser uma ferramenta utilizada para análise da informação geográfica, dados geométricos (base gráfica) e alfanuméricos (base não gráfica) interligados

possibilitam o claro e objetivo entendimento do problema predeterminado.

Pretende-se neste item do trabalho apresentar as diferentes possibilidades de exibição dos dados armazenados em um ambiente de SIG. Serão apresentados mapas e gráficos elaborados com dados obtidos de pesquisas anteriores e do Censo 2010 (IBGE, 2011).



**Figura 3.** Estado de conservação do entorno das nascentes.



### 3.3.2 Dados de Vazão das Nascentes e Dados Complementares – Lucena (2013)

A espacialização das nascentes quanto à estrutura de proteção (Figura 04) sobre o mapa de uso e ocupação da área do assentamento tornou possível verificar as que estão mais vulneráveis. Dentre as 5 nascentes, 3 delas apresentam estrutura de proteção com alvenaria, 1 possui a proteção com anel de concreto e 1 não possui parede de proteção. Também foi possível observar que o entorno de uma das nascentes encontra-se em área de campos antrópicos, ou seja, área com pouca ou nenhuma vegetação o que poderia contribuir para deterioração da qualidade da água.

Para caracterizar o grau de conservação do entorno das nascentes, utilizou-se como base a metodologia exposta por Pinto *et al.* (2004), que apresenta os seguintes critérios:

- *Preservada*, quando apresentam pelo menos 50 m de vegetação natural no seu entorno medidas a partir da mesma;
- *Perturbada*, quando não apresentam 50 m de vegetação natural em seu entorno, mas apresentam bom estado de conservação, apesar de parte estar ocupada por pastagem e/ou agricultura; e
- *Degradada*, quando apresentam alto grau de perturbação, muito pouco vegetada, solo compactado, presença do gado e presença de erosões e voçorocas.

De acordo com os critérios analisados, das cinco nascentes, 02 nascentes foram consideradas preservadas, 02 perturbadas e uma foi considerada degradada.

A Figura 05 apresenta os referidos dados em ambiente de SIG, facilitando assim, a identificação e mostrando a localização geográfica de cada uma.

Figura 4. Estrutura de proteção das nascentes.

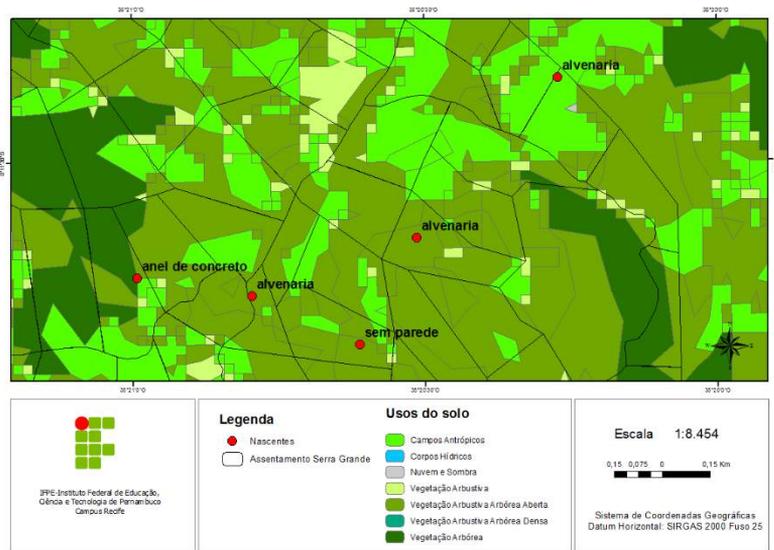
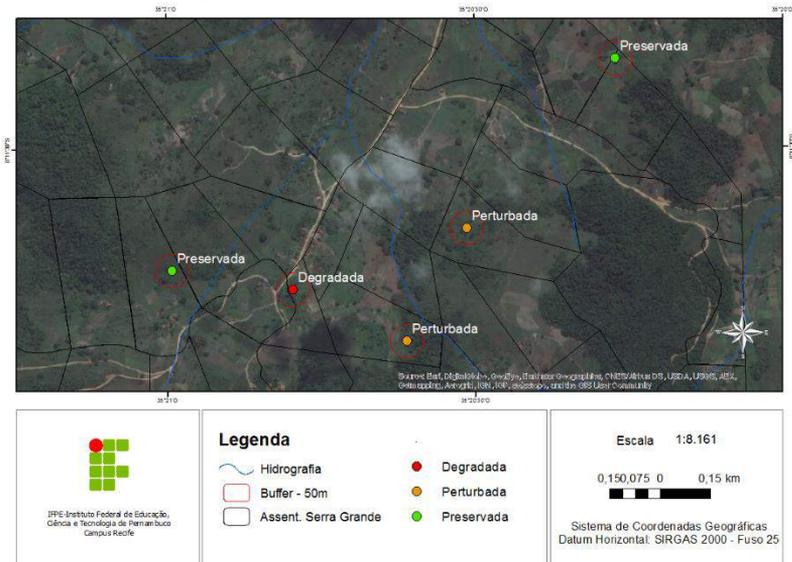


Figura 5. Grau de conservação das nascentes.



### 3.3.3 Dados secundários do IBGE

A área do assentamento rural onde estão situadas as nascentes estudadas fica localizada no setor 261640705000118 do município de Vitória de Santo Antão – PE. Este setor possui 111 domicílios, com uma população total de 381 habitantes, com valor de rendimento médio mensal das pessoas responsáveis pelo domicílio de R\$ 485,58.

Visando demonstrar novas possibilidades de visualização de dados em ambiente de SIG, buscaram-se dados/ índices de cobertura de serviços de saneamento (água e esgoto) do Censo de 2010/IBGE para agregar Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS) ao banco de dados espacial desta pesquisa, esses serão apresentados através de gráficos confeccionados no ArcGIS 10.1.

Analisando os resultados, verificou-se que no setor estudado, a principal forma de abastecimento da população são as nascentes/poços localizadas na propriedade (Figura 06) com 63 domicílios, seguida por outras formas de abastecimento (quando a forma de abastecimento de água do domicílio era proveniente de poço ou nascente fora da

propriedade, carro-pipa, água da chuva armazenada de outra forma, rio, açude, lago ou igarapé ou outra forma de abastecimento de água, diferente das descritas anteriormente) com 43 domicílios e apenas 05 ligadas a rede geral.

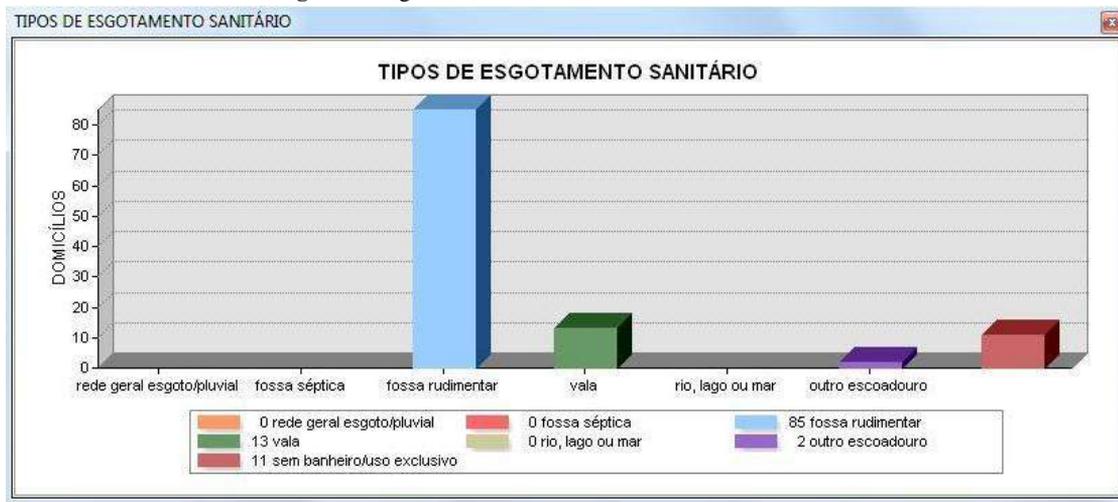
De acordo com Braga & Silva (2009), no meio rural as nascentes desempenham essencial papel no atendimento às demandas de água das populações rurais difusas, que não teriam condições de receber o abastecimento de água pelo sistema convencional público, em função das grandes distâncias dos centros de captação e tratamento das águas e em decorrência da dispersão espacial dos pontos de demanda. Isso implica a necessidade de valorização dos serviços prestados pelas nascentes, como fonte vital para o atendimento dessas populações rurais.

Em relação ao esgotamento sanitário no setor estudado, a fossa rudimentar foi o tipo mais frequente no assentamento, seguido pelo esgotamento via vala (Figura 07). Esse dado revela um grave problema para a população residente no assentamento, pois a falta do esgotamento sanitário se transforma num grande vetor de contaminação, já que a principal forma de abastecimento são as nascentes.

**Figura 6.** Formas de abastecimento de água no setor 261640705000118



Figura 7. Esgotamento sanitário no setor 261640705000118



#### 4. Conclusões

Através do SIG estruturado nessa pesquisa, foram confeccionadas diferentes cartas georreferenciadas e gráficos temáticos que retratam espacialmente a realidade do assentamento rural Serra Grande no tocante aos indicadores de sustentabilidade hidroambiental e de outros dados relativos às nascentes monitoradas na área.

Além da confecção de mapas e das funções de armazenamento e recuperação da informação espacial, através da geração de banco de dados espaciais, o SIG tem como sua principal função a possibilidade de realizar análises espaciais. Apesar de não ter sido objeto de estudo nesta pesquisa, as análises permitiram gerar novas informações a partir dos dados disponíveis.

Com a sobreposição de mapas disponibilizada no SIG é possível inferir sobre a relação que existe entre a qualidade da água das nascentes, o estado de conservação do entorno, o tipo de solo, etc. Desta forma, torna-se evidente o quanto o armazenamento dos dados em um SIG pode revelar do objeto em estudo numa pesquisa

científica, através de consultas e análises espaciais.

Dessa forma, verificou-se através da pesquisa que o uso de um SIG permitiu integrar dados de diversas fontes, organizou e facilitou a manipulação de dados espaciais, revelando ser uma importante ferramenta no armazenamento, gerenciamento, integração e visualização das informações tanto gráficas como não gráficas, quando bem estruturado, mostrou-se capaz de auxiliar gestores na tomada de decisão quanto aos problemas ambientais, sejam urbanos ou rurais. Para isso, a visualização dos dados (indicadores) foi bastante aprimorada, atendendo ao objetivo de apresentar da melhor forma possível as informações.

#### 6. Bibliografia

BRAGA, R. A. P.; SILVA, C. E. M. (2009) *Adequação ambiental de assentamentos rurais na bacia do rio Natuba-PE*. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Campo Grande. 18 p.

- BRASIL. Lei nº 9433/97 - *Política Nacional de Recursos Hídricos*. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm). Acesso em: 18/10/13.
- BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *Resolução nº 357, de 17 de março de 2005*. Disponível em: [www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705/pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705/pdf). Acesso em: 10/04/14.
- FREIRE, M. S. V.; BRAGA, R. A. P. (2011) *Indicadores de cumprimento de normas ambientais em assentamentos de reforma agrária*. XIV Encontro da Rede Luso-Brasileira de Estudos Ambientais. Recife – PE.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2011). *Base de Informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do universo por setor censitário. Documentação de arquivo*. Rio de Janeiro, Brasil.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2012) *Indicadores de Sustentabilidade Ambiental*. Brasil.
- LANNA, A. E. (2009) *Gestão de Recursos Hídricos*. In: TUCCI, C. E. M. (org.) *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ ABRH.
- LEAL, C.T.; PEIXE, B.C.S. (2009) *Estudo dos indicadores de sustentabilidade ambiental no Paraná com recorte para os recursos hídricos utilizando o geoprocessamento*. (Artigo) Disponível em: [http://www.escoladegoverno.pr.gov.br/arquivos/File/formulacao\\_e\\_gestao\\_de\\_politicas\\_publicas\\_no\\_parana/volume\\_II/capitulo\\_6\\_agricultura\\_mio\\_ambiente\\_e\\_recursos\\_hidricos/6\\_2.pdf](http://www.escoladegoverno.pr.gov.br/arquivos/File/formulacao_e_gestao_de_politicas_publicas_no_parana/volume_II/capitulo_6_agricultura_mio_ambiente_e_recursos_hidricos/6_2.pdf) Acesso em: 19/02/2013.
- LUCENA, T. V. (2013) *Comportamento da vazão em nascentes do assentamento rural Serra Grande, em Vitória de Santo Antão – PE*. Monografia. Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE. Recife.
- MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. (2007) *Indicadores ambientais e Recursos Hídricos: realidades e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- OLIVEIRA, C. R. (2014) *Qualidade da água e conservação de nascentes em assentamento rural na mata pernambucana*. [Dissertação] Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife.
- PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E. (2004) *Estudos das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG*. Revista Scientia Forestalis, nº 65, pág. 197 – 206, jun.
- SILVA, A. B. (2003) *Sistemas de Informações Georreferenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas, SP: Editora da Unicamp.
- SILVA, C. E. M. (2009) *Pagamento por serviços ambientais como instrumento para a gestão ambiental de bacias hidrográficas. Proposta de Implementação de Sistemas de Compensação por Serviços Ambientais em Microbacias Hidrográficas no Brasil e em Honduras*. [Dissertação] Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal de Pernambuco. Recife.

VAN BELLEN, H. M. (2006) *Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora FGV.



## SIGWeb para Dados de Qualidade de Água em Bacias Hidrográficas

### WebGIS for Water Quality Data in Watershed

Submetido em 15.12.14 | Aceito em 13.04.15 | Disponível on-line em 31.08.15



**Aida Araújo Ferreira, Daniel Bion Barreiros e Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa\***

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE)- Campus Recife. Av. Professor Luiz Freire, 500, Cidade Universitária, Recife/PE, 50.740-540. | \*ionarameh@yahoo.com.br; ionarameh@recife.ifpe.edu.br

#### RESUMO

*A grande quantidade de dados hidrológicos necessários à gestão eficiente dos recursos hídricos requer avanços na forma como estas informações são adquiridas, armazenadas e manipuladas. A divulgação e compartilhamento de dados espaciais através da web (World Wide Web) é uma tendência atual dos Sistemas de Informações Geográficas e vem crescendo significativamente nos últimos anos. Esse trabalho tem como objetivo descrever o desenvolvimento de um SIGWeb, chamado de BaciaGis, para gerenciamento de dados de qualidade de água de bacias hidrográficas pernambucanas. Os programas utilizados para o desenvolvimento do aplicativo foram: Ambiente de programação (IDE): Netbeans 7.0.1; Servidor de Mapas: GeoServer; Banco de Dados: MySQL 5.6.12; Biblioteca para visualização de mapas em navegadores: OpenLayer e Servidor de aplicações Web: Glassfish 4.0. O sistema é essencial para atualização dos dados, pois além cadastrar os dados das amostras no banco de dados do sistema, o administrador é capaz de exportar os dados dessas amostras para serem utilizados em qualquer outro SIG. No futuro, com o seu aprimoramento, o sistema se tornará mais robusto e funcional, podendo até se tornar aplicável em órgãos gestores ambientais.*

**Palavras-chaves:** SIG, Gestão Ambiental, Bacias Hidrográficas, Qualidade da água.

#### ABSTRACT

*The large amount of hydrological data necessary for the efficient management of water resources requires advances in how this information is acquired, stored and manipulated. The dissemination and sharing of spatial data over the web (Web Wide World) is a current trend of Geographic Information Systems and has been growing significantly in recent years. This paper aims at describing the development of a SIGWeb, called BaciaGis for quality data management in Pernambuco water basins. The programs used for application development were: programming environment (IDE): Netbeans 7.0.1; Map Server: GeoServer; Database: MySQL 5.6.12; Library map display in browsers: OpenLayer and Web Application Server: Glassfish 4.0. The system is essential to update the data, as well as recording the data of the samples in the system database, the administrator is able to export the data from these samples for using in any other GIS. In the future, with its improvement, the system will become more robust and functional, and may even become applicable in environmental management agencies.*

**Keywords:** GIS, Environmental Management, Watersheds, Water Quality.

#### 1. Introdução

A água é um recurso natural limitado e elemento essencial para o desenvolvimento das regiões. O aumento populacional e, conseqüentemente, o consumo de água, associado ao aumento da poluição dos corpos hídricos, fazem com que muitas comunidades já

estejam sofrendo com a escassez deste elemento. Diante dessa situação, o seu uso e gerenciamento adequados são fundamentais para o maior aproveitamento dos recursos hídricos e para garantir um futuro sustentável (BRAGA et al., 2005).

Significativos avanços foram alcançados na gestão dos recursos hídricos em Pernambuco. Após a Lei N° 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional e o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, muitos estados implementaram sua política estadual (ANA, 2009). A Lei das Águas enumera os instrumentos que dão força à gestão dos recursos hídricos, indicando os meios pelos quais a política pode ser exercida. Dentre esses instrumentos estão os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos d'água em classes, a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e os sistemas de informações em recursos hídricos (BRASIL, 1997). No Estado de Pernambuco, a Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei N° 12.984/05) considera como seus instrumentos todos aqueles previstos na Política Nacional e acrescenta a fiscalização do uso e o monitoramento de recursos hídricos (PERNAMBUCO, 2005).

Uma gestão sustentável dos recursos hídricos necessita de um conjunto de instrumentos, dentre eles uma base de dados e informações socialmente acessível, o controle dos impactos sobre os sistemas hídricos e a tomada de decisão. O processo de gestão exige ferramentas que permitam o acesso rápido aos dados da bacia hidrográfica, possibilitem a avaliação de cenários atuais e futuros e possam analisar alternativas de implantação de obras e/ou operação de sistemas. A tomada de decisão sobre outorga, eventuais racionamentos, enquadramento dos corpos d'água, tratamento e diluição de efluentes, entre outros, não podem prescindir de bases de informações sistematicamente organizadas e atualizadas (PORTO & PORTO, 2008).

A grande quantidade de dados hidrológicos necessários à gestão eficiente dos recursos hídricos requer avanços na forma como

estas informações são adquiridas, armazenadas e manipuladas. Marques *et al.* (2011), afirmam que as agências reguladoras de água necessitam adotar sistemas inteligentes para o gerenciamento de grandes quantidades de dados, capazes de conectar, recuperar e analisar informações de diferentes bancos de informações mantidos pelos órgãos gestores estaduais.

O Sistema de Informações em Recursos Hídricos é a base essencial para a aplicação de todos os instrumentos de gestão (PORTO & PORTO, 2008). Por esta razão, com os avanços alcançados pela Hidrologia e a recente integração dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) com a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) fizeram surgir ferramentas poderosas que auxiliam os gestores na tomada de decisão.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) por ser uma ferramenta computacional capaz de reunir um grande volume de dados que compreende a dimensão espacial, permite o armazenamento, manipulação e análise da informação geográfica com intuito de entender os fatos e fenômenos que ocorrem no mundo real (CARVALHO *et al.*, 2000).

Por outro lado, a divulgação e compartilhamento de dados espaciais através da *World Wide Web* (www) é uma tendência atual dos SIGs e vem crescendo significativamente nos últimos anos. O SIGWeb é uma geotecnologia que usa a internet como o meio principal de acessar dados, executar análises espaciais e/ou oferecer serviços baseados em localização. Esse sistema induz o usuário a gerar suas próprias camadas de informações de diferentes locais, traduzindo-as em informações geradas de acordo com o seu perfil e nível de conhecimento sobre o tema (BRESSAN, 2010). Em se tratando da utilização desta tecnologia em organizações, observa-se que o SIGWeb tem se

mostrado uma ferramenta muito importante para gestão de dados, de forma a viabilizar e gerar interatividade nos trabalhos em grupos e na organização, permitindo acessos simultâneos a uma mesma base de dados, trazendo, desta forma, novas possibilidades para o planejamento e gestão de diversas atividades (CASANOVA, 2005; DIAS *et al.*, 2014; MEDEIROS *et al.*, 2011), nas quais se incluem a gestão dos recursos hídricos.

Atualmente, a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e a Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) dividem-se no cumprimento da tarefa de monitorar a qualidade da água dos corpos hídricos estaduais, tendo em vista a mesma atribuição aos dois órgãos.

A CPRH possui a Diretoria de Controle de Fontes Poluidoras (DCFP), a qual é responsável pelo monitoramento sistemático da qualidade da água dos rios e reservatórios do Estado e pela divulgação destes dados à sociedade. A Unidade de Análises Laboratorial, dentro da Diretoria Técnica Ambiental desta Agência, realiza as análises da água coletada em pontos estratégicos da rede hídrica estadual. À APAC cabe realizar apenas o monitoramento da água de reservatórios localizados no Sertão do Estado. Esta, por sua vez, também encaminha as amostras de água coletada para o laboratório da CPRH, efetua o pagamento por este serviço por meio de convênio e recebe os boletins com os resultados das análises.

O monitoramento sistemático dos rios e reservatórios pernambucanos é realizado com maior frequência desde 2005, quando houve um redimensionamento da malha de estações de amostragem. Atualmente, a maior parte dos pontos monitorados possui uma frequência trimestral, onde, basicamente, são coletadas amostras de água superficial e analisados os seguintes parâmetros: Temperatura, pH, OD, DBO, Amônia, Fósforo Total, Sólidos Totais,

Turbidez, Salinidade, Condutividade Elétrica, Ecotoxicidade, Coliformes Termotolerantes, Clorofila a e Densidade de Cianobactérias.

Efetuada as análises, o laboratório repassa os boletins com os resultados para a DCFP que alimenta um banco de dados em planilhas eletrônicas em Microsoft Excel, calcula os índices de qualidade de água (Índice de Qualidade de Água- IQA, Índice de Estado Trófico- IET, Risco de Salinidade do Solo- RSS e Índice de Toxicidade- IT) e complementa com informações de pluviometria (total mensal e média histórica) do local.

Em relação à divulgação dos resultados do monitoramento, a CPRH é responsável pela disponibilização dos dados de qualidade hídrica das bacias hidrográficas pernambucanas. Através de seu sítio na internet e por meio de mapas (em arquivo pdf) são apresentados à rede hidrográfica, a localização das estações de monitoramento e os resultados de índices que expressam a qualidade da água, sejam em pontos localizados em rios ou em reservatórios, mesmo aqueles monitorados pela APAC (do Sertão do Estado). Para essa última informação, a CPRH utiliza uma simbologia própria e de acordo com os critérios de classificação de cada índice adotado.

Além dos mapas, a divulgação dos índices de qualidade de água calculados para cada bacia monitorada também se dá na forma de download em planilha Excel ou em arquivo pdf. Também é possível imprimir esses resultados, a partir do endereço eletrônico <http://www.cprh.pe.gov.br>. A CPRH também divulga os relatórios anuais de bacias hidrográficas que contém informações relevantes, tais como o diagrama unifilar da bacia, os valores de coordenadas das estações de monitoramento, os resultados dos parâmetros de qualidade de água monitorados, dentre outras.

Dentro desse contexto, esse trabalho tem como objetivo descrever o desenvolvimento de um SIGWeb, chamado de *BaciaGis* para gerenciamento de dados de qualidade de água de bacias hidrográficas pernambucanas. Esse sistema possibilita o gerenciamento e visualização de parâmetros e de índices de qualidade da água de rios e reservatórios e permite a divulgação desses dados através da Internet.

## 2. Materiais e Métodos

Buscando melhorar o gerenciamento dos dados (parâmetros e índices) de qualidade de água e de possibilitar o melhor direcionamento das ações de fiscalização dos órgãos gestores, surgiu a ideia de criação do sistema *BaciaGis* como tema de trabalho de conclusão do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Esse sistema tem como principal objetivo representar os dados e índices de qualidade da água das estações de amostragem ao longo das bacias hidrográficas e apresentar os resultados à sociedade de maneira simples, facilitando a visualização e o entendimento do comportamento da qualidade de água.

A construção do sistema *BaciaGis* dividiu-se em duas etapas: a primeira relativa à aquisição e tratamento dos dados cadastrais, amostrais e espaciais e a segunda relativa ao desenvolvimento da aplicação em si, sendo descritas a seguir.

### 2.1. Obtenção dos dados

A base de dados disponibilizada pelo sistema *BaciaGis* é composta pelos dados do programa de monitoramento sistemático da qualidade da água nas bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco, especificamente Capibaribe e Ipojuca, os quais foram obtidos

junto a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e a Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH).

Os dados do monitoramento sistemático são disponibilizados pela CPRH em planilhas eletrônicas para o LabGeo (Laboratório de Geotecnologias do IFPE Campus Recife). O LabGeo possui uma parceria estabelecida com a CPRH através dos projetos de pesquisa que desenvolve (processo nº 455367-2012-7 do Edital CNPq/VALE S.A. Nº 05/2012 – Forma-Engenharia e o processo 1051-3.01/12 do Edital APQ 15/2012 da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco-FACEPE)

As camadas relativas às informações hídricas, tais como rios, reservatórios, bacias hidrográficas e municípios, foram obtidas através do acesso aos mapas do Google pelo uso da biblioteca de código aberto *OpenLayers*.

### 2.2. Tecnologias Utilizadas

Os programas utilizados para o desenvolvimento do aplicativo foram os seguintes:

- Ambiente de programação (IDE): *Netbeans 7.0.1*;
- Servidor de Mapas: *GeoServer*;
- Banco de Dados: *MYSQL 5.6.12*;
- Biblioteca para visualização de mapas em navegadores: *OpenLayer* e
- Servidor de aplicações Web: *Glassfish 4.0*.

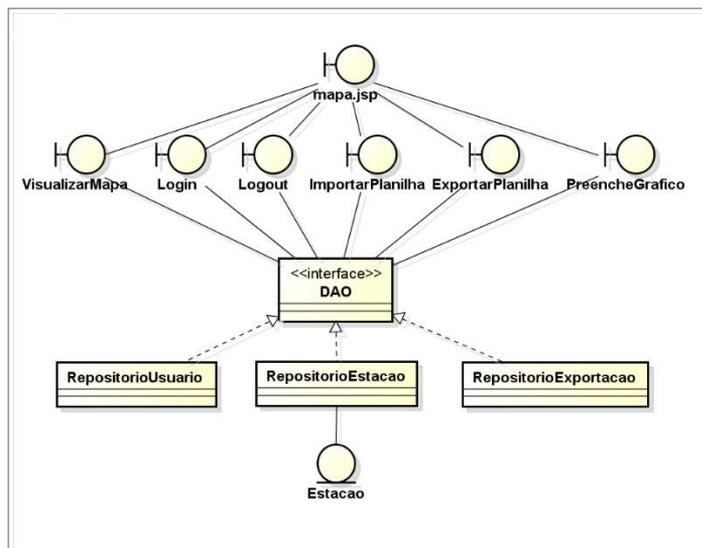
### 2.3. Implementação do Sistema

O sistema foi desenvolvido em jsp e servlets e utilizando um padrão em camadas. A camada de páginas web tem acesso à camada de controladores que, por sua vez, têm acesso à camada de repositório a qual se comunica com as classes bases como mostram as Figuras 1 e 2. O desenvolvimento do BaciaGis foi baseado nos conceitos da Programação Orientada a Objetos (POO), utilizando técnicas de Padrões de Projetos, também conhecidos como *Design Patterns*.

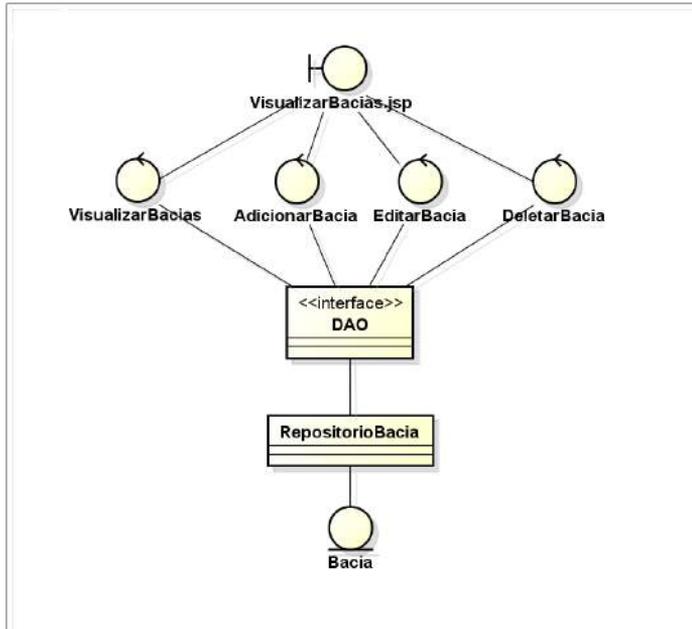
O banco de dados do sistema foi criado no MySQL e é estruturado em quatro tabelas.

Uma tabela responsável por guardar os dados das bacias hidrográficas, outra tabela responsável por guardar as estações pertencentes às bacias, uma tabela responsável por guardar as análises feitas nas estações e outra responsável por guardar as informações dos usuários como mostra a Figura 3. A relação entre as tabelas Bacia e Estação e entre Estação e Análise é de um para vários, ou seja, uma bacia pode ter várias estações, mas uma estação só pertence a uma bacia, da mesma forma que uma estação pode ter várias análises, mas a análise só pertence a uma estação. A tabela Usuário não possui relacionamento com nenhuma outra tabela.

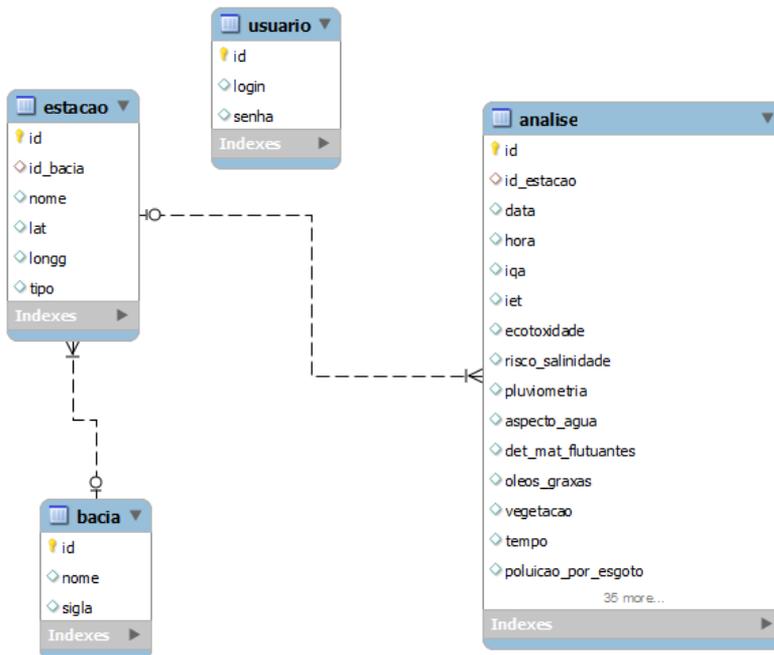
**Figura 1.** Diagrama de classes utilizadas pela página inicial



**Figura 2.** Diagrama de classes utilizadas pela página de cadastro de bacias.



**Figura 3.** Diagrama de Banco de Dados.



O sistema é capaz de importar arquivos de formato excel, mais especificamente o xls, esperando que cada linha possua uma série de dados listados em ordem: Bacia hidrográfica, Estação, Data, Dia, Mês, Ano, Hora, Hora, Minuto, Aspecto da Água, Det. e Mat. Flutuantes, Óleos e Graxas, Vegetação, Tempo, Poluição por esgoto, Resíduo sólido, T°C do Ar, T°C Água, pH, Condutividade, Cloreto, OD, DBO, Amônia, Fósforo, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel, Zinco, Mercúrio, Ind. Fenóis, colí, OD Sat., Salinidade, Cor, Turbidez, Nitrato, Nitrito, Fotobactéria, Daphnia, Solidos Totais, Clorofila “a”, Cianobactérias, Potássio, Transparência, Profundidade. Ao importar os dados e preencher o banco de dados do sistema é possível fazer a exportação do arquivo em formato xls, na mesma estrutura citada anteriormente porém com algumas colunas adicionadas no final de cada linha: IQA, IET, Ecotoxicidade, Risco de Salinidade do Solo, Pluviometria, Latitude e Longitude.

#### 2.4. Implementação do *BaciaGis*

De acordo com Cabral (2008), um SIG web é composto basicamente pelos 5 elementos mostrados na Figura 4.

O elemento cliente se refere à interface gráfica do sistema onde o usuário deve interagir diretamente através de um navegador web como o *Google Chrome*, *Mozilla Firefox*, dentre outros. O elemento servidor web, se refere ao servidor utilizado em sites comuns como o *Apache Tomcat*, ou o *Glassfish*. O elemento servidor de mapas se refere ao software que, por meio de requisições do cliente, faz a comunicação com os dados espaciais e reproduz as informações obtidas em forma de mapas como, por exemplo, o *GeoServer* (GeoServer, 2014). O banco de dados espacial neste projeto é representado pelos arquivos *Shapefile*, arquivos que guardam

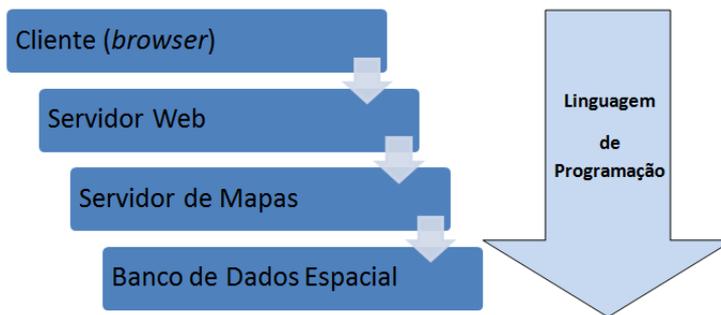
estruturas geográficas. E por fim, uma linguagem de programação como o Java, ASP.NET ou PHP para a construção do sistema web.

Um servidor de mapas é o componente central de um SIG web, pois é ele que estabelece a comunicação entre o cliente e o banco de dados geográficos ou arquivos *shapefiles*, retornando ao cliente as informações em forma de mapas.

O *GeoServer* é um servidor de código aberto escrito em Java, que permite aos usuários compartilharem e editarem dados geoespaciais (GeoServer, 2014). Ele permite a implementação dos três componentes principais de um SIG web: Visualização do Mapa, Visualização das Camadas e Operações de Geoprocessamento.

O *OpenLayers* é uma biblioteca de código aberto desenvolvida em *javascript* para a visualização de mapas em navegadores. O *OpenLayers* permite também a associação com diversos tipos de mapa base, no qual representam a visualização da superfície terrestre, sendo indispensáveis para um SIG web. Dentre os mapas suportados pelo *OpenLayers*, se destaca principalmente o mapa do *Google* (Google, 2014). O *Google Maps* fornece pesquisa e visualização de mapas e imagens de satélites que são atualizadas constantemente. A figura 5 mostra a tela inicial do sistema utilizando o *OpenLayers* e o *Google Maps* como mapa base.

Figura 4. Elementos de um SIGWeb.



Fonte: Cabral (2008).

Figura 5. Tela inicial do sistema..

IQA		
Critério	Qualificação	Cor
Entre 80 - 100	Ótima	Verde
Entre 52 - 79	Bom	Amarelo
Entre 37 - 51	Aceitável	Laranja
Entre 20 - 36	Ruim	Vermelho
Menor que 20	Péssima	Preto

IET		
Critério	Qualificação	Cor
Menor que 48	Ultraoligotrófico	Verde
Entre 48 - 52	Oligotrófico	Amarelo
Entre 52 - 59	Mesotrófico	Laranja
Entre 60 - 63	Eutrófico	Vermelho
Entre 64 - 67	Supereutrófico	Preto
Maiores que 67	Hipereutrófico	Preto

### 3. Resultados e Discussão

O sistema BaciaGis pode ser acessado via Web através do endereço eletrônico <http://engsoft.recife.ifpe.edu.br:8080/sigweb/> por usuários não identificados, denominados usuários comuns ou visitantes. Os visitantes do sistema podem ter acesso a dois indicadores de qualidade da água para rios e reservatórios das bacias do Capibaribe e de Ipojuca. Os indicadores disponibilizados pelo sistema para consulta são: o Índice de Qualidade das Águas (IQA) e o Índice do Estado Trófico (IET). A Figura 5 apresenta a tela inicial do sistema para os visitantes. As informações de IQA e IET são apresentadas

através de ícones coloridos que indicam em que faixa de valor um determinado ponto (rio ou reservatório) se encontra.

O sistema possui um tipo especial de usuário, chamado de administrador do sistema, que possui acesso às funções de cadastro de bacia, cadastro de estação, cadastro de análise, importar análise e exportar análise. A figura 6 apresenta o diagrama de casos de uso do sistema BaciaGis.

O administrador é capaz de fazer a importação e exportação de dados. Antes da criação do sistema os dados eram guardados em uma única planilha e não vinham georreferenciados, logo não era possível utilizar esses dados em um SIG. Atualmente, esse módulo

é a principal parte do sistema e é essencial para atualização dos dados, pois além cadastrar os dados das amostras no banco de dados do sistema, o administrador é capaz de exportar os dados dessas amostras para serem utilizados em qualquer outro SIG. O administrador escolhe qual a bacia e o tipo de estação que deseja exportar, e o sistema executa as operações de filtrar, georreferenciar e exportar os dados em forma de planilha.

As estações de amostragem podem ser cadastradas, editadas ou deletadas pelo administrador de uma estação. O sistema de coordenadas utilizado para referenciar as estações

é o WGS84, utilizado nos aparelhos de GPS. As coordenadas geográficas cadastradas são muito importantes, pois é a partir delas que podemos localizar as estações no mapa.

Os dados importados da planilha são organizados de acordo com a bacia hidrográfica, estação de amostragem e ano, facilitando assim seu gerenciamento. Essa parte de gerenciamento que antes era feito diretamente nas planilhas agora é feito no sistema após a importação. Após conferir todos os dados e preencher os que faltam, o administrador pode exportá-los como desejar. A figura 7 apresenta a tela para cadastro detalhado de análise de água.

**Figura 6.** Diagrama de casos de uso do sistema BaciaGis.

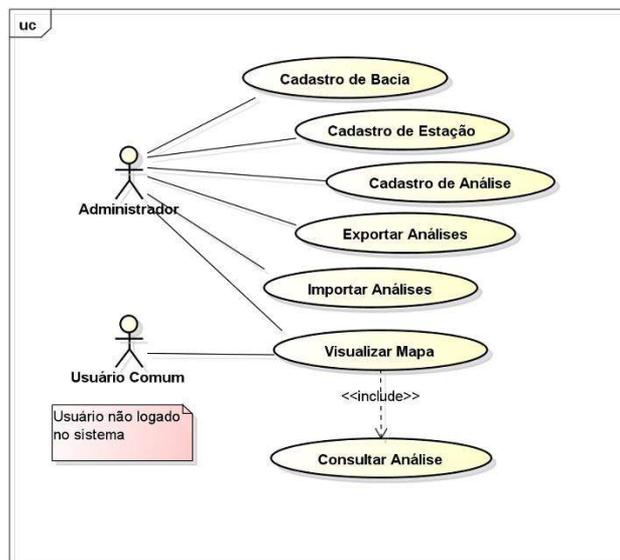


Figura 7. Tela para cadastro detalhado de análise de água.

BaciaGIS																Bacias		Estações		Análises		Saír	
Capibaribe																CB-02				Adicionar			
Detalhes																							
Data	Hora	Opções	IQA	IET	Ecotoxicidade	Risco Salinidade	Pluviometria	Aspecto da água	Det. e Mater. Flutuantes	Óleos e Graxas	Vegetação	Tempo	Polluição por esgoto	Resíduo sólido	T°C do Ar	T°C Água	pH	Condutividade	Cloreto	OD			
30/05/2005	11:50	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Deletar"/>						T	A	NDV	VE	ENC	A	A	23	26	6.9	942		6.9			
06/06/2006	12:50	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Deletar"/>	BO(65)	EU(72)	NT	B	48	T	A	NDV	VE	ENC	A	A	31	25	7.2	462		4.4			
06/12/2006	11:05	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Deletar"/>	BO(76)	OL(32)	NT	B	1	T	A	NDV	VE	ENS	A	A	31	27	8.7	706		6.8			
31/05/2007	11:35	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Deletar"/>	BO(59)	EU(64)	NT	M	54	T	A	NDV	VE	ENS	A	A	28	27	8.0	1152		4.4			
19/08/2008	15:00	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Deletar"/>	OT(87)	ME(58)	B	NT	14	T	A	NDV	VA	ENS	A	A	24	7.8	584		8.4				
25/11/2008	16:30	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Deletar"/>	BO(72)	ME(55)	B	NT		L	A	NDV	VE	ENS	A	A	31	27	7.5	720		4.8			
19/12/2011	13:25	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Deletar"/>	BO(80)	UO(38)	NT	M		T	A	NDV	VA	ENS	A	A	30	26	7.6	948		6.2			
22/11/2012	10:40	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Deletar"/>	BO(65)	SE(65)	NT	MA		T	A	NDV	VA	ENS	A	A	31	28	8.7	3640		9.7			

O uso de SIGWeb para as mais diversas atividades tem se mostrado promissor como forma de democratizar o acesso à informação. São poucos os trabalhos publicados que descrevem a metodologia e discutem os resultados com a implementação de um sistema desse tipo, porém vale ressaltar alguns deles. Dias et al. (2014) relatam o desenvolvimento de um SIGWeb para dados de qualidade de água pelo Centro Internacional de Hidroinformática-CIH para a bacia do Rio São Francisco Verdadeiro, no Paraná. O sistema consiste no armazenamento via *web* dos dados de monitoramento de rios, permitindo à sociedade a visualização geográfica, incentivando a disseminação do conhecimento dos dados gerados.

Este Centro utiliza tecnologias livres de soluções, dentre elas, PostgreSQL com PostGIS (banco de dados com extensão geográfica), *JavaServer Faces* (conjunto de funcionalidades para aplicações Java na *web*), *Open- Layers* (biblioteca para visualização e manipulação de mapas), *GeoTools* (biblioteca desenvolvida em Java para manipulação de dados geográficos) e *Geoserver* (servidor de mapas *web*). Marques et al. (2011) desenvolveram o SIGWeb AQUORA aplicado à bacia do rio Doce que compreende os estados de Minas Gerais e o

Espírito Santo. O sistema incorpora um modelo de banco de dados geográfico modelado especificamente para armazenar e relacionar todas as informações hidrológicas e administrativas necessárias ao controle dos usos múltiplos da água. Construído com tecnologias ORACLE e ESRI ArcGIS Sever, o SIGWeb AQUORA não só tem a capacidade de gerenciar os processos administrativos relativos à outorga e à divulgação de informações hidrológicas na Internet, mas também analisa o impacto de captações superficiais e de lançamentos de efluentes, atualizando, em tempo real, a disponibilidade hídrica em toda a hidrografia.

Medeiros et al. (2011) descrevem como foi desenvolvido um SIGWeb para integrar dados socioeconômicos e cartográficos, consistindo no conhecido Ceará em Mapas Interativos, tendo por objetivo disponibilizar informações para a sociedade e subsidiar os gestores públicos no planejamento de políticas públicas e na tomada de decisão. O sistema foi desenvolvido com software i3geo, fazendo a interação entre usuário e máquina; sistema operacional Linux Ubuntu e Servidor Apache como hospedeiros; linguagens PHP, javascript, ajax e jquery mantém a comunicação entre os mesmos. Na geração dos mapas interativos: Mapserver, PHP Mapscript,

R(gráficos) + biblioteca spatstat; Para elaboração do banco de dados geográfico foi utilizado o sistema de gerenciamento de banco de dados PostgreSQL com a extensão espacial Postgis.

Penha *et al.* (2012) apresentam o desenvolvimento de um sistema de informação web para gestão de recursos hídricos, tratando da disseminação dos dados gerais e geoespaciais. Utiliza a arquitetura MVC (Model/View/Controller) e apresenta informações sobre o desenvolvimento da aplicação para distribuição no Sistema de Informações do Natuba (SINATUBA), em duas etapas, uma relativa à aquisição e tratamento dos dados espaciais e outra ao desenvolvimento da aplicação, no Sistema Gerenciador de Banco de Dados do PostgreSQL e SigWeb com Framework p.mapper.

#### 4. Conclusões

Como observa-se, o desenvolvimento do BaciasGis pode trazer grandes benefícios ao gerenciamento dos dados de qualidade de água das bacias hidrográficas pernambucanas por agilizar as rotinas diárias de armazenamento e compartilhamento de dados dentro das instituições responsáveis pelo monitoramento dos corpos hídricos estaduais e, com isso, poder colocar em prática vários instrumentos de gestão dos recursos hídricos.

É inquestionável a necessidade de utilização de um SIG no gerenciamento de dados de qualidade da água em bacias hidrográficas. Devido a capacidade que o sistema possui em apresentar o comportamento dos corpos hídricos face aos usos múltiplos das águas, no qual o lançamento e diluição de efluentes possui maior significância, a identificação de locais com maiores riscos de poluição e/ou contaminação é de suma importância para a gestão eficiente e integrada dos recursos hídricos. A utilização do sistema em si não combate a deterioração da água,

mas permite direcionar ações de monitoramento e fiscalização dos corpos d'água, instrumentos listados nas políticas Nacional e Estadual, a partir do momento que identifica alterações significativas na qualidade da água em rios e em reservatórios pernambucanos. Contudo, a disponibilidade do sistema em ambiente web, aberto à sociedade, materializa outro instrumento de gestão, o Sistema de Informações em Recursos Hídricos, garantindo o acesso dos usuários às informações de forma rápida e eficiente.

O sistema desenvolvido proporcionou a ampliação dos conhecimentos que envolvem o desenvolvimento de um SIG, destacando a importância deste tipo de tecnologia ao permitir a solução de diversos problemas que envolvem o estudo de fenômenos que ocorrem na superfície terrestre. Para o desenvolvimento do projeto foram aplicados conhecimentos teóricos e práticos adquiridos durante a graduação, destacando-se o desenvolvimento *web* e a engenharia de *software*. Quanto ao estudo de sistemas de informações geográficas foram necessários alguns conceitos básicos de Cartografia e de desenvolvimento de SIG voltado para ambiente *web*.

No futuro, com o aprimoramento do sistema, como a implementação de rotinas para a automatização do cálculo dos índices de IQA e IET na importação dos dados, a inserção de imagens da bacia hidrográfica analisada juntamente com os dados espaciais, numéricos e os gráficos dos índices, dentre outros, o sistema se tornará mais robusto e funcional, podendo até se tornar aplicável em órgãos gestores ambientais.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem a APAC e a CPRH pelo apoio concedido à pesquisa no que se refere a disponibilidade dos dados de qualidade de água do monitoramento sistemático.

## 6. Referências

- ANA - Agência Nacional de Águas (2009). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2009. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/Catalogo\\_imgs/2009/20090417\\_Conjuntura\\_dos\\_recursos\\_hidricos\\_no\\_Brasil\\_2009.pdf](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/Catalogo_imgs/2009/20090417_Conjuntura_dos_recursos_hidricos_no_Brasil_2009.pdf)> Acesso em: maio/09.
- BaciaGis. Disponível em: <<http://engsoft.recife.ifpe.edu.br:8080/sigweb/>>. Acesso em: Dezembro/2014.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. (2005) *Introdução à Engenharia Ambiental*. 2ª. Ed. São Paulo: Prentice Hall, 318p.
- BRASIL (1997). Lei Nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art 21.
- BRESSAN, T. S. Concepção, desenvolvimento e integração de um ambiente SIGWeb com ferramentas de software livre. [Dissertação de mestrado]. Santa Maria/RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2010.
- CABRAL P. S. Novas ferramentas para monitoramento ambiental usando sig web. [Tese de Doutorado]. Natal/RN. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.
- CARVALHO et al., 2000. M. F. Pina e S. M. Santos. Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde. Departamento de informações em saúde, 2000.
- CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. (2005). Banco de Dados Geográficos. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/capitulos.html>> Acesso em: Dezembro/2014.
- DIAS, R. S.; SILVA, A. C. C.; FRACARO, C.; BLEY JÚNIOR, C. J. (2014). Utilização de ferramentas livres para gestão territorial do nexo água e energia. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*. v. 30, julho 2014. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/made/article/view/34198>> Acesso em: agosto/2014.
- Geoserver. Disponível em: <http://geoserver.org/>, acesso em: Dezembro/2014.
- Google Maps. Disponível em: <http://maps.google.com/>, acessado em: Novembro/2014.
- MARQUES, F. A.; SILVA, D. D.; VALADARES, C.; RIBEIRO, C. A. A. S.; MARQUES, P. E.; SILVA, A. J. (2011). SIGWEB AQUORA - sistema de controle dinâmico para gestão dos usos múltiplos da água. In: *XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Anais... Maceió: ABRH.
- MEDEIROS C. N.; ARAGÃO, M. C. A.; GOMES, D. D. M.; ALBUQUERQUE, E. L. S. (2011) Utilização de SIG-WEB usando software livre para disponibilização de dados georreferenciados na internet: Caso do Sistema Ceará em Mapas Interativos. In: *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Anais... Curitiba: INPE, p. 8740-8747.
- PENHA, A. L. T.; PEREIRA, L. C. BARROS FILHO, M. B. B.; BRAGA, R. A. P. (2012). Sistema de informação web para a gestão de bacias hidrográficas: o caso do rio Natuba-PE. In: *IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*. Anais... Recife: UFPE, p. 1-7.

PERNAMBUCO (2005). Lei N° 12.984 de 30 de dezembro de 2005. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. (2008). Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos Avançados*. v. 22, n. 63, p. 43-60.



## Avaliação do uso da água no IFPE através do diagnóstico das instalações hidrossanitárias e hábitos de consumo

*Evaluation of water use at IFPE through the diagnosis of hydrosanitary facilities and consumption habits*

Submetido em 11.12.14 | Aceito em 09.02.15 | Disponível on-line em 31.08.15



Allan Henrique Alves de Vasconcelos\*, Thaís Lúcia Cruz, Ada Cristina Santana, Vânia Soares de Carvalho, Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE)- Campus Recife. Av. Professor Luiz Freire, 500, Cidade Universitária, Recife/PE, 50.740-540. | \*allan\_henrique1994@hotmail.com

### RESUMO

*O IFPE campus Recife atende a um número elevado de pessoas tanto de forma direta como indireta e, como ambiente escolar público, representa um excelente meio de divulgação dos benefícios do emprego de técnicas sustentáveis na utilização da água. O presente trabalho objetivou o estudo das condições de utilização da água potável neste Instituto através do diagnóstico da situação dos equipamentos hidráulicos e sanitários, perfil de consumo e procedimentos dos usuários quanto ao uso da água de forma a propor alternativas de uso sustentável para este recurso. A metodologia adotada para o cadastro dos equipamentos hidráulicos e sanitários foi efetuada através de visita in loco às instalações para identificação e verificação do seu estado de conservação. Com essa vistoria foi perceptível o grande número de problemas, principalmente nas torneiras dos banheiros masculinos e, também, a ocorrência de muitos bebedouros danificados. Avaliou-se também o perfil de consumo através do estudo das contas de água nos últimos dois anos e os hábitos e vícios de desperdício dos usuários quanto ao uso da água no Instituto.*

**Palavras-chaves:** vazamentos, consumo da água, uso sustentável.

### ABSTRACT

*The IFPE campus Recife caters to a large number of people, both directly and indirectly, and as a public school setting is an excellent way to promote the benefits of employing sustainable techniques in water use. The present work aimed at studying the conditions of the use of drinking water in this Institute through the diagnosis of the situation of hydraulic and sanitary equipment, consumer profile and procedures of users regarding the use of water in order to propose alternatives for sustainable use for this resource. The methodology adopted for the registration of hydraulic and sanitary equipment was accomplished through on-site visit to the premises for identification and verification of their conservation status. With this survey it was noticeable the large number of problems, particularly related to the men's toilets taps, and also the occurrence of many harmful drinkers. We also assessed the consumption profile through the study of water bills in the last two years and the habits and waste vices of the users and water use at the Institute.*

**Keywords:** leaks, water consumption, sustainable use.

### 1. Introdução

A água é um recurso natural essencial à vida e cada vez mais limitado no planeta. A crescente população mundial com suas demandas e a má distribuição dos recursos hídricos têm contribuído para agravar a situação. Para reverter este quadro, a sociedade

precisa unir esforços e desenvolver soluções que contribuam para o seu uso sustentável.

A chamada "crise da água" é de quantidade e qualidade, não por razões naturais, mas pelo uso inadequado que o ser humano faz. Essa situação se agrava mais ainda quando a ambição, visando usos futuros privados da água, também a privatiza. A escassez produzida então passa a ser ou quantitativa ou qualitativa ou

social ou em todos esses níveis simultaneamente (PNUD, 2009).

O problema causado pela escassez desse recurso no meio ambiente vem se apresentando de maneira preocupante, pois o mesmo se constitui no líquido mais abundante na superfície terrestre e, hoje, devido ao mal trato do homem para com a natureza, encontrar a água em situação favorável para o abastecimento está se tornando uma realidade cada vez mais difícil.

As mudanças climáticas globais possuem também implicações diversas quanto à disponibilidade de recursos hídricos nas diferentes regiões do planeta, tornando a disponibilidade de água nas bacias hidrográficas cada vez mais complexa (ANDRADE; MARINOSKI; BECKER, 2010).

O Brasil é considerado um país rico em recursos hídricos. No entanto, esta condição é afetada pela distribuição geográfica irregular, pois ocorre uma maior disponibilidade hídrica em locais de menor contingente populacional, como é o caso da região hidrográfica Amazônica, que concentra 80% desta disponibilidade (ANA, 2012).

A água é um recurso natural que cobre 70% da superfície terrestre. No entanto, 97,5% dela é salgada e apenas 2,5 % doce. Deste percentual de água doce, 1,7% está na forma de gelo e nas calotas polares, 0,75% está nos lençóis subterrâneos e menos de 0,01% está disponível na superfície. Esta quantidade de água é praticamente a mesma há 2 bilhões de anos. Todavia, sua qualidade vem se deteriorando e tornando cada vez mais limitantes os seus usos (ANA, 2012).

Não obstante, alternativas vêm sendo utilizadas para diminuir a demanda e racionalizar o consumo de água. Entre essas tecnologias destacam-se o aproveitamento de água pluvial, o reúso de águas cinzas e o emprego de equipamentos economizadores de

água (MARINOSKI; FASOLA; BORINELLI; GHISI, 2011).

A administração pública, principalmente, precisa exercer um papel de responsabilidade ambiental muito importante no que se refere ao consumo racional da água visando a utilização de medidas interventivas afim de que se obtenha um uso mais sustentável desse recurso natural.

A falta de uma rotina de manutenção preventiva nos sistemas hidráulicos prediais nas edificações em geral também é uma cultura a ser modificada, pois a maioria dos problemas, como por exemplo, vazamentos, só são resolvidos quando se apresentam em um estágio de grande prejuízo para os moradores, principalmente do ponto de vista financeiro.

A incorporação de critérios sustentáveis nas construções já existentes, consertos na estrutura interna, troca de equipamentos convencionais por economizadores, reaproveitamento da água de chuva, educação ambiental, são algumas ações que podem ser incorporadas e trazer retorno econômico a curto e médio prazo (FERREIRA, 2010).

Entre os equipamentos economizadores, as torneiras hidromecânicas, redutores de vazão, sensores e válvulas de descarga com acionamento seletivo, são alternativas que mais vêm crescendo no país (PROGRAMA..., 2006).

O governo do estado de São Paulo em parceria com a Superintendência do Abastecimento de Água do Estado de São Paulo (SABESP) ampliou no primeiro semestre de 2013 seu programa de economia de água criado em 1995, o PURA (Programa de Uso Racional da Água), com o objetivo de economizar água potável todos os meses. Os primeiros resultados das intervenções tinham perspectivas de gerar, somente no segundo semestre de 2013, uma redução de gastos de R\$ 6 milhões, com uma

economia anual em torno de R\$ 13,9 milhões (SÃO PAULO, 2013).

De acordo com o manual de gerenciamento para controladores de água da SABESP, a avaliação das condições de utilização da água numa instituição deve iniciar pelo diagnóstico. Este envolve o conhecimento das características físicas e funcionais dos equipamentos hidrossanitários, sistemas hidráulicos e das atividades desenvolvidas com o uso da água. As informações obtidas neste levantamento permitem analisar o consumo, verificar desperdícios e embasar um plano de intervenção e gestão da água de forma mais eficiente.

O presente trabalho objetivou o estudo das condições de utilização da água potável no IFPE campus Recife através do diagnóstico da situação dos equipamentos hidráulicos e sanitários, perfil de consumo e procedimentos dos usuários quanto ao uso da água de forma a propor alternativas de uso sustentável para este recurso.

## **2. Materiais e métodos**

O levantamento do sistema hidráulico predial baseou-se nas informações documentais (projeto de arquitetura e planta hidráulica) obtidas junto ao setor administrativo da escola e na visita às instalações para identificação dos equipamentos hidráulicos e sanitários por marca, modelo, tipo, idade, por andar, por blocos/unidades: bacias sanitárias (com caixa acoplada, válvula ou caixa elevada); tipos de torneiras (pia, lavatório); mictórios (coletivo com registro, coletivo com válvula, individual com registro, individual com válvula); chuveiros; duchas; bebedouros; filtros; etc. Foram também verificadas as características dos componentes (com ou sem arejador, água quente/fria, com ou sem misturador).

Verificou-se o estado de uso dos equipamentos e das louças sanitárias: torneiras, chuveiros, bebedouros e filtros com ou sem vazamento; vazamento das bacias sanitárias; no poço e na válvula de descarga; vazamento de bacias sanitárias no engate flexível; vazamento nos registros de gaveta – colunas e ramais; frequência de entupimento das bacias sanitárias. Observaram-se pontos de infiltração em paredes, tetos e pisos. Verificaram-se vazamentos em tubulações embutidas, tubulações externas (do medidor à entrada da caixa d'água-reservatório inferior/superior), registros, boias, barriletes (tubulações de entrada e saída de água) e bombas. Para o levantamento dos vazamentos, utilizaram-se as técnicas de detecção indicadas pela SABESP.

O levantamento do perfil de consumo foi realizado analisando-se os dados obtidos nas contas de água dos últimos dois anos (2012 e 2013).

O levantamento quanto à forma de uso da água foi realizado através da aplicação de um questionário com 10% da população do Instituto para verificação dos hábitos e vícios de desperdícios dos usuários nos principais locais, como banheiros, lavatórios, cozinhas/cantina/copa, lavanderias, laboratórios, vestiários, área administrativa, áreas externas e outros.

## **3. Resultados e discussão**

O IFPE campus Recife possui duas fontes de água potável: poço e água de abastecimento público. A água do primeiro destina-se à irrigação dos jardins, campo de futebol e descargas dos banheiros. Os demais equipamentos hidráulicos são abastecidos por água da concessionária pública.

Através da avaliação das condições de conservação dos elementos dos banheiros, observou-se um total de 121 vasos sanitários, 34 mictórios, 31 chuveiros, 203 torneiras e 37 bebedouros (Figuras 1, 2 e 3). O grande número de equipamentos danificados representa um

fator relevante de consumo de água, tendo em vista que o desperdício causado por todos esses equipamentos somados representam um grande percentual do valor da água requerida mensalmente pela escola.

**Figura 1.** Torneiras de mesa c/ arejador no banheiro masculino



**Figura 2.** Vaso sanitário c/ caixa acoplada



**Figura 3.** Tubulação externa quebrada

Uma análise detalhada das instalações hidrossanitárias, como feita nesse projeto, representa o primeiro passo para minimizar o desperdício de maneira eficiente. Corrigir os erros apresentados seria o próximo passo. Além do prejuízo financeiro, há também o desconforto gerado que, quando o banheiro precisa ser utilizado, encontra-se uma grande quantidade de equipamentos com problemas, alguns até sem condições de uso.

Com relação aos vazamentos, os resultados das investigações feitas nessa pesquisa revelaram muitos problemas. Foram encontrados um total de 92 vazamentos em torneiras de mesas, tubulações e torneiras de lavagens, além de indícios de que possam haver infiltrações em outros locais. Outro fator preocupante foi a demasiada deterioração das tubulações que vêm sofrendo com a falta de

manutenção e com a ação do intemperismo (vento, chuva). Algumas tubulações apresentam buracos e rachaduras. Outras também estão submetidas a excesso de lodo ao redor das mesmas (Figuras 4 e 5). Os vazamentos dos canos e tubulações são problemas mais graves que os equipamentos sanitários danificados nos banheiros, pois, além do desperdício da água, a longo prazo, os vazamentos de água, na parte interna das paredes, podem comprometer a estrutura da edificação, porque a água que jorra funciona como um agente de intemperismo e degrada os materiais da edificação. Estima-se, por exemplo, que o gotejamento de uma torneira mal fechada seja de uma variação entre 300 e 900 L/mês a depender da velocidade do gotejamento (SABESP).

Também foi efetuada uma análise das condições atuais do reservatório principal que se

apresentou em bom estado de conservação, não apresentando nenhum vazamento, apesar de haver algumas trincas visíveis. Todos os registros do reservatório estão em boas condições de conservação. Ademais, a única consideração a ser feita é que o reservatório está há dois anos sem nenhuma

limpeza, quando esta deve ser feita a cada seis meses.

No que diz respeito aos bebedouros, 7 apresentam danos consideráveis ou estão totalmente destruídos, 30 estão funcionando normalmente (Figura 6).

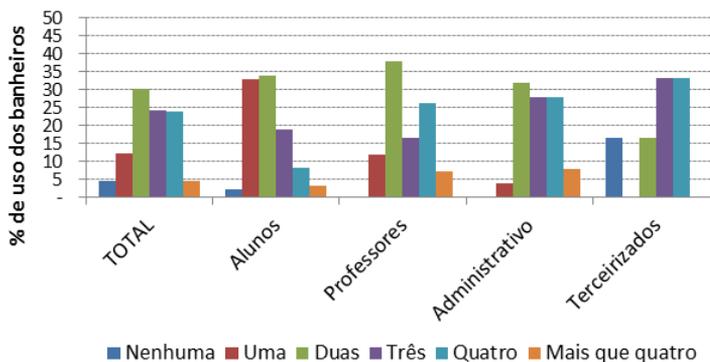
**Figura 4.** Tubulação externa deteriorada



**Figura 5.** Reservatório inferior



Figura 6. Utilização dos banheiros



Para a efetuação do perfil de consumo foram consultadas as contas de água dos dois últimos anos (2012 e 2013), obtidas junto ao setor administrativo do instituto. Para o cálculo do consumo per capita foi utilizada a seguinte fórmula disponível no manual de gerenciamento para controladores de consumo de água da SABESP:

$$CP \text{ (Consumo per capita mensal)} = \frac{Vm \times 1000}{P \times NDm}$$

Onde:

NDm = Número de dias do mês

Vm = Volume mensal consumido (em m<sup>3</sup>)

P = Total de pessoas (aprox..6400 pessoas)

De acordo com o que foi calculado foram obtidos os seguintes valores:

- Per capita para 2012: 9,11 L/hab/dia
- Per capita para 2013: 6,94 L/hab/dia
- Média dos dois anos: 8,025 L/hab/dia

Não foi possível traçar perfis de consumo mensais, em função das grandes diferenças nos valores dos volumes de água consumido em determinados períodos de tempo. Por isso, decidiu-se adotar um perfil de consumo anual para cada ano em estudo. Fazendo-se uma estimativa da média dos consumos de água mensais no decorrer dos anos de 2012 e 2013, percebeu-se que o valor de 1500 m<sup>3</sup>/mês se apresentava bem constante, por isso ficou decidido adotar este valor para todos os meses.

A verificação dos hábitos e vícios de desperdícios dos usuários nos principais locais da instituição como banheiros, lavatórios, cozinhas/cantina/copa, lavanderias, laboratórios, vestiários, área administrativa, áreas externas e outros, foi avaliada junto a 638 pessoas, representantes de 10% da população do total de 6.400 pessoas que circulam diariamente no Instituto, entre alunos, funcionários administrativos, professores e terceirizados.

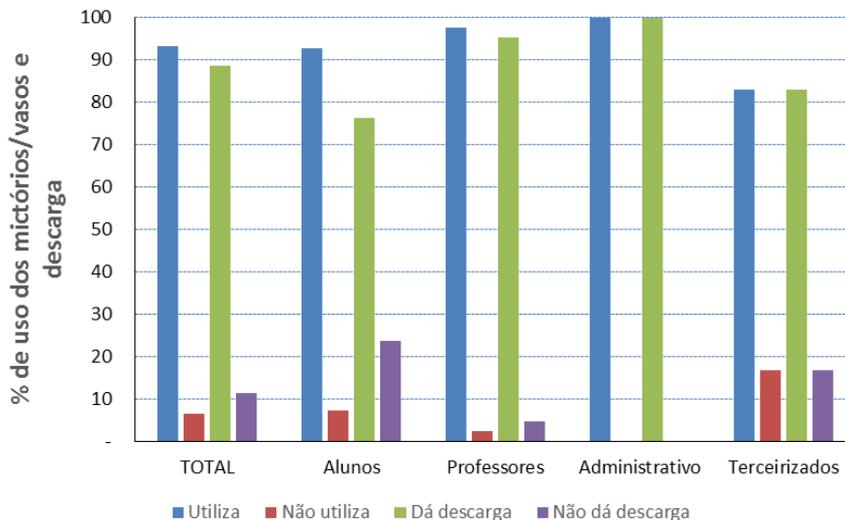
Quanto a utilização dos banheiros (Figura 7), observou-se que 30 % dos entrevistados fazem uso pelo menos duas vezes por dia do equipamento utilizando mictórios/vasos, descargas e torneiras. O indicativo de que mais de 80% da população total do instituto dá descarga nos mictórios e/ou vasos, representa um grande percentual de consumo, principalmente no que diz respeito as descargas que gastam de 10 à 12 L por cada acionamento efetuado.

De acordo com as respostas obtidas no questionário, não observou-se utilização

expressiva dos chuveiros. Cerca de 70% dos entrevistados não tomam banho no Instituto, apenas alguns alunos e terceirizados.

Os demais usos da água, como lavagem de pisos e banheiros, são executados com balde e panos de chão, com frequência diária. Quanto a utilização da água na irrigação dos jardins, 70% é feita com mangueira e cerca de 30% com regador, diariamente. Tendo em vista os resultados que foram obtidos, é de grande importância a realização de medidas efetivas que tornem o uso da água no Instituto mais eficiente e sustentável.

**Figura 7.** Utilização de mictórios/vasos e descarga



#### 4. Conclusões

Tendo em vista os resultados que foram obtidos, é de grande importância a realização de medidas efetivas que tornem o uso da água no Instituto mais eficiente e sustentável. Devido ao grande número de vazamentos na parte externa, faz-se necessária uma revisão geral nessas tubulações a fim de que sejam trocadas ou que se realize um grande serviço de manutenção. É necessário que a cultura existente, na qual só se

dá atenção ao estado das instalações hidrossanitárias quando elas estão em estado de deterioração, seja modificada, fazendo com que ações preventivas na manutenção do sistema torne-o mais conservado.

Os problemas de vazamentos e danificação das torneiras de mesa e bebedouros devem ser corrigidos não só com ações de manutenção, mas também na melhoria da consciência dos usuários para que utilizem esses

equipamentos de maneira responsável. A resolução desse problema passa pela conscientização ambiental das pessoas e no incentivo ao uso sustentável do recurso. Em relação aos reservatórios, a realização de uma limpeza periódica a cada seis meses é imprescindível, pois há aproximadamente dois anos o mesmo não é limpo.

No que diz respeito a análise dos hábitos de consumo e vícios de desperdício dos usuários da instituição, observou-se que a maioria dos entrevistados utiliza pelo menos duas vezes as instalações hidrossanitárias (descargas e torneiras nos banheiros) existentes. Quase 50% da comunidade faz uso das torneiras de maneira adequada e pouco mais de 30% não o faz. A utilização dos chuveiros não apresenta indícios de desperdício, pois cerca de 70% da população não faz uso dos mesmos. A modificação dos hábitos da comunidade quanto ao uso da água também será de extrema importância para que essas perdas sejam reduzidas.

## 5. Referências bibliográficas

ABRIL. O mundo com sede. Planeta Sustentável. Disponível em <[http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/conteudo\\_261013.shtml?func=1](http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/conteudo_261013.shtml?func=1)>. Acesso em: 12 fev. 2014. 2008.

ANDRADE, M.; MARINOSKI, A. K.; BECKER, H. R. **Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva**. Casa Eficiente: uso racional da água. 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Ed. Especial. Brasília : ANA, 2012. 215 p.

FASOLA, G.B.; GHISI, E.; MARINOSKI, A.K.; BORINELLI, J.B. Potencial de economia

de água em duas escolas em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p.65-78, out./dez. 2011.

FERREIRA, F.S. **Licitação Sustentável: A Administração Pública como Consumidora consciente e Diretiva**. Monografia. 2010. 135p.

GONÇALVES, R. F. **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006

PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO. Rede Cooperativa de Pesquisas. **Tecnologias de Segregação e Tratamento de Esgotos Domésticos na Origem, Visando a Redução do Consumo de Água e da Infra-Estrutura de Coleta, Especialmente nas Periferias Urbanas**. Vitória: UFES, UFSC, UNICAMP, IPT, 2006.

<http://www.pnud.org.br> - documento gerado : 27/11/2009 (PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO)

SÃO PAULO. Portal do governo do estado de São Paulo. **Notícia veiculada em 10/04/13**. Disponível em: <http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/lenoticia.php?id=227545> acesso em 02/07/2013.



## Educação ambiental e formação continuada: a experiência vivenciada nas reuniões da SBPC

*Environmental education and continuing education: the experience lived in the SBPC reunions*

Submetido em 23.01.15 | Aceito em 16.05.15 | Disponível on-line em 07.08.15



Artigo

**André Sampaio Ático Leite, Marília Regina Costa Castro Lyra\*, Rogéria Mendes do Nascimento, Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho, Maria Núbia Medeiros de Araújo Frutuoso e Maria Tereza Duarte Dutra**

Departamento de Ambiente, Saúde e Segurança, Curso Tecnológico em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Av. Professor Luiz Freire, 500, 50740-540 Recife – PE, Brasil. |

\*marilialyra@recife.ifpe.edu.br

**Zorayde Lourenço de Oliveira**

Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, CEP 50670-901 Recife- PE, Brasil

**José Antônio Aleixo da Silva**

Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos CEP 52171- 900 Recife- PE, Brasil

### RESUMO

*Quando o educador constrói prática de ensino mais eficiente, em sintonia com a realidade, está contribuindo para conscientização do educando, permitindo-o perceber, avaliar e refletir sobre a sociedade e sobre suas ações na transformação do ambiente. O objetivo desta pesquisa foi o de apresentar a proposta de Formação Continuada de professores ofertada nas Reuniões da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) utilizando a Horta Escolar para trabalhar a construção do conhecimento por meio de experiências reais e contextualizadas, permitindo desenvolver no indivíduo a alfabetização ecológica, a formação para a cidadania e habilidades técnico-científicas, tornando-os mais capazes de atender as demandas atuais da sociedade. A metodologia constou da descrição da proposta de formação continuada e posterior avaliação pelos participantes quanto ao aproveitamento das informações repassadas no minicurso. Os resultados demonstraram que o minicurso foi bem avaliado pelos participantes e oportunizou a troca de conhecimentos e experiências, elementos que fazem parte do processo de formação continuada. Revelou ainda a fundamental importância de ações de outros membros articuladores da sociedade, como é o caso da SBPC, para disseminação de políticas públicas.*

**Palavras-chaves:** alfabetização ecológica, horta escolar, aprendizagem baseada em projetos, educação ambiental, formação continuada

### ABSTRACT

*When the educator builds more effective teaching practices, according to the reality, he/she is contributing to the student's conscientization, allowing him/her to understand, evaluate and reflect on society and on their actions in transforming the environment. The objective of this research was to present the Continuing Education proposal offered by teachers in the annual reunions of the Brazilian Society for the Progress of Science (SBPC) using the School Garden to work the construction of knowledge through real and contextualized experiences, allowing to develop in the individual the ecological literacy, citizenship and technical and scientific skills, making them more able to meet the current demands of society. The methodology consisted in the description of the proposed continuing education and subsequent evaluation by the participants concerning to the use of information passed in the short course. The results showed that the short course was well evaluated by the participants and provided an opportunity to exchange knowledge and experiences that make part of the process of continuing education. Also it revealed the fundamental importance of the actions of other articulators members of society, such as the SBPC, for dissemination of public policies*

**Keywords:** ecological literacy, school Garden, learning based on projects, environmental education, continuing education.

## 1. Introdução

O processo de formação continuada permite ao educador repensar sua prática docente, seu preparo profissional e a condução do processo ensino-aprendizagem. A construção de uma prática de ensino mais eficiente e em sintonia com a realidade contribui para a conscientização do educando, permitindo-o perceber, avaliar e refletir sobre a sociedade e, principalmente, sobre suas ações de transformar o ambiente em que convive. Estas premissas dialogam com Freire (1982) quando levanta questões importantes no papel de conscientização do educando ao definir “Pedagogia Libertadora”. Dessa maneira, o professor contribuirá para formar indivíduos capazes de fazer correlações entre o aprendizado em salas de aulas com o que ocorre a sua volta concomitante, principalmente, dentro do ambiente escolar.

Destaca Silva (2011) que a formação continuada, em todas as áreas, é uma exigência do mundo globalizado e da emergência de uma nova sociedade e, para tal, espera-se do educador também que esteja – segundo a Lei de Diretrizes e Bases (LDB 9.394/96) – em permanente formação para o seu aprimoramento profissional, atendendo às novas demandas sociais e de mercado.

Já mencionava Capra (2006) a necessidade de um novo entendimento sobre o processo de aprendizagem, sugerindo a adoção de estratégias de ensino mais adequadas, tornando evidente a integração do currículo e valorização do conhecimento contextual. Ressalta ainda que este tipo de integração pode ser alcançada pela abordagem conhecida como “aprendizagem baseada em projetos”, que consiste em fomentar experiências de aprendizagem que engajem os estudantes em projetos complexos do mundo real, através dos quais possam desenvolver e aplicar suas habilidades e conhecimentos.

Muitas das questões relacionadas ao meio ambiente podem ser resolvidas ou esclarecidas a partir de práticas de educação ambiental que, se introduzidas e exploradas desde o início da formação de opinião crítica do sujeito, podem resultar em grandes avanços para a sociedade.

Desde a conferência de Estocolmo em 1972, a educação ambiental foi reconhecida como instrumento decisivo para promover mudanças na humanidade, objetivando a orientação e a inspiração necessárias para preservar e melhorar a qualidade do ambiente (CASTRO, 2009).

Como afirma o mesmo autor:

A educação ambiental deve promover o desenvolvimento de hábitos e atitudes sadios de conservação ambiental e respeito à natureza, a partir do cotidiano de vida da escola e da sociedade. Atualmente, o papel da escola remonta à construção de uma sociedade democrática e, para isso, deve capacitar os indivíduos, por meio de postura crítica e de conteúdo relacionado diretamente à realidade, para formação de processos que promovam e desenvolvam a conscientização. (CASTRO, 2009, p. 175).

Mas o que seria educação ambiental? Segundo o art. 1º da Política Nacional de Educação Ambiental, Lei Federal de Nº. 9.795, de 1999, “educação ambiental são os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade”.

Ainda mais, em seu artigo 5º é estabelecido que entre seus objetivos fundamentais estão:

IV – O incentivo à participação individual e coletiva, permanente e responsável na preservação do equilíbrio do meio ambiente, entendendo-se a defesa da qualidade ambiental como um valor inseparável do exercício de cidadania.

VII – “O fortalecimento da cidadania, autodeterminação dos povos e solidariedade como fundamentos para o futuro da humanidade”.

O grande desafio nos trabalhos de educação ambiental está na maneira em como ela é trabalhada e desenvolvida. Hoje o assunto é discutido de forma cansativa e até ultrapassada na maioria das vezes. Talvez a dificuldade encontrada nas práticas esteja relacionada com o entendimento do verdadeiro significado do conceito de educação ambiental.

Desde que o termo educação ambiental se tornou notável, o adjetivo ambiental geralmente é confundido e entendido como sinônimo de ecológico. E, assim, se cristalizou um significado muito comum a respeito da educação ambiental. Porém, não se trata apenas de entender e atuar no sentido ecológico. A educação ambiental exige a formação e mudança de valores individuais e sociais que devem expressar-se em ações que levem à transformação da sociedade por meio da educação da população (PHILIPPI JR; PELICIONI, 2014).

Usando como tema central uma horta, uma atividade de reflorestamento, um minhocário, a compostagem, a reciclagem de lixo, um pátio comestível, a fabricação de um produto, o planejamento da oferta de um serviço, um diagnóstico técnico podemos praticar a aprendizagem baseada em projetos e integrar os

conteúdos do currículo, entendendo como currículo os conteúdos e contextos que ajudam o estudante a criar significados, desenvolver comportamentos e valores para compreender o mundo (LYRA e NASCIMENTO, 2008).

Neste sentido, a horta escolar, quando introduzida, torna-se um recurso didático bastante completo, pois permite relacionar os estudantes aos fundamentos básicos e essenciais da vida passando a fazer parte do currículo: o aprendizado sobre os ciclos alimentares, os ciclos naturais, os ciclos de plantio, cultivo, colheita, compostagem e reciclagem.

Ao introduzir o aprendizado de cultivo de hortaliças, o educador está estimulando a relação de importância de fatores ambientais como solo, água, luz e microrganismos para produzir alimento (SEABRA, 2001). Por exemplo, isto proporciona a inter-relação com os ciclobiogeoquímicos que são objeto de estudo da Química Ambiental.

Os investimentos em Educação, nas últimas décadas, reflete o entendimento de sua importância para o desenvolvimento do país e, dentro dela, a formação de professores como sendo fator relevante para a preparação de cidadãos conscientes, afirma Silva *et al.* (2011). Assim o professor precisa assumir o papel de educador, comprometido com os anseios da sociedade e a formação de indivíduos aptos a atenderem estes desafios.

Portanto, o cotidiano escolar cada vez mais exige um profissional da educação mais reflexivo e atuante e a formação continuada têm importância relevante para esta formação docente (SILVA et al. 2011).

Segundo Tardif (2000), citado por Leite (2014), o profissional de educação deve estar conectado com tudo que acontece na atualidade e, assim, articular o contemporâneo com a educação, tornando seu trabalho cotidiano não somente um lugar de aplicação de saberes produzidos por

outros, mas também um espaço de produção, de transformação e de mobilização de saberes que lhes são próprios.

Assim, para Rivas et al (2005), a formação continuada dos profissionais da educação é um instrumento necessário, uma vez que atua na renovação de referenciais teórico-metodológico, buscando ultrapassar velhos paradigmas. Além disso, resguarda o direito ao aperfeiçoamento permanente do professor, inclusive nos níveis de pós-graduação conforme afirmação da ANFOPE - Associação Nacional pela Formação de Profissionais da Educação.

Segundo Imbernóm (2011), para atender a uma educação para a vida, com o intuito de superar desigualdades sociais e outras mazelas da sociedade, é necessário que a instituição educativa supere definitivamente os enfoques funcionalistas e burocratizantes, aproximando-se de seu caráter mais relacional, mais dialógico, mais cultural-contextual e comunitário, onde a relação que se estabelece entre todas as pessoas que trabalham dentro e fora da instituição têm uma grande importância. O desenvolvimento dessas competências exige uma nova postura dos alunos, professores e escolas, que não condiz com o pensamento atual (ALARCÃO, 2003).

Para Morin (2011), a necessidade da reforma do pensamento é urgente uma vez que irá auxiliar na percepção das ligações e conexões existentes nos fenômenos multidimensionais e o modelo atual de educação e da pesquisa precisa ser modificado, sendo que não se pode reformar a instituição sem ter previamente reformado as mentes, porém não se pode reformar as mentes se as instituições não forem antes reformadas.

Atualmente vivemos o desafio de criar sociedades sustentáveis e para isto precisamos de indivíduos com outra concepção de mundo e de uma compreensão maior de sua atuação para com o futuro da humanidade.

Capra (2006), defende que para criar sociedades sustentáveis é necessário reproduzir o modelo dos ecossistemas da natureza. Para isso, é preciso entender os princípios básicos da ecologia. A estrutura conceitual mais apropriada para se compreender a ecologia hoje é a teoria dos sistemas vivos, que se adapta continuamente. Entende-se por sistemas vivos da mais minúscula bactéria, plantas, seres humanos, músculos, células do corpo até as comunidades de organismos, sociedades humanas, famílias e escolas.

Enfatiza ainda que os sistemas vivos estão baseados em padrões de relacionamento e, como são não lineares, é preciso uma nova maneira de pensar e ver o mundo, em termos de relações, conexões e contexto, para compreender os princípios da ecologia. Essa maneira de olhar contraria a ciência e educação tradicional. Ela envolve várias mudanças no ponto de vista. Os sistemas vivos são uma totalidade integrada e não podem ser reduzidos às suas partes menores. Eles possuem propriedades sistêmicas e são propriedades do todo que, separadas não possuem valor. Na visão sistêmica, o foco são as redes de relações embutidas em redes maiores.

A horta escolar é uma importante ferramenta na construção desta relação com o meio ambiente. Ela aborda vários elementos da natureza, como a água, o solo, a luz e os microrganismos estimulando a compreensão dos elementos presentes num ecossistema. Esse tipo de trabalho vem sendo utilizado cada vez mais, auxiliando no aprendizado de crianças, jovens e deficientes mentais (ZÁRATE & KANASHIRO, 1992).

Como recurso didático permanente, permite a abordagem de maneira bastante lúdica da integração do currículo e o enriquecimento das atividades escolares. Além disso, o ambiente dinâmico exige a intervenção constante dos professores e educandos, o que a torna um espaço

que fomenta experiências de aprendizagens, contextualizando/produzindo conhecimento e proporcionando a percepção do indivíduo integrante, dependente e agente transformador do ambiente em que está inserido (LYRA e LOURENÇO, 2004).

O objetivo desta pesquisa foi o de apresentar o trabalho desenvolvido de Formação Continuada de professores durante as Reuniões Anuais e Regionais da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) utilizando a Horta Escolar como recurso didático para trabalhar a construção do conhecimento por meio de experiências reais e contextualizadas, permitindo desenvolver no indivíduo a alfabetização ecológica, a formação para a cidadania e as habilidades técnico-científicas, tornando-os mais capazes de atender as demandas atuais da sociedade.

## **2. Materiais e Métodos**

A metodologia de trabalho adotada foi dividida em duas etapas a fim de facilitar a compreensão do leitor. A primeira descreve a proposta de formação continuada elaborada para execução durante as reuniões da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC - e a segunda consta da avaliação pelos participantes quanto ao aproveitamento das informações repassadas durante o minicurso.

A SBPC é uma entidade civil, sem fins lucrativos ou posição político partidária, voltada para a defesa do avanço científico e tecnológico e do desenvolvimento educacional e cultural do Brasil. Fundada em 1948, a SBPC exerce um papel importante na expansão e aperfeiçoamento do sistema nacional de ciência e tecnologia, bem como a difusão e popularização da ciência no país. Participa ativamente de debates sobre questões que determinam os rumos das políticas de ciência e tecnologia e da educação no Brasil e tem

assentos permanentes em vários Conselhos consultivos do Governo Federal para a definição das políticas públicas e ações prioritárias.

Anualmente, a SBPC realiza diversos eventos, de caráter nacional e regional, com o objetivo de debater políticas públicas no campo da ciência e tecnologia. A reunião anual é realizada em um estado brasileiro diferente a cada ano, sempre em universidades públicas e conta com a presença de milhares de pessoas desde cientistas e estudantes a profissionais liberais e visitantes. Os encontros regionais são organizados pelos conselhos regionais, representando a entidade na região e cumprindo com os seus objetivos de incentivar todas as formas de atividades científicas, contribuindo para o avanço da ciência e tecnologia.

Nestas reuniões ocorrem diversas atividades, dentre elas minicursos que tem como um dos objetivos a formação continuada de professores das redes públicas e particulares de Educação.

O objeto de estudo do presente trabalho foi o minicurso intitulado *Horta escolar e ecoalfabetização: transformando o processo de ensino-aprendizagem*. O minicurso acontece há 10 anos nas reuniões regionais e nacionais da SBPC e sua proposta se enquadra no Programa da UNESCO para a década vigente que é trabalhar a Educação voltada para o Desenvolvimento Sustentável. A escola do futuro deve ajudar os estudantes a se tornarem responsáveis e independentes no que diz respeito a sua aprendizagem, além de promover a educação ambiental e a responsabilidade socioambiental nas organizações.

O uso da horta escolar como recurso educacional pode ser um meio para alcançar esse objetivo. O minicurso pretende tornar o professor capaz de despertar o interesse dos estudantes pelo cultivo de hortaliças visando à aquisição de conhecimentos ligados aos conteúdos

programáticos a serem desenvolvidos em cada etapa da educação escolar e desenvolvendo habilidades nos estudantes relacionadas ao senso de organização, responsabilidade e trabalho em grupo.

Os professores são o alvo das atividades e após participarem do minicurso serão capazes de utilizar a horta como instrumento de percepção e conexão entre os elementos disciplinares. O minicurso tem carga horária de 8 horas e duração de 4 (quatro) dias. A cada dia são discutidos temas relacionados à implantação da horta no ambiente escolar, mostrando sua importância e como pode ser utilizada para reconectar as disciplinas e fomentar experiências de aprendizagem.

No quarto e último dia, também são entregues questionários para os participantes avaliarem o minicurso. A avaliação conta com dez categorias, de acordo com a Tabela 1 a seguir.

**Tabela 1.** Categorias avaliativas do minicurso

<i>Categorias avaliativas</i>
<i>Utilização do tempo</i>
<i>Nível de contextualização</i>
<i>Incentivo a participação</i>
<i>Interesse em avaliar a aprendizagem dos participantes</i>
<i>Utilização dos recursos</i>
<i>Metodologia utilizada</i>
<i>Adequação do assunto</i>
<i>Domínio do conteúdo</i>
<i>Desenvolvimento logístico</i>
<i>Início das aulas</i>

Essas categorias puderam ser avaliadas, de acordo com as opiniões de cada participante, de quatro formas: ótimo, bom, regular e fraco. No total foram analisados as avaliações de sete reuniões regionais que ocorreram em: Porto Alegre, Belém, Piauí, Manaus, Maranhão, Oriximiná-PA, e Marajó. O espaço amostral foi

de cento e noventa e nove (199) avaliações como mostra a Tabela 2, que representa cada reunião e sua quantidade de participantes

**Tabela 2.** Quantidade de avaliações consideradas na análise por local de realização das reuniões da SBPC onde o minicurso foi ofertado

<i>Local</i>	<b>Quantidade de Participantes</b>
<i>Porto Alegre</i>	14
<i>Belém</i>	20
<i>Piauí</i>	33
<i>Manaus</i>	22
<i>Maranhão</i>	44
<i>Oriximiná – PA</i>	31
<i>Marajó</i>	35
<b>Total</b>	<b>199</b>

**Fonte:** Próprio autor

### 3. Resultados e Discussão

O minicurso *Horta escolar e ecoalfabetização: transformando o processo de ensino-aprendizagem* já foi ministrado em 12 Reuniões Regionais (Recife, Maranhão, São Luís, Terezina, Porto Alegre, Belém, Manaus, Feira de Santana, Marajó, Mossoró, Oriximiná/PA e Cruz das Almas/AL) e em 4 Reuniões Anuais (Manaus, Rio Grande do Norte, Acre e Roraima) da SBPC, com uma média de 35 participantes por curso, conforme Figura 1.

O conteúdo programático é distribuído da seguinte forma:

1º aula: Princípios da Educação Ambiental; temática ambiental; informações sobre processo de ensino-aprendizagem de Matemática, Português, Ciências, Geografia, Educação Ambiental, História, Educação religiosa, Inglês utilizando a horta escolar; introdução ao cultivo de hortaliças: escolha do local e preparo dos canteiros, tipos de hortas.

2º aula: montagem e condução da horta escolar: reconhecimentos das ferramentas e utensílios, preparo dos canteiros e sementeiras, produção de mudas e plantio, pratos culturais.

3º aula: irrigação, colheita; escolha e implantação das hortícolas, valor nutricional e medicinal das principais hortaliças, colheita e conservação principais pragas e doenças.

4º aula: Filme sobre a implantação de uma horta; sorteio de kits para montagem de horta escolar e jogos didáticos (Figura 2).

Os participantes são instigados a discutir os temas propostos através de debates em sala de aula. São sorteados kits para montagem de horta escolar e jogos didáticos para que seja dada continuidade a proposta de ensino lançada no

minicurso. No último dia de minicurso é passado vídeo sobre a prática de implantação da horta e entregue um cd-rom com apostila produzida com todo material apresentado e diversos conteúdos auxiliares inclusive artigos científicos produzidos por professores que utilizam o recurso didático horta.

O delineamento do minicurso procurou motivar a todo instante os profissionais a adotarem a metodologia apresentada em sua prática docente e o kit montado para o curso tem papel primordial na tentativa de levar para o cotidiano escolar a pedagogia de projetos.

Com o objetivo de avaliar a proposta do minicurso, no último dia do evento é distribuída aos participantes uma avaliação onde há o espaço solicitando opiniões e observações, algumas destacadas nas Figuras 3 e 4.

**Figura 1.** Público participante do Minicurso na cidade de Boa Vista – Roraima.



**Fonte:** Marília Regina Costa Castro Lyra

**Figura 2.** Sorteio do Kit Horta Escolar no minicurso na cidade de Boa Vista – Roraima

**Fonte:** Marília Regina Costa Castro Lyra

**Figura 3.** Comentários de alguns participantes sobre o minicurso

**Comentários adicionais:**

muito proveitoso, com conteúdos de fácil compreensão. Sinto-me privilegiada por poder participar. Obrigada a professora pela interação e gentileza com todos; assim do mesmo modo a monitora, ótima metodologia e fácil localização do prédio e da sala.

As professoras demonstraram estarem seguras dominando nos conteúdos, pena que o tempo é corrido. Foi muito proveitoso para mim, aprendi muito neste mini-curso. Estamos de parabéns. Foi maravilhoso conhecer vocês.

**Fonte:** Marília Regina Costa Castro Lyra

**Figura 4.** Comentários de um participante sobre o minicurso na Reunião de Oriximiná/PA e Belém/PA**COMENTÁRIOS E SUGESTÕES:**

O curso em si, foi excelente, a Professora ministrou com total domínio, incentivando a participação coletiva, fomentando esclarecer as dificuldades encontradas em cada realidade.

Como sugestão: Que as horas possam ser elevadas em no mínimo 8 a 10 horas, devido a grande importância do curso e pela dificuldade de acesso ao mesmo.

**COMENTÁRIOS E SUGESTÕES:**

Podria estender mais a carga horária do curso

**Fonte:** Marília Regina Costa Castro Lyra

Na Figura 5, as 10 categorias utilizadas no questionário de avaliação do minicurso, que foram preenchidos pelos participantes de cada reunião, representam o resultado da avaliação geral do minicurso.

A partir do Gráfico de avaliação geral, percebe-se que os participantes ficaram bastante satisfeitos com o minicurso. Com exceção da categoria: utilização do tempo, todas as outras categorias tiveram a avaliação ótima sempre predominante. Reconhece-se a importância de capacitação dos professores. O processo educativo ambiental, definido no Parâmetro Curricular Nacional (PCN–Meio Ambiente, 2000), é a formação da crítica, do sujeito social com base nos dados históricos e comparada com a realidade, a continua busca para realização do objetivo comum deve existir, independente de onde ou como o processo será iniciado.

Novamente, o PCN/Meio Ambiente (2000), declara que os trabalhos relacionados ao Meio Ambiente são fundamentais para formação de um cidadão bem desenvolvido, consciente e apto a relacionar-se com a sociedade local e global. Cabe a escola a promoção dessa informação, de atividades práticas de acordo com a realidade de cada local. Para promoção dessa

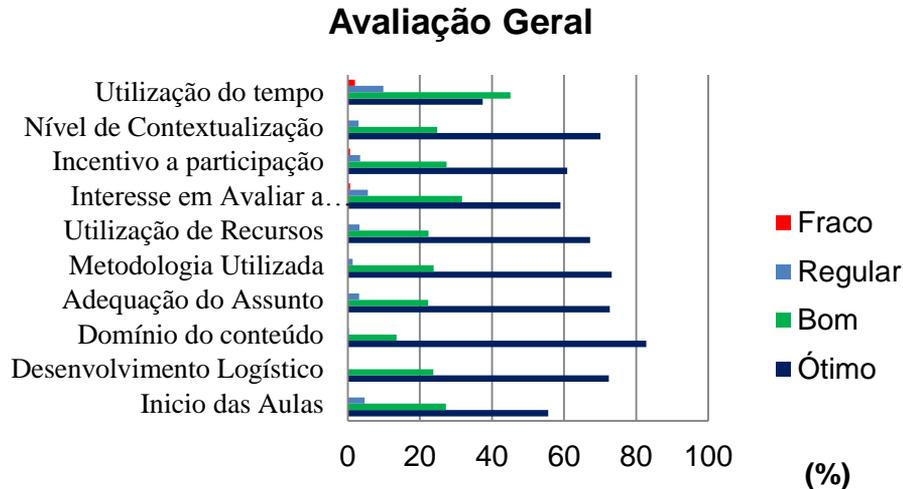
consciência ambiental, a escola precisa investir na capacitação de seus profissionais e oferecer uma infraestrutura adequada.

Outra principal preocupação é o desafio da ligação entre os saberes. Para Sorrentino (1998), o grande desafio é a responsabilidade para formação de valores através do estímulo de uma visão global. E mais uma vez, cabe à escola poder buscar uma reestruturação curricular e organizacional, rompendo com a visão reducionista e fragmentada do saber.

As Figuras 6 e 7 relatam dois depoimentos de participantes que registraram a satisfação com o minicurso e de maneira clara percebe-se o potencial da horta escolar como ferramenta de trabalho em educação ambiental, com poder de transformar realidades, levar conceitos para vida profissional e pessoal dos participantes.

Com o objetivo de criar categorias de avaliação do processo de formação continuada foram destacadas palavras-chaves (exemplo: as palavras sublinhadas em vermelho nos comentários acima) retiradas a partir das avaliações dos participantes do minicurso. Essas categorias foram classificadas na Tabela 3

**Figura 5** - Avaliação geral dos minicursos ministrados durante as reuniões da SBPC ocorridas no período de 2003 a 2013



**Figura 6.** Comentário de um participante sobre o minicurso

O minicurso Horta Escolar e Escalfabetização, servirá na vida profissional e pessoal. Para a vida profissional servirá de esclarecimento e fonte para toda a comunidade escolar. Na vida pessoal trará suporte para minha família na hora de levar a diante a horta caseira. Temos uma área extensa de terra, onde ainda não temos somente a horta. só de área da casa é mais de uma hectare de plantação. Com alguns esclarecimentos da Professora Marília concerteza a horta será realidade na vida de meus alunos e de minha família.

**Fonte:** Marília Regina Costa Castro Lyra

**Figura 7.** Comentário de um participante sobre o minicurso

COMENTÁRIOS E SUGESTÕES:

A vida é uma casquinha de surpresas, agente tem sempre coisas novas a aprender. Muito boa essa ideia dos minicursos sobre o tema, e em expandir, levando esse conhecimento <sup>afora</sup> ou até mesmo um incentivo para mudar a vida de uma pessoa.

**Fonte:** Marília Regina Costa Castro Lyra**Tabela 3 -** Relação de categorias de avaliação e palavras-chaves

<b>PALAVRAS-CHAVE</b>	<b>ASPECTO RELACIONADO Á:</b>
Fácil compreensão; Ótima; Esclareceu dúvidas, Dinâmico	Metodologia
Domínio; Incentivo a participação coletiva; Interação; Gentileza; Segurança; Domínio dos conteúdos; Segurança; Qualificada; Comunicativa	Atitudes da professora
Vida profissional e pessoal; Expandir e levar conhecimento afora; Colocar em prática na escola; Auxiliar o aluno a ter conhecimento da natureza; Motivar alunos para uma aprendizagem significativa; Trocas de experiências;	Importância do projeto
Coisas novas a aprender; Levar novos conhecimentos; Repassar conhecimento novo; Colocar em prática no dia a dia; Colocar na pratica docente; Evoluir o conhecimento que já possuímos	Continuidade da proposta apresentada na formação continuada

**Fonte:** Próprio autor

Percebe-se o entendimento que o minicurso contribui diretamente para a formação continuada dos profissionais de educação e que as reuniões da SBPC são de grande importância neste processo por oportunizarem o acesso a informação a pessoas de diversos locais muitas vezes carentes destas iniciativas. As reuniões realizam a interação desses profissionais ampliando suas visões sobre o mundo, sobre meio ambiente ou sobre outras temáticas.

Estes comentários dos participantes em relação ao tempo do minicurso ser bastante curto é possível que se dê em função da necessidade de mais tempo para tirarem possíveis dúvidas e participarem mais do evento e também pela carência nestas regiões e dificuldade de acesso a eventos deste porte, visto que existe a dificuldade relacionada ao custo para participação em outras localidades.

Apenas a participação em um curso de atualização não pode representar esta formação continuada, visto ser um processo que deve ser construído no cotidiano escolar de forma constante e contínua (CALDEIRA, 1993; CUNHA, KRASILCHIK, 2000).

Apesar de críticas por Nery e Maldaner (2009) ao formato da formação continuada de professores ocorrer geralmente com cursinhos de curta duração, simpósios e reuniões, considerados insatisfatórios, a proposta da horta como recurso didático visa proporcionar este aperfeiçoamento e construção constantes no ambiente escolar.

#### **4. Conclusões**

A proposta do minicurso como forma de apresentar a aprendizagem baseada em projetos e a horta escolar como recurso didático foi bem avaliada pelos participantes e oportunizou a troca de conhecimentos e experiências, elementos que fazem parte do processo de formação continuada.

O grau de satisfação, de acordo com o questionário de avaliação preenchido pelos participantes das reuniões avaliadas, além dos comentários, foi bastante positivo, alcançando o patamar de ótimo na maioria dos quesitos avaliados, evidenciando a qualidade do minicurso e que o mesmo possui uma metodologia eficaz.

Com base nessa avaliação, conclui-se que o minicurso pode gerar frutos e fazer a diferença, seja na questão profissional ou pessoal dos participantes, dos alunos ou na própria comunidade que irá receber os conhecimentos futuramente, gerando transformações sociais, educacionais, ambientais e, de fato, contribuindo para uma educação voltada para o desenvolvimento sustentável a partir da utilização de hortas escolares como uma ferramenta de educação ambiental.

As políticas públicas para o atingimento de uma educação de qualidade devem considerar o processo de formação continuada de professores como uma questão fundamental e incluir ações de outros membros articuladores da sociedade, como é o caso da SBPC.

O formato de minicurso é o que melhor se adequa às reuniões propostas pela SBPC e o planejamento com a inserção de vídeo de cunho prático e distribuição de apostilas e materiais complementares visa a motivar a continuidade do processo de formação em conjunto com o restante da comunidade escolar com a implantação da horta.

#### **5. Agradecimentos**

Os autores agradecem a SBPC a oportunidade de colaborar com o processo de Educação em nosso País e aos participantes do minicurso pela troca de experiências

#### **6 Referências**

- ALARCÃO, Isabel. **Professores reflexivos em uma escola reflexiva**. São Paulo: Cortez, 2003.
- CAPRA, F. **Alfabetização ecológica: a educação das crianças para um mundo sustentável**. São Paulo, SP: Cultrix, 2006.
- BRASIL/MEC. Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN/MEIO AMBIENTE Disponível em: [www.mec.com.br](http://www.mec.com.br). Acesso em 20/01/2012.
- CALDEIRA, A.M.S. A apropriação e construção do saber docente e a prática cotidiana. **Cadernos de Pesquisa**, n° 95, p. 5-12. São Paulo, nov. 1995
- CASTRO, R. S. **Repensar a educação ambiental: um olhar crítico**. São Paulo: Cortez, 2009.
- Cunha, A.M.O. & Krasilchik, M. A. Formação Continuada de Professores de Ciências: Percepções a Partir de Uma Experiência. 2000. XXVII Reunião Anual da ANPED. São Paulo. 2000.
- FREIRE, Paulo. **Educação e Mudança**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1982.
- IMBERNÓM, F. **Formação docente e profissional: formar-se para a mudança e a incerteza**. 9 ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- PHILIPPI JR, A.; PELICIONI, M.C.F.. **Educação Ambiental e Sustentabilidade**. 2.ed. Barueri-SP: Manole, 2014.
- LEITE, André Sampaio Ático. Formação continuada em Educação Ambiental: A experiência vivenciada nas reuniões da SBPC. 2014. 56f. **Monografia** (Tecnólogo em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE Recife
- LYRA, M.R.C.C.; NASCIMENTO, R.M. Aprendizagem baseada em projetos: construindo uma escola com responsabilidade socioambiental. Relato de experiência. **1º Encontro de Educação Profissional e Tecnológica do CEFET/PE – Mobilizando saberes e socializando experiências**. 2008.
- LYRA, M.R.C.C.; OLIVEIRA, Z.L. **Horta Escolar como proposta para a Educação Básica**. Apostila. 30p. 2004.
- NERY, Belmayr Knopki; MALDANER, Otavio Aloisio. Ações Interativo-Reflexivas na Formação Continuada de Professores: O Projeto Folhas. **Química nova na escola**. Vol. 31, N° 2, maio 2009
- MORIN, E. **Os setes saberes necessários à educação do futuro**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- RIVAS, P. P. N. **A (RE) Significação do Trabalho Docente no Espaço Escolar: currículo e formação**. VIII Congresso Estadual Paulista sobre Formação de Educadores, UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – São Paulo, 2005.
- SEABRA, S. J. **Cultivando hortaliças: uma diversão de crianças**. UNESP-FCA Departamento de Produção Vegetal/Horticultura, Botucatu-SP, 2001
- SILVA, Vanessa de Fátima; LIMA, Camila; PEDRA, Maria Fernanda Peneda de Azevedo; SANTOS, Ana Maria Xavier. A importância da formação continuada para uma atuação docente reflexiva: o processo formativo e o desenvolvimento profissional de professores das séries iniciais do ensino fundamental básico das

escolas municipais de Teresina-PI . **Revista Ibero-americana de Educação**. n.º 55/3 – 2011

SILVA, Janaina da Conceição Martins. Formação continuada dos professores:visando a própria experiência para uma nova perspectiva. **Revista Ibero-americana de Educação**. n.º 55/3 – 2011

SORRENTINO, Marcos. De Tbilisi a Tessaloniki, a educação ambiental no Brasil. In: JACOBI, P. et al. (orgs.). Educação, meio ambiente e cidadania: reflexões e experiências. São Paulo: SMA.1998.

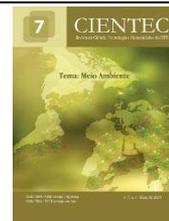
ZÁRATE, H. N. A.; KANASHIRO, P.C. UFMS X APAE: **Formação de horta escolar com alunos excepcionais**. *Sob Informa*, v. 10, n2, p.36, 1992.



## Disponibilidade e Importância da Água no Semiárido Brasileiro: um enfoque para o Sertão do São Francisco

*Availability and importance of water in the Brazilian semi-arid region: an approach to the Sertão do São Francisco*

Submetido em 17.11.14 | Aceito em 14.05.15 | Disponível on-line em 31.08.15



Artigo

**Marcelo Alves Maurício da Silva\***, **Eduardo José Alcécio de Oliveira** e **Ronaldo Faustino da Silva**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Av. Professor Luiz Freire, 500, 50740-540 Recife – PE, Brasil. | \*: marcelomauricio@gmail.com

**Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira,**

Departamento de Biologia, Laboratório de Fisiologia Vegetal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP: 52171-900 Recife-PE

### RESUMO

*O semiárido brasileiro não está alheio aos fenômenos climáticos extremos e, como as demais regiões do planeta, passa por mudanças devido ao aquecimento global. O presente trabalho teve por objetivo realizar uma reflexão sobre a disponibilidade hídrica do semiárido brasileiro, abordando sua importância no cenário atual e considerando fatores associados, como mudanças climáticas, desertificação e vulnerabilidade ambiental, com enfoque para a região do Sertão do São Francisco e, conseqüentemente, para a escassez hídrica. A metodologia adotada foi uma análise sobre a importância da água na região semiárida do Nordeste, através da apreciação bibliográfica de fontes científicas discutindo a importância desse tema na atualidade. Foi verificado que a falta de uma gestão adequada dos recursos hídricos, no Brasil, agrava a situação de degradação, tornando a água ainda mais escassa e valiosa em determinadas localidades, como no semiárido brasileiro. Assim, um planejamento para o manejo adequado dos recursos naturais aliado ao envolvimento socioeconômico de agricultores, são parâmetros fundamentais para a conservação do solo e da água.*

**Palavras-chaves:** semiárido brasileiro, água, mudanças climáticas, desertificação, planejamento sustentável.

### ABSTRACT

*The Brazilian semi-arid region is not immune to extreme weather phenomena, and as the other regions of the planet, it undergoes changes due to global warming. The present study aimed at performing a reflection on the water availability of the Brazilian semi-arid region, addressing its importance in the current scenario and associated factors, such as climate change, desertification and environmental vulnerability, focusing on the region of Sertão do São Francisco and, consequently, water shortage. The methodology adopted was an analysis of the importance of water in semi-arid region of Northeast, through the assessment of current scientific literature, discussing the importance of this topic nowadays. It was verified that the lack of proper management of water resources, in Brazil, aggravates the situation of degradation, making the water even more scarce and valuable in certain locations, such as in the Brazilian semi-arid region. Thus, a planning for the proper management of natural resources coupled with the economic involvement of farmer, are fundamental parameters for the soil and water conservation.*

**Keywords:** Brazilian semi-arid, water, climate change, desertification, sustainable planning.

## 1. Introdução

A água é o elemento preponderante à vida. Esse recurso natural é utilizado nas civilizações humanas desde o desenvolvimento agrícola e industrial, apresentando influências culturais e religiosas, ao simples ato de consumo para dessedentação humana e animal (REBOUÇAS, 2004).

Tornou-se símbolo de equidade social, passando a ser uma prioridade e elemento central no desenvolvimento econômico. Entretanto, sua valorização e uso racional começaram a ser debatidos após a publicação, em 1987, do Relatório de Brundtland intitulado “Nosso Futuro Comum” elaborado pela Organização das Nações Unidas (ONU) que aborda o uso racional dos recursos naturais (PEREIRA, 2005; AMORIM, 2011).

Segundo Bacci e Pataca (2008), a sobrevivência da espécie humana, a conservação e equilíbrio da biodiversidade, as relações entre os seres vivos e ambientes naturais estão diretamente associados à disponibilidade e conservação dos recursos hídricos.

E com o aumento da temperatura devido às mudanças climáticas acentuadas, a menor frequência de chuvas e a escassez da vegetação, observa-se a ocorrência de um fenômeno chamado seca, termo que designa uma condição natural de algumas regiões, ocorrendo quando as chuvas são significativamente menores que os níveis normais registrados e que acarretam graves desequilíbrios hidrológicos (BRASIL, 2004).

O homem é dependente da água e sua ocorrência condiciona a forma de vida das sociedades nos locais escolhidos para se estabelecer. Portanto, é de origem social o comportamento humano que agrava os efeitos da seca por causa do desmatamento, ocupação das várzeas dos rios, impermeabilização do solo, lançamento de esgotos nos corpos de água doce e

desperdício da água disponível (REBOUÇAS, 1997).

Assim, a disponibilidade de água doce permaneceu constante, enquanto que a sua utilização nas sociedades aumentou consideravelmente, levando a uma crise socioambiental devido ao rápido crescimento populacional que, aliado à falta de planejamento não considerou as consequências futuras em relação à quantidade e a sua qualidade (BACCI & PATACA, 2008).

Outro fator importante que deve ser considerado são as mudanças climáticas, que relacionam-se intimamente com a disponibilidade de água, provocando secas e inundações, intensificando as preocupações e debates direcionados à utilização adequada dos recursos hídricos, nos círculos científicos, políticos e sociais (MARENGO, 2008; CIRILO, 2008).

Nesse contexto, o semiárido brasileiro não está alheio a tais fenômenos, e como as demais regiões do planeta, passa por mudanças climáticas devido ao aquecimento global que apresenta reflexos imediatos sobre a disponibilidade hídrica, agravando processos históricos de seca (MALVEZZI, 2007).

A desertificação é outro fator grave, derivado da intensificação de um conjunto de processos humanos, tais como: práticas agrícolas inadequadas, desmatamentos, compactação do solo, processos erosivos, e a salinização. Também é considerada como o resultado de um contexto climático severo e da utilização inapropriada das terras com a remoção da cobertura vegetal original (MARENGO, 2008; BRASILEIRO, 2009).

Segundo Soares e colaboradores (2011), a desertificação é um problema cosmopolita, que afeta boa parte da população mundial, degradando os solos e provocando consequente perda da capacidade produtiva.

Os aspectos citados também contribuem para mudanças climáticas severas relacionadas à região semiárida, provocando crescente vulnerabilidade ambiental. O termo vulnerabilidade denota a fragilidade associada a um sistema ecológico, nesse contexto, é importante relacioná-la ao semiárido com elementos vinculados a disponibilidade e reservação da água devido, principalmente, aos ciclos de secas frequentes (MARENGO, 2008). A vulnerabilidade é entendida como o nível de susceptibilidade a que um sistema está sujeito. Essa exposição caracteriza o vetor de distúrbio, que no caso do semiárido relaciona-se a ocorrência de eventos extremos climáticos, em especial a seca (LINDOSO et al., 2013).

Assim as pressões ambientais estão diretamente relacionadas ao crescimento da população mundial e ao aumento das exigências de consumo em razão do crescente nível de desenvolvimento da humanidade que utiliza os recursos naturais de diversos modos (BRASIL, 2009).

Portanto, o presente trabalho teve por objetivo realizar uma revisão sobre a disponibilidade hídrica do semiárido brasileiro, abordando sua importância no cenário atual e considerando fatores associados, como mudanças climáticas, desertificação e vulnerabilidade ambiental, com enfoque para a região do Sertão

do São Francisco e, conseqüentemente, para a escassez hídrica.

## 2. Material e Métodos

A metodologia adotada foi uma análise sobre a importância da água na região semiárida do Nordeste através da apreciação bibliográfica de fontes científicas que discutem a importância desse tema na atualidade. Também foram abordados assuntos como as mudanças climáticas, a desertificação e a vulnerabilidade ambiental, temas intimamente associados aos recursos hídricos e, conseqüentemente à seca, conforme observado na figura 1.

A metodologia seguiu um rigor científico expresso nas três etapas do processo: coleta de dados, análise dos dados e síntese. Na primeira parte, fez-se a identificação inicial dos critérios de seleção, na qual foi necessário determinar as palavras chaves e os termos da pesquisa. Na análise dos dados, os resultados da pesquisa passaram por uma apreciação descritiva conforme o objetivo do estudo. E, por fim, as informações pesquisadas serviram como base para a elaboração das considerações finais desta pesquisa. Assim, espera-se que esse material científico contribua para a reflexão sobre a disponibilidade hídrica do semiárido nordestino, servindo de base para outros estudos relacionados à gestão ambiental.

**Figura 1.** Esquema definindo os caracteres de importância da região semiárida brasileira que foram abordados nesse artigo.



Fonte: Autores, 2014

### 3. Resultados e Discussões

#### 3.1. Disponibilidade e importância hídrica no semiárido brasileiro

O Nordeste brasileiro ocupa 1.600.000 km<sup>2</sup> do território nacional e apresenta 62% da sua área constituída por uma região semiárida de 940 mil km<sup>2</sup> que abrange nove Estados do Nordeste e enfrenta um problema crônico de escassez de água e chuvas (MARENGO, 2008).

O semiárido brasileiro, encontrado na região Nordeste, é uma extensão que apresenta períodos chuvosos curtos e longos meses de estiagem, apresentando uma vegetação diferenciada das demais regiões do Brasil, a caatinga, que exibe grande variedade de formações, todas adaptadas às prolongadas estações secas (REBOLÇAS, 1997).

A região em questão possui precipitação média inferior a 800 mm/ano e taxas de evaporação variando entre 1.000 mm e 4.000 mm por ano. Devido à sua proximidade com o equador, apresenta alta insolação, entre 2.800h/ano, e temperaturas médias elevadas variando entre 25°C e 29°C com baixa amplitude térmica (AB'SÁBER, 2003; BRASIL, 2013).

O semiárido brasileiro corresponde a 57% da área total do Nordeste, excluindo-se algumas localidades que apresentam agricultura irrigada que não chega a 1% do total e algumas serras úmidas, predominando sistemas de produção limitados, com uma economia de subsistência, em que boa parte da produção se destina ao autoconsumo (AB'SÁBER, 1998; GUIMARÃES FILHO et al., 1999).

A área dispõe de importantes bacias hidrográficas, a exemplo das bacias do São Francisco e Parnaíba, além de contar com um razoável sistema de rios. Entretanto, muitos desses cursos de água são temporários, correndo apenas na estação das chuvas, o que faz com que os efeitos da temporada de seca sejam

intensificados, causando grandes transtornos à população local (BRASIL, 2009).

Nesse contexto, considerando a disponibilidade hídrica do semiárido brasileiro, deve-se estimar a água doce extremamente importante e muito valiosa, sobretudo devido a sua escassez. Para tanto é importante que seja considerada uma gestão adequada dos recursos hídricos com as demais peculiaridades ambientais e sociais, tendo em vista garantir a qualidade de vida da sociedade (REBOUÇAS, 1997; SILVA, 2010).

Também deve ser relacionado o desenvolvimento sustentável como um contraponto ao modelo tradicional de desenvolvimento baseado no crescimento econômico sem limites, pois, a preservação dos recursos naturais, como a água, depende dessa equidade (LINDOSO et al., 2013).

Nessa concepção o Brasil é destacado no texto do Relatório do Desenvolvimento Humano de 2006 como um dos países que possuem mais água do que podem consumir, mas que nem por isso conseguiu superar o desabastecimento nas regiões secas e entre a população de baixa renda.

“As estatísticas nacionais do Brasil colocam o país no topo do ranking de países com maiores reservas de água do mundo. No entanto, milhões de pessoas que vivem no ‘polígono da seca’ — uma região semiárida de 940 mil quilômetros quadrados que abrange nove Estados no Nordeste — enfrentam um problema crônico de falta de água (RDH, 2006)”.

O Nordeste brasileiro é a região que apresenta menor disponibilidade de recursos hídricos, contando apenas com 3% desses

recursos em relação ao total disponível no Brasil, conforme observado na figura 2 (BRASIL, 2009).

A importância da presença e qualidade da água foi bem conceituada na Política Nacional de Recursos Hídricos que define, dentre seus objetivos, “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (Art. 2º da Lei nº 9.433/1997).

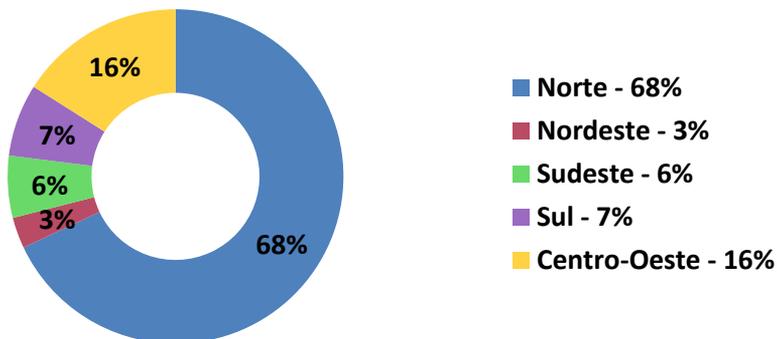
Porém, a falta de uma gestão adequada dos recursos hídricos, no Brasil, agrava a situação

de degradação, tornando a água ainda mais escassa e valiosa em determinadas localidades, como no semiárido brasileiro.

Especialmente, nessa região verificam-se intervenções altamente predatórias contribuindo com a intensificação dos efeitos do fenômeno conhecido como seca ou estresse hídrico, que aplica-se à situações onde não há água suficiente para todos os usos, sejam agrícolas, industriais ou domésticos (ANA, 2009).

**Figura 2.** Disponibilidade Hídrica nas cinco regiões brasileiras, demonstrando que o Nordeste é a região que apresenta menor potencial hídrico

### Distribuição dos Recursos Hídricos no Brasil



Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2009)

#### 3.1.2. Desenvolvimento do Sertão do São Francisco

Geograficamente o território do Sertão do São Francisco localiza-se na região Nordeste do Brasil, situado no semiárido Pernambucano. É uma das mesorregiões brasileiras, constituída por sete municípios: Afrânio, Cabrobó, Dormentes, Lagoa Grande, Orocó, Petrolina, e Santa Maria da Boa Vista. Essa mesorregião é circundada pela margem esquerda do Rio São Francisco, por isso apresenta uma desenvolvida agricultura irrigada (BRASIL, 2011).

Os estudos sobre a viabilidade técnica de irrigação no Vale do São Francisco aconteceram a partir da década de 60 e realizados pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, que conseguiu resultados iniciais para o desenvolvimento do semiárido (LIMA & MIRANDA, 2001; BRASIL, 2008).

O Vale do São Francisco por ser uma região economicamente centralizada na agricultura irrigada passou por um desenvolvimento rápido e expressivo, transformando-se em um polo agrícola com relevância

nacional e internacional (ANDRADE & FERREIRA, 2013).

Essa região destaca-se pela agricultura frutífera, com produção de frutos que apresentam grande teor de açúcar e baixa acidez na maioria das plantas, destinados a grandes mercados externos. Como também ocorre a criação de caprinos, ovinos e bovinos, recebe considerável destaque as plantações de espécies forrageiras herbáceas e arbóreas nativas, tolerantes à seca, destinadas a alimentação animal (BRASIL, 2011).

Vale salientar que o semiárido nordestino sempre possuiu uma agricultura tradicional com retrógrada estrutura fundiária. Mas, a construção dos perímetros de irrigação representou o maior exemplo do esforço feito na microrregião visando combater estes problemas (SOBEL, 2006).

Um fator significativo é a presença do Rio São Francisco como principal potencialidade do território do Sertão do São Francisco, permitindo em uma grande parte dos municípios a atuação de um conjunto de políticas públicas que utilizam o manejo apropriado da água, como principal alavanca para o seu desenvolvimento (BRASIL, 2011).

Para Ab'Saber (2003), a sobrevivência dos sertanejos, habitantes dos sertões, está intimamente relacionada às irregularidades climáticas periódicas que assolam o espaço social do semiárido e, portanto, é extremamente necessário o investimento em novas tecnologias que possibilitem a continuação do manejo apropriado dos recursos hídricos da região.

Consequentemente, a prática e valorização da cultura de espécies forrageiras para alimentação animal, tanto por agrossilviprodutores, como por agricultores de médio e pequeno porte que tendem a vender a produção em tempos de seca, se torna fator essencial, já que a seca afeta a pecuária tanto pelo impacto negativo na disponibilidade de plantas forrageiras quanto no estresse hídrico dos animais (LINDOSO et al., 2013).

Essa busca por uma agricultura sustentável tem apontado o desenvolvimento de sistemas de produção agrofloretais como alternativa mais adequada, uma vez que combinam árvores, arbustos, culturas e animais em um conceito de imitação dos ecossistemas naturais (ARAÚJO & CARVALHO, 2001).

Assim, um planejamento sustentável para o manejo adequado dos recursos naturais aliado ao

envolvimento socioeconômico de agricultores da região semiárida, são parâmetros fundamentais para a conservação do solo e da água.

### **3.2 Mudanças Climáticas e Desertificação do Semiárido**

As mudanças climáticas estão relacionadas à variação do clima, mais especificamente temperatura, precipitação e outros fenômenos climáticos independente de sua natureza estatística, temporal ou física. Em escala global ou mesmo regional essa variação influencia diretamente no aumento do número de doenças tropicais e na disponibilidade hídrica (BARCELLOS et al., 2009; CAMPOS, 2009).

Como agravamento das mudanças climáticas observa-se o efeito estufa que é um fenômeno natural, causado por gases que provocam a retenção da radiação infravermelha na atmosfera. Esses gases têm estado presentes no ambiente durante grande parte da história da Terra, porém suas concentrações aumentaram devido às emissões de poluentes causadas por ação humana (LEGGETT, 1992; BARCELLOS et al., 2009).

Segundo a Embrapa (2008), os impactos do aquecimento global observados nas culturas agrícolas do Brasil, nas próximas décadas, serão diversos, provocando desde alterações na produção agrícola até perdas nas safras, consequências intensificadas pela ausência de medidas de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

Nesse contexto é interessante ressaltar que o semiárido é uma região voltada para atividades agrossilvipastoris e apresenta condições climáticas desfavoráveis, com ciclos de secas frequentes. As pesquisas realizadas nestes ambientes demonstram uma realidade de processos negativos sobre a flora e a fauna silvestres, como também a estreita relação com fatores antrópicos sobre o meio, principalmente sobre os solos, onde os processos erosivos se intensificam e constituem os indícios mais marcantes da desertificação (SÁ et al., 2010; BRASIL, 2011).

E dentre as populações mais vulneráveis às mudanças climáticas, encontram-se os produtores familiares rurais, cujas atividades produtivas estão intimamente relacionadas a sua subsistência (LINDOSO et al., 2013).

Todo esse conjunto de fatores agrava a situação do semiárido, especialmente com a ação do aquecimento global, que apresenta reflexos imediatos sobre a disponibilidade hídrica, causando impactos ambientais ainda mais acentuados (MALVEZZI, 2007).

A desertificação é outro fator grave derivado da intensificação de um conjunto de processos tais como: práticas agrícolas inadequadas e desmatamentos que removem a cobertura vegetal original e deixa o solo exposto aos processos erosivos, compactação do solo através de atividades econômicas relacionadas à criação de animais que pisoteiam o solo devido ao manejo inadequado do rebanho, processos erosivos derivados da ação antrópica, provocando impactos irreversíveis ao solo, e a salinização do solo por causa da irrigação excessiva (BRASILEIRO, 2009; ARAÚJO & SOUZA, 2011).

No Nordeste, as causas de desertificação não são diferentes das encontradas em outras áreas do mundo, influenciadas, em muito, por fatores sociais. Mas tornaram-se atualmente preocupantes devido ao resultado tanto das mudanças climáticas como da pressão das atividades humanas sobre o ecossistema da caatinga (CAMPOS, 2009).

Um dos caracteres preponderantes para instalação de tal processo ainda é o antropogênico, que devido às más técnicas de agricultura, pecuária e retirada de madeira em excesso, para a produção de lenha e carvão, intensificam a degradação do bioma caatinga (SOARES et al., 2011).

Para Conti (2005), a desertificação no semiárido é um fenômeno que vem se agravando como consequência da superexploração de um meio muito fragilizado pela escassez e variabilidade interanual das precipitações. Outro fator é a posição em baixa latitude que expõe a região à intensa radiação solar, que exaure as reservas de águas superficiais, ameaçando o equilíbrio da biosfera.

É certo que a degradação ambiental constante produz, entre outras consequências, o empobrecimento dos ecossistemas, resultando em áreas de climas áridos, semiáridos e subúmidos secos com a incidência dos processos de desertificação (BRASIL, 2004; GALINDO et al., 2008).

Porém, no Nordeste do Brasil não houve a preocupação do estabelecimento de uma infraestrutura de suporte às atividades agropastoris e a convivência

com o semiárido, agravando os processos de desertificação. Na região do Sertão do São Francisco, por exemplo, verificam-se atualmente áreas salinizadas devido à utilização excessiva do solo (SAMPAIO et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009).

Entretanto, as questões ambientais no Nordeste são decorrentes, sobretudo, de processos socioeconômicos com soluções estritamente dependentes de decisões políticas, mas que geralmente são deficientes, desencadeando a migração de populações em condições menos favoráveis para grandes centros urbanos (LACERDA & LACERDA, 2004).

Portanto, a identificação de áreas em processo de desertificação no semiárido é fundamental, pois elas representam um risco à vida. Assim, devem-se considerar primordiais pesquisas relacionadas às ações de mitigação e políticas públicas de combate à desertificação, com vistas ao desenvolvimento sustentável para recuperação da capacidade produtiva da região semiárida e a melhoria da qualidade de vida (OLIVEIRA et al., 2009).

### 3.3 Vulnerabilidade Ambiental

A vulnerabilidade é uma função da característica, magnitude e da taxa de variação climática ao qual um sistema é exposto, considerando a sensibilidade e a sua capacidade de adaptação (LINDOSO et al., 2013).

Confalonieri (2005) afirma que a região Nordeste, especialmente o semiárido brasileiro, é a região socialmente mais vulnerável aos riscos à saúde causados pelas mudanças climáticas no Brasil. As vulnerabilidades sociais estão diretamente associadas às interações ambientais, sociais, econômicas e culturais, que podem resultar em um aumento de extremo climático ou meteorológico sob a região do semiárido nordestino.

Assim, os que possuem menos recursos estão mais vulneráveis às mudanças climáticas extremas e, dificilmente, se adaptarão, pois a capacidade de adaptação considera como parâmetros a riqueza, tecnologia, educação, informação, habilidades, infraestrutura, acesso a recursos e capacidade de gestão (IPCC, 2001; OLIVEIRA et al., 2009).

Segundo Marengo (2007) e Ambrizzi et al. (2007) o Brasil é vulnerável às mudanças climáticas atuais e que se projetam para o futuro, especialmente em áreas que apresentam extremos climáticos, como o semiárido brasileiro. Consequentemente, é importante o conhecimento mais específico sobre o clima e a disponibilidade hídrica, dessa região, para definir políticas ambientais de uso e gerenciamento da água.

Nesse contexto, o semiárido aparece como uma região merecedora de atenção especial por parte dos órgãos e entidades governamentais, devido às consequências derivadas das secas recorrentes, fenômeno que pode tornar-se mais frequente e até permanente nos próximos anos (BRASIL, 2009).

O agravamento do aquecimento global, também é outro fator preocupante, por acelerar o surgimento de desertos no Brasil, transformando áreas semiáridas em zonas áridas, substituindo o bioma natural, a caatinga, por uma vegetação rala, que aumenta as taxas de evapotranspiração e reduz a disponibilidade hídrica (BRASIL, 2009; PEREIRA, 2012).

Portanto, é fundamental considerar a vulnerabilidade como um fator indicador importante para percepção das condições ambientais. Assim, precauções adequadas que revertam processos iniciais de mudanças extremas, em regiões fragilizadas, poderão ser adotadas mais rapidamente.

#### 4. Considerações Finais

O acesso à água potável atualmente não é uma questão de escolha, especialmente nas regiões nordestinas, mas uma necessidade que pode ou não ser sanada dependendo do planejamento para utilização dos recursos hídricos.

Entenda-se por sustentabilidade hídrica do Semiárido a manutenção continuada de um balanço hídrico favorável, em quantidade e qualidade, entre a oferta de água com elevados níveis de garantia e a demanda social para usos múltiplos.

Nesse contexto, sabe-se que o semiárido possui uma irregularidade de chuvas, sendo necessário, portanto, uma agricultura adaptada ao clima que demande menos água para irrigação e um planejamento de reservas de água que permaneçam por mais tempo.

Para tanto, é interessante manejar os recursos naturais de forma consciente e equilibrada, sendo importante considerar um desenvolvimento voltado para os modelos sustentáveis, que garanta a preservação dos recursos ambientais, como a água doce, por mais tempo.

A mesorregião do Sertão do São Francisco é circundada pela margem esquerda do Rio São Francisco, por isso apresenta uma desenvolvida agricultura irrigada, entretanto, para preservação dos recursos hídricos torna-se extremamente importante o manejo sustentável adequado.

Por isso, são essenciais pesquisas direcionadas ao desenvolvimento sustentável, considerando o planejamento de ações relacionadas à adaptação, às mudanças climáticas e o manejo apropriado dos recursos ambientais como parâmetros específicos para consolidação de transformações significativas na região semiárida brasileira.

Portanto, são urgentes ações que promovam pesquisas tecnológicas direcionadas a manutenção hídrica que melhor atendam ao semiárido brasileiro, impulsionando a elaboração de estudos, visando identificar os potenciais riscos relacionados às mudanças climáticas, com o objetivo de preparar a população para situações extremas de escassez de água.

#### 5. Referências

AB'SÁBER, A. N. A originalidade da Terra. *Ciência Hoje*, v. 3, n. 18, p. 43-52, 1998.

AB'SÁBER, A. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003, 158 p.

AMBRIZZI, T.; MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; NOBRE, C. A.; PISNITCHENKO, I. *Cenários regionalizados de clima no Brasil para o século XXI: Projeções de clima usando três modelos regionais*. Relatório 3. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Diretoria de Conservação da Biodiversidade (DCBio). Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o

território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, fev. 2007.

AMORIM, P. H. P. *Água, cultura e crise: análise do discurso contemporâneo sobre recursos hídricos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre/RS, 2011, 106 p. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/29536/000774263.pdf?sequence=1> > Acesso em: 17. jul. 2014.

ANA – Agência Nacional de Águas, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. *Água, Fatos e Tendências da ANA*. Brasília: TCU, 2009, 36 p. Disponível em: < [http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatose tendencias/edicao\\_2.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatose tendencias/edicao_2.pdf) > Acesso em: 29. ago. 2014.

ANDRADE, A. C.; FERREIRA, E. R. Produção familiar, conservação ambiental e turismo no espaço rural da microrregião de Itajuba, Minas Gerais. *Campo-Território: revista de geografia agrária*, v. 8, n. 16, p. 315-341, ago. 2013.

ARAÚJO, C. S. F.; SOUSA, A. N. Estudo do Processo de Desertificação na Caatinga: uma proposta de Educação Ambiental. *Revista Ciência & Educação*, v. 17, n. 4, p. 975-986, 2011.

ARAÚJO FILHO, J. A. E CARVALHO, F. C. Sistemas de produção agrossilvipastoril para o semi-árido nordestino In: *Sistemas Agroflorestais Pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília, DF: FAO, 2001, p.101-110.

ARTIGO 2º da Lei nº 9.433/1997. *Política Nacional de Recursos Hídricos*. Brasil/Presidência da República. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm) > Acesso em: 25. jan. 2015.

BACCI, D. L. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. *Revista Estudos Avançados*, São Paulo, v. 22, n.

63, p. 211-226, 2008. Disponível em: < <http://periodicos.usp.br/eav/article/view/10302/11957> > Acesso em: 17. jul. 2014.

BARCELLOS, C. D. C.; MONTEIRO, A. M. V.; CORVALÁN, C.; GURGEL, H. C., CARVALHO, M. S.; ARTAXO, P.; HACON, S.; RAGONI, V. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Revista Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 18, n. 3, 285-304 p., jul-set 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretária de Recursos Hídricos. *Programa de Ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca*: Pan-Brasil. Brasília/DF, 2004, 213 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto de Assessoria para o Desenvolvimento Humano. *Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável do Sertão do São Francisco – Pernambuco*. Brasília/DF, 2011, 113 p. Disponível em: < [http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs\\_qua\\_territo rio083.pdf](http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territo rio083.pdf) > Acesso em: 26. jul. 2014.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. *A irrigação no Brasil: situação e diretrizes*. Brasília: IICA, 2008, 132 p. Disponível em: < [http://www.integracao.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=4acec1ad-1463-40fd-8a71-e05f6a29d55c&groupId=10157](http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=4acec1ad-1463-40fd-8a71-e05f6a29d55c&groupId=10157) > Acesso em: 06. ago. 2014.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Segurança Hídrica no Semiárido*. Relator Ministro Aroldo Cedraz. Brasília: TCU, 2009, 61 p. Disponível em: < [http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3514/Livro\\_Seguran%C3%A7a-h%C3%ADdrica-no-Semi%C3%A1rido\\_TCU.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3514/Livro_Seguran%C3%A7a-h%C3%ADdrica-no-Semi%C3%A1rido_TCU.pdf?sequence=1) > Acesso em: 29. ago. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. INMET – *Instituto Nacional de Meteorologia*. Boletim informativo do Instituto Nacional de Meteorologia, 2013. Disponível em: <

<http://www.inmet.gov.br/portal/> > Acesso em: 29. jul. 2014.

BRASILEIRO, R. S. *Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação*. Revista Scientia Plena, v. 5, n. 5, 2009. Disponível em: <http://www.scientiaplena.org.br/ojs/index.php/sp/article/viewFile/629/290> > Acesso em: 08. jan. 2014.

CAMPOS, H. L. O processo de desertificação: vulnerabilidade aos fenômenos climáticos. *Revista de Geografia*, Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 26, n. 3, set/dez. 2009.

CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. *Revista Estudos Avançados*, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 61, 2008. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10293/11939> > Acesso em: 02. jan. 2014.

CONFALONIERI, U. E. Mudanças Climáticas e Saúde Humana. In: *Mudança Climática*. POPPE, M. K.; LA ROVERE, E. L. (Org.) Brasília: NAE, v. 1, 2005, p. 166-171.

CONTI, J. B. A questão climática do Nordeste brasileiro e os processos de desertificação. *Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba, v. 1, n. 1, dez. 2005.

EMBRAPA. Organizadores: PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; JUNIOR, J. Z.; EVANGELISTA, S. R. M.; OTAVIAN, A. F.; ÁVILA, A. M. H.; EVANGELISTA, B.; MARIN, F. R.; JUNIOR, C. M.; PELLEGRINO, G. Q.; COLTRI, P. P.; CORAL, G. *Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil*. Embrapa, São Paulo, 2008.

GALINDO, I. C. L.; RIBEIRO, M. R.; SANTOS, M. F. A. V.; LIMA, J. F. W. F.; LIMA FERREIRA, R. F. A. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 3, p. 1283-1296, 2008.

GUIMARÃES FILHO, C.; SABOURIN, E.; SILVA, P. C. G. CORREIA, R. C. A pesquisa em agricultura familiar no semi-árido: métodos alternativos de diagnóstico e validação de tecnologias. In: *Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*, Foz do Iguaçu, 1999, 10 p.

IPCC. Intergovernmental Panel in Climate Change. *Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Genebra, Suíça, 2001.

LACERDA, M. A. D.; LACERDA, R. D. Planos de combate a desertificação no nordeste brasileiro. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, v. 4, n. 1, p. 1-14, 2004.

LEGGETT, J. A natureza da Ameaça do Efeito Estufa. In: *Aquecimento global: Relatório do Greenpeace*. Editor Responsável: Jeremy Leggett; tradutores Alexandre Lissovsky et al. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, 1992.

LIMA, J. P. R.; MIRANDA, E. A. A. Fruticultura irrigada no Vale do São Francisco: Incorporação tecnológica, competitividade e sustentabilidade. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 32, n. Especial, p. 611-632, nov. 2001.

LINDOSO, D.; EIRÓ, F.; ROCHA, J. D. Desenvolvimento sustentável, Adaptação e Vulnerabilidade à Mudança Climática no Semiárido Nordestino: Um Estudo de Caso no Sertão do São Francisco. *Revista Economia NE*, Fortaleza/CE, v. 44, n. especial, p. 301-332, jun. 2013. Disponível em: < [http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/publicacoes/renumeros\\_publicados/docs/ren\\_2013\\_6\\_desenvolvimentopdf](http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/publicacoes/renumeros_publicados/docs/ren_2013_6_desenvolvimentopdf) > Acesso em: 29. jul. 2014.

MALVEZZI, R. *Semi-árido – uma visão holística*. Brasília: Confea, 2007, 140 p.

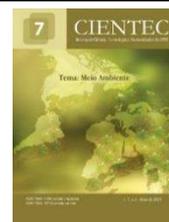
MARENCO, J. A. Água e mudanças climáticas. *Revista Estudos Avançados*, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 83, 2008. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a06.pdf> > Acesso em: 16. jul. 2014.

- MARENGO, J. A. *Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade – caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, v. 1, p. 214, 2007.
- OLIVEIRA, E. M.; SANTOS, M. J.; ARAÚJO, L. E.; SILVA, D. F. Desertificação e seus impactos na região semi-árida do Estado da Paraíba. *Revista Ambientia*, Guarapuava/PR, v. 5, n. 1, p. 67-79, jan./abr. 2009.
- PEREIRA, L. F. R. *Aspectos Conceituais da Ecoeficiência no Contexto do Desenvolvimento Sustentável*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense, Programa de Gestão em Meio Ambiente, Niterói/RJ, 2005, 78 p.
- PEREIRA, G. *Impactos das atualizações do uso e cobertura da terra e das características físico-químicas da vegetação na América do Sul em modelos climáticos*. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Geografia, São Paulo/SP, 2012, 129 p.
- REBOUÇAS, A. C. Água na Região Nordeste: desperdício e escassez. *Revista Estudos Avançados*, São Paulo, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.
- REBOUÇAS, A. C. *Uso inteligente da água*. São Paulo: Escrituras Editora, 207 p., 2004.
- RDH – Relatório de Desenvolvimento Humano. *Além da Escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água*. 2006. Disponível em < [http://www.pnud.org.br/hdr/arquivos/rdh2006/rdh2006\\_br\\_odm.pdf](http://www.pnud.org.br/hdr/arquivos/rdh2006/rdh2006_br_odm.pdf) > Acesso em: 16. jul. 2014.
- SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TEIXEIRA, A. H. C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, M. A. Desertificação no Semiárido brasileiro. *ICID+18 – 2ª Conferência Internacional: Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas*, Fortaleza/CE, ago. 2010.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S.; SAMPAIO, Y. S. B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. *Revista de Geografia (Recife)*, v. 22, n. 1, p. 90-112, 2008.
- SILVA, L. M. Gestão ambiental de recursos hídricos: pressupostos básicos, conceitos, modelos e instrumentos. *Revista Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 11, n. 36, p. 207-223, dez/2010.
- SOARES, D. B.; FILHO, F. O. M.; NÓBREGA, R. S. Sobre o Processo de Desertificação. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 1, p. 174-188, 2011.
- SOBEL, T. F. *Desenvolvimento Territorial nos Perímetros Irrigados do Submédio do Vale do São Francisco: O Caso dos Perímetros Nilo Coelho e Bebedouro (PE)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Economia, Uberlândia/MG, 2006, 145 p. Disponível em: < <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/2531/1/DesenvolvimentoTerritorialPer%C3%ADmetros.pdf> > Acesso em: 06. ago. 2014.



## Pagamento por serviços ambientais como instrumento para gestão de unidades de conservação: um estudo a partir do Parque Estadual de Dois Irmãos (Recife-Pernambuco)

*Payment for environmental services as a tool for management of protected areas: a study from the State Park of Dois Irmãos (Recife-Pernambuco)*



Submetido em 23.01.14 | Aceito em 23.04.15 | Disponível on-line em 28.08.15

**Edson Ferreira de Aquino Júnior, Aline da Costa Ribeiro, Carlos Eduardo Menezes da Silva\*, Anselmo César Vasconcelos Bezerra, Felipe Alcântara de Albuquerque.**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Av. Professor Luiz Freire, 500, 50740-540 Recife – PE, Brasil. | \*carlosmenezes@recife.ifpe.edu.br

### RESUMO

*As Unidades de Conservação (UC) são espaços territoriais especialmente protegidos que têm por objetivo a preservação, manutenção, utilização sustentável, restauração e recuperação ambiental. E o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), é um instrumento econômico, que combinado com as UC's formam uma importante estratégia para assegurar a provisão de bens e serviços ambientais. Neste sentido, o artigo visa discutir a contribuição de programas de Pagamento por Serviços Ambientais à gestão de Unidades de Conservação, partindo de um estudo de caso do Parque Estadual de Dois Irmãos, Pernambuco. Para tanto, foi feita uma pesquisa com acadêmicos e Gestores de Áreas Protegidas, além do levantamento de dados secundários. Os resultados demonstraram que os maiores problemas das UC's são: insuficiência de recursos financeiros e humanos, regularização fundiária, ausência de infraestrutura básica, etc. Também se observou que os instrumentos jurídicos, administrativos e econômicos podem auxiliar na resolução dessa situação, com destaque para o PSA, que no caso estudado, considerou-se viável, principalmente por representar um aumento de 10,5% na receita atual do Parque e haver arcabouço jurídico institucional favorável.*

**Palavras-chaves:** *Pagamento por Serviços Ambientais, Instrumentos de Gestão Ambiental, Unidades de Conservação.*

### ABSTRACT

*Protected Areas are specially protected territorial spaces that are aimed at preservation, maintenance, sustainable use, restoration and environmental restoration. Payment for Environmental Services (PES) is an economic instrument, which combined with the Protected Areas form an important strategy to ensure the provision of environmental goods and services. In this sense, this paper aims at discussing the contribution of Payment for Environmental Services programs to protected areas management, starting from a case study of the Dois Irmãos's State Park on Pernambuco, Brazil. Therefore, a survey was made with researchers and managers of protected areas, and collected secondary data. The results showed that the major problems of the Protect Areas are: insufficient financial and human resources, land tenure, lack of basic infrastructure, etc. It was also observed that the legal, administrative and economic instruments can help solve this situation, especially the PES, which in the case studied, it was considered feasible, especially for representing an increase of 10.5% in current income of the Park and have legal and institutional framework.*

**Keywords:** *Payment for environmental services, Environmental Management Instruments, Protected Areas..*

### 1.Introdução

As Unidades de Conservação brasileiras constituem um importante instrumento para tutela do meio ambiente, além de serem as principais áreas mantenedoras de bens e serviços ambientais,

cujos benefícios são indispensáveis à qualidade de vida da sociedade. A despeito de sua importância, as áreas protegidas no Brasil – e em diversos países – padecem de insuficiência crônica de recursos para manutenção e expansão.

Além do obstáculo financeiro, alguns outros desafios se apresentam à implantação dessas áreas protegidas, incluindo-se a necessidade de assegurar pessoal em quantidade e qualificação adequados, providenciar a regularização fundiária, regulamentar categorias de manejo e desenvolver planos de manejo (BRASIL, 2007). Sendo assim, em um contexto caracterizado por preocupação crescente com problemas ambientais, a questão de como maximizar a efetividade desses locais – nas esferas ambiental e socioeconômica – tem ganhado espaço nos debates relevantes (SEMEIA, 2014).

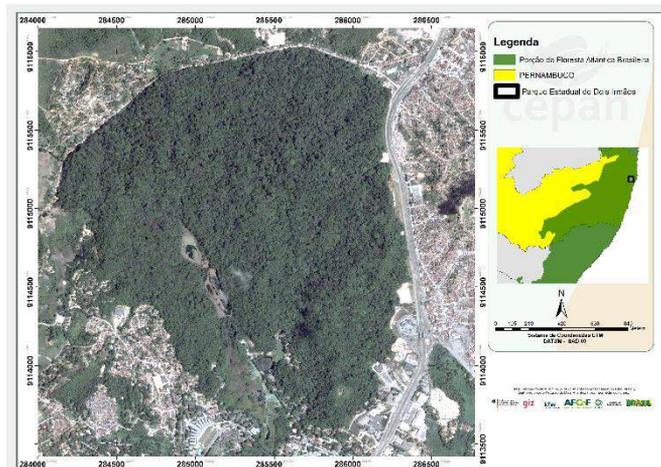
Neste contexto, o que se nota, de acordo com Ranieri et al. (2011), é que na última década houve um aumento significativo no número de UC's, todavia não estando este acompanhado, proporcionalmente, pelo aumento nos recursos destinados à gestão dessas áreas, dificultando excessivamente o cumprimento dos objetivos dessas espaços territoriais e do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Como forma de equacionar essa situação, busca-se a utilização de instrumentos de políticas públicas que possam contribuir com a adequada gestão destas áreas, em especial a busca por alternativas (ou formas de complementação) do financiamento para o

sistema, que incluem: recursos oriundos de agências multilaterais e de fundos nacionais e/ou internacionais; recursos de compensação ambiental; e pagamento por serviços ambientais. Neste sentido, este trabalho busca discutir a aplicação de Pagamento por Serviços Ambientais como instrumento de política pública para viabilizar a gestão das Unidades de Conservação, partindo de um estudo de caso de uma proposta de programa de PSA no Parque Estadual de Dois Irmãos, em Recife, Pernambuco.

## 2. Materiais e Métodos

O Parque Estadual de Dois Irmãos - PEDI (figura 1) está localizado dentro do núcleo urbano do Recife, a noroeste da cidade, em uma região com clima do tipo As', tropical costeiro, quente e úmido e encontra-se introduzido no domínio da Formação Barreiras (COUTINHO et al. 1998). O PEDI está inserido nas bacias hidrográficas dos Rios Beberibe e Capibaribe, estando nesta última compreendida a sub-bacia do Prata, que é composta pelos subsistemas Açudes do Prata, do Meio, do Germano e de Dois Irmãos (RAMOS, 2007). Desta forma, o PEDI perfaz uma área de 1.558 hectares.

**Figura 1.** Localização do Parque Estadual de Dois Irmãos na Zona Urbana do Recife.



A Mata de Dois Irmãos representa um dos mais significativos remanescentes de Mata Atlântica do estado de Pernambuco. Esta pode ser considerada como mata primária e/ou mata em estado avançado de regeneração, entretanto é ameaçada pela proximidade com BR 101 Norte, com a Universidade Federal Rural de Pernambuco e com os bairros periféricos (WEBER e REZENDE, 1998). A Mata de Dois Irmãos apresenta uma vegetação florestal que de acordo com a classificação de Velloso & Goes-Filho (1982 *apud* GUEDES, 1998), pertence à Floresta Ombrófila Densa.

No que tange aos procedimentos técnicos, foi realizado levantamento bibliográfico da literatura especializada para identificar as principais dificuldades nos processos de criação, implantação e gestão das Unidades de Conservação, assim como para elencar as etapas de aplicação de Pagamento por Serviços Ambientais.

Outrossim, se fez uso de levantamento de dados primários e secundários para identificação das problemáticas pertinentes às Unidades de Conservação e para o reconhecimento do serviço ambiental foco desta pesquisa. No primeiro caso, foram aplicados dois tipos de formulários e questionários<sup>1</sup> abertos, com amostras intencionais, haja vista que os públicos-alvo foram previamente definidos (pesquisadores e gestores de UC's). Obteve-se retorno de 20 participantes, dos quais 12 são pesquisadores da área nos estados da Bahia, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro e Rio Grande do Norte e 8 são integrantes de Unidades de Conservação nos estados de Alagoas, Amazonas, Pernambuco e Rio Grande do Norte.

Por fim analisou-se a proposta de arranjo de pagamento por serviços ambientais elaborado pelo Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste – CEPAN, juntamente com o Instituto Federal de

Pernambuco - IFPE e a Universidade Federal de Pernambuco, que envolveram o Parque Estadual de Dois Irmãos e a Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA, para testar qual seria a contribuição deste arranjo proposto em relação a melhoria na gestão da unidade de conservação.

### **3. Resultados e Discussão**

#### **3.1. Percepção de pesquisadores e gestores sobre os principais problemas relativos à gestão de Unidades de Conservação no Brasil**

O processo de criação, implementação e gestão de Unidades de Conservação brasileiras apresenta inúmeros percalços que claramente influenciam para o não cumprimento da finalidade a que se destinam esses espaços territoriais protegidos, conforme expõem Brasil (2007), Leite (2004), Medeiros e Young (2011) e Ranieri et al. (2011). De maneira didática, esses obstáculos podem ser subdivididos em 3 grupos de acordo com suas características, quais sejam: (i) suporte legal, (ii) governamental e (iii) gerencial.

Os problemas de suporte legal referem-se ao descumprimento e inobservância das exigências legais cabíveis aos processos ora mencionados. Esse desrespeito culmina na insegurança jurídica que cercará as atividades das Unidades de Conservação e comprometerão sua estabilidade e finalidade.

Os problemas governamentais dizem respeito aos obstáculos estabelecidos pela ingerência do Poder Público, seja pela pouca articulação entre as políticas públicas com foco nestas áreas protegidas seja pela carência de amparo para o estabelecimento destas ou ainda pode ser decorrente da sobreposição de atuação entre as esferas federal, estadual e municipal.

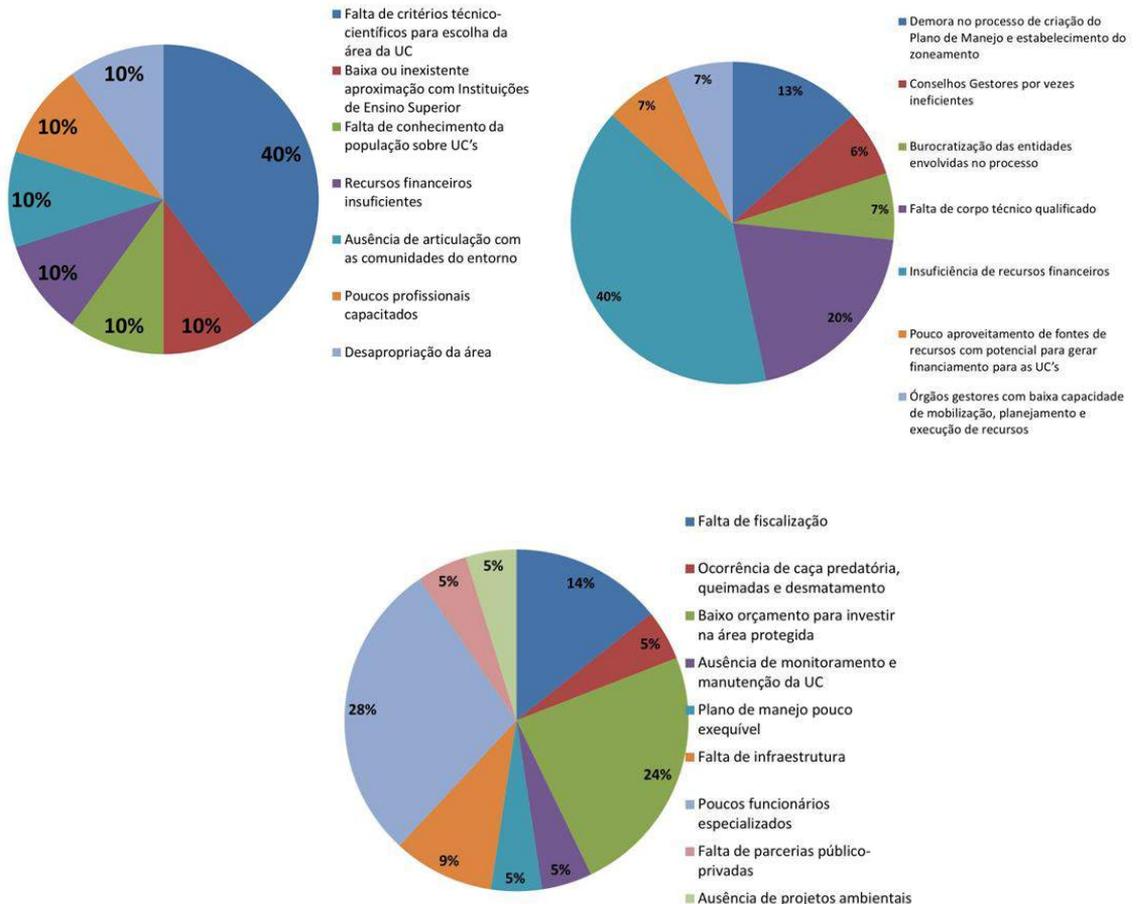
Já os problemas administrativos ou gerenciais, são referentes à precariedade estrutural e deficiência de recursos humanos qualificados e

em quantidade suficiente para atingir os objetivos das Unidades de Conservação. Envolvem ainda a inércia da direção para estabelecer normas e diretrizes pertinentes as UC's, além de elementos externos que causam prejuízos à administração da unidade.

Em relação aos principais obstáculos à criação, implantação e gestão das UC's nos seus

respectivos estados, os pesquisadores que se propuseram a responder os formulários elencaram diversos fatores (Figuras 2, 3 e 4), dentre os quais destacam-se falta de critérios técnico-científicos para escolha da área de Unidade de Conservação, baixo orçamento para investir na área protegida, falta de corpo técnico qualificado, e falta de fiscalização.

**Figuras 2, 3 e 4.** Respectivamente problemas evidenciados na criação, implantação e gestão das Unidades de Conservação, conforme pesquisadores entrevistados.



Neste sentido, os pesquisadores ainda sugeriram iniciativas visando o aprimoramento da criação, implementação e gestão das Unidades de Conservação, buscando, assim, minimizar os problemas incidentes nessas áreas protegidas. Essas ações compreendem: sensibilização da comunidade no entorno da UC através de práticas de educação ambiental; incentivo e apoio à realização de pesquisas nessas áreas; desenvolvimento de políticas públicas integradas entre as esferas federal, estaduais e municipais; interação com as Instituições de Ensino e Pesquisa para realização de estudos nesses espaços protegidos e incentivo à visitação.

Inserem-se ainda neste cenário a busca pela integração do SNUC e dos Sistemas Estaduais e Municipais de Unidades de Conservação com outras Políticas Nacionais, Estaduais e Municipais, respectivamente; o esforço em dotar de recursos financeiros as UC's instituídas; executar concursos públicos para contratação de mais gestores; realização de parcerias público-privadas; implementação de tecnologia para monitoramento da biodiversidade e dos serviços ambientais; e planejamento dos investimentos a longo prazo.

Já em relação aos gestores das UC's, estes foram igualmente questionados a respeito dos principais obstáculos à criação, implantação e gestão das áreas protegidas em que atuam. Assim,

esses participantes evidenciaram como problemas (Figura 5), principalmente, as ações antrópicas negativas; desmatamento e queimadas; caça e extração mineral e vegetal.

Estes gestores igualmente vislumbraram medidas para solucionar os problemas por eles apontados, quais sejam: melhoria estrutural do órgão gestor; práticas de educação ambiental; aporte de recursos humanos e financeiros; maior interação com a comunidade; consolidação do Plano de Manejo e do Conselho Gestor; aumento da fiscalização e monitoramento.

Em relação a três dos principais problemas apresentados, vale salientar, ainda, que: (i) dos doze pesquisadores entrevistados, 11 acreditam que as Unidades de Conservação dos seus respectivos estados não dispõem de recursos financeiros suficientes para que atinjam seus objetivos; (ii) dos 8 gestores que responderam os questionários, 5 informaram que as UC's em que atuam possuem menos de 10 funcionários; (iii) das 15 Unidades representadas pelos 8 gestores entrevistados, apenas 2 possuem plano de manejo aprovado. Este cenário, portanto, reflete as dificuldades desses espaços territoriais especialmente protegidos no que diz respeito aos seus recursos humanos e financeiros, e a elaboração e atualização do Plano de Manejo, como mencionados pelos entrevistados.

**Figura 5.** Relação dos problemas evidenciados no processo de criação, implementação e gestão de Unidades de Conservação, conforme quantitativo de vezes apontados pelos gestores entrevistados.



É interessante mencionar que alguns dos problemas evidenciados são recorrentes não somente nas indicações entre os pesquisadores, bem como são elencados pelos gestores, o que demonstra a relevância destes obstáculos perante o processo de estabelecimento de uma Unidade de Conservação. Fazem parte deste cenário as atividades de desmatamento, caça e queimada, ausência de plano de manejo, falta de funcionários em quantidade adequada e infraestrutura precária, que correspondem àquelas lembradas tanto pelos pesquisadores quanto pelos gestores de UC's.

Essa situação é corroborada por Reis-Araújo (2012) quando afirma que apesar da grande área protegida por Unidades de Conservação no Brasil, o SNUC não vem cumprindo satisfatoriamente seus objetivos e que as principais causas disso são a imensa dificuldade no provimento do quadro de servidores necessários para a boa gestão das unidades e a falta de financiamento para a infraestrutura e programas de gestão.

Nesta perspectiva, também se verifica interseção entre as respostas dos pesquisadores e gestores das UC's quando indagados sobre as medidas e iniciativas para minimizar os problemas desses espaços territoriais especialmente protegidos. Isso porque os dois grupos alvo da pesquisa incluíram como suas propostas as ações de educação ambiental, monitoramento e aporte de recursos humanos e financeiros.

Já para Leite (2004), também representam ameaças às UC's os problemas que ocasionam dano a estas áreas protegidas, como por exemplo, a extração de recursos naturais, falta de vigilância, ocupação do interior e do entorno, conflitos territoriais, extração mineral, queimadas, pressão turística, entre outras. E estes obstáculos estão relacionados à falhas no processo de planejamento.

Assim, sucintamente, de acordo com Brasil (2007), os principais percalços que norteiam às unidades de conservação incluem a necessidade de assegurar a sustentabilidade financeira do SNUC para viabilizar o bom funcionamento deste, dotá-lo com pessoal em quantidade e qualificação adequadas, providenciar a regularização fundiária das unidades de conservação, regulamentar as categorias de manejo que compõem o SNUC, instituir e/ou melhorar os sistemas estaduais e municipais de UC's, e incrementar o desenvolvimento de planos de manejo dessas áreas protegidas.

O déficit de financiamento é, se não o mais relevante, um dos maiores problemas enfrentados pelas áreas protegidas no mundo. Trata-se de deficiência praticamente universal, independentemente do grau de desenvolvimento dos países. Entretanto, a escassez de recursos é uma restrição mais intensa nos países em desenvolvimento. A urgência em cuidar de agendas como a da diminuição da pobreza faz com que outros temas importantes sejam postergados. A questão no Brasil é particularmente severa: mesmo com o aumento dos gastos do governo nos últimos anos, os valores destinados à conservação encontram-se atualmente entre os menores do mundo. O Ministério do Meio Ambiente recebeu apenas 0,12% dos gastos diretos do governo federal em 2013 (SEMEIA, 2014).

A análise de Medeiros e Young (2010) sobre o tema revelou que os gastos por hectare em áreas protegidas no Brasil eram 35 vezes menores do que os observados nos EUA, 12 vezes menores do que no Canadá e 15 vezes menores do que os da África do Sul – país em estágio de desenvolvimento semelhante ao brasileiro.

A escassez de recursos tem efeito direto na capacidade de contratar funcionários. No

Brasil, o sistema operava com um funcionário para cada 18.600 hectares. A estatística é de 2.125 hectares nos EUA, 5.357 hectares no Canadá e 1.176 hectares na África do Sul (dados de 2008). Cada funcionário brasileiro tem que tomar conta de área cerca de 16 vezes maior do que cada funcionário da África do Sul. Trata-se de uma discrepância que não é totalmente explicada pelo fato de as UC brasileiras serem grandes e isoladas, o que - em tese - justificaria necessidade menor de recursos humanos (MEDEIROS E YOUNG, 2010).

Segundo Araújo (2012), apesar da importante contribuição do SNUC para economia nacional, destacada no estudo de Medeiros & Young (2010), os desafios para seu financiamento são enormes, uma vez que, considerando apenas as UC's federais, o pleno funcionamento do SNUC demandaria, em valores referentes a 2009 cerca de R\$ 543,2 milhões anuais, sendo que no ano anterior as UC's federais haviam recebido um total de R\$ 331,6 milhões.

Tais informações reforçam a necessidade de se desenvolver formas complementares de ampliação da receita para as unidades de conservação para que estas áreas possam prestar os serviços que são essenciais à sociedade. E uma possibilidade para isso é o reconhecimento, a valoração e consequente pagamento pelos serviços ambientais prestados por essas áreas.

### ***3.2. Estudo de caso: Análise da proposta de Pagamento por Serviços Ambientais no Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife – Pernambuco***

A preservação e a conservação ambiental são as motivações principais para o estabelecimento de uma UC, no entanto, há outros motivos importantes. As áreas protegidas possuem também propósitos econômicos e sociais. Não é por outra razão que diversas categorias de UC preveem a possibilidade de

exploração econômica sustentável, sujeita a diretrizes e critérios determinados. Entre os objetivos do SNUC, por exemplo, estão incluídos: “promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais”, “valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica” e “favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico” (SEMEIA, 2014).

Neste sentido, o Parque Estadual de Dois Irmãos, em Pernambuco, surge como um espaço reservado às atividades educativas. Ele está situado em um remanescente de Mata Atlântica e composto pelo Horto Zobotânico de Dois Irmãos, que por sua vez abrange um museu - de Ciências Naturais -, e o Centro Vasconcelos Sobrinho de Educação Ambiental - CEA -, no qual são desenvolvidas atividades em diversas áreas. E, associado ao cenário apresentado anteriormente, também possui percalços que prejudicam seu processo de gestão, entre os quais se incluem ausência de plano de manejo, extração de madeira, caça, pressão urbana, disposição inadequada de resíduos sólidos e recursos financeiros insuficientes.

Porém, como forma de adequação da gestão desta área protegida e minimização das problemáticas desta, apresenta-se a esta situação o instrumento de Pagamento por Serviços Ambientais. O Parque Estadual de Dois Irmãos abriga em sua área dois subsistemas da Microbacia do Prata que, embora dentro dos limites do Parque, são explorados pela Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA. Estes são os Açudes do Prata e do Meio (Figuras 6 e 7). Neste contexto, tendo-se em vista a rara qualidade e conservação destes reservatórios, que nas suas devidas proporções são também verificadas devido ao fato de serem protegidos por um fragmento florestal e por estarem inseridos no PEDI, constata-se nesta pesquisa que o Parque presta um serviço

ambiental de regulação<sup>2</sup> à COMPESA, auxiliando para que esta possa fornecer

continuadamente estas águas para parcela da sociedade recifense.

**Figuras 6 e 7.** Açude do Prata (à esquerda). Açude do Meio (à direita)



Assim de acordo com Silva *et.al.*, (2013), para a COMPESA é menos oneroso tratar e destinar as águas provenientes desses açudes na comparação com os custos das Estações de Tratamento de Água dos reservatórios de Alto do Céu, Botafogo, Gurjaú, Suape e Tapacurá. Isto só é possível pelo fato de que a floresta conservada pelo Parque Estadual de Dois Irmãos age de forma a proteger os mananciais em seu interior, o que leva a empresa de abastecimento executar apenas um tratamento simples na água antes da distribuição a população.

Para se atribuir um valor a esse serviço ambiental, Silva *et. al.*, (2013) usaram para comparação os custos referentes ao tratamento da turbidez da água de duas outras estações de tratamento da COMPESA. Isso permitiu determinar o valor do serviço prestado pela floresta do Parque Estadual de Dois Irmãos: de R\$ 0,0314 a R\$ 0,0364 por metro cúbico de água. Multiplicando esse valor pelo volume de água captado mensalmente no manancial do Prata, obteve-se valores entre R\$ 9.848,97 e R\$ 11.415,14. Quantia semelhante, portanto, deveria

ser paga todo mês pela empresa ao Parque Estadual, como retribuição pelo serviço ambiental – garantir a qualidade da água – realizado pela unidade de conservação.

Considerando-se os impactos da adoção desta proposta de PSA, apenas no âmbito da Gestão de Unidades de Conservação, os dados levantados pelo projeto Água do Parque mais uma vez demonstra a possibilidade que a valoração de recursos naturais pode ser uma estratégia para efetivar a conservação da biodiversidade. Chega-se a tal afirmação observando-se os valores encontrados no estudo que demonstram uma possibilidade de repasse de recursos na ordem de R\$ 132.000,00 (considerando o volume anual de água captada) da COMPESA para o PEDI como pagamento pelo serviço ambiental de manutenção da qualidade da água.

Ao se comparar ao orçamento anual do PEDI em 2012, que segundo dados da Secretaria da Fazenda do Estado foi de R\$ 1.261.684,25, nota-se que o repasse de recursos via PSA seria da ordem de 10,5% do total de gastos com a Unidade de Conservação, o que pode ser considerado um

valor relevante para a efetiva implementação da área.

Vale salientar que os recursos recebidos pelo PEDI são, em sua maioria, destinados a um zoológico que existe no interior do parque e que o recurso do PSA seria aplicado exclusivamente na conservação do fragmento florestal, que poderia contribuir para melhorar a fiscalização e, conseqüentemente, coibir a prática de extração de madeira e caça, para o desenvolvimento do Plano de Manejo, e para manutenção da qualidade da água dos açudes, entre outras ações. Outro aspecto importante é que esse valor diz respeito tão somente a um serviço ambiental, dentre os vários prestados pelo parque, como recreação, amenização climática, captura de carbono, beleza cênica, entre outros que ainda não foram valorados.

Apesar da demonstrada relevância que esse instrumento pode desempenhar no auxílio à gestão das áreas protegidas, ainda existem contestações e insegurança jurídica sobre o tema, parte disso em função de não existir no âmbito estadual nem federal uma legislação específica para PSA, muito embora existam na esfera federal os projetos de lei em tramitação (PL 792/2007 e PL 312/2015) que, respectivamente, dispõem sobre a definição de serviços ambientais e Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. E no estado de Pernambuco foi recentemente encaminhado por parte do executivo, um projeto de lei instituindo a política estadual de pagamento por serviços ambientais.

Entretanto, a ausência de normativa legal exclusiva para PSA não pressupõe que sua aplicação em Unidades de Conservação esteja totalmente desamparada juridicamente. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação, Lei nº 9.985/2000, determina, em seus art. 47 e 48, que o órgão ou empresa, público ou privado, responsável pelo abastecimento de água ou que faça uso de recursos hídricos e responsável pela

geração e distribuição de energia elétrica, quando beneficiados pela proteção oriunda de uma unidade de conservação, deve contribuir financeiramente para a proteção e implantação da unidade, favorecendo, desta forma, a aplicação de PSA como instrumento por meio do qual se pode proporcionar esta contribuição.

Mais efetivamente, o Sistema Estadual de Unidades de Conservação de Pernambuco - SEUC, Lei nº 13.787/2009, confere segurança jurídica à utilização de PSA em Unidades de Conservação quando inclui como fonte de apoio e incentivo ao SEUC, os recursos por Pagamento de Serviços Ambientais prestados por esses espaços territoriais especialmente protegidos e integrantes do Sistema. Portanto, ampara juridicamente a aplicação deste instrumento econômico no presente estudo de caso. Porém, tanto a promulgação de uma Política Nacional, quanto da Política Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais serão extremamente importantes, uma vez que, de tal modo, configuraria, assim, como a base legal para projetos de PSA no país e em Pernambuco.

Quanto à capacidade técnica para utilização de Pagamento por Serviços Ambientais em um cenário no qual o pagador seja a Companhia Pernambucana de Saneamento e o receptor seja o Parque Estadual de Dois Irmãos, essa pesquisa não encontrou restrições ou incapacidade estrutural ou funcional.

#### **4. Conclusões**

As Unidades de Conservação, bem como todos os espaços territoriais protegidos, são um mecanismo por meio do qual o Poder Público e a coletividade podem utilizar-se para salvaguardar o meio ambiente. Entretanto, essas áreas protegidas estão sujeitas aos percalços que prejudicam os objetivos a que se destinam,

acarretando em Unidades de Conservação deficitariamente criadas, implantadas e geridas.

A partir dos dados obtidos, pôde-se constatar que seus principais problemas compreendem as atividades de desmatamento, caça e queimada, ausência de plano de manejo, falta de funcionários em quantidade adequada e infraestrutura precária. Além disso, engloba, ainda, falta de critérios técnico-científicos para escolha da área da Unidade de Conservação, demora no processo de criação do Plano de Manejo e estabelecimento do zoneamento, falta de fiscalização e monitoramento, desapropriação da área, entre outros.

Em contraposição a isso, verificou-se que inúmeras estratégias podem ser utilizadas para minimizar estes obstáculos. Na visão dos pesquisadores e gestores de UC's, fazem parte deste contexto, as ações de melhoria estrutural do órgão gestor, práticas de educação ambiental, visando maior interação com a comunidade, consolidação do Plano de Manejo, aumento da fiscalização, entre outros.

Além disso, alguns instrumentos administrativos, jurídicos e econômicos coexistem para auxiliar no processo de implantação das Unidades de Conservação. Neste sentido, compreende-se que programa de Pagamento por Serviços Ambientais configura-se como um instrumento econômico e elemento contribuinte ao estabelecimento das Unidades de Conservação, sendo, portanto, passível de ser implementado quando se evidenciam os elementos necessários para tal aplicação.

Porém, para que seja possível a implantação de arranjos dessa natureza, alguns pré-requisitos devem ser considerados, como a existência de um serviço ambiental que é o foco do PSA, a identificação do pagador e do recebedor do pagamento, o respaldo técnico e jurídico para o exercício de valoração econômica do meio ambiente realizado, bem como para a

implementação do Pagamento por Serviço Ambiental, a transação entre os atores envolvidos e a seguridade do provimento e conservação do serviço ambiental.

Assim, tão somente será exequível e adequadamente implementado um programa de PSA que respeite as etapas elencadas que visam facilitar seu estabelecimento em UC. A partir da observância desses passos, pode-se, então, alcançar a finalidade do Pagamento por Serviços Ambientais.

No contexto desta pesquisa, por identificar a coexistência desses elementos, foi possível testificar a importância da utilização de PSA no Parque Estadual de Dois Irmãos, em um cenário no qual a Compesa é beneficiada pela exploração de um recurso de boa qualidade e pela redução de custos para tratamento das águas oriundas desses açudes. Além disso, evidenciou-se a viabilidade de sua utilização, tanto no aspecto jurídico quanto financeiro e estrutural.

Outrossim, pôde-se concluir que o PEDI desempenha importante papel para conservação dos recursos hídricos, proteção dos reservatórios Prata-Meio e manutenção da qualidade de água destes açudes. Desta forma, contribuindo, de sobremaneira, para as atividades de captação e tratamento dessas águas para abastecimento público por parte da Companhia Pernambucana de Saneamento.

Porquanto, indica-se a aplicabilidade deste instrumento no cenário desenhado e detalhado nesta pesquisa por considerá-lo capaz de proporcionar – nos aspectos econômico, ambiental ou jurídico – a regulação do serviço ambiental com vistas à seguridade do recurso ambiental e da qualidade deste elemento, bem como igualmente capaz de propiciar a melhoria estrutural do Parque, inclusive para que este seja apto a manter o serviço ambiental foco do PSA.

Por fim, espera-se que no âmbito da gestão de Unidades de Conservação, a aplicação

de projetos de PSA no Brasil possa efetivamente contribuir com a melhoria destas áreas protegidas e com a conservação dos bens ambientais; que no âmbito das pesquisas, novos estudos dialoguem sobre a inter-relação entre PSA e UC; que no âmbito jurídico, seja possível a promulgação de Política de Pagamento por Serviço Ambiental a nível federal, estadual e municipal; e que no âmbito governamental, haja o fortalecimento das Políticas Públicas referentes à conservação dos recursos naturais.

Uma ressalva deve ser feita com relação ao caráter complementar dos programas de PSA como fonte de financiamento para as UC's. Ou seja, deve haver um orçamento principal destinado a essas áreas e o PSA ser um orçamento complementar ou até suplementar para as áreas.

Esse cuidado deve ser considerado uma vez que nem todos os serviços ambientais prestados por essas áreas são facilmente valoráveis, e muitos deles são tipicamente bens públicos puros, cuja possibilidade de custeio por entidades privadas é muito difícil, cabendo assim ao estado a responsabilidade de arcar com seus custos para provisão a sociedade. Sendo assim, antes de elaborar programas de PSA para as UC's, o Estado precisa entender o valor destas áreas e prover as devidas condições para a sua gestão.

## 5. Referências

ARAÚJO, M. A. R. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). In.: **NEXUCS – Núcleo para a Excelência de Unidades de Conservação Ambiental. Unidades de Conservação no Brasil: O Caminho para resultados**. 2012. Ed. Rima. São Carlos 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Informe nacional sobre áreas protegidas no Brasil**. Brasília: MMA, 2007.

COUTINHO, R. Q.; LIMA FILHO, M. F.; SOUZA NETO, J. B.; SILVA, E. P. Características climáticas, geológicas, geomorfológicas e geotécnicas da Reserva Ecológica de Dois Irmãos. In: MACHADO, I. C.; LOPES, A. V.; PÔRTO, K. C. (Org.). **Reserva ecológica de Dois Irmãos: estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana (Recife – Pernambuco – Brasil)**. Recife: UFPE, Ed. Universitária, 1998. p. 65-83.

GUEDES, M. L. S. A vegetação fanerogâmica da Reserva Ecológica de Dois Irmãos. In: MACHADO, I. C.; LOPES, A. V.; PÔRTO, K. C. (Org.). **Reserva ecológica de Dois Irmãos: estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana (Recife – Pernambuco – Brasil)**. Recife: UFPE, Ed. Universitária, 1998. p. 157-172.

INSTITUTO SEMEIA. **Unidades de conservação no Brasil : a contribuição do uso público para o desenvolvimento socioeconômico** /. – São Paulo : Semeia, 2014. 53 p.

LEITE, J. F. **As Unidades de Conservação Estaduais: uma análise da realidade goiana**. Brasília: Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, 2004 (Dissertação de Mestrado).

MEDEIROS, R.; YOUNG, C. E. F. **Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: Relatório Final**. Brasília: UNEP, 2011.

Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystem and human well-being: synthesis**. Washington D.C. Island Press. 2005.

RAMOS, A. B. B. **Contribuição para a Gestão de Unidades de Conservação Urbanas**: Caso do Parque Estadual de Dois Irmãos. Recife-PE: Universidade Federal de Pernambuco, 2007. (Dissertação Mestrado).

RANIERI, V. L. E.; MEDEIROS, R. VALVERDE, Y.; D'AVIGNON, A.; PEREIRA, G. S.; BARBOSA, J. H. C.; SOUZA, N. O. M. Passado, presente e futuro do Sistema Nacional de Unidades de Conservação: uma síntese dos resultados do seminário nacional. Dez anos de história: avanços e desafios do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. In: MEDEIROS, R.; ARAUJO, F. F. S. **Dez anos do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**: lições do passado, realizações presentes e perspectivas para o futuro. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

SILVA, C. E. M. ; FREITAS, J. ; BARBOSA, C. L. ; PINTO, S.R.R. . **Quando as Florestas reduzem custos**. Ciência Hoje, v. 1, p. 22-25, 2013.

WEBER, A. REZENDE, S. M. Reserva Ecológica e Parque Dois Irmãos: histórico e situação atual. In: MACHADO, I. C.; LOPES, A. V.; PÔRTO, K. C. (Org.). **Reserva ecológica de Dois Irmãos**: estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana (Recife – Pernambuco – Brasil). Recife: UFPE, Ed. Universitária, 1998. p. 09-19.

#### Notas

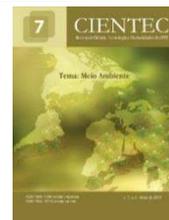
<sup>1</sup> Os formulários de que trata esta pesquisa foram elaborados a partir da ferramenta GoogleDocs e encaminhados aos principais e-mails de pesquisadores e gestores de UC's dos estados de Alagoas, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Foram divulgados ainda no sítio eletrônico da Comunidade PSA. Em certos casos, os referidos formulários foram disponibilizados no formato Microsoft Word.

<sup>2</sup> Segundo a Avaliação Ecosistêmica do Milênio (2005) os serviços ambientais dividem-se em: *serviços de provisão*, de comida, água, madeira e fibra; *serviços de regulação*, que afetam o clima, inundações, doenças, resíduos e qualidade da água; *serviços culturais*, que provêm benefícios recreacionais, estéticos e espirituais; e *serviços de suporte*, como formação de solo, fotossíntese e ciclagem de nutrientes



## Percepção ambiental dos moradores do bairro Nova Aliança na cidade de Angelim/Pernambuco sobre o lixo disposto a céu aberto

*Environmental perception of inhabitants of Nova Aliança neighborhood in the city of Angelim/Pernambuco about the improper disposal of solid waste.*



Submetido em 16.03.15 | Aceito em 28.05.15 | Disponível on-line em 28.08.15

**Maria Clara Mavia de Mendonça\***

Departamento de Ensino - Curso Técnico em Meio Ambiente, Instituto Federal de Pernambuco, Rua Sebastião Joventino, s/nº, Destilaria Central, Cabo de Santo Agostinho/PE, CEP: 54.510-110 | \*clara.mendonca@cabo.ifpe.edu.br

**Cláudia Rayanna Lima,**

Curso Técnico em Meio Ambiente, Instituto Federal de Pernambuco, Campus Garanhuns.

**Juliana Cardoso de Morais,**

Departamento Acadêmico de Infraestrutura e Construção Civil, Instituto Federal de Pernambuco, Av. Professor Luiz Freire, 500 Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-540.

### RESUMO

*O trabalho objetivou conhecer a percepção ambiental dos moradores do bairro Nova Aliança no município de Angelim, no Agreste de Pernambuco, em relação à destinação inadequada dos resíduos sólidos. Assim foi aplicado um questionário objetivo, relacionado à rotina e a educação ambiental do morador. Ficou evidente que os entrevistados possuem uma percepção limitada e confusa de meio ambiente e poluição, mas quando a pesquisa apelou para a consciência ambiental, questionando sobre os hábitos adotados pelos moradores para melhorar o ambiente do bairro, a grande maioria (77%) disse agir conscientemente, economizando energia e água e não jogando lixo nas ruas. Já com relação a responsabilidade dos resíduos, os moradores a desviaram de si, onde quase 77% deles a transferiram para a Prefeitura Municipal. Os resultados da pesquisa mostraram que são necessárias mais ações de Educação Ambiental na localidade e uma maior atenção do poder público.*

**Palavras-chaves:** percepção ambiental, educação ambiental, resíduos sólidos.

### ABSTRACT

*The study focused on the environmental awareness of the residents of Nova Aliança neighborhood in the city of Angelim, in the Pernambuco arid zone, in relation to improper disposal of solid waste. So it was a questionnaire goal related to the dweller's routine and environmental education. It was evident that respondents have a limited and confused perception of the environment and pollution, but when the research called for environmental awareness, questioning about the habits adopted by residents to improve the environment of the neighborhood, the vast majority (74%) reported to act consciously, saving energy and water and not throwing garbage in the streets. In relation to waste responsibility, residents denied their role, transferring (77%) it to the City Hall. Survey results showed that more actions on environmental education are needed in the locality as well as a better attention from public authorities.*

**Keywords:** Environmental perception; Environmental education; Solid waste.

### 1. Introdução

Nos dias atuais, o tema “poluição ambiental” ganhou ainda mais destaque na sociedade abrindo espaço para discussões sobre a

questão dos resíduos sólidos, desde a geração na fonte, como na coleta, transporte, destinação final, reciclagem e compostagem, além da logística reversa de produtos específicos como eletroeletrônicos, pneus, embalagens de

lubrificantes, lâmpadas de vapor de sódio e mercúrio para a reintrodução na cadeia produtiva ou sua destinação final ambientalmente adequada.

O bairro Nova Aliança está localizado no município de Angelim, mesorregião Agreste e Microrregião Garanhuns do Estado de Pernambuco, e está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú, entre os paralelos 080 53' 25" de latitude sul e 36017'09" de longitude oeste, distando 235 km da capital.

O Índice de desenvolvimento Humano Municipal foi de 0,572 (Atlas Brasil 2013, Programa das nações unidas para o desenvolvimento)

Os habitantes se chamam angelinense. O município se estende por 118 km<sup>2</sup> e contava com 10 204 habitantes no último censo (IBGE, 2010). A densidade demográfica é de 86,4 habitantes por km<sup>2</sup> no território do município. Ele está incluído na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro, definida pelo Ministério da Integração Nacional em 2005, cuja delimitação tem como critérios o índice pluviométrico, o índice de aridez e o risco de seca. O relevo é típico da unidade geoambiental das superfícies retrabalhadas. A vegetação nativa é da floresta subperifolia, com partes das florestas hipoxerófila.

De acordo com Silva e Leite (2008), uma das principais estratégias para atingir os objetivos de educação ambiental é identificar a percepção ambiental e a partir desta planejar as ações. Um importante elemento para o planejamento do meio ambiente é a pesquisa da percepção ambiental, visto que uma das dificuldades para a proteção do ambiente está na existência de diferentes percepções dos valores do meio ambiente pelas pessoas (BRANDALISE et al. 2009). em conjunto com o grupo que deseja intervir.

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar a percepção ambiental dos moradores do bairro Nova Aliança no município de Angelim, estado de Pernambuco, em relação à destinação

inadequada dos resíduos sólidos. As informações levantadas servirão para subsidiar futuras ações de educação ambiental na localidade.

## 2. Metodologia

A metodologia aplicada foi pesquisa quantitativa de cunho qualitativo com os moradores do bairro de Nova Aliança, município de Angelim, Pernambuco. O objetivo foi conhecer a percepção ambiental em relação à destinação inadequada dos resíduos sólidos.

A pesquisa qualitativa objetiva provocar o esclarecimento de uma situação para uma tomada de consciência pelos próprios pesquisados dos seus problemas e das condições que os geram, a fim de elaborar os meios e estratégias de resolvê-los (Chizzotti, 2005).

A pesquisa foi elaborada a partir de um questionário aplicado a 31 (trinta e um) moradores, que aceitaram responder, e de diferentes faixas etárias, contendo doze questões objetivas relacionadas à rotina e ao nível de educação ambiental do morador. A pesquisa também verificou o nível de responsabilidade dos moradores frente aos problemas ambientais, o comportamento diário dos mesmos para melhorar o ambiente do seu bairro, se busca ou não economizar recursos e assim consumir conscientemente. Outro fator relevante da pesquisa foi a indagação sobre o principal responsável pelo meio ambiente no bairro, com o intuito de verificar a percepção ambiental da responsabilidade global e participativa, entre o governo e a sociedade.

## 3. Resultados e discussão

A apresentação dos resultados foi organizada em forma dissertativa, através da análise de resultados obtidos.

As duas primeiras questões serviram para quantificar os moradores por sexo e faixa etária. Dos entrevistados, 21 (vinte e uma) pessoas eram do sexo feminino, cerca de 68% e 10 (dez) pessoas do sexo masculino. A faixa etária variou de 12 a 64 anos de idade.

A terceira questão levantou a área de ocupação dos moradores. Dentre eles haviam 7 (sete) funcionários públicos, 1 (uma) empregada doméstica, 6 (seis) donas de casa, 14 (quatorze) estudantes de diferentes graus de escolaridade e 3 (três) entrevistados sem ocupação no momento. Em relação ao grau de escolaridade dos entrevistados, 16 (dezesesseis) possuíam o ensino fundamental incompleto e 5 (cinco) o ensino fundamental completo; 5 (cinco) possuíam o ensino médio incompleto e 4 (quatro) o ensino médio completo e apenas 1 (um) entrevistado possuía nível superior completo.

Com o intuito de entender a percepção dos moradores sobre meio ambiente, o questionário solicitava que o entrevistado selecionasse os elementos que, para eles, faziam parte do meio ambiente. Dos trinta e um entrevistados, 11 (onze) deles, cerca de 35%, responderam que o esgoto e o lixo faziam parte do meio ambiente. No entanto, quando a pergunta foi o que seria poluição, quase 70% - vinte e dois moradores, marcaram o lixo nas ruas como principal tipo de poluição no seu bairro. Assim ficando evidente que os entrevistados possuem uma percepção limitada e confusa de meio ambiente e poluição, pois muitas vezes já estão acostumados com a presença destes resíduos nas ruas e acreditam que estes fazem parte do meio ambiente. Por outro lado, quando a pesquisa apelou para a consciência ambiental, questionando sobre os hábitos adotados pelos moradores para melhorar o ambiente do bairro, a grande maioria (24 pessoas) disse agir consciente para melhorar o ambiente do bairro (77%),

economizando energia e água e não jogando lixo nas ruas.

A percepção ambiental é definida como o ato de perceber o ambiente e pelas formas como as pessoas compreendem e se comunicam com o mesmo. Portanto cabe investigar como a comunidade se relaciona com o ambiente e, a partir de então, implementar ações de educação sanitária e ambiental (Villar *et al*, 2008).

Quando perguntado se a poluição do bairro afetava a saúde dos moradores, 64% - 20 (vinte) moradores - afirmaram que sim; a poluição afetava a sua saúde, 1 (um) afirmou que não afetava, 7 (sete) que afetava um pouco, 2 (dois) que afetava muito e 1 (uma) pessoa que as vezes afetava.

A última questão perguntou aos entrevistados quem na opinião deles seria o principal responsável pelo meio ambiente do seu bairro; 23 (vinte e três) pessoas, 74% acharam que a Prefeitura Municipal seria o principal órgão responsável pelo ambiente do bairro e apenas 8 (oito) pessoas responderam que os próprios moradores seriam os responsáveis pelo meio ambiente do bairro. Dessa forma foi possível concluir que os moradores desviaram de si uma responsabilidade que lhes cabem, para o órgão público; a Prefeitura Municipal, afastando de si mesmo os cuidados e a manutenção necessária do espaço em que vivem.

O lixo tem diversas conotações, como forma de percepção dos indivíduos, dentre elas a visão sociopolítica, pela qual a coleta, o transporte, o acondicionamento, o tratamento e a eliminação dos resíduos sólidos são considerados limpeza pública, portanto, uma atribuição que cabe ao poder público municipal (Soares *et al*, 2007).

Para o ser humano, o lixo não é um problema, pois acredita que a sociedade já encontrou a solução devida para o mesmo, achando que não precisa se preocupar com o lixo

a partir do momento que o caminhão passa recolhendo-o de sua casa.

Embora já exista no Brasil uma legislação que trate da disposição e tratamento dos resíduos, a população ainda não consegue entender quem são os atores responsáveis pelos resíduos sólidos que gera. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos, disposta na Lei n. 12.305 de 2010, estabelece a responsabilidade compartilhada que estabelece um conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, na tentativa de minimizar os resíduos sólidos e rejeitos gerados. Portanto, cabe a toda coletividade, o poder público, e o setor privado a responsabilidade pelos resíduos que produzem.

Além da imposição da legislação, um programa de reeducação ambiental se fez necessária no processo de consciência ambiental.

A construção de valores e atitudes pró-ambientais podem ser induzidas através de práticas de Educação Ambiental, onde conhecendo o valor do meio ambiente, os atores sociais são incitados de forma criativa, a apresentarem soluções possíveis para as situações que se apresentam (SAUVÉ, 2005).

A Educação Ambiental quando aplicada de forma construtiva, crítica e contínua, permite que o ser humano reflita sobre o seu papel na sociedade e a partir disso, molde as suas ações em relação ao o meio ambiente, sendo a essência transformadora e indispensável à gestão ambiental.

#### 4. Considerações finais

O presente artigo buscou apresentar aspectos relativos à percepção ambiental dos moradores do bairro Nova Aliança, na cidade de

Angelim/PE sobre a questão do lixo doméstico disposto a céu aberto nas ruas do bairro. Durante a pesquisa foi possível observar que apenas reconhecer os problemas ambientais nem sempre significa uma prática correta de comportamento e adequada ao meio em que vivem e nas suas atividades diárias para com o mesmo.

O ponto mais relevante do questionário, foi a pergunta sobre quem seria o principal responsável pelo ambiente no bairro. Cerca de 74% das respostas foi responsabilizando a Prefeitura Municipal, resultado consideravelmente alto para a hipótese formulada. Então, foi possível concluir que grande parte da população desviou de si a responsabilidade de cuidar do ambiente do seu bairro, de atuar de forma consciente no armazenamento do lixo doméstico até o dia da coleta, dispondo-o os resíduos produzidos a céu aberto nas ruas do bairro provocando a presença de animais e a proliferação de vetores de doenças, contribuindo assim para a degradação ambiental e problemas de saúde pública.

Os resultados da pesquisa mostraram que seria ideal que fosse realizado um processo de Educação Ambiental, por parte do poder público. A ação ajudaria na formulação do conceito de preservação ambiental e na promoção de uma abordagem colaborativa para compreensão autônoma e crítica das realidades socioambientais do bairro.

#### Referências

BELLEN, H. M. *Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa*. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

BRANDALISE, L. et al. A percepção e o comportamento ambiental dos universitários em relação ao grau de educação ambiental. *GEST.*

PROD., São Carlos, v. 16, n. 2, p. 273-285, 2009.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei n. 12.305. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 02 ago 2010. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/.../lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/.../lei/112305.htm)>

CHIZZOTTI, A. *Pesquisa em Ciências humanas e sociais*. - 2. ed. – São Paulo: Cortez, 1995.

SAUVÉ, L. Educação Ambiental: possibilidades e limitações. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 317-322, 2005.

SILVA, M. M. P. ; LEITE, V. D. Estratégias para realização de educação ambiental em escolas do ensino fundamental. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. 20, p. 1-21, 2008.

SOARES, L. G. C. SALGUEIRO, A. A. & GAZINEU, M. H. P. Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos na cidade de Olinda, Pernambuco – um estudo de caso. Universidade Católica de Pernambuco. *Revista Ciências & Tecnologia*. Ano 1, n. 1, 2007.

VILLAR, L. et al. A percepção ambiental entre os habitantes da região noroeste do estado do Rio de Janeiro. Escola Anna Nery. *Revista Enfermagem*. n.12. v.2, 2008.



## O poder público e o consumo sustentável: considerações sobre o Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis – PPCS

*Government and sustainable consumption: considerations on the Sustainable Consumption and Production Action Plan - PPCS*



Submetido em 15.12.14 | Aceito em 24.04.15 | Disponível on-line em 31.08.15

**Itamar José Dias e Cordeiro\***

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco – *Campus* Paulista, Av. Avenida Rodolfo Aureliano, 976, Vila Torres Galvão, 53403740 – Paulista, PE – Brasil. | \* itamar.cordeiro@paulista.ifpe.edu.br

### RESUMO

*Enquanto proposta dedicada a rever e reorientar o modelo de consumo das sociedades modernas, o consumo sustentável busca, em última análise, promover um padrão de consumo no qual o atendimento à satisfação das necessidades da geração atual não inviabilize a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades. Apesar de necessária, tal proposta se coloca em flagrante oposição aos preceitos consumistas da lógica hegemônica. Por conta disso, seria de se esperar que tal conceito não compusesse o discurso político. Ocorre, entretanto, precisamente o contrário; o consumo sustentável tornou-se termo familiar para o discurso do poder público. Diante disso, o presente trabalho buscou estabelecer um ponto de reflexão sobre a visão do poder público acerca do consumo sustentável, mais especificamente por meio da análise do Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis (PPCS). Como resultado, constatou-se que a aceção sobre o que seria um consumo sustentável é demasiado superficial. Diante de tais constatações, concluiu-se que, nos moldes atuais, o discurso sobre consumo sustentável acaba por não proporcionar uma revisão honesta e crítica quanto ao consumismo e seus efeitos*

**Palavras-chaves:** *Consumo, consumo sustentável, consumismo, desenvolvimento sustentável.*

### ABSTRACT

*As a proposal dedicated to review and reorient the pattern of consumption of modern societies, the sustainable consumptions aims to promote a pattern of consumption that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their owns needs. However necessary, this proposal is in stark opposition to the precepts of the hegemonic logic. For this would be expected that this concept was not be in the political discourse. Occurs, however, precisely the opposite; the sustainable consumptions became a familiar word to the government sector. The present study sought to reflect on the vision of this public sector through the analysis of their discourses on sustainable consumption, precisely through the Sustainable Consumption and Production Action Plan (PCCS). As result, it was found that the meaning of the sustainable consumption is too superficial. It was concluded that, on current way, the discourses on sustainable consumption does not provides an honest and critic review about the consumerism and its effects.*

**Keywords:** *consumption, sustainable consumption, sustainable development...*

### 1. Introdução

De acordo com Harvey (2004), as transformações ambientais induzidas pelos seres humanos são de escala bem mais ampla e mais arriscadas do que em qualquer outro momento da história da humanidade. Tais alterações são de tal

magnitude que, segundo MEA (2005), a capacidade de os ecossistemas do planeta sustentarem as futuras gerações não pode mais ser dada como certa. Não se trata de catastrofismo, como adverte Löwy (2005); o ser humano, de fato, “pela primeira vez na sua breve história, se

encontra perante limitações definitivas, e não puramente locais” (ODUM, 2004, p.812).

O que há de se notar é que, em grande medida, essas limitações são reflexo de uma forma perdulária de consumo (GARDNER et al, 2004). Jamais se consumiu tantos recursos naturais como na atualidade (PRINCEN, 1999; CLARK, 2007). Segundo Assadourian (2010), atualmente são extraídas anualmente cerca de 60 bilhões de toneladas de recursos – aproximadamente 50% a mais do que há 30 anos. Entre 1950 e 2005, a extração de metais cresceu 6 vezes, o consumo de petróleo subiu 8 vezes e o de gás natural, 14 vezes (ASSADOURIAN, 2010), enquanto que o consumo de água potável duplicou desde 1960 e o consumo de madeira aumentou 40% nos últimos 25 anos (GIDDENS, 2004). Seguindo nesse ritmo, WWF (2008) estima que serão necessários, em meados da década de 2030, os recursos de dois planetas para manter os padrões de consumo da humanidade.

Padrões de consumo elevados não estão apenas esgotando os elementos naturais, mas também contribuindo para a sua degradação por meio de resíduos nocivos e de emissões prejudiciais (GIDDENS, 2004). A grande produção de resíduos traz uma série de consequências negativas que envolvem desde a contaminação de recursos naturais – como o solo, o ar e a água – até a geração de problemas de saúde pública.

O que fica claro, portanto, é que padrões exagerados de consumo tendem a comprometer a qualidade de vida e ameaçar a existência das sociedades humanas. Eis, portanto, o grande problema com o qual se depara a civilização do século XXI: o esgotamento dos recursos naturais em decorrência de padrões de consumo perdulários. Diante de tal constatação, emerge o entendimento de que é necessário orientar os padrões de consumo para um modelo mais racional e duradouro. É nesse sentido que, a partir

da década de 1990, toma corpo a ideia de um consumo sustentável.

Tal como ocorreu com o “desenvolvimento sustentável”, não tardou para que a expressão “consumo sustentável” passasse a compor o discurso de vários setores da sociedade. Os discursos do poder público e da iniciativa privada, que até então ignoravam as consequências ambientais do consumo, passaram a incorporar a preocupação com o meio ambiente. Da mesma forma, os discursos de algumas entidades do terceiro setor passaram a falar da importância de tornar as práticas de consumo mais sustentáveis.

Ocorre que, como todo termo associado ao desenvolvimento sustentável, há sempre a desconfiança de que se torne um jargão (SACHS, 2000), uma “arma semântica” (KEMPF, 2010), um tema para conferências e um *slogan* para ativistas ambientais e do desenvolvimento (LÉLÉ, 1995 *apud* BELL e MORSE, 2000), um mito (MONTIBELLER FILHO, 2004), enfim, uma expressão apropriada pelo *mainstream* (GONÇALVES, 2006; LAYRARGUES, 1998). Diante de tal possibilidade, a presente pesquisa buscou analisar o discurso do poder público, de modo a entender como o mesmo compreende o consumo sustentável.

A opção pelo discurso do poder público enquanto objeto de análise deveu-se ao fato de este último ser justamente o ator capaz de liderar uma mudança rumo a um modelo de consumo que seja sustentável. Assim, a primeira etapa da pesquisa envolveu um levantamento de potenciais discursos passíveis de serem analisados. O levantamento dos discursos deu-se a partir de pesquisa em *sites* na internet. Assim, para representar o discurso do poder público, foi escolhido o documento “Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis” (PPCS), elemento integrante da política pública nacional de meio ambiente e que reflete o entendimento do

poder público sobre o que deve ser feito para se estabelecerem padrões sustentáveis de consumo.

## 2. Sociedade de Consumo

Sociedade de Consumo, segundo Barbosa (2008, p.07), “é um dos inúmeros rótulos utilizados por intelectuais, acadêmicos, jornalistas e profissionais de marketing para se referir à sociedade contemporânea”. Uma Sociedade de Consumo apresenta características próprias que a distingue das demais, como: tendência para o consumo exagerado e ininterrupto (PORTILHO, 2005; LATOUCHE, 2009), vinculação da figura do cidadão à do consumidor (CANCLINI, 1999; SANTOS, 2005) e a naturalidade com a qual os padrões perdulários são aceitos (PORTILHO, 2005; BAUDRILLARD, 2005; CAMPBELL, 2001; LAYRARGUES, 1998).

A ideia de uma Sociedade de Consumo, como observa Portilho (2005, p.74), “vai além da ideia trivial de que todos os membros dessa sociedade consomem, uma vez que todos os seres humanos e todas as criaturas vivas consomem e sempre consumiram”. O que caracteriza uma Sociedade de Consumo é o modo particular como seus membros se entregam ao consumo do supérfluo. Se, por um lado, é verdade que a insaciabilidade não é uma exclusividade da sociedade moderna ocidental (CAMPBELL, 2001), por outro lado, também é verdade que nenhuma sociedade antes da moderna “amarrou seu destino a uma organização baseada na acumulação ilimitada” (LATOUCHE, 2009, p.17).

A Sociedade de Consumo, segundo Bauman (2008), associa a felicidade não tanto à satisfação de necessidades, mas a um volume e uma intensidade de desejos sempre crescentes, o que por sua vez implica o uso imediato e a rápida substituição dos objetos destinados a satisfazê-la. Tal postura de insaciabilidade em relação à

aquisição de bens é o que se denomina consumismo.

Consumo difere de consumismo porque enquanto o primeiro é um pré-requisito para a reprodução física e social de qualquer sociedade humana (BARBOSA e CAMPBELL, 2006), o segundo envolve “um conjunto de valores hedonistas que estimula o indivíduo, ou a sociedade, a buscar satisfação e felicidade através da aquisição e exibição pública de uma grande quantidade de bens e serviços” (PORTILHO, 2005, p.25).

No entanto a insustentabilidade da Sociedade de Consumo se manifesta na relação óbvia entre o aumento da produção e o esgotamento do estoque de recursos, bem como na saturação da capacidade de absorção dos resíduos gerados (UNEP, 2005). Flagrante constatação levou a uma série de reflexões que, ainda na década de 1990, irromperam na forma de um novo discurso dentro do pensamento ambientalista internacional (PORTILHO, 2005). É nesse contexto que se começa a falar em consumo sustentável.

Embora o tema da relação entre consumismo e meio ambiente tenha sido amplamente abordado, desde a década de 1960 (PORTILHO, 2005), sua integração ao *mainstream* do pensamento ambientalista só viria ocorrer a partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD, realizada em 1992 no Rio de Janeiro.

Segundo Cohen (2001, *apud* PORTILHO, 2005), apesar dos embates travados na Rio-92, os documentos produzidos durante essa Conferência – especialmente a Agenda 21, a Declaração do Rio e o Tratado das ONGs – começam a apontar a responsabilidade dos estilos de vida e consumo, principalmente das populações dos países do Norte, pela crise ambiental, deixando de considerar o foco das preocupações como sendo exclusivamente a

produção para passar a considerar também o consumo.

Com efeito, a própria Agenda 21, em seu Capítulo 4, vai chamar a atenção para o fato de que, enquanto a pobreza tem como resultado determinados tipos de pressão ambiental, as principais causas da deterioração ininterrupta do meio ambiental mundial são os padrões insustentáveis de consumo e produção, especialmente nos países industrializados (CNUMAD, 1997).

Assim, quando fica evidente que a resolução de problemas ambientais não se restringiria à regulação da produção, a discussão sobre o consumo ganha novo *status* e importância. Trata-se, como diz Paavola (2001, *apud* PORTILHO, 2005), de um momento no qual se reconheceu, nas esferas acadêmicas e políticas, que o potencial de regular publicamente a produção para remediar problemas ambientais já não seria mais suficiente.

Embora apontasse que a principal causa da deterioração ambiental em escala global devia-se aos padrões insustentáveis de produção e consumo (UNEP, 2010), a Agenda 21 não chegou a estabelecer uma definição para a expressão consumo sustentável (DINATO, 2006). Uma definição clara sobre o termo só ganhou contornos quando a Comissão para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, criada a partir da Rio 92 com o objetivo de implantar a Agenda 21, iniciou um programa de pesquisas voltado especificamente para analisar os desafios associados aos impactos ambientais dos padrões de consumo.

Em 1994, essa Comissão realizou em Oslo (Noruega), o *Symposium on Sustainable Consumption and Production Patterns*, que promoveu os primeiros debates sobre consumo sustentável. O evento definiu e difundiu a ideia de que consumir de forma sustentável significava consumir de uma maneira que possibilitasse ao

indivíduo satisfazer suas necessidades básicas sem que para isso se fizesse necessário intensificar o uso dos recursos naturais ou dos materiais tóxicos necessários à produção/prestação dos bens/serviços, ou aumentar a geração de resíduos ou de poluentes.

Em 1995, a Comissão para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas realizou, novamente em Oslo, a *Oslo Ministerial Roundtable on Sustainable Consumption and Production*, cujo objetivo foi o de apresentar propostas que pudessem contribuir para o estabelecimento de medidas voltadas para mudanças de comportamento de indivíduos, empresas e instituições governamentais e internacionais (PORTILHO, 2005, p.108). Logo em seguida, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) empregou parte de seus recursos destinados ao meio ambiente em pesquisas sobre os padrões de consumo de seus países membros.

Em 2002, na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável – CNUDS, em Johannesburgo, foi ratificado o Plano de Implementação de Johannesburgo que, em seu capítulo 3, intitulado “Mudança nos Padrões de Produção e Consumo”, explicita que mudanças fundamentais na forma como as sociedades produzem e consomem são indispensáveis para se atingir o desenvolvimento sustentável em nível global. Sendo assim, houve um apelo efetivo para que todos os países se empenhassem na promoção de padrões sustentáveis de produção e consumo (UNEP, 2010). Para viabilizar essas estratégias, foi concebido o Processo de Marrakech (*Marrakech Process*).

O Processo de Marrakech é uma plataforma global que comunga as partes interessadas em trabalharem para a promoção e implementação de padrões de produção e consumo sustentáveis (UNEP, 2010). Sob a coordenação do Programa das Nações Unidas

para o Meio Ambiente (PNUMA) e do Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas (UNDESA), essa iniciativa teve sua primeira reunião em Junho de 2003 na cidade de Marrakech (Marrocos) – daí seu nome. Depois, ocorreram novos encontros internacionais na Costa Rica (em 2005) e Estocolmo (em 2007), além de encontros nacionais na Índia (em 2006, 2007 e 2010), na China (em 2006, 2008 e 2009), no Brasil (em 2007), na África do Sul (em 2008) e no México (em 2010). Concretamente, o Processo de Marrakech possui três objetivos: i) ajudar os países em seus esforços para tornar suas economias mais verdes; ii) auxiliar as corporações a desenvolverem modelos de negócios verdes e; iii) encorajar os consumidores a adotarem estilos de vida mais sustentáveis (UNEP, 2010).

O que há de singular na proposta de um consumo sustentável é a necessidade de um modelo de consumo no qual as necessidades humanas sejam atendidas por meio da utilização/desfrute de produtos/serviços que tenham sido produzidos/prestados com o mínimo de impacto ao meio ambiente. Trata-se, portanto, de uma forma de aquisição de bens de consumo no qual as escolhas são feitas não apenas em função de critérios como preço ou marca, mas também a partir da reflexão em torno dos impactos ambientais relacionados à sua produção. Por conseguinte, o indivíduo é tido como alguém que consome de maneira sustentável quando, face às possibilidades que lhe são apresentadas, opta por aquela cujo processo produtivo tenha se esforçado no sentido de minimizar a degradação ambiental. Por derivação, um discurso pró-consumo sustentável pode ser entendido como aquele que busca transmitir aos consumidores a importância de direcionarem suas escolhas para a aquisição de produtos que tenham sido gerados com o mínimo de impacto ao meio ambiente.

Entendido sob essa perspectiva, o discurso sobre o consumo sustentável aparece

como um esforço genuíno que visa fomentar estilos de vida sustentáveis. Acontece que, como em todo discurso, por vezes é possível inferir diretamente as intenções dos agentes discursivos e, por vezes, não. Quando ocorre de a situação ser justamente esta última, cria-se um terreno fértil para a assimilação cãndida e apática dos discursos. O principal risco da assimilação irrefletida de um discurso é a possibilidade de um assujeitamento ideológico. Diante de tal possibilidade, torna-se necessário, como diz Orlandi (2005), deslindar o novelo produzido pelo discurso. É isso que se pretende com o presente trabalho a partir da análise do caso do PPCS.

### **3. O poder público e o consumo sustentável: o caso do Plano de Ação para Produção e Consumo sustentáveis – PPCS**

No Brasil, a primeira iniciativa focada na questão do consumo sustentável deu-se em 1996, quando se realizou o *workshop* intitulado “Produção e Consumo Sustentáveis: Padrões e Políticas”, resultado de uma cooperação com a Noruega (RIBEMBOIM, 1997). Dois anos depois, segundo Portilho (2005, p.109), a Secretaria Estadual de Meio Ambiente de São Paulo promoveu o *Interregional Expert Group Meeting on Consumers Protection and Sustainability*, contando com a participação de 45 especialistas de mais de 25 países. Como resultado, gerou-se um documento com as propostas de ampliação da Diretriz de Defesa dos Consumidores da ONU para abarcar o tema consumo sustentável.

Em 2002, a preocupação do Brasil com o consumo sustentável torna-se pública a partir da inclusão do tema na Agenda 21 Nacional. Com seu Objetivo nº 1 (denominado “Produção e consumo sustentáveis contra a cultura do desperdício”), a Agenda 21 brasileira enfatizou a necessidade de poupar e conservar, e de criar novos hábitos de consumo (CPDS, 2002). Em

2007 (ano em que o Brasil aderiu ao Processo de Marrakech), o Ministério do Meio Ambiente, juntamente com o PNUMA, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e a Confederação Nacional da Indústria (CNI) realizaram, em São Paulo, a “Mesa Redonda Nacional sobre Consumo e Produção Sustentáveis”. De acordo com MMA (2010, p.19-20), o evento permitiu “a troca de informações dos diferentes níveis de governo, iniciativa privada e terceiro setor, sobre consumo e produção sustentáveis, além de ter propiciado oportunidade para discutir perspectivas, desafios e temas prioritários relacionados ao assunto”. Esses encontros acabaram por criar as condições propícias para que a temática do consumo sustentável passasse a compor a agenda política brasileira.

Assim, por meio da Portaria nº 44, de 13 de fevereiro de 2008, é criado o Comitê Gestor Nacional de Produção e Consumo Sustentáveis – CGPCS, composto por representantes de vários ministérios, entidades e organizações não governamentais “com a finalidade de realizar amplo debate e identificar ações que pudessem levar o Brasil, de forma planejada e monitorada, a buscar padrões mais sustentáveis de consumo e produção nos próximos anos” (MMA, 2010, p.12). Entre as atividades do CGPCS, destaca-se a formulação do elemento que atualmente reflete o discurso do poder público sobre o consumo sustentável: o Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis – PPCS.

O PPCS é resultado de um processo que tem início em maio de 2008 quando, após debates e consultas realizadas sob a orientação do CGPCS e sob a coordenação executiva do Ministério do Meio Ambiente (MMA), é lançada a primeira versão do PPCS. Essa primeira versão é revisada em julho de 2009 pela equipe do MMA e consultor externo com inclusão de novas

prioridades pelo Comitê Gestor. De janeiro a julho de 2010 é desenvolvido o Projeto de Cooperação Internacional para apoiar estudos, consultorias e elaboração de manuais metodológicos necessários ao processo de implantação do Plano. Submetido à consulta pública entre 14 de setembro a 05 de novembro de 2010, o PPCS foi aprovado e publicado pelo Comitê Gestor em dezembro de 2010 (MMA, 2010).

O PPCS é, portanto, um documento oficial, elaborado no âmbito do Comitê Gestor Nacional de Produção e Consumo Sustentável e tem como objetivo fornecer as diretrizes básicas e eleger as prioridades para que um conjunto de ações cabíveis, articuladas entre si, possa efetivar mudanças expressivas e mensuráveis, tanto nos padrões de consumo como de produção, que possam ser reconhecidos como mais sustentáveis (MMA, 2010).

No contexto do PPCS, o consumo sustentável é entendido como aquele que demanda (...) produtos e serviços, considerando como estes podem atender as necessidades humanas (alimento, abrigo, vestuário, lazer, mobilidade), reduzindo ao máximo os impactos ambientais em todo o ciclo de vida e mantendo-se dentro da capacidade de carga dos ecossistemas (MMA, 2010, p.18).

Concebido para orientar o processo de produção e consumo sustentáveis no âmbito nacional, o PPCS tem como objetivos gerais (MMA, 2010): 1) fomentar no Brasil um vigoroso e contínuo processo de ampliação de ações alinhadas ao conceito de PCS, tal como estabelecido pelo Processo de Marrakech, compartilhando com os nossos parceiros nacionais e internacionais o esforço por promover também a sustentabilidade no plano global; 2) integrar a iniciativa de disseminação de PCS ao esforço de enfrentamento das mudanças

climáticas, e também a outras frentes prioritárias para a sociedade brasileira, como o combate à pobreza, a distribuição equitativa dos benefícios do desenvolvimento, a conservação da biodiversidade e dos demais recursos naturais.

Já o objetivo específico do PPCS é o de “fornecer as diretrizes básicas e eleger as prioridades para que um conjunto de ações cabíveis, articuladas entre si, possa efetivar mudanças expressivas e mensuráveis, tanto nos padrões de consumo como de produção, que possam ser reconhecidos como mais sustentáveis” (MMA, 2010, p.38).

Explicitados seus objetivos, o PPCS apresenta uma série de diretrizes pelas quais as ações a serem propostas devem se guiar. A primeira delas estipula que as ações no âmbito do PPCS devem incorporar a influência recíproca existente entre o processo de oferta de bens e serviços e o processo de satisfação das necessidades da população de uma maneira que se levem em conta os limites físicos e biológicos impostos pela natureza. O PPCS recomenda ainda que devem ser consideradas ações que foquem o sistema produtivo em si, o sistema institucional-regulatório que o sustenta (infraestrutura, tecnologia, instrumentos econômicos e regulatórios) e aquelas que tenham impacto no sistema cultural e educacional visando à mudança de comportamentos (MMA, 2010). Com base nesses princípios, o CGPCS identificou um conjunto de 17 temas como a espinha dorsal do PPCS. São eles (MMA, 2010):

1. varejo e consumo sustentáveis: discutir a percepção do setor varejista a respeito da inserção de práticas de sustentabilidade nas suas operações e o seu papel na promoção do consumo sustentável;
2. Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P): consolidar a A3P como marco referencial de responsabilidade socioambiental no governo;

3. educação para o consumo sustentável: conceber e pôr em prática instrumentos – como pesquisas, estudos de caso, guias e manuais, campanhas e outros – para sensibilizar e mobilizar o indivíduo/consumidor, visando a mudanças de comportamento por parte da população em geral;
4. aumento da reciclagem de resíduos sólidos: incentivar a reciclagem no País, tanto por parte do consumidor como por parte do setor produtivo;
5. compras públicas sustentáveis: impulsionar a adoção das compras públicas sustentáveis no âmbito da administração pública, nas três esferas de governo, incentivando setores industriais e empresas a ampliarem seu portfólio de produtos e serviços sustentáveis;
6. promoção de iniciativas de PCS em construção sustentável: induzir o setor da construção civil – e o de infraestrutura como estrada, portos e outros – a adotar práticas que melhorem a *performance* socioambiental desde o projeto até a construção efetiva;
7. integração de políticas em PCS: integrar o PPCS às demais políticas de produção e consumo na área de desenvolvimento econômico;
8. fortalecimento de uma articulação nacional em PCS: organizar iniciativas para otimizar recursos e esforços, no sentido de promover e implementar ações articuladas de PCS em âmbito nacional;
9. inovação e difusão de tecnologias em PCS: promover a gestão do conhecimento em produção e consumo sustentáveis, com ações que visem desenvolver *design* inovador de serviços e soluções que considerem as variáveis da ecoeficiência e outros cenários, como a nanotecnologia ou “desmaterialização” da economia – como diferencial competitivo e estratégico para as empresas brasileiras;
10. desenvolvimento de indicadores em PCS: gerar informações que subsidiem o desenvolvimento de políticas públicas focadas em produção e consumo sustentáveis;

11. divulgação e capacitação em PCS: divulgar conceitos, disseminar conhecimentos e informações relevantes ligados ao tema PCS, junto ao setor produtivo, governos e sociedade civil;
12. agricultura e pecuária sustentáveis: estimular a proteção da biodiversidade e a redução do desmatamento/emissão de gases de efeito estufa (GEE), por meio da expansão de possibilidades que valorizem a floresta em pé; e incentivar a adoção de práticas agrícolas e pecuárias visando à redução dos impactos ambientais e do desmatamento;
13. fomento a produção e consumo sustentáveis: promover iniciativas que levem os gastos públicos e o sistema bancário a se comprometerem cada vez mais em considerarem, na oferta de crédito e financiamento bem como na compra de produtos e serviços, os critérios de sustentabilidade, contribuindo dessa forma para induzir a correção, a mitigação e também um crescente mercado de negócios sustentáveis;
14. diminuição do impacto social e ambiental na geração e uso de energia: incentivar a adoção de práticas economizadoras de energia pelos consumidores (pessoa físicas e jurídicas), promovendo meios para escolhas mais eficientes; e promover o aprimoramento e a aplicação de tecnologias para a geração e aproveitamento de energia renovável;
15. rotulagem e análise do ciclo de vida: consolidar a rotulagem ambiental como instrumento de desenvolvimento de novos padrões de consumo e produção sustentáveis mediante a mobilização das forças de mercado;
16. rotulagem para expansão sustentável do uso de biocombustíveis: garantir que a expansão na produção e uso de biocombustíveis seja feita de modo econômica, social e ambientalmente sustentável, provendo aos consumidores condições para escolha adequada dos mesmos;
17. estímulo à criação e expansão de negócios/mercados com inclusão social e menor impacto ambiental: disseminar o conceito “mercados/negócios inclusivos” – novos modelos e práticas corporativas que promovam a inclusão social; criar e disseminar produtos e processos inovadores acessíveis a populações carentes; fornecer à população necessitada acesso à renda por meio de negócio, oportunidades, emprego, bens de consumo e serviços, de forma a possibilitar uma melhoria na qualidade de vida; estimular o setor produtivo à inclusão social (gerando produtos, empregando e incluindo em sua cadeia produtiva), contribuindo para o desenvolvimento social de populações carentes; e incentivar o consumo de produtos que promovam inclusão social.

Com a finalidade de articular ações já em curso – tanto do setor governamental quanto não governamental – o PPCS prevê uma tipologia variada de ações em desenvolvimento e a serem desenvolvidas, a saber:

- Ações Governamentais (AG): iniciativas (em andamento ou previstas) sob a liderança e a coordenação técnica dos Ministérios do Governo Federal e de outros entes públicos, empreendidas com recursos públicos do Orçamento da União ou dos Estados e Municípios, ou de empresas ou bancos estatais – e que representem uma contribuição direta às prioridades do PPCS. Encaixam-se nessa categoria, por exemplo, o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA), criado pelo Governo Federal em 2003 e implementado pelo Ministério de Minas e Energia, que visa promover o uso racional da energia elétrica em edificações desde sua fundação;
- Ações de Parceria (AP): iniciativas conjuntas entre o setor público e o setor privado e/ou sociedade civil organizada,

com recursos mistos (aportes públicos e privados), sob a coordenação ou o monitoramento conjuntos. Encaixam-se nessa categoria ações como a publicação do “Manual de Educação: Consumo Sustentável”, iniciativa conjunta do MMA e do Instituto de Defesa do Consumidor; e a parceria entre o Instituto Akatu e o MMA para a continuidade da campanha “Saco é um saco”, que visa à redução na utilização de sacolas plásticas;

- Iniciativas Voluntárias (IV): iniciativas empreendidas pelo setor privado ou por organizações da sociedade civil, sem o concurso de recursos governamentais. Encaixam-se nessa categoria ações como o Portal dos Serviços de Coleta e Reciclagem do setor de eletroeletrônicos, executado pela organização não governamental Compromisso Empresarial pela Reciclagem (CEMPRE) e o Programa Nacional de Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis, executado pela Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP);
- Acordos e Pactos Setoriais (PS): acordos ou pactos efetuados entre produtores e seus *stakeholders* de modo a promover a produção, o uso e o consumo sustentável de produtos ou serviços específicos. Encaixam-se nessa categoria o Pacto da Soja Sustentável e o Pacto da Madeira Certificada;
- Forças-Tarefa (FT): esforços concentrados naquelas prioridades do Plano que ainda não possuem ações concretas em andamento, ou cronograma de desenvolvimento estabelecido, nem recursos ainda destinados. Encaixam-se nessa categoria ações ainda em estágio

de debate, tais como: rotulagem ambiental, certificação e análise do ciclo de vida de produtos e serviços.

#### **4. Resultados: O discurso do poder público sobre o consumo sustentável**

Não obstante vise sempre ao bem comum da sociedade (PHILIPPI JR e BRUNA, 2004), é preciso considerar que não existe política pública asséptica. Toda política, como observa Cruz (2002), está imbuída de intencionalidade e de ideologia.

Ao se analisar o discurso do poder público, verifica-se que o mesmo utiliza as bases conceituais delineadas pelo Simpósio de Oslo e difundidas pelo Processo de Marrakech. Sendo assim, a opção é pela utilização do termo “consumo sustentável” enquanto uma modalidade de consumo na qual os indivíduos escolhem bens e serviços em função da preocupação com os recursos naturais e com a geração de resíduos, materiais tóxicos e emissão de poluentes. Em termos práticos, isso significa, essencialmente, que o consumo sustentável implica que o consumidor considere as formas de produção de um produto e faça a opção por aquela ecologicamente menos impactante. Assim, para o discurso do poder público, o consumo sustentável nada mais é do que o ato de dar preferência, no momento da compra, a um produto que tenha sido gerado de forma sustentável. De sorte que, evidentemente, não é possível fazer tal tipo de escolha sem a devida informação, o discurso do poder público atrela, ainda que não explicitamente, o consumo sustentável à existência de um processo de rotulagem. Isso porque seria justamente o rótulo ambiental que forneceria as informações das quais o consumidor necessita para optar pelo produto menos impactante. Dito de outra forma: o consumo só poderá ser sustentável se existirem rótulos que

informem ao consumidor que o produto que ele tem em mãos foi gerado mediante critérios que respeitaram o meio ambiente; do contrário, não haveria como escolher produtos sustentáveis.

É notória ainda a ausência de qualquer referência no discurso do poder público quanto à importância ou necessidade da diminuição do consumismo. Embora se admita que os padrões de consumo precisem ser revistos, uma diminuição do consumo não é efetivamente cogitada. Pelo contrário, o consumo sustentável é apresentado como uma via alternativa por meio da qual o processo produtivo pode perpetuar-se. Dessa forma, o discurso acaba por situar o econômico como o fator preponderante. Do modo como é colocado, o comprometimento do consumo sustentável não é com a diminuição da pressão sobre o estoque dos recursos naturais, mais sim com a viabilização do consumo de uma produção menos impactante do ponto de vista ecológico.

Ademais, entende-se que o discurso é abrangente, mas não é consistente. É abrangente porque considera tanto o “sistema produtivo em si como o sistema institucional-regulatório que o sustenta” (MMA, 2010, p.38). Isso é feito por meio de ações voltadas para o varejo, construção, tecnologias, agricultura e pecuária, mecanismos de crédito e financiamento (processo produtivo), para a educação para o consumo sustentável, a divulgação e a rotulagem (processo de consumo propriamente dito), para a reciclagem (processo de descarte) e para a política, articulação nacional, indicadores e inclusão social (processo de gestão).

No entanto, é inconsistente porque há certo descompasso entre as premissas adotadas e as formas como se pretende que o consumo sustentável seja posto em prática. Em primeiro lugar, o PPCS reconhece a necessidade de serem impostos limites, mas não sugere nada em relação à imposição de limites. O que há são considerações tecnológicas e gerenciais que visam manter intocadas (quicá aumentar) as taxas

de consumo. Da mesma forma, embora reconheça a influência da “indústria cultural – com seus fortes apelos no sentido de gerar necessidades, reais ou não, alimentando expectativas de consumo (...), levando as pessoas a identificarem o consumo como o maior bem estar ou felicidade” (MMA, 2010, p.38), não são demonstradas preocupações no sentido de propor medidas que busquem regular o papel da publicidade enquanto elemento incentivador de consumismo. Nenhum dos mecanismos de ação (Ações Governamentais, Ações de Parceria; Iniciativas Voluntárias; Acordos e Pactos Setoriais; Forças-Tarefa) insinua qualquer necessidade de se observar a relação entre a publicidade e o consumismo.

### 5. Considerações finais

Sustentável significa, *strictu sensu*, continuação ao longo do tempo (FOLADORI, 2005). Quando vem atrelado ao vocábulo “consumo”, pressupõe-se que o que deve perdurar ao longo do tempo é o consumo. Por sua vez, um consumo só pode ser sustentável caso os recursos que o viabilizem sejam inesgotáveis. Como esse não é o caso dos recursos naturais, uma sustentabilidade do consumo irá requerer taxas de consumo menores que as de recomposição dos recursos.

Tal interpretação, entretanto, escapa ao discurso analisado. Neste, o consumo sustentável é majoritariamente entendido como a aquisição de um produto gerado de forma sustentável que, por sua vez, é considerado como aquele produto elaborado com o mínimo de impacto ambiental. Ao fazer isso, o discurso curiosamente assume que a solução para os problemas resultantes do excesso de consumo não está no consumo, mas na produção. Há, portanto, um deslocamento do foco da problemática (do consumo para a produção) e, assim, evita-se a discussão em torno da relação taxas de consumo *versus* tempo de reposição dos

recursos. Ao ignorar essa relação, os discursos acabam por corroborar o argumento de que produtos sustentáveis surgem por meio da tecnologia limpa, produção mais limpa e da ecoeficiência. Limitando-se a adquirir produtos disponibilizados por essas vias, os consumidores estariam, na lógica dos discursos, praticando um consumo sustentável.

Importa observar, entretanto, que consumo de uma produção sustentável não é sinônimo de consumo sustentável. Isso porque estratégias como tecnologias limpas, produção mais limpa e ecoeficiência, embora sejam elementos importantes, “não questionam a lógica suicida do desenvolvimento” (LATOUCHE, 2009, p.09). Assim, longe de tecer qualquer crítica ao modelo de consumo praticado, a produção sustentável tem, na verdade, criado uma oportunidade de mercado por meio de uma “ecoprodução” (LIPOVETSKY, 1994, *apud* PORTILHO, 2005, p.118).

A lógica da produção sustentável está orientada para atender um emergente e promissor nicho de mercado representado por pessoas que estão preocupadas com a manutenção de um estilo de vida saudável, e não necessariamente com a sustentabilidade. É por isso que o simples ato de escolher, entre as opções disponíveis, aquela em que se registra menor impacto ambiental (o que aqui se está chamando de um “consumo de uma produção sustentável”) não pode ser visto como um consumo sustentável.

Nesses termos, considera-se que o PPCS acaba por viabilizar um “esverdeamento” do processo produtivo que, ao fim e ao cabo, não questiona as taxas de consumo. Assim, pode-se dizer que, paradoxalmente, o discurso do poder público preocupa-se muito mais com a “sustentabilidade dos padrões de consumo” do que propriamente com o consumo sustentável.

Diante de tais constatações, concorda-se com Goodman e Goodman (2001, *apud*

PORTILHO, 2005) quanto ao fato de que o discurso sobre o consumo sustentável é fortemente, se não exclusivamente, focado nas relações técnicas de produção e suas consequências ambientais. Não propõe qualquer transformação fundamental na sociedade capitalista e sua racionalidade, propondo, ao contrário, ajustes para reorientar a relação produção-consumo em direção a uma forma mais “ambientalmente amiga”. Nessa perspectiva, consumo sustentável seria principalmente uma forma de agregar um “brilho verde” ao capitalismo, contribuindo assim para manutenção do *status quo*.

## 6. Referências

ASSADOURIAN, E. (2010) Ascensão e queda das culturas de consumo. In: WORLDWATCH INSTITUTE. *Estado do mundo 2010*. Transformando culturas: do consumismo à sustentabilidade. Universidade da mata Atlântica, p.03-19.

BARBOSA, L. (2008) *Sociedade de consumo*. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.

BARBOSA, L.; CAMPBELL, C. (2006) O estudo do consumo nas ciências sociais contemporâneas. In: BARBOSA, L.; CAMPBELL, C. *Cultura, consumo e identidade*. Rio de Janeiro: Editora FGV, p.21-44.

BAUDRILLARD, J. (2005) *A sociedade de consumo*. Lisboa: Edições 70.

BAUMAN, Z. (2008) *Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadoria*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.

- BELL, S.; MORSE, S. (2000) *Sustainability indicators: measuring the immeasurable*. Earthscan: London.
- BRANDÃO, H. (2004) *Introdução à análise do discurso*. 2ª Ed. Campinas: Editora da UNICAMP.
- CAMPBELL, C. (2001) *A ética romântica e o espírito do consumismo moderno*. Rio de Janeiro: Rocco.
- CANCLINI, N. (1999) *Consumidores e cidadãos: conflitos multiculturais da globalização*. 4ª Ed. Rio de Janeiro: UFRJ.
- CLARK, G. (2007) Evolution of the global sustainable consumption and production policy and the United Nations Environment Programme's (UNEP) supporting activities. *Journal of Cleaner Production*. v.15, n.6, p.492-498.
- CNUMAD – CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. (1997) Agenda 21. Brasília: Senado Federal.
- COHEN, M. (2010) The international political economy of (un)sustainable consumption and the global financial collapse. *Environmental Politics*, v.19, n.1, p.107-126.
- CPDS – COMISSÃO DE POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DA AGENDA 21 NACIONAL. (2002) Agenda 21 brasileira: ações prioritárias. Brasília: MMA.
- CRUZ, R. C. (2002) Política de turismo e território. São Paulo: Contexto.
- DINATO, M. Produção e consumo sustentáveis: o caso da Natura Cosméticos S.A. [tese de doutorado]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- FOLADORI, G. (2005) *Por una sustentabilidad alternativa*. Montevideo: Secretaría Regional Latinoamericana de la Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación, Agrícolas, Hoteles, Restaurantes, Tabaco y Afines.
- GARDNER, G.; ASSAROURIAN, E.; SARIN, R. (2004) O estado do consumo hoje. In: WWI - Worldwatch Institute. *Estado do mundo, 2004: Estado do consumo e o consumo sustentável*. Salvador: Universidade Livre da Mata Atlântica-UMA, p.03-27.
- GIDDENS, A. (2004) *Sociologia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- GONÇALVES, C. W. P. (2006) *A globalização da natureza e a natureza da globalização*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira.
- HARVEY, D. (2004) *Espaços de esperança*. São Paulo: Edições Loyola.
- KEMPF, H. (2010) *Como os ricos destroem o planeta*. São Paulo: Globo.
- LATOUCHE, S. (2009) *Pequeno tratado do decrescimento sereno*. São Paulo: Martins Fontes.
- LAYRARGUES, P. (1998) *A cortina de fumaça: o discurso empresarial verde e a ideologia da racionalidade econômica*. São Paulo: Annablume.
- LÖWY, M. (2005) *Ecologia e socialismo*. São Paulo: Cortez Editora.
- MEA – MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. (2005) *Ecosystems and human*

*wellbeing: synthesis*. Island Press: Washington, DC.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (2010) *Plano de ação para a produção e consumo sustentáveis: versão para consulta pública*. MMA: Brasília.

MONTIBELLER FILHO, G. (2004) *O mito do desenvolvimento sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadoria*. 2ª Ed. Florianópolis: Editora da UFSC.

ODUM, E. (2004) *Fundamentos de ecologia*. 7ª Ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

PHILIPPI JR., A.; BRUNA, G. (2004) Política e gestão ambiental. In: PHILIPPI JR., A.;

ROMÉRO, M.; BRUNA, G. (Eds.). *Curso de gestão ambiental*. Barueri: Manole, p.657-711.

PORTILHO, F. (2005) *Sustentabilidade ambiental, consumo e cidadania*. São Paulo: Cortez.

PRINCEN, T. (1999) Consumption and environment: Some conceptual issues. *Ecological Economics*, 31(1), pp.347-363.

RIBEMBOIM, J. (ORG.) (1997) *Mudando os padrões de produção e consumo: textos para o século XXI*. Brasília: Ibama/MMA.

SACHS, I. (2000) *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Garamond: Rio de Janeiro.

SANTOS, M. (2005) *Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal*. 12ª Ed. Rio de Janeiro: Record.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. (2010) *ABC of SCP clarifying concepts on sustainable consumption and production*. Paris: UNEP.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2005). *Advancing Sustainable Consumption in Asia: a guidance manual*. Paris: UNEP.

WWF - WORLD WIDE FUND FOR NATURE. (2008) *Living Planet Report 2008*. Suíça: WWF.

## Notas

<sup>1</sup> Segundo Brandão (2004, p.105), assujeitamento ideológico “consiste em fazer com que cada indivíduo (sem que ele tome consciência disso, mas, ao contrário, tenha a impressão de que é senhor de sua própria vontade) seja levado a ocupar seu lugar, a identificar-se ideologicamente com grupos ou classes de uma determinada formação social”.



## Avaliação ambiental preliminar em área com atividade cemiterial na cidade de Recife-PE

*Preliminary environmental evaluation in area with cemeterial activity in Recife city, Brazil*

Submetido em 15.12.14 | Aceito em 24.04.15 | Disponível on-line em 07.08.15



**Josineide Braz de Miranda\***

Departamento de Química-Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco-IFPE, *Campus Pesqueira*, Rodovia BR 232, Km 208 CEP 55200-000, Prado, Pesqueira-PE | \*josibraz@hotmail.com

**Francismar Leandro Lira de Oliveira e José Luiz Koblitz**

Departamento de Biologia- Faculdade Salesiana do Recife, Rua Dom Bosco,551, Boa Vista, Recife-PE CEP 50070-070

### RESUMO

*Os cemitérios constituem uma necessidade social indispensável. Porém, com o aumento dos cemitérios surgiram vários problemas ambientais. Este trabalho teve o objetivo de fazer uma avaliação preliminar ambiental no Cemitério Parque das Flores, Recife-PE. Realizou-se duas visitas ao cemitério e uma coleta, em janeiro de 2014, de 3 amostras de água e solo, para análise microbiológica e granulométrica realizada no ITEP e no Departamento de Oceanografia da UFPE, respectivamente. Na análise visual, verificaram-se várias sepulturas deterioradas na sua estrutura física, e túmulos com ausência de calhas para retenção do necrochorume e drenos para gases. O solo da área apresentou-se areno-argiloso, não sendo o mais apropriado para construção de cemitérios. A análise microbiológica da água do açude existente na área, indicou presença das bactérias coliformes totais e *Escherichia coli* e o número de bactérias heterotróficas ultrapassou o valor padrão de 500 UFC.mL<sup>-1</sup> da portaria nº 2914/2011 do MS. Estes resultados estão associados à decomposição de matéria orgânica de maneira geral e a águas contaminadas. Estas alterações nos indicadores bacteriológicos das águas superficiais podem ter sido causadas pelo escoamento do necrochorume, sendo necessária uma maior atenção aos impactos ambientais causados por esta atividade, que podem acarretar danos ao ambiente e a população.*

**Palavras-chaves:** Cemitério, Necrochorume, Impactos ambientais.

### ABSTRACT

*Cemeteries represent a essential social necessity, however, with increase of cemeteries appeared environmental problems in various forms. Thus, this study aimed to assess the environmental impacts caused by the activities of the Parque das Flores Cemetery, situated in Recife city. The methodology involved two visits to the cemetery to collected, in January 2014, 3 samples of water and soil for microbiological analysis and particle size analysis at ITEP and Oceanography Department of the UFPE, respectively. Visual analysis, were identified deterioration structural in several graves that did not have adequate engineering design, without gutter to retention necrochorume and drains to gas. The soil presented sandy-clay. The microbiological analyzes indicated the presence of total coliform and *Escherichia coli* in water samples and the count of heterotrophic bacteria exceeded the standard of 500 UFC.mL<sup>-1</sup> of Health Ministry, which are associated with the decomposition of organic matter in general and contaminated water. These variations in the bacteriological indicators of surface water of cemetery, which may have been caused by the Corpse putrefaction fluid. Therefore, it is requires more attention to the environmental impacts of this activity, which can to cause health damage of environment and the population.*

**Keywords:** Cemetery, Corpse putrefaction fluid, Environmental impact..

## 1.Introdução

No período em que os homens eram nômades não havia a preocupação com os cadáveres, pois, como não existia moradia fixa os corpos eram deixados para trás e sua decomposição acontecia ao ar livre. Quando o homem fixou moradia, os corpos em decomposição passaram a ser um problema, e uma das soluções era armazená-los em cavernas longe dos pontos de moradia (MARTIM et al. 2008).

Foi a partir de 10.000 a.C que as sepulturas começaram a ser agrupadas para o sepultamento coletivo, surgindo assim os primeiros cemitérios. Os cemitérios foram direcionados para as periferias das áreas urbanas, e passaram muito tempo sendo apenas um local de sepultamento de corpos humanos sem que representassem qualquer perigo à saúde pública e ao meio ambiente. Era uma construção implantada em uma área considerada imprestável e por este motivo não eram levados em consideração quaisquer aspectos geológicos, hidrogeológicos e geotécnicos da área escolhida (PACHECO 2000; 2006).

Em meados do século XX, os cemitérios começaram a ser estudados por várias áreas, inclusive com enfoque interdisciplinar e, nos tempos atuais com enfoque nas questões ambientais, em que se procedem ensaios biológicos, físicos e químicos nas áreas ocupadas pelas necrópoles e em seu entorno. Os cemitérios podem apresentar risco de contaminação ambiental em particular para as águas subterrâneas de menor profundidade, chegando alguns cemitérios a contaminar aquíferos freáticos pelo necrochorume oriundos da decomposição de cadáveres (PACHECO et al. 1991).

O necrochorume, que é um líquido gerado pela decomposição dos corpos realizada por micro-organismos, constitui-se em um líquido mais viscoso que a água, de cor acinzentada a

acastanhada, com cheiros acres e fétidos, apresenta uma constituição aproximada de 60% água, 30% substâncias inorgânicas (sais minerais), 10% substâncias orgânicas (compostos degradáveis). Entre as substâncias orgânicas destacam-se duas diaminas, a Putrescina (1,4-butanodiamina) e a Cadaverina (1,5-diaminopentano), consideradas venenos potentes, que não dispõem de antídotos eficientes e possuem dose letal por ingestão oral (DL50 oral) de 56 mg.kg<sup>-1</sup> (CAMPOS, 2007).

No necrochorume também existem um número elevado de bactérias heterotróficas, proteolíticas e lipolíticas, bem como a *Escherichia coli*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, *Citrobacter* e a *Streptococcus faecalis*, e microrganismos patogênicos como *Clostridium perfringes*, *Clostridium welchii* – que causa tétano, gangrena gasosa e infecção alimentar; *Salmonella typhi* que causa a febre tifóide e *S. paratyphia* febre paratífóide, *Shigella* causadora da desintéria bacilar e o vírus da hepatite A. Na putrefação dos cadáveres são liberados principalmente o gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), as mercaptanas, o gás metano (CH<sub>4</sub>), a amônia (NH<sub>3</sub>) e o fosfina (PH<sub>3</sub>) – hidrato de fósforo, incolor e inflamável (SILVA E MALAGUTTI FILHO, 2008)

Vários estudos a exemplo de Matos (2001), Migliorini et al. (2006), Silva e Malagutti Filho (2008) apontam para a possibilidade da atividade cemiterial ser uma fonte de contaminação do meio ambiente, inclusive com indicação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos que devem ser investigados para acompanhamento de prováveis contaminações da água.

No Estado de Pernambuco são carentes estudos relacionadas aos impactos ambientais ocasionados pelas atividades cemiteriais, sendo registrado apenas o estudo de Espindula et al. (2005), no Cemitério da Várzea- Recife e Miranda

et al. (2012), em dois Cemitérios de Carpina-PE. Dessa forma, esta pesquisa teve o objetivo de identificar o impacto ambiental ocasionado pelas atividades desenvolvidas no cemitério Parque das Flores, Recife-PE a partir da sua estrutura física, da qualidade das águas superficiais e da análise do solo cemiterial

## **2. Material e Métodos**

### **2.1 Caracterização da área**

O município de Recife-PE apresenta uma área de 218,435 Km<sup>2</sup> e uma população de 1.537.704 habitantes (IBGE, 2010) possuindo cinco cemitérios públicos cuja administração é de competência da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana - EMLURB, sendo eles: Senhor Bom Jesus da Redenção, conhecido como Cemitério de Santo Amaro, localizado no bairro de Santo Amaro; Parque das Flores localizado no Bairro do Sancho; Cemitério de Tejipió, situado no Bairro do Pacheco; Cemitério da Várzea, no Bairro Cidade Universitária e Cemitério Casa Amarela, situado no bairro de mesmo nome. Esses cemitérios foram implantados fora dos perímetros urbanos, no entanto, a expansão urbana contribuiu para que a distância diminuísse, fazendo com que os cemitérios fossem envolvidos e inseridos no meio urbano.

O cemitério Parque das Flores teve sua construção iniciada em março de 1972, mas, seu primeiro sepultamento ocorreu em Março de 1974. A área cemeterial tem uma extensão de aproximadamente 7,5 ha e está localizado na Av. Liberdade s/n, Bairro do Sancho, Recife-PE, tendo em seu perímetro diversas residências e pontos comerciais (EMLURB, 2013).

A área construída do cemitério é composta pelo prédio da administração, recepção, instalações sanitárias, seis salas para velórios, sendo quatro principais e dois reservados para sala de espera e também uma cantina.

O cemitério faz divisa, nos fundos, com o Jardim Botânico do Recife, existindo, dessa forma, muitas árvores na área cemeterial. A área para sepultamentos é dividida em 28 quadras, que totalizam 26.869 (vinte e seis mil oitocentos e sessenta e nove) jazigos feitos de placas de cimento pré-moldados (Figura 1). Apesar de ser um cemitério municipal, os jazigos são perpétuos, sendo a cova utilizada por uma única família, onde podem ser colocados de um a dois corpos e até 13 restos mortais. Para os indigentes, é reservada uma pequena área do cemitério, em uma parte elevado do terreno, onde os corpos permanecem por um período de dois anos e um dia. Após este período, os restos mortais são retirados e os ossos são lavados e colocados em ossuários (lúcios construídos com essa finalidade) dentro do cemitério. Os resíduos gerados, assim como, os restos de roupas e madeiras das urnas funerárias são recolhido pela limpeza urbana.

### **2.2 Metodologia**

A investigação foi realizada, inicialmente, através de um levantamento e leitura de bibliografias relacionadas ao tema, na intenção de fundamentar teoricamente a pesquisa. Para a obtenção de dados primários realizou-se duas visitas à área de estudo, nos meses de dezembro de 2013 e janeiro de 2014, para conhecimento do funcionamento do cemitério e da estrutura física do local.

A coleta das três amostras de água superficiais e do solo ocorreu em janeiro de 2014 e foi realizada em três pontos distintos da área de estudo, cujas coordenadas em UTM são: Ponto 01: 284326-9106127; Ponto 02: 284078-9106349; Ponto 03: 283845-9106219. As amostras de água foram coletadas no açude existente dentro do perímetro do cemitério e o as amostras de solo foram coletados em frente aos

pontos da coleta da água (figura 2). A análise granulométrica do solo foi realizada no departamento de Oceanografia da UFPE,

seguindo o método de peneiração (SUGUIO, 1973).

**Figura 1:** Vista parcial dos jazigos do cemitério Parque das Flores



Fonte: Os autores, 2014

**Figura 2:** Localização dos pontos de coleta das amostras de água e solo



Os procedimentos de coleta, preservação e transporte das amostras de água para o laboratório foram realizados conforme estabelecido no formulário fornecido pelo Instituto Tecnológico de Pernambuco – ITEP/OS, onde foi realizado as análises microbiológicas seguindo o método do APHA - Standard Methods for the Examination of Water water (2012).

A qualidade bacteriológica de águas destinadas à irrigação, parques e jardins é avaliada pelos mesmos indicadores recomendados para águas destinadas ao consumo humano, isto é, coliformes totais e coliformes termotolerantes. Portanto definiu-se para análise da água os seguintes parâmetros bacteriológicos:

**Grupo Coliforme:** Bactérias muito utilizadas para avaliação da qualidade da água por constituírem bons indicadores de contaminação humana ou animal, sobretudo, por que a sua densidade, na água, decresce na mesma proporção das bactérias patogênicas intestinais. O grupo dos coliformes é representado pelas bactérias dos gêneros *Escherichia* (*Coliformes* fecais ou termotolerantes), *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella* (*Coliformes* totais). Esses três últimos podem ocorrer no solo e na vegetação, não sendo, portanto, de origem exclusivamente fecal (NOGUEIRA et al.2003).

**Coliformes fecais** ou termotolerantes: Subgrupo dos coliformes totais representados principalmente pela cepa *Escherichia coli*. Têm sido extensivamente utilizados no monitoramento da qualidade de águas e são considerados os mais específicos indicadores de qualidade de águas destinadas a potabilidade e balneabilidade. *Escherichia coli* é a única espécie do grupo dos *coliformes* termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas (LIBÂNIO, 2010).

**Bactérias heterotróficas:** Incluem todas as bactérias que usam nutrientes orgânicos para o seu crescimento. Estas bactérias são universalmente presentes em todos os tipos de água, alimento, solo, vegetação e ar. Essas bactérias quando presentes na água em altas concentrações são capazes de infectar uma pessoa. A capacidade de um microrganismo de causar uma enfermidade frequentemente está associada ao seu fator de virulência (ALLEN et al; EDBERG; REASONER, 2004).

### 3. Resultados e Discussão

A avaliação preliminar do meio e estrutura física do Cemitério Parque das Flores possui um caráter relevante para as questões ambientais, podendo contribuir na identificação de fontes prováveis da contaminação ambiental do local.

Os sepultamentos são realizados pelos coveiros, que são em número de seis e dois fiscais, os quais são funcionários da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB). A limpeza e manutenção do cemitério são realizadas por funcionários terceirizados e por detentos em regime semiaberto, que fazem parte de um programa de reeducação e ressocialização do Estado. Porém, a grande manutenção do cemitério é feita por funcionários informais (em média de 100) que recebem um valor mensal dos proprietários dos jazigos para fazerem a manutenção e a limpeza das sepulturas, como a colocação e irrigação de gramíneas e manutenção dos vasos de flores. Estes trabalhadores diariamente utilizam a água do açude existente na área cemiterial para irrigação das flores e gramíneas e para seu asseio (figura 03)

**Figura 3:** Açude existente na área cemitérial, com água sendo bombeada para uso dos trabalhadores informais



Fonte: os autores, janeiro 2014

**Figura 4:** Deterioração física dos jazigos do Cemitério Parque das Flores: 4A–Tampa de túmulo quebrada; 4B–Rachadura no interior dos jazigos, 4C– Jazigos mal vendidos e sem tapa.



Fonte: Os autores, janeiro 2014

No Cemitério Parque das Flores verificou-se que os aspectos estéticos parecem encobrir os problemas ambientais, pois, enquanto os primeiros causam certo conforto aos visitantes, pelo impacto visual atenuado pelas áreas verdes, os problemas ambientais são desvendados apenas

através de uma observação mais apurada, a partir da qual visualizaram-se várias covas apresentando deterioração na sua estrutura física tais como: buracos na parede da sepultura, tampas quebradas e rachaduras nas paredes dos túmulos, afundamentos do solo ao redor das covas e

ausência de tampas (figuras 04A, 04B e 04C). Na área observaram-se também, túmulos que não atendem a um projeto adequado de engenharia, de acordo com a resolução CONAMA 335/2003 (BRASIL, 2003), por não possuírem calhas para retenção do necrochorume funerário e drenos para os gases. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2008), no cemitério de Itaquerá-SP

Uma vez que os jazigos são instalações sujeitas às ações das intempéries, que naturalmente provocam desgastes nas estruturas, estes devem passar por uma fiscalização e recuperação periódica, evitando expor o cemitério a problemas ambientais, em decorrência da infiltração da água de chuva para o interior dos jazigos, e da infiltração do necrochorume na água do subsolo e a lixiviação destes compostos para o ambiente externo, onde há circulação de pessoas e animais.

Neste sentido, Leli et al. (2012) cita que os cemitérios existentes antes de 2003, devem se adaptar as Resoluções CONAMA 335/2003 e 368/2006 e caso seja constatado passivo ambiental nesses cemitérios, pode-se acarretar medidas como a interdição das áreas críticas ambientalmente, implantação de redes de drenagem de águas superficiais, calagem no solo. Podendo ser também solicitado a recuperação ou impermeabilização dos túmulos, como medidas que evitem a saída de necrochorume da câmara tumular.

Na área interna da necrópole, observaram-se, também, lixos dispostos em recuos na área interna da necrópole, ou em caçambas da prestadora do serviço de coleta de resíduos sólidos, bem como, animais soltos no local. O lixo é constituído de restos de flores naturais, folhas, materiais empregados na ornamentação fúnebre, trapos de roupas, restos de caixões etc., porém, esses resíduos deveriam ter o

mesmo destino dos Resíduos dos Serviços de Saúde (RSS), que seria a incineração (Figura 5).

Nos terrenos destinados à implantação de cemitérios o tipo de material geológico é um fator determinante para a filtragem dos líquidos resultantes da decomposição de cadáveres. A porcentagem ideal de argila no solo é na faixa de 20 a 40%, para que os processos de decomposição aeróbica e as condições de drenagem do necrochorume sejam favorecidos (SILVA, 1995).

A análise granulométrica do solo cemiterial indicou que o mesmo é areno-argiloso, apresentando mais de 50% de areia em todos os pontos, conforme mostra a tabela 01.

Em relação à contaminação do solo, a fração argila (sedimentos finos), apresenta maior potencial de adsorção de microrganismos, pois, as partículas são de menor tamanho. Por outro lado, os solos arenosos apresentam uma boa permeabilidade, o que os torna mais suscetíveis à infiltração dos contaminantes. Segundo Silva e Malagutti Filho, (2008) o solo argiloso não é o mais adequado para implantação de cemitérios, pois, seu alto teor de argila pode ocasionar fenômenos conservativos dos corpos (mumificação), pela possibilidade de empoçamento de água, fato que foi observado no cemitério em estudo, na área próxima ao tanque de coleta de água dos trabalhadores informais.

Os resultados das análises microbiológicas referente aos Coliformes Totais e *Escherichia coli*, foram obtidos de forma qualitativa e indicaram presença de bactérias Coliformes Totais e *Escherichia coli* nas três amostras analisadas (tabela 2)

De acordo com a Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), a água analisada está enquadrada na classificação de água doce classe dois que são águas que podem ser destinadas à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

**Figura 5:** Área interna do Cemitério apresentando lixo e caçamba de coleta de resíduos sólidos comum

**Fonte:** Os autores, janeiro 2014

**Tabela 01.** resultados da análise granulométrica do solo da área cemiterial

Amostra	Teor de areia (%)	Teor de Silte/ Argila (%)
Ponto 01	60,02	39,98
Ponto 02	55,04	44,96
Ponto 03	62,34	37,66

**Tabela 02.** Resultados da análise Microbiológica da água superficial do cemitério

Amostra	Coliformes Totais (em 100 mL)	<i>Escherichia coli</i> (em 100 mL)	Bactérias
			Heterotróficas (UFC.mL <sup>-1</sup> )
Ponto 01	Presença	Presença	18.000
Ponto 02	Presença	Presença	230
Ponto 03	Presença	Presença	29.000

Esta resolução cita que as concentrações de coliformes termotolerantes não deverão exceder um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A presença de *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

A presença de coliformes totais na água, que são um grupo de bactérias gram-negativas, está associada à decomposição de matéria orgânica de maneira geral e a *Escherichia coli*, que é indicadora de águas contaminadas. Doenças como a febre tifóide e a diarreia neonatal, e sintomas como dores abdominais, febre e calafrios podem estar relacionadas à ingestão de água ou alimentos contaminados por bactérias destes gêneros (TUNES, 2002).

Mesmo não podendo indicar e quantificar se a água utilizada dentro do Cemitério Parque das Flores é considerada imprópria para o uso a que se destina, vale salientar o risco de utilização dessa água, pois, o contato direto com água poluída por agentes patogênicos podem resultar em doenças (ROITMAM et al. 1987) e além dos microrganismos entéricos, outros patogênicos responsáveis por doenças de pele, ouvido e garganta são relevantes quando a água se destina a atividades que envolvem contato corporal.

Os resultados das bactérias heterotróficas mesófilas (BHM) indicaram que, no ponto 01 e 03 as contagens ultrapassaram o padrão de 500 UFC.mL<sup>-1</sup> permitido para água de abastecimento, de acordo com a portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). A densidade de BHM encontrada foi muito elevada, em média 18.000UFC/ml no ponto 01, valor 36 vezes superior ao permitido pela legislação e 29.000UFC.mL<sup>-1</sup> no ponto 03, valor 58 vezes

superior ao permitido pela legislação. Estes valores indicam presença abundante de matéria orgânica e bactérias que dominam durante o processo de decomposição. Segundo Matos (2001) as bactérias heterotróficas funcionam como bom indicador da contaminação das águas subterrâneas por cemitérios

#### 4. Considerações Finais

Ainda que esta pesquisa se trate de um estudo comparativo preliminar, sendo necessária uma análise mais completa da água e do solo, para verificar a presença de outros tipos de bactérias, bem como um período maior de coleta, foi possível verificar alterações nos indicadores bacteriológicos das águas superficiais utilizada no cemitério, que pode ter sido causada pelo escoamento do necrochorume das sepulturas, uma vez que os túmulos do cemitério apresentam má conservação (rachaduras, aberturas, ausência de tampas).

É necessário, dessa forma, uma maior atenção da Administração Pública, no sentido de dar importância aos impactos ambientais que esta atividade acarreta, podendo ocasionar danos sanitários ao ambiente e a população, sendo necessário, portanto, adotar medidas corretivas e preventivas, a fim de melhorar as instalações físicas das sepulturas e regularizar ou proibir o uso da água do açude pelos trabalhadores informais do cemitério, os quais tem contato direto com a mesma sem nenhum tipo de proteção.

É importante salientar que, embora não foi relatado na área casos de doenças relacionadas à atividade cemiterial, não é garantia que não esteja ocorrendo contaminação e problemas de saúde nos trabalhadores informais que cuidam das sepulturas, os quais têm contato diário com o solo e a água do local.

Os resultados obtidos neste estudo não puderam quantificar o nível da contaminação da

área e os impactos causados pela atividade cemiterial, no entanto, alertam para a necessidade de se promover maiores investigações no local, através da análise físicas, químicas e microbiológicas das águas subterrâneas localizadas no cemitério e das águas dos poços da área residencial do entorno.

Neste sentido, este estudo pode contribuir para instigar novas e mais detalhadas pesquisas relacionadas com o tema, que ainda são escassas no Estado de Pernambuco. Portanto, devido ao que foi constatado no cemitério Parque das Flores algumas recomendações são sugeridas para que se atenuem o quadro encontrado na área e se previna e/ou minimize a poluição no local:

- Destinação correta dos resíduos sólidos comuns e perigosos, para que os mesmos não fiquem expostos ao ar livre;
- Recuperação imediata dos túmulos para que evite o vazamento dos líquidos oriundos da coligação e o tratamento de eventuais efluentes gasosos, com utilização, por exemplo, de carvão ativado;
- Cremação dos restos mortais exumados e não reclamados, que comumente são colocados em ossuários inadequados;
- Estabelecimento de termo de compromisso para adequação deste cemitério às exigências do órgão ambiental competente, a partir das Resoluções do CONAMA 335/2003 (BRASIL, 2003) e 368/2006 (BRASIL, 2006)

## 5.Referências

ALLEN, M.J.; EDBERG, S.C.; REASONER, D.J. (2004) Heterotrophic plate count bacteria – what is their significance in drinking water?

*International Journal of Food Microbiology*. v. 92, p. 265-274.

APHA -American Public Health Association- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (2012) 22st edition.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 335 de 03 de abril de 2003*.

Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=359> acesso em: 02 de junho de 2015.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 357 de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em <http://www.mma.gov.br/CONAMA>. Acesso em: 28 de dezembro de 2013.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 368, de 28 de março de 2006*. Altera dispositivos da Resolução 335/2003 que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=488>. Acesso em: 28 dezembro de 2013.

BRASIL, Ministério da Saúde. *Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011*. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html) acesso em: 02 de junho de 2015.

CAMPOS, A. P. S.(2007) *Avaliação potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrentes de atividade cemiterial*. [Dissertação de mestrado].São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2007.

EMLURB, *Empresa de Manutenção e Limpeza Urban*. Disponível em <http://www.recife.pe.gov.br/emlurb/necropoles.php> acesso em 13 de dezembro de 2013

ESPINDULA, J.C.; SANTOS, A.C.; ARAÚJO, J.M.; CALAZANS, G.M.T.; ALMEIDA, F.(2005) Caracterização bacteriológica e físico-química das águas do aquífero freático do cemitério da Várzea – Recife. *Estudos Geológicos*. v.15, p. 79-89.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=261160&search=pernambuco|recife>. Acesso em: 06 de dezembro de 2013.

LIBÂNEO, M. (2010) *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. Campinas: Editora Átomo. 496p

MARTIM, A.G.; SILVA, F.F da; BACÕN, A.(2008) Aspectos do Meio Físico a serem observados para Implantação de Cemitérios Horizontais. Boa Vista, *RevistaAgro@ambiente* [Online], v.2, n. 1, p. 95-101.

MATOS, B.A. *Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismos no aquífero freático do cemitério Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo*. [Tese de doutorado] Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MIGLIORINI, R.B.; LIMA, Z.M.; ZEILHOFER, L.V.A.C. (2006) Qualidade das águas

subterrâneas em áreas de cemitérios. Região de Cuiabá – MT, *Águas Subterrâneas*, v. 20, n.1, p.15-28 .

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011*. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acesso em: 07 de janeiro de 2014.

MIRANDA, J.B; CONCEIÇÃO, A.; CAVALCANTI, P. *Riscos ambientais ocasionados pelas atividades dos cemitérios: um estudo de caso no município do Carpina-PE. Limoeiro, PE*. [Trabalho de conclusão de curso em Gestão Ambiental]. Recife: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia-IFPE, 2012.

NOGUEIRA, G., NAKAMURA, C.V., TOGNIM, M.C.B., FILHO, B.A.A., DIAS, B.P.F. (2003) Qualidade microbiológica de água potável de comunidades urbanas e rurais, Paraná. *Revista de Saúde Pública*. v. 37, n. 2, p. 232-236.

PACHECO, A., MENDES, J., MARTINS, T., HASSUDA, S AND KIMMELMANN, A. (1991) *Cemeteries: A potential risk to groundwater*. Water Science and Technology: A Journal of the International Association of Water Pollution. v. 24, n. 11 p. 97–104.

PACHECO, A. *Os cemitérios e meio ambiente*. [Tese de doutorado]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000.

PACHECO, A.(2006) *Os cemitérios e o ambiente*. Ambiente Brasil. Disponível em: <http://noticias.ambientebrasil.com.br/artigos/2006/03/21/23638-os-cemeterios-e-o->

ambiente.html?upm\_expo. Acesso em: 02 de dezembro de 2013.

ROITMAM, I.R.; TRAVASSOS, L.R.; AZEVEDO, J.L. (1987). *Tratamento de microbiologia*. São Paulo: Manole, 85p.

SILVA, L.M. (1995) Os Cemitérios na Problemática Ambiental. In: SINCESP & ACEMBRA: *Seminário Nacional “Cemitérios e Meio Ambiente”*, São Paulo, (Apostila).

SILVA, F.C.; SUGUIO, K.; PACHECO, A. (2008) Avaliação ambiental preliminar do cemitério de Itaquera, segundo a Resolução CONAMA 335/2003, Município de São Paulo. *Revista UnG – Geociências*. v.7, n.1, p 31-47

SILVA, R.W.C.; MALAGUTTI FILHO, W. (2008) Cemitérios como áreas potencialmente contaminadas. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n.9 p.26-35.

SUGUIO, K. (1973) *Introdução a sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blucher. 1º Edição, 317 p.

TUNES, S. (2002) *O perigo em gotas: as doenças transmitidas pela água*. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://galileu.globo.com/edic/95/saude1.htm>. Acesso em: 02 de dezembro de 2013.



## Serviços ambientais hidrológicos: Estudo comparativo da qualidade hídrica dos reservatórios do Prata e Tapacurá, em Pernambuco.

*Hydrological environmental services: A comparative study of water quality in two essentials water sources in Pernambuco, the Prata and Tapacurá reservoirs.*



Submetido em 15.12.14 | Aceito em 24.04.15 | Disponível on-line em 31.08.15

**Aline da Costa Ribeiro, Edson Ferreira de Aquino Júnior, Carlos Eduardo Menezes da Silva\*, Felipe Alcântara de Albuquerque.**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – Campus Recife, Av. Professor Luiz Freire, 500, Cidade Universitária, 50740-540 Recife – PE, Brasil | \* carlosmenezes@recife.ifpe.edu.br

### RESUMO

*O modo como o meio é ocupado interfere em vários aspectos do bem-estar. A água, por exemplo, é um recurso que é influenciado diretamente pela ocupação do solo e apresenta usos múltiplos que devem ser condizentes com um adequado uso do ambiente. Este estudo, portanto, objetivou avaliar a influência do serviço ambiental fornecido pela relação floresta/água considerando a influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de dois importantes reservatórios situados na região metropolitana do Recife (RMR): o reservatório do Prata, (8°7'30"S e 34°52'30"W) e o reservatório do Tapacurá (8°02'S e 35°07'W), ambos utilizados para abastecimento da RMR e que apresentam diferentes estádios de conservação. O reservatório do Prata encontra-se inserido no Parque Estadual de Dois Irmãos e o do Tapacurá está inserido à borda da RMR, predominando nesta área atividades de granja, pecuária e policultura, havendo também áreas urbanas. A análise da qualidade de água dos reservatórios baseou-se no monitoramento de parâmetros físico-químicos e biológicos para resíduos domésticos com uso de equipamento multiparâmetro e análises laboratoriais por meio de coletas que ocorreram de agosto de 2011 a julho de 2012. Dentre outros parâmetros, destaca-se a turbidez como variável descritiva, pois enquanto no Prata não ultrapassou 0,5 uT, no reservatório do Tapacurá apresentou valores de 12,75 uT a 121,2 uT. Estes resultados demonstraram que os custos de tratamento da turbidez foram equivalentes a R\$ 0,43/m<sup>3</sup> de água tratada e custou ainda R\$ 0,678/m<sup>3</sup> para desinfecção desta mesma água. Os serviços ambientais, prestados pela vegetação nativa e valorados para os reservatórios, foram correspondentes aos valores do tratamento evitado. As análises dos parâmetros físico-químicos e biológicos indicaram que há diferença entre as características da qualidade da água entre os reservatórios, sendo o do Prata mais favorável ao abastecimento. Conclui-se assim que essas condições do reservatório do Prata estão ligadas diretamente ao estágio de conservação do seu entorno que favorecem o fornecimento dos serviços ambientais.*

**Palavras-chaves:** Recursos hídricos, Abastecimento, Qualidade de água, Áreas Protegidas, Valoração de Recursos Naturais.

### ABSTRACT

*The way the environment is occupied can constrain many aspects of welfare, water, for example, is a resource that is directly influenced by the land use and its multiple uses, which should be appropriate to healthy environment. This study therefore aimed at evaluating the influence of ecosystem services provided by the water/ forest relationship, considering the land use and occupation influence on the water quality of two major reservoirs located at the metropolitan region of Recife (RMR), the Prata's reservoir (8° 7'30" S and 34° 52'30" W) and the Tapacurá's reservoir (8° 02' S and 35° 07' W), both used for supplying the RMR, having different conservation stages. Prata's reservoir is inserted into the Dois Irmãos State Park and Tapacurá's is inserted on the edge of RMR, predominating in this area, farm activities, livestock and mixed farming, and there are also some urban areas. The analysis of the reservoir water quality was based on the monitoring of physical, chemical and biological parameters for domestic waste, using for that, multiparameter equipment and laboratory tests. The samples were collected from August 2011 to July 2012. Among other parameters, the turbidity, call attention as a descriptive variable, while the Prata's reservoir did not*

*exceed 0.5 NTU. The Tapacurá's reservoir showed values from 12.75 NTU to 121.2 NTU. These results show that turbidity treatment costs were equivalent to R \$ 0.43 / m<sup>3</sup> of treated water, plus R \$ 0.678 / m<sup>3</sup> for disinfection of that water. The environmental services provided by native vegetation and valued for the reservoirs were equivalent to the values of avoided treatment. The analysis of physical, chemical and biological parameters indicated that there are differences between the water quality characteristics of the reservoirs. The more favorable water supply is the Silver's reservoir. It is concluded that these conditions of Prata's reservoir are linked directly to its surrounding conservation stadium that favor the provision of environmental services.*

**Keywords:** *Water resources, Water supply, Water Quality, Protected Areas, Valuation of Natural Resources...*

### ***1.Introdução***

O conceito de Serviços Ambientais (SA) surgiu com a necessidade de demonstrar que as áreas naturais são responsáveis por cumprir funções essenciais nos processos de manutenção da vida em oposição à falsa ideia de que ecossistemas preservados ou intactos são tidos como “improdutivos” ou “obstáculos ao desenvolvimento econômico”. Isso significa dizer que todo ecossistema é um sistema natural que produz uma série de benefícios dos quais o homem se apropria (como a água, madeira e alimentos) ou consome (como paisagem, regulação climática e purificação do ar) (CAMPANILI e SCHAFFER, 2010).

A água pode se caracterizar como um serviço de provisão cuja gestão adequada com base em um sistema de informações provenientes de um monitoramento possui relação com a melhoria da qualidade de vida sendo, portanto, um ambiente equilibrado com corpos hídricos uma dimensão determinante do bem-estar.

Os serviços ambientais, como mitigação de inundações e purificação da água, são proporcionados pela manutenção da água no sistema, ou seja, do fluxo ambiental. O fluxo ambiental é o regime hídrico que ocorre num rio, terra úmida ou zona costeira para manter os ecossistemas e seus benefícios, onde haja usos concorrentes de água e onde os fluxos sejam regulados. Ainda, os fluxos ambientais dão uma importante contribuição para a salubridade do manancial e asseguram a contínua disponibilidade da maior parte dos benefícios (serviços

ambientais) que os rios saudáveis e sistemas subterrâneos de água proporcionam à sociedade (ARRIAGADA et al 2012; DAW et al, 2011; DYSON, BERGKAMP, SCANLON, 2007).

A garantia de água para abastecimento público das cidades, onde vive mais da metade da população mundial, é um dos maiores desafios do nosso tempo. Atualmente, um bilhão de pessoas não têm acesso à água potável e nos próximos 25 anos a situação tende a se agravar, principalmente nas cidades dos chamados países em desenvolvimento. O consumo irresponsável e a poluição dos mananciais, aliados ao aumento das populações urbanas, são as principais causas dessa escassez (CLEMENS et al 2014, 2013, 2010; WHATELY e HERCOWITZ, 2008).

Neste contexto, os ecossistemas florestais desempenham a função de administração hidrológica da água precipitada, isto é, captando, armazenando e disponibilizando-a lenta e gradualmente, em quantidade e qualidade, ainda que no período de estiagem (PAGIOLA e PLATAIS, 2007; WUNDER, 2007; WUNDER et al, 2008; GOMEZ-BAGGETHUN et al, 2010; ALBUQUERQUE, 2010). Essa é uma condição de desempenho de serviço ambiental, a partir do ajuste evolutivo do ecossistema onde existe uma conexão interdependente entre as grandezas naturais. Por outro lado, caso o ecossistema esteja desajustado, como uma área degradada, submetida a exíguos atributos ambientais e baixa resiliência, o cenário de desempenho de serviços (produção de água) é invertido (produção de sedimentos), consequência da ausência do componente florestal e

vulnerabilidade do solo. Dessa forma, as reações dos ecossistemas, isto é, capacidade de, a partir, de uma chuva intensa, por exemplo, gerar serviços ambientais, varia de acordo com a integridade do ecossistema, seu estado de conservação.

Esse tipo de serviço ambiental hidrológico tem sido investigado em áreas da zona da mata Pernambucana a fim de se estabelecer correlações de dependência entre a qualidade do serviço prestado e as diversas formas de impacto sobre o solo, o clima e a água nas diferentes bacias hidrográficas da região. Dessa mesma forma, este artigo pretende correlacionar a prestação de serviço ambiental hidrológico pela Mata Atlântica à manutenção da qualidade da água nos afluentes provenientes do Parque Estadual de Dois Irmãos, em Recife, Pernambuco.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Caracterização da Área

Pertencentes à Bacia do Capibaribe, os reservatórios de Tapacurá (8°02'S e 35°07'W) e do Prata (8°7'30"S e 34°52'30"W) são ambientes localizados, respectivamente, em São Lourenço da Mata e Recife (Figura 1), ambos na zona da

mata do estado de Pernambuco que, segundo classificação climática de Köppen (1948), possuem clima do tipo As' denominado como Tropical Costeiro Quente e Úmido ou "Pseudo Tropical da Costa Nordestina" (COUTINHO et al., 1998).

O reservatório de Tapacurá (Figura 2) é o mais importante manancial para o abastecimento público da Região Metropolitana do Recife, contribuindo com mais de 25% da água consumida (PERNAMBUCO - SRHE, 2006).

As cidades atendidas pelo abastecimento do reservatório Tapacurá são Camaragibe, Jaboatão dos Guararapes, Recife e São Lourenço da Mata. Além disso, o reservatório é utilizado em controle de cheias no Baixo Capibaribe, possuindo vazão explorável de 2,7 m<sup>3</sup>/s (ou 2700 l/s) (BARBOSA, 2008).

O reservatório do Açude do Prata (Figura 3) está contido na unidade de conservação do Parque Estadual de Dois Irmãos que limita-se ao norte com a comunidade do Sítio dos Macacos, a leste com Rodovia BR-101 e ao sul com a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

**Figura 1.** Reservatório do Tapacurá, Pernambuco, Brasil.



**Figura 2.** Reservatório do Prata, Pernambuco, Brasil.

A microbacia do Prata é composta por açudes artificiais do Prata, do Meio, dos Macacos e de Dois Irmãos que ocupam, segundo Caldas (2007), respectivamente, 1,98%, 2,07%, 7,07 e 1,04% da área total da unidade conservação. As águas do Prata são enquadradas como classe especial, destinada pela Resolução CONAMA 357/05 ao consumo humano (após simples desinfecção), à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

A água do açude do Prata e do Açude do Meio são encaminhadas para captação por recalque em tubulação de 400mm. O reservatório possui capacidade de armazenamento de 2000m<sup>3</sup>, com vazão média captada equivalente a 70,96 l/s.

## **2.2. Procedimentos Metodológicos**

Os dois reservatórios estão situados em uma mesma bacia hidrográfica, são utilizados para abastecimento da região norte do Recife e assistidos pela mesma empresa de saneamento.

Dessa forma, com o monitoramento da qualidade da água dos reservatórios de Tapacurá e do Prata, foi possível relacionar o comportamento das fontes de abastecimento por meio da variação dos parâmetros assistidos. A análise se deu exclusivamente pela observação dos parâmetros e, portanto, não descreve em totalidade os possíveis fatores interferentes no processo de valoração do bem, nem discute os métodos utilizados para o mesmo. Assim, considerou-se neste artigo somente a qualidade da água proveniente das suas fontes, sem descrever os mecanismos de interações ambientais em atuação nas respectivas paisagens, ou seja, fatores físicos e hidrológicos comuns às dinâmicas das bacias hidrográficas como os processos constituintes do ciclo hidrogéocímico, por exemplo.

Para avaliação da qualidade da água nos reservatórios experimentais estudados foram escolhidos nove parâmetros físico-químicos a serem monitorados.

As amostragens foram realizadas do período de agosto de 2011 a julho de 2012, período esse onde se tentou respeitar a

periodicidade quinzenal para aferição das variáveis de qualidade, buscando uma representatividade sazonal.

Os parâmetros físicos estudados foram: Temperatura (°C), Turbidez (uT), Condutividade Elétrica (µS/cm) e Sólidos totais dissolvidos (mg/L). Enquanto os parâmetros químicos foram: OD (oxigênio dissolvido mg/L), Ph, Fosfato (mg/L). Para a caracterização genérica microbiológica foram analisados os Coliformes termotolerantes ou fecais (*Escherichia coli* NMP/100ml). A partir de tais parâmetros objetivou-se esclarecer aspectos de degradação da cobertura vegetal relacionados com a poluição hídrica doméstica.

Amostras de Sólidos totais dissolvidos, Turbidez, Fosfato, Fitoplâncton e Coliformes Termotolerantes das águas de cada reservatório experimental foram levadas quinzenalmente para análise no Laboratório de Química Analítica (LQA) do Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP). A metodologia para análise é a descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 21th ed.* 2005, (APHA, 2005).

As amostragens de Temperatura, Oxigênio dissolvido, Condutividade elétrica e pH foram aferidas diretamente em campo com o uso do medidor multiparâmetro da HACH (HQ40d) e sensores acessórios (CDC401 e LDO101).

A base legal que limita e referencia as concentrações das diversas substâncias e características analisadas neste trabalho está descrita na Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

A análise e discussão das amostras foram baseadas nas referências e níveis aceitáveis de qualidade da água definidos na Classe Especial para corpos de água doce, estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, paralelamente aos parâmetros da portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011. A escolha da Classe Especial e Classe 1 como referencial de qualidade resulta do fato de que, segundo esta mesma resolução, estas

seriam as classes que mais se aproximam das características de água potável para consumo humano.

A partir da comparação dos resultados de campo com os valores definidos nas respectivas Classes definidas pelo CONAMA 357/2005 verificou-se a porcentagem de aderência dos valores à conformidade das Classes e, considerando tal percentual de conformidade para cada variável, foi classificada a condição atual de qualidade para cada uma das bacias.

Diante dos resultados dos parâmetros de qualidade da água, enfatizou-se, dentre os relacionados, o parâmetro turbidez, por este, conforme literatura, apresentar influência direta da cobertura da bacia e refletir no uso da água para abastecimento público (VON SPERLING, 2005; BOUMANNNS et al., 2010). Assim sendo, este parâmetro foi utilizado para avaliar o desempenho da vegetação remanescente nas bacias na prestação de serviço ambiental hidrológico qualitativo.

Para a análise da prestação de serviços ambientais, considerou-se ainda os custos com o produto químico sulfato de alumínio líquido, utilizado no tratamento desse parâmetro, e os custos com cloro, utilizado para desinfecção, no ano em 2011 - tais informações foram fornecidas pela Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa) - responsável pela captação, tratamento e distribuição da água em Pernambuco).

### **3. Resultados e Discussões**

#### **3.1. Análises de parâmetros biológicos**

Microorganismos indicadores vêm sendo utilizados na avaliação da qualidade microbiológica da água há muito tempo. São grupos ou espécies de microrganismos que, quando presentes, podem fornecer informações sobre a ocorrência de contaminação de origem

fecal e, também, sobre a provável presença de patógenos (WETZEL e LIKENS, 1991; STRASKRABA e TUNDISI, 2000; FRANCO e LANDGRAF, 2003).

Em todas as análises dos dois reservatórios foi detectado um grupo composto por bactérias da família Enterobacteriaceae, capazes de fermentar a lactose com produção de ácido e gás, quando incubados a 35-37°C, por 48 horas. Os coliformes totais, os quais também podem ser de origem ambiental, como os gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter* são encontrados nas vegetações e nos solos, não indicando, assim, necessariamente, poluição. No entanto, é necessário maior atenção com relação à *Escherichia coli*, organismo patogênico proveniente de dejetos humanos e animais de sangue quente (VON SPERLING, 2005; FRANCO e LANDGRAF, 2003).

Assim, o ponto a ser observado nesta análise foi o percentual de coletas com identificação de organismos patogênicos (*E. coli*). Houve divergência entre os reservatórios (Figura 4).

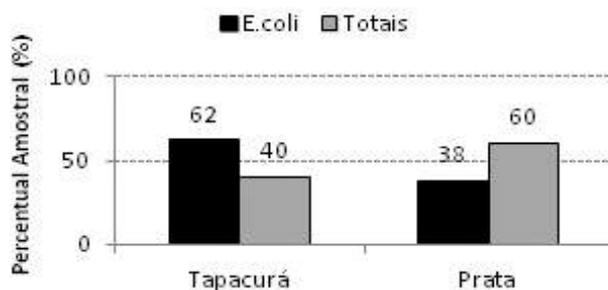
Dessa forma, em 38% nas análises bacteriológicas do Prata foram encontrados Coliformes totais e *E. coli*, ou seja, 62% das análises não apresentaram organismos patogênicos e apenas bactérias de origem

ambiental. A presença de *E. coli* no Prata pode ser associado ao contato humano com a água do reservatório em uso direto para recreação, fato que foi evidenciado em algumas coletas.

Com relação à Tapacurá, os resultados foram inversos. Em 60% das análises foi encontrada a bactéria patogênica *E. coli* que, nesse caso, pode provir de efluentes lançados à montante do reservatório pelas atividades humanas provenientes do meio urbano ou de outras atividades rurais que lançam efluentes no rio Tapacurá. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza e Tundisi (2003) e por Lopes et al (2008) na Bacia do Rio Jaboatão- PE. Ambos reportaram altas concentrações de coliformes termotolerantes em situação semelhante à do reservatório do Tapacurá.

Os resultados das análises de fitoplâncton são apresentados quantitativamente e qualitativamente. As médias das densidades de cianobactérias do reservatório do Prata e de Tapacurá apresentaram diferença elevada. O reservatório do Prata apresentou média nas coletas de 0,0165 mm<sup>3</sup>/L enquanto Tapacurá apresentou média de 13,029 mm<sup>3</sup>/L. Desse modo, apenas o Prata atende a resolução Conama 357/05 que estabelece valor máximo para esse parâmetro de 2 mm<sup>3</sup>/L, tendo Tapacurá apresentado valores 6,5 vezes maiores (Tabela 1).

**Figura 3** Distribuição percentual da contagem bacteriológica qualitativa a partir das amostras coletadas entre agosto de 2011 e junho de 2012, nos reservatórios do Prata e Tapacurá.



**Tabela 1** Tabela representativa com os dados da contagem de fitoplâncton nos reservatórios do Prata e Tapacurá durante o período amostral de agosto de 2011 a junho de 2012.

Conama 357/05 – Classe I	Prata	Tapacurá
2 mm <sup>3</sup> /L ou 20.000 cel/mL	0,0165 mm <sup>3</sup> /L ou 165,45/mL	13,0299 mm <sup>3</sup> /L ou 130.229/mL
<b>Conformidade</b>	Atende	Não Atende

Além da grande quantidade de cianobactérias, qualitativamente os resultados foram melhores para o reservatório do Prata. Os grupos de fitoplâncton segundo o sistema de Van-de-Hoek *et al* (1995) encontrados nas amostras dos dois reservatórios foram: *Cyanophyta*, *Ochrophyta* (ou *Heterokontophyta*), *Euglenophyta* e *Chlorophyta*, sendo que a maior ocorrência foi observada para aos gêneros inclusos na divisão de *Cyanophytas*.

O gênero da divisão *Cyanophytas* encontrado no Prata também foi encontrada na análise de Tapacurá. O gênero *Scenedesmus* é comumente encontrado em águas oligotróficas, mesotróficas e eutróficas, ou seja, é encontrado em águas com diferentes qualidades e concentrações de nutrientes (VERCELLINO *et al*, 2006). Entanto, por não terem sido observadas outras algas típicas de ambientes hídricos poluídos, é possível associar, neste caso, que a presença do gênero *Scenedesmu* no Açude do Prata deve-se ao fato do mesmo ser um corpo d'água em equilíbrio.

Em Tapacurá, além do gênero *Scenedesmus*, foi encontrado *Microcystis*, gênero de algas que em meio eutrofizado formam florações. Além disso, identificaram-se os gêneros *Radiocystis*, *Oscillatoria* e *Raphidiopsis*, reconhecidamente gêneros produtores de toxinas e odores (FERREIRA, 2002). Esses resultados apontam a função bioindicadora das algas, que no caso do reservatório de Tapacurá o caracteriza como fonte de qualidade hídrica insuficiente e indesejada.

### 3.2. Análises de parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químico mensurados foram o de oxigênio dissolvido, o potencial hidrogeniônico (pH), concentração de fósforo totais e sólidos totais, a condutibilidade elétrica e a medição da resistência da água à passagem de luz (turbidez).

Com relação à concentração de oxigênio dissolvido, os reservatórios de Tapacurá e do Prata apresentaram resultados aceitáveis que permitem enquadrá-los em mesma classe de acordo com a Resolução Conama 357/05.

No reservatório do Prata, as médias mensais de oxigênio dissolvido foram superior a 6mg/L de OD, com média de 7,06 mg/L de oxigênio dissolvido, máximo de 8,3 mg/L e mínimo de 5,9 mg/L. Assim, este corpo hídrico pôde ser enquadrado como Classe 1. Para igual período, o reservatório de Tapacurá apresentou valores satisfatórios de oxigênio dissolvido mesmo que ligeiramente inferior ao reservatório do Prata. Em Tapacurá o valor médio foi de 6,8 mg/L, com valor máximo de 8,5 mg/L e mínimo de 5,9 mg/L.

Como o objetivo deste artigo não é o estudo hidrológico comparativo, não se realizou a análise de dependência entre as variáveis qualitativas (parâmetros de qualidade) e as variáveis quantitativas (precipitação), mesmo que se saiba da possível relação entre as duas grandezas. Essa análise se ostenta para um outro momento oportuno.

O pH do açude do Prata foi identificado como ácido em todas as coletas com valores entre 5,0 e 5,6 e Tapacurá apresentou-se alcalino, com pH máximo de 8,71 e mínimo de 7,1. A Portaria 2914/2011 recomenda que no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5, isso implica a necessidade de correção de pH da água captada do Prata para abastecimento. Normalmente, se associa o pH à formação hidrogeológica, sendo esta, então, uma questão a ser avaliada especificamente em uma outra abordagem.

A concentração de fósforo total nos reservatórios divergiu bastante. No reservatório do Prata mensurou-se de 0,01 a 0,1 mg/L P e em Tapacurá, as quantidades, em sua maioria, foram superior a 0,2 mg/L P com valor máximo de 0,38 mg/L P. Essa diferença pode estar relacionada ao uso e ocupação do solo, cabendo ressaltar que a área de inserção do reservatório de Tapacurá é ocupada por atividades que utilizam pesticidas e fertilizantes e, assim, pode inferir no enriquecimento do corpo hídrico com nutrientes fosfatados.

Os sólidos totais de Tapacurá e do Prata foram inferiores a 500 mg/L, o que atende ao estabelecido para águas de classe 1 pela resolução Conama 357/05. No entanto, as análises apresentaram significativa diferença entre os dois reservatórios, com valores médios de 228,2 mg/L (Tapacurá) e 38,16 mg/L (Prata). Esses valores implicam, também, a condutibilidade elétrica, onde se obtiveram valores próximos de 350  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (Tapacurá) e 60  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (Prata), sendo os menores valores do reservatório do Prata. Isto pode

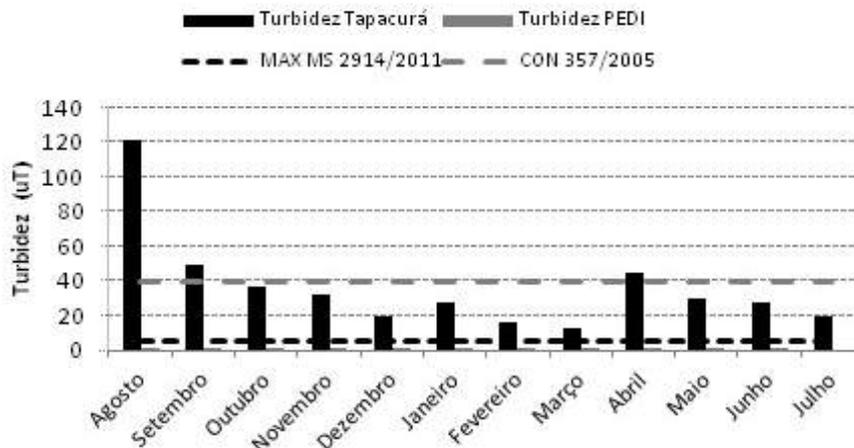
evidenciar, agregado a outros sinais, à prestação do serviço ambiental da Mata de Dois Irmãos sobre o reservatório, já que há uma menor incidência de sedimentos da superfície sobre as águas do corpo hídrico.

A maior condutibilidade elétrica, que é proporcional a quantidade de sais, pode estar associada ao cultivo agrícola do entorno do reservatório de Tapacurá e isso configura-se como uma questão relevante e que necessita de discussão. Caso a água desse reservatório seja utilizada diretamente para irrigação, poderão ser causados problemas no solo e nas plantas e, conseqüentemente, estas irão requerer o uso de práticas especiais de manejo uma vez que, conforme, relatado por Amaral (2011), esses problemas podem decorrer da irrigação com água com considerável teor de sais.

O parâmetro turbidez, que mensura em uT a resistência à passagem da luz, é um parâmetro físico que influencia diretamente no aspecto visual do corpo d'água. A Figura 5 apresenta as médias dos valores mensurados de turbidez para os reservatórios de Tapacurá e do Prata.

Os valores de turbidez são os que apresentam maior diferença em comparação a outros parâmetros. Enquanto no Prata não ultrapassou 0,5 uT, o reservatório de Tapacurá apresentou valores de 12,75 uT a 121,2 uT (Tabela 2). Os resultados do reservatório do Tapacurá implicam um ambiente opaco e com tonalidade marrom enquanto que o reservatório do Prata, águas límpidas e transparentes.

**Figura 4** Distribuição temporal dos valores médios mensais de turbidez nos reservatórios do Prata e Tapacurá



**Tabela 2** Valores médios mensais da turbidez nos reservatórios do Prata e Tapacurá.

Turbidez (uT)	PEDI	TAPACURÁ
ago/11	0,3	121,2
set/11	0,35	49,85
out/11	0,35	36,75
nov/11	0,3	32,15
dez/11	0,265	20
jan/12	0,195	27,6
fev/12	0,115	15,7
mar/12	0,5	12,75
abr/12	0,415	45,1
mai/12	0,3	29,85
jun/12	0,3	27,6
jul/12	0,5	20

### **3.3. Serviços Ambientais Hidrológicos e Qualidade da água**

Após a análise dos parâmetros físico-químicos e biológicos, tornou-se evidente que a água do reservatório do Prata apresenta melhor qualidade do que a do Reservatório de Tapacurá e isso, provavelmente, justifica-se pelo uso e ocupação do solo no entorno de cada um dos reservatórios. Tal fato impacta nas propriedades naturais da água. Em Tapacurá, a declinação da qualidade da água pode ser associada ao declínio dos serviços ambientais. Estes são evidenciados pelas distinções entre alguns dos parâmetros estudados nos reservatórios como, por exemplo, pela presença de algas que produzem toxinas, maiores proporções de coliformes termotolerantes, maior quantidade de fosfatos, maior turbidez e condutividade.

Os resultados deste estudo podem estar relacionados a análise realizada pela Avaliação Ecosistêmica do Milênio (2005). Ou seja, foram observados os prováveis serviços provenientes da cobertura original e, assim, foram substituídos, perdidos ou, talvez ainda, transmutados pelos serviços de abastecimento pecuário e de uso agrícola, ressaltando-se ainda que a ocupação atual pode vir a contribuir com a degradação do manancial.

O reservatório do Prata, por sua vez, é beneficiado pela existência do fragmento de Mata Atlântica do Parque Estadual de Dois Irmãos, que presta serviços florestais como os apontados por Sopper (1975). Ou seja, a floresta evita a lixiviação excessiva de materiais para o corpo hídrico e isso justifica a baixa quantidade de sólidos totais e baixa turbidez.

### **3.4. Tratamento de Turbidez e Desinfecção**

A turbidez da água do Prata, que não ultrapassou 0,5 uT, algo que já obedece ao padrão

de potabilidade da Portaria 2914/2011, estabelecendo esse valor como máximo permitido para água filtrada depois do tratamento completo e 1uT para tratamento lento. A não existência da necessidade de realizar tratamento do parâmetro turbidez antes da distribuição evidencia o quanto importante é o serviço de filtração ofertado pela Mata de Dois Irmãos para o reservatório do Prata.

Em consequência da baixa resistência à penetração da luz (turbidez), pode ainda haver uma maior quantidade de oxigênio dissolvido, o qual colabora com o estado oligotrófico do reservatório e que, em consequência, não condiciona a proliferação de algas produtoras de toxinas (CPRH, 2010). Foi possível observar que os serviços florestais promovem benefícios diretos e indiretos que, holisticamente, colabora, tanto com a qualidade do ecossistema, quanto, no caso da Mata de Dois Irmãos, com a qualidade da água do Reservatório do Prata.

O desenho do processo de valoração monetária foi montado a partir no método de Custo de Reposição (MCR) que está baseado na reparação de algum dano ao recurso ambiental e o custo de reposição pode ser entendido como uma medida do seu benefício (RODRIGUES, 2002).

Este método apresenta uma das ideias intuitivas mais básicas quando se pensa em prejuízo: reparação por um dano provocado. Assim, o MCR se baseia no custo de reposição ou restauração de um bem danificado e entende esse custo como uma medida do seu benefício (NOGUEIRA, 2000).

Como forma de demonstrar serviço ambiental hidrológico, podem-se observar os custos relativos ao tratamento da água. Por se tratar de um complexo ecossistema com interligação de serviços ambientais, este fragmento valeria de US\$ 73.500 a 367.500 pelos serviços ambientais fornecidos ao Açude do Prata, isso segundo os estudos Mullan *et al* (2011) os quais estipularam o valor monetário de US\$ 200 a

1.000 por hectare de floresta tropical, sendo que a Mata de Dois Irmãos possui 3,675km<sup>2</sup> ou 367,5 ha segundo Coutinho *et al* (1998).

Tais considerações devem ainda ser pensadas apenas para o resultado de custo que considera o parâmetro turbidez como base de valoração em que foi comprovado grande diferença devido, provavelmente, ao uso e à ocupação do solo e, consecutivamente, aos gastos com cloro exigidos pela Portaria do Ministério da Saúde 2914/11 para desinfecção.

Por não ultrapassar 5 uT, a água do Açude do Prata não necessita da aplicação de sulfato de alumínio líquido para tratamento químico da turbidez. Para Tapacurá, o gasto com este produto químico repassado pela Compesa para o ano de 2011 foi de R\$ 4.536.756. Para que seja mensurado o custo do tratamento químico da turbidez/m<sup>3</sup>, é necessário considerar a vazão e utilizar da seguinte operação simples (equação 1):

$$CT = \frac{Cpq}{V} \quad (\text{Equação 1})$$

CT = Custo da Turbidez/ m<sup>3</sup>

Cpq = Custo (ou média) para produto químico mensal

V = Vazão (ou média) mensal

A vazão mensal média para o ano de 2011 mensurado pela Compesa foi de 878.162

m<sup>3</sup>/h. Aplicando os valores, obteve-se o custo da turbidez equivalente à R\$ 0,43 por m<sup>3</sup> (Tabela 3).

Com relação à aplicação de cloro, utilizando a mesma vazão para Tapacurá e 313.632 m<sup>3</sup>/h para o Prata, utilizou-se o seguinte raciocínio (equação 2):

$$CD = \frac{Cpq}{V} \quad (\text{Equação 2})$$

Cd = Custo desinfecção/ m<sup>3</sup>

Cpq = Custo (ou média) para produto químico mensal

V = Vazão (ou média) mensal

Os valores obtidos para os custos da desinfecção com cloro diferiram apesar de considerar as respectivas vazões tratadas de cada reservatório. Enquanto o custo com cloro de Tapacurá R\$ 0,25/m<sup>3</sup> (Tabela 3), o do Prata foi de R\$ 0,002/m<sup>3</sup>(Tabela 4).

Pela diferença do somatório dos custos de tratamento com sulfato e com cloro, pode-se estimar o valor do serviço ambiental prestados pela floresta no que tange à desinfecção e turbidez da água. Desse modo, a diferença entre custos para tratamento foi para cada m<sup>3</sup> de água tratada para abastecimento pela Compesa equivalente a R\$ 0,678.

**Tabela 3** Valores associados aos serviços de tratamento para correção de turbidez e desinfecção para as águas captadas no reservatório do Tapacurá.

	Gasto Anual 2011 (R\$)	Gasto Mensal (R\$)	Vazão média mensal (m <sup>3</sup> /h)	Custo do tratamento (R\$/m <sup>3</sup> )
<b>Sulfato (Turbidez)</b>	4.536.756	378.063,00	878.162	0,43
<b>Cloro (Desinfecção)</b>	2.639.120	219.926,67	878.162	0,25
<b>Total</b>	<b>7.175.876</b>	<b>597.989,67</b>	<b>878.162</b>	<b>0,68</b>

**Tabela 4** Valores associados aos serviços de tratamento para correção de turbidez e desinfecção para as águas captadas no reservatório do Prata.

	<b>Gasto Anual 2011 (R\$)</b>	<b>Gasto Mensal (R\$)</b>	<b>Vazão média mensal (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Custo do tratamento (R\$/ m<sup>3</sup>)</b>
<b>Sulfato (Turbidez)</b>	0	0	0	0
<b>Cloro (Desinfecção)</b>	9.288,72	774,06	313.632	0,002468
<b>Total</b>	<b>7.175.876</b>	<b>597989,7</b>	<b>313.632</b>	<b>0,002</b>

#### 4. Conclusões

Diante dos resultados apresentados, pode-se afirmar que o uso e ocupação do solo mostrar-se determinante na provisão de serviços ambientais de qualidade da água, uma vez que, relacionando as análises destes com os parâmetros avaliados neste documento, principalmente turbidez, foram favoráveis ao reservatório do Prata e indicaram que as águas do reservatório do Tapacurá possuem menor qualidade. Este último teve os serviços da cobertura original substituída por ofertas de culturas de alimentos e canaveira, principalmente.

A proteção da qualidade da água do Açude do Prata é assegurada pelo fragmento de mata atlântica do Dois Irmãos. Estando localizando em um contexto urbano, caso não houvesse a mata, existiriam fortes ameaças ao equilíbrio desse manancial como, por exemplo, o transporte de sedimentos para o reservatório e uso inadequado a partir do recebimento de efluentes das atividades das comunidades vizinhas.

O método comparativo entre a qualidade da água de dois reservatórios de uma mesma Bacia Hidrográfica, no caso, a Bacia do Capibaribe, relacionando ao uso e ocupação do solo em torno dos reservatórios foi eficiente para evidenciar a existência de serviços ambientais fornecidos por florestas para a qualidade da água, principalmente no que tange ao parâmetro físico de turbidez, já que o reservatório do Prata obteve

valor médio de 0,32 uT, muito inferior aos 36,55 uT observados no Tapacurá.

O parâmetro turbidez é uma evidência física da floresta na qualidade da água e pode ser usada como modelo confiável da prestação de serviço ambiental para qualidade hídrica. A quantificação do serviço mostrou-se possível por meio da operação com custos exigidos e necessários, no caso, os custos com desinfecção com cloro e de purificação pelo tratamento da turbidez nas estações referentes a cada reservatório.

No caso estudado, a existência do serviço confere à COMPESA um menor custo para tratamento da água proveniente do reservatório do Prata. Este é um benefício evidente e, por isso, a COMPESA se caracterizaria como possível pagador em caso de um acordo de Pagamentos por Serviços ambientais

Com relação ao Prata, para que haja a continuação do serviço prestado pela Mata, é necessário que medidas para conservação do mesmo sejam adotadas. Como exemplo dessa ação, é cabível o uso de instrumentos econômicos que, ao proteger a mata, conservaria a qualidade da água.

Desse modo, abrangendo a gestão de recursos hídricos e elencando o uso e ocupação do solo com fator de prevenção de mananciais, é importante destacar, novamente, além da conservação da Mata de Dois Irmãos, a necessidade de recuperação das margens de

Tapacurá uma vez que tais ações configuram-se como meios de proteção dos recursos hídricos de cada área.

## 5. Referências

ALBUQUERQUE, F. A. (2010). *Estudos Hidrológicos em microbacias com diferentes usos do solo na sub-bacia do alto Natuba – PE.*, Dissertação de mestrado no Programa de pós-graduação em Engenharia Civil da UFPE., p. 182.

AMARAL, F.C.S. *Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação: enfoque na região semiárida.* Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

APHA (American Public Health Association), *Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater.* 21 ed. New York: APHA. 2005.

AZEVEDO, A.C.G.; DE FEITOSA, F.A.N; & KOENING, M.L. 2008. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22(3): 870-877

BARBOSA, D.L. *A Exploração de um Sistema de Reservatórios: Uma Análise Otimizada dos Usos e Objetivos Múltiplos da Bacia do Rio Capibaribe-PE.* 250 p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2008.

BOUMANN, R.; AMBROSIO, L. A.; ROMEIRO, A. R.; CAMPOS, E. M. G.; FASIABEN, M. C. R.; ANDRADE, D. C.; TOSTO, S. G.; MORAES, J. F. L.; CAMARGO, L. A. S.; SINISGALLI, P.; SOUSA JUNIOR, W. C. 2010. *Modelagem dinâmica do uso e cobertura das terras para o controle da erosão na bacia*

*hidrográfica do rio Mogi-Guaçú e Pardo, São Paulo, Brasil.* Revista Iberoamericana de Economía Ecológica, v. 14: 1-12.

CALDAS, A.M. *Solos, Antropização e morfometria da microbacia do Prata, Recife-PE.* Recife-PE, 170 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2007.

CAMPANILI, M. & SCHAFFER, W.B. (2010). *Mata Atlântica: patrimônio nacional dos brasileiros.*, MMA, Brasília.

CLEMENTS, T; JOHN, A; NIELSEN, K; DARA, A; SETHA, T; MILNER-GULLAND, EJ. 2010. Payments for biodiversity conservation in the context of weak institutions: comparison of three programs from Cambodia. *Ecological Economics*69:1283–1291.

CLEMENTS, TJ; RAINEY, H; ROURS, V; TAN, S; THONG, S; SUTHERLAND, WJ; MILNER-GULLAND EJ. 2013. An evaluation of the effectiveness of a direct payment for biodiversity conservation: the bird nest protection program in the northern plains of Cambodia. *Biological Conservation*157:50–59.

CLEMENTS, T; SUON S; WILKIE, D; MILNER-GULLAND EJ. 2014. Impacts of protected areas on local livelihoods in Cambodia. *World Development.* DOI: 10.1016/j.worlddev.2014.03.008.

COUTINHO, R.; LIMA FILHO, M.; SOUZA NETO, J.; SILVA, E. *Características climáticas, geológicas, geomorfológicas e geotécnicas da Reserva Ecológica de Dois Irmãos.* In: MACHADO, I. C.; LOPES, A. V.; PÔRTO, K. C. (Org.). *Reserva ecológica de Dois Irmãos: estudos em um remanescente de Mata Atlântica*

em área urbana (Recife – Pernambuco – Brasil). Recife: UFPE, Ed. Universitária, 1998.

DAW, T.; BROWN, K.; ROSENDO, S.; POMEROY, R. 2011. Applying the ecosystem services concept to poverty alleviation: the need to disaggregate human well-being. *Environmental Conservation* 38:370–379.

DYSON, M.; BERGKAMP, G.; SCANLON, J (Editores). *Fluxo: Elementos essenciais de fluxos ambientais*. UICN, Gland, Suíça. Efrén Icaza: 2007. 132 pp.

FERREIRA, AC da S. Dinâmica do fitoplâncton de um reservatório hipereutrófico (Reservatório Tapacurá, Recife, PE), com ênfase em *Cylindrospermopsis raciborskii* e seus morfotipos. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. *Microbiologia dos alimentos*. Atheneu: São Paulo, 2003. 182p.

GOMEZ-BAGGETHUN, E., DE GROOT, R., LOMAS, P.L., MONTES, C., 2010. The history of ecosystem services in economic theory and practice: from early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics* 69 (6), 1209–1218.

MAGALHAES JR, A.P. *Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MULLAN, Katrina et al. *When should households be compensated for land-use restrictions? A decision-making framework for Chinese forest policy*. *Land Use Policy*, v. 28, n. 2, p. 402-412, 2011.

PAGIOLA, S.; PLATAIS, G. 2007. *Payments for Environmental Services: From Theory to Practice*. World Bank, Washington.

PERNAMBUCO (2006). Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SRHE). *Atlas das bacias hidrográficas de Pernambuco*. Recife.

SOPPER, W.E., *Effects of timber harvesting and related management practices on water quality in forested watersheds*. *Journal of environmental quality*: 1975, v.4, n.1, p.24-29.

STRASKRABA, M. & TUNDISI, J. G. 2000. Gerenciamento da qualidade da água de represas. In: TUNDISI, J. G. ed. *Diretrizes para o gerenciamento de lagos*. São Carlos, ILEC/IEE. v.9, 280p

VALCARCEL, R. (1998). "Proposta de ação para o manejo da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul". *Revista Floresta e Ambiente*. Vol. 5 (1). p.68-88. UFRRJ, Seropédica.

VAN DE HOEK, C., MANN, D. G. E JAHNS, H. M. 1995. *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge university press.

VERCELLINO, I. S.; BICUDO, D. de C. Sucessão da comunidade de algas perifíticas em reservatório oligotrófico tropical (São Paulo, Brasil): comparação entre período seco e chuvoso. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 29, n. 3, p. 363-377, 2006.

VON SPERLING, M., *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2005.

WHATELY, M; HERCOWITZ, M. *Serviços ambientais: conhecer, valorizar e cuidar: subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo*. São Paulo : Instituto Socioambiental, 2008.

WETZEL, R. G. & LIKENS, G. E. 1991. *Limnological analysis*. 2ed. New York, Springer-Verlag. 491p.

WUNDER S. 2007. The efficiency of payments for environmental services in tropical conservation. *Conservation Biology*21:48–58.

WUNDER, S.; PAGIOLA, S.; ENGEL S.. 2008. “Taking stock: A comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries.” *Ecological Economics*, 65(4):834-852.