



**ABES** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE  
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL



# **R B C I A M B**

Revista Brasileira de Ciências Ambientais  
Setembro de 2015

Nº 37

## Expediente

---

### Editora Geral

Maria do Carmo Martins Sobral

### Editor Executivo

Maurício Dziedzic

### Editores Internacionais

Günter Gunkel – Alemanha

Jose Alfaro Joins - EUA

Manuela Morais - Portugal

Oscar Parra - Chile

### Editores Nacionais

Francisco Suetônio Bastos Mota

Lúcia Xavier

Marco Aurélio da Silva Carvalho Filho

Mário Augusto Gonçalves Jardim

Tadeu Fabrício Malheiros

### Conselho Editorial

Adriana Rosseto, Arlindo Philippi Jr, Asher Kiperstock, Carlos Alberto Cioce Sampaio, Cleverson Vitorio Andreolli, Eliza Maria Xavier Freire, Fabiano Toni, Jorge Tenório, Leandro Gonçalves Oliveira, Luiz Carlos Beduschi Filho, Marco Antonio Almeida de Souza, Maria de Lourdes Florencio, Miguel Mansur Aisse, Valdir Fernandes, Wanderley da Silva Paganini

### Coordenação

Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES

### Presidente Nacional da ABES

Dante Ragazzi Pauli

### Responsáveis

Allan Rodrigues

Soraia Fernandes

### Produção Editorial

Zeppelini Publisher

**Submissão de artigos**, dúvidas e sugestões: [rbciasm@abes-dn.org.br](mailto:rbciasm@abes-dn.org.br)



[Instruções para autores, clique aqui](#)

Esta é uma publicação em parceria com o Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável - ICTR [www.ictr.org.br](http://www.ictr.org.br)

## ÍNDICE

### 1 - ANÁLISE DE INCERTEZA E MODELAGEM DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO UBERABA, MINAS GERAIS

Uncertainty analysis and water quality modelling of Uberaba River, Minas Gerais

Marcos Vinícius Mateus - Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves - Guilherme Barbosa Lopes Júnior - Mônica Hitomi Okura

### 16 - INVESTIGAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS FÚNGICOS NA QUALIDADE DO AR DE ESPAÇOS INTERNOS DE UMA BIBLIOTECA PÚBLICA

Investigation of the effect of fungal volatile organic compounds on the air quality of a public library

Lydia Dayanne Maia Pantoja - Ronaldo Ferreira do Nascimento - Ana Barbara de Araújo Nunes

### 26 - ANÁLISE MULTIVARIADA NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA DO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA, ESTADO DO PARANÁ

Applying multivariate analysis techniques for the evaluation of water quality of Foz do Areia reservoir, State of Paraná

Nicole Machuca Brassac de Arruda - Nivaldo Eduardo Rizzi - Tânia Lúcia Graf de Miranda

### 38 - ATTRIBUTES OF DYSTROPHIC LATOSOL IN SOUTHERN MINAS GERAIS AFTER APPLICATION OF SEWAGE SLUDGE

Atributos de latossolo distrófico no Sul de Minas Gerais após aplicação de lodo de esgoto

Rodrigo Santos Moreira - Ronaldo Luiz Mincato - Breno Régis Santos - Rômulo Spuri Barbosa - Adauton Vilela de Rezende - Marcio Donizetti de Andrade

### 47 - CONSUMO E RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL: AS CONTRIBUIÇÕES DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Consumption and of solid waste in Brazil: the contributions of environmental education

Gustavo Ferreira da Costa Lima

### 58 - EDUCAÇÃO AMBIENTAL E PARTICIPAÇÃO POPULAR NA GESTÃO DA CADEIA PRODUTIVA DA PESCA ARTESANAL: UMA EXPERIÊNCIA NO LITORAL DA BAHIA, BRASIL

Environmental education and public participation in the management of artisanal fisheries supply chain: an experience in the coastal region of the lower south of Bahia, Brazil

Lucia de Fátima Socoowski de Anello - Maria Odete da Rosa Pereira - Tatiana Walter - Ederson da Silva Pinto

### 72 - ESTUDO COMPARATIVO DA CONTAMINAÇÃO POR MICRO-ORGANISMOS PATOGÊNICOS EM RESÍDUOS DOMICILIARES E DE SAÚDE EM UBERLÂNDIA (MG)

Comparative study of pathogenic microorganisms contamination in domestic solid waste and health in Uberlandia city (MG)

Edilza Filice Chayb - Dora Inês Kozusny-Andreani

### 88 - GESTÃO DE COOPERATIVAS DE RECICLAGEM: COMPARAÇÃO ENTRE A AVEMARE E A CORBES

Management of recycling cooperatives: comparison between AVEMARE and CORBES

Damaris Paoli - Ismail Barra Nova de Melo

### 100 - DESEMPENHO DE CULTIVARES DE ALFACE-AMERICANA SOB MANEJO DE ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA

Performance of cultivars of crisphead lettuce under management of mineral and organic fertilization

Luciane da Cunha Codognoto - Antonio Anicete de Lima - Darllan Junior Luiz Santos Ferreira de Oliveira - Camila Gomes Silva - Edielson Almeida da Silva - Marlos Oliveira Porto

### 111 - POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Beneficial use potential for the solid waste in an university campus

Solange Aparecida Goularte Dombroski - Marco Antonio Diodato - Rafael Oliveira Batista - Daniela da Costa Leite Coelho - Jackson Fernandes da Silva



## ANÁLISE DE INCERTEZA E MODELAGEM DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO UBERABA, MINAS GERAIS

UNCERTAINTY ANALYSIS AND WATER QUALITY MODELLING OF UBERABA RIVER, MINAS GERAIS

### *Marcos Vinícius Mateus*

Graduando em Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) – Uberaba (MG), Brasil.

### *Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves*

Docente do Departamento de Engenharia Ambiental da UFTM – Uberaba (MG), Brasil

### *Guilherme Barbosa Lopes Júnior*

Docente do Departamento de Engenharia Ambiental da UFTM – Uberaba (MG), Brasil.

### *Mônica Hitomi Okura*

Docente do Departamento de Engenharia de Alimentos da UFTM – Uberaba (MG), Brasil.

### **Endereço para correspondência:**

Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves – Avenida Dr. Raulo Borges Júnior, 1250 – Univerdecidade – 38064-200 – Uberaba (MG), Brasil – E-mail: sig.julio@gmail.com

### **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi avaliar o perfil de oxigênio dissolvido (OD) em um trecho urbano da bacia do Rio Uberaba, identificar as principais fontes poluidoras e sugerir medidas de controle. Para tanto, o estudo foi dividido em cinco fases: (i) avaliação da qualidade da água durante um ano hidrológico; (ii) calibração e validação do modelo de qualidade da água; (iii) análise de sensibilidade dos coeficientes e dos dados de entrada do modelo; (iv) análise de incerteza; e (v) criação de cenários para a tomada de decisão. Os resultados mostraram que o Córrego das Lajes é a principal fonte poluidora do Rio Uberaba. O modelo mostrou-se confiável, uma vez que ele pôde ser calibrado e validado. Com a análise de incerteza foi possível mostrar que a probabilidade de o Rio Uberaba atender ao padrão ambiental exigido para a classe 2 ( $OD \geq 5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ ) é praticamente nula, mas que ela poderia ser elevada para 75,3% se a carga orgânica lançada no rio fosse removida com uma eficiência de 75%.

**Palavras-chave:** modelagem de qualidade da água; análise de incerteza; Rio Uberaba.

### **ABSTRACT**

The objective in this study was to evaluate the Dissolved Oxygen (DO) profile along an urban stretch in Uberaba River basin and identify the main pollution sources. For this, the study was divided in five stages: (i) water quality evaluation during a hydrologic year; (ii) calibration and validation of the water quality model; (iii) sensibility analysis of the coefficient and entrance data for the model; (iv) uncertainty analysis; and (v) creation of decision-making scenarios. The results show that Lajes Stream is the main pollution source of Uberaba River. The model demonstrated to be reliable, once it could be calibrated and validated. Through the uncertainty analysis, it is possible to show that the probability of Uberaba River to attempt the environmental standard demanded for class 2 ( $DO \geq 5.0 \text{ mg.L}^{-1}$ ) is practically zero, but it could be raised to 75.3% if the organic polluting load released into the river was decreased in 75%.

**Keywords:** water quality modeling; uncertainty analysis; Uberaba River.

## INTRODUÇÃO

A modelagem de qualidade da água é uma ferramenta frequentemente utilizada na gestão dos recursos hídricos (GONÇALVES *et al.*, 2009; GONÇALVES; SARDINHA; BOESSO, 2011; GONÇALVES & GIORGETTI, 2013; SALLA *et al.*, 2014). Com ela é possível avaliar os processos de assimilação da carga poluidora e definir os trechos do corpo de água mais suscetíveis à poluição. Ao longo dos anos, vários modelos de qualidade da água foram criados e aplicados com sucesso. O marco inicial foi em 1925, com o clássico modelo de Streeter-Phelps (STREETER & PHELPS, 1925), o qual foi desenvolvido a partir de intensos estudos das fontes de poluição e seus impactos no Rio Ohio. Esse modelo descreveu o aumento, seguido de decréscimo, do déficit de oxigênio a jusante de uma fonte de material orgânico. Posteriormente, outros modelos mais complexos surgiram, como o QUAL 2E (BROWN & BARNWELL, 1987) e o QUAL 2K (CHAPRA & PELLETIER, 2006). O aumento da complexidade dos modelos está relacionado, sobretudo, ao fato de eles possuírem mais coeficientes e parâmetros de qualidade da água, além do oxigênio dissolvido (OD) e da demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Contudo, a aplicação do modelo e a quantidade de coeficientes a serem determinados permanecem sendo as questões principais sempre que a modelagem é considerada como uma ferramenta de tomada de decisão (FAN *et al.*, 2012).

Um estudo realizado por Lindenschmidt (2006) sugere que modelos complexos não são necessariamente mais úteis, já que eles requerem uma quantidade maior de dados para estimativa, calibração e verificação dos parâmetros. No Brasil, onde as informações disponíveis em relação aos dados de monitoramento ainda são limitadas, obter tais parâmetros para o uso de modelos mais complexos pode ser um problema, e os resultados das simulações podem não ser tão confiáveis como se espera. Diante do exposto, modelos simplificados de qualidade da água, como o Streeter-Phelps, tornam-se uma boa alternativa, com bons exemplos de sucesso na literatura (FAN *et al.*, 2012; COSTA & TEIXERA, 2011).

Entretanto, há incertezas que devem ser consideradas quando se faz uso de modelos matemáticos, mesmo que simples, devido às muitas fontes de imprecisão no processo de modelagem, por exemplo, as relacionadas à estimativa dos coeficientes, aos dados de entrada e à estrutura do sistema (LINDENSCHMIDT & FLEISCHBEIN, 2007). Com a quantificação das incertezas, os resultados das simulações podem ser apresentados em termos probabilísticos, e não por valores únicos e/ou determinísticos. Costa & Teixeira (2011) utilizaram a Simulação de Monte Carlo (SMC) para realizar a análise de incerteza em um modelo de qualidade da água e concluíram que o resultado estocástico é fundamental para o gerenciamento dos recursos hídricos, uma vez que os cenários simulados podem ser apresentados em termos de probabilidade de ocorrência.

O presente artigo teve como objetivo tratar da aplicação e análise de incerteza de um modelo de qualidade da água simples, no qual apenas o parâmetro OD é simulado, em um trecho urbano do Rio Uberaba. Este rio é a principal fonte hídrica no abastecimento público de Uberaba (MG) e atualmente apresenta-se em processo de degradação. Os principais objetivos do estudo foram identificar as fontes poluidoras e sugerir medidas de controle, de modo que a concentração desejável de OD no Rio Uberaba seja alcançada. Para tanto, o estudo foi dividido em cinco fases:

1. avaliação da qualidade da água durante um ano hidrológico;
2. calibração e validação do modelo de qualidade da água;
3. análise de sensibilidade dos coeficientes e dos dados de entrada do modelo;
4. análise de incerteza; e
5. criação de cenários para a tomada de decisão.

## MATERIAIS E MÉTODO

### Descrição da área de estudo

O Rio Uberaba é um afluente do Rio Grande, que é um dos formadores do Rio Paraná, junto com o Rio Paranaíba. Geograficamente, a bacia do Rio Uberaba é delimitada

pelos paralelos 19°30'–20°07' S e meridianos 47°38'–48°34' W. O Rio Uberaba cobre uma área de drenagem de aproximadamente 2.340 km<sup>2</sup> e tem uma extensão,

da cabeceira à foz, de aproximadamente 150 km, sendo uma importante fonte de água para a cidade de Uberaba, já que  $1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  é retirado do rio para o abastecimento doméstico. A bacia do Rio Uberaba engloba uma importante região econômica do Estado de Minas Gerais, abrangendo grande parte dos municípios de Uberaba, Veríssimo, Conceição das Alagoas e parte de Planura. Este estudo estendeu-se por um trecho urbano de 15 km, iniciando-se 500 m a montante do Córrego das Lajes (Figura 1). Três afluentes alimentam o Rio Uberaba em diferentes pontos ao longo do trecho estudado, dentre eles, o Córrego das Lajes é o mais poluído, uma vez que recebe esgotos não tratados da cidade de Uberaba. Estima-se que no período seco o Córrego das Lajes descarrega no Rio Uberaba  $7,27 \text{ t} \cdot \text{dia}^{-1}$  de material orgânico. Por outro lado, os córregos do Juca e Saudade, que são

menos poluídos, contribuem para diluição dos resíduos lançados a montante. A vazão média do escoamento, no final do trecho em estudo, varia de  $2,52 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , no período seco, até  $8,32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , no período chuvoso.

Os regimes climáticos na bacia são dois: o de inverno, que pode ser considerado como frio e seco, e o de verão, como quente e chuvoso. O regime pluviométrico caracteriza-se por um período chuvoso de seis meses, de outubro até março, e um período seco de quatro meses, de junho até setembro; abril e maio podem ser considerados meses de transição. Com relação ao regime térmico, a temperatura atmosférica média anual varia entre 20 e 24°C. Outubro e fevereiro são os meses mais quentes do ano, com temperaturas variando entre 21 e 25°C, e julho, o mês mais frio, com temperaturas variando de 16 a 22°C (CRUZ, 2003).

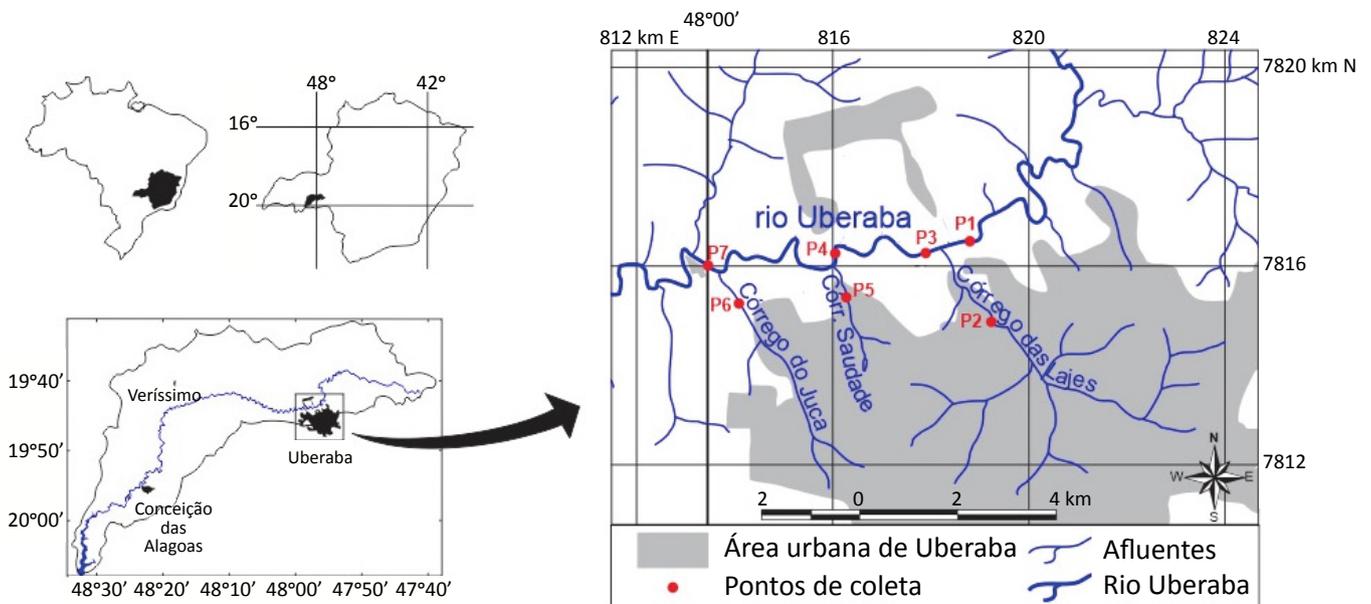


Figura 1 - Área de estudo.

### Descrição do modelo

O modelo utilizado para a simulação dos parâmetros OD e DBO é resultado do balanço de massa em um volume infinitesimal do rio, considerando os mecanismos de transporte (advecção e dispersão), fontes e sumidouros externos, bem como os processos físicos e biológicos que representam o consumo e a produção dos parâmetros simulados no próprio elemento. O corpo de água é considerado unidimensional, ou seja, a concentração dos parâmetros é uniforme em uma mesma seção trans-

versal. Assim, a Equação 1 representa o balanço de massa completo, considerando todas as entradas e saídas.

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -U \frac{\partial c}{\partial x} + D_L \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{w}{V} + S \quad (1)$$

Onde:

c = concentração do constituinte;

t = tempo;

U = velocidade média do escoamento;  
 x = distância;  
 $D_L$  = coeficiente de dispersão longitudinal;  
 w = cargas lançadas (positivas) ou abstraídas (negativas) do escoamento;  
 V = volume;  
 s = produção e/ou consumo devido a processos físicos e biológicos, obedecendo a esses mesmos sinais.

No caso do Rio Uberaba, a simulação foi realizada em regime permanente e, com isso, o transporte de massa por dispersão pôde ser negligenciado, conforme sugerido por Fischer (1979). Para a simulação do OD, os modelos mais recentes (por exemplo, o QUAL 2K) são constituídos por equações que quantificam a produção de OD devido à fotossíntese e à reaeração atmosférica, e o consumo devido à degradação da matéria orgânica carbonácea (DBOC) e nitrogenada (DBON), além da respiração e demanda de oxigênio do sedimento. Neste estudo, apenas a reaeração atmosférica e a degradação da matéria orgânica carbonácea foram consideradas no balanço de OD (Equação 2). Essas simplificações são comuns quando a modelagem é realizada em rios com elevada carga poluidora, em que a turbidez elevada e a baixa concentração de OD no corpo de água reduzem o efeito da fotossíntese/respiração e da nitrificação, respectivamente (DROLIC & KONCAN, 1996; PALIWAL *et al.*, 2007).

$$\frac{dC}{dt} = K_2(C_s - C) - K_r L \frac{dC}{dt} = K_2(C_s - C) - K_r L \quad (2)$$

Onde:  
 C = concentração de OD;  
 t = tempo;  
 $K_2$  = coeficiente de reaeração;  
 $C_s$  = concentração de saturação de OD;  
 $K_r$  = somatório do coeficiente de decomposição da matéria orgânica  $K_d$  e do coeficiente de sedimentação  $K_s$ ;  
 L = concentração de DBOc.

Cs pode ser estimado por diversas equações empíricas, em função da temperatura da água, altitude e salinidade. Neste estudo utilizou-se a equação de Popel (1979), citada por Von Sperling (2007) (Equação 3).

### Dados de entrada do modelo

Para a avaliação da qualidade da água, foram realizadas nove coletas de água em sete pontos de amostragem.

$$C_s = (14,652 - 4,1022.T + 7,9910.10^{-3}.T^2 - 7,7774.10^{-5}.T^3)(1 - H_o/9450)(1 - 9.10^{-6}.C_{sal})t \quad (3)$$

Onde:  
 T = temperatura medida no corpo de água;  
 $H_o$  = altitude;  
 $C_{sal}$  = concentração de sais dissolvidos.

No balanço da DBOc, dois processos foram considerados: a decomposição e a sedimentação (Equação 4).

$$\frac{dL}{dt} = - (K_d + K_s)L \quad (4)$$

Onde:  
 L = concentração de DBOc;  
 t = tempo;  
 $K_d$  = coeficiente de decomposição da matéria orgânica;  
 $K_s$  = coeficiente de sedimentação.

Os coeficientes cinéticos ( $K_2$ ,  $K_d$  e  $K_s$ ) foram corrigidos, em função da temperatura do corpo de água, com o uso da equação simplificada de Arrhenius (Equação 5).

$$K_T = K_{20} \theta^{(T - 20)} \quad (5)$$

Onde:  
 K = coeficiente cinético;  
 T = temperatura;  
 $K_{20}$  = valor do coeficiente para a temperatura de referência (20°C);  
 $\theta$  = coeficiente de temperatura, sendo igual a 1,024 para  $K_2$  e  $K_s$ , e igual a 1,047 para  $K_d$  (USEPA, 1987).

A equação diferencial ordinária, resultante das simplificações realizadas na Equação 1, foi integrada numericamente com o uso do método de Euler e implementada em uma planilha eletrônica. Para tanto, o trecho de 15 km foi dividido em elementos espaçados em 0,1 km, produzindo um erro relativo máximo, quando a solução numérica foi comparada com a solução analítica de Streeter-Phelps (1925), de 1,3%.

O período de amostragem iniciou-se em agosto de 2011 e estendeu-se até maio de 2012, contemplando

os períodos seco e chuvoso. Todos os pontos de coleta estão representados na Figura 1, em que a seguinte convenção é utilizada: 1 = Rio Uberaba, montante da confluência com o Córrego das Lajes; 2 = Córrego das Lajes; 3 = Rio Uberaba, jusante da confluência com o Córrego das Lajes; 4 = Rio Uberaba, montante da confluência com o Córrego Saudade; 5 = Córrego Saudade; 6 = Córrego do Juca; e 7 = Rio Uberaba, jusante da confluência com o Córrego do Juca. No total, três parâmetros de qualidade da água foram analisados durante o período de amostragem: temperatura da água, OD e condutividade elétrica. A medida da DBO, parâmetro essencial para modelagem do OD, foi realizada nos pontos 1, 2, 5 e 6, apenas uma vez no período seco e outra no período chuvoso. Os parâmetros OD, temperatura e condutividade elétrica foram mensurados com analisador multiparâmetros Vernier. A DBO ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) foi quantificada pela metodologia descrita por APHA (1995).

A vazão nesses pontos foi medida de acordo com a metodologia descrita por Hermes & Silva (2004), utilizando-se uma trena, um objeto flutuador e um cronômetro (Equação 6). Apesar de não ser tão precisa quanto os métodos do molinete ou o método acústico, a estimativa conforme a referência proposta possui precisão aceitável, além de uma vantagem considerável com relação ao custo. Apesar de não ter sido realizada uma análise de incertezas, o método é considerado

como aceitável, em vista do seu emprego com sucesso em outros estudos ao longo do país (SARDINHA *et al.*, 2008; CHRISTOFOLETTI *et al.*, 2015; GONÇALVES *et al.*, 2012; MORUZZI *et al.*, 2012).

$$Q = \frac{XYA}{t^*} \quad (6)$$

Onde:

Q = vazão ( $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ );

X = distância usada para medir a velocidade do escoamento (m);

Y = coeficiente de correlação (0,8 para rios com fundo rochoso, como neste caso);

A = área da seção transversal do rio ( $\text{m}^2$ );

$t^*$  = tempo (s) gasto pelo objeto flutuador para atravessar a distância X.

Os afluentes (Córregos das Lajes, Saudade e do Juca) são considerados, no modelo, fontes pontuais, conduzindo para o Rio Uberaba poluentes drenados na área urbana. As principais características desses afluentes e da condição de contorno do modelo (P1) são apresentadas na Tabela 1.

O modelo foi calibrado utilizando-se os dados dos meses de agosto e setembro, os quais representam o período de baixa vazão, e validado no período de cheia (outubro a maio). Para calibração e validação do modelo foi necessário dividir o rio em seções com características hidráulicas e bioquímicas aproxi-

**Tabela 1 - Características das cargas poluidoras.**

Nome	Q ( $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ )	OD ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	DBO ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Carga de DBO ( $\text{t.dia}^{-1}$ )
Período seco				
Condição de contorno	1,56	5,64	10,0	–
Córrego das Lajes	0,29	0,09	290,0	7,27
Córrego Saudade	0,11	3,32	5,0	0,05
Córrego do Juca	0,56	7,12	3,0	0,14
Período chuvoso				
Condição de contorno	6,90	7,11	5,0	–
Córrego das Lajes	0,42	1,23	200	9,07
Córrego Saudade	0,31	4,42	5,0	0,14
Córrego do Juca	0,69	4,48	5,0	0,30

OD: OXIGÊNIO DISSOLVIDO; DBO: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO.

madamente uniformes. Assim, o rio foi dividido em quatro trechos:

- Trecho 1 – do ponto P1 até a confluência do Córrego das Lajes;
- Trecho 2 – do Córrego das Lajes até a confluência do Córrego Saudade;
- Trecho 3 – do Córrego Saudade até a confluência do Córrego do Juca;
- Trecho 4 – do Córrego do Juca até o final do segmento modelo.

A fim de se analisar apenas uma variável dimensional, considerando uniformes as variações nas demais dimensões, a seção transversal de cada seção

em análise é considerada retangular. Essa hipótese garante que as características nos planos transversais sejam consideradas longitudinalmente nas seções de análise.

Essa hipótese é comumente aplicada quando uma das variáveis espaciais é significativamente mais influente que as demais e, assim, a análise é considerada unidimensional. Ela também é reforçada em vista da grande variedade de sinuosidades do corpo hídrico analisado, pois garante representatividade na segmentação aplicada para as análises.

Na Tabela 2 são apresentadas as principais características geométricas, tanto para o período seco como para o chuvoso.

Tabela 2 - Características geométricas médias do segmento simulado.

Trecho	Extensão (km)	Período seco		Período chuvoso	
		Largura média (m)	Profundidade média (m)	Largura média (m)	Profundidade média (m)
1	0–0,5	18	0,47	20	0,60
2	0,5–3,5	18	0,50	22	0,62
3	3,5–7,0	18	0,50	22	0,62
4	7,0–15,0	20	0,52	22	0,66

### Calibração do modelo

A calibração do modelo foi realizada com a determinação dos coeficientes cinéticos  $K_2$ ,  $K_d$  e  $K_s$ . De acordo com USEPA (1985), o coeficiente de decomposição da matéria orgânica ( $K_d$ ), para rios rasos e poluídos com esgotos domésticos, varia entre 0,5 e 2,0  $\text{dia}^{-1}$ , dependendo da profundidade do escoamento. Para o Rio Uberaba, foi adotado o valor de 1,0  $\text{dia}^{-1}$ , o qual equivale à profundidade média de 0,5 m. O  $K_2$  pode ser estimado, em função da velocidade e profundidade do escoamento (H), por meio de equações empíricas e semiempíricas. Essas equações só podem ser aplicadas para escoamentos que estejam dentro da faixa de velocidade e profundidade para as quais elas foram originalmente desenvolvidas. Como

os períodos seco e chuvoso apresentam condições hidráulicas diferentes, foi necessário adotar duas equações distintas. Para o período seco, utilizou-se a equação de Owens *et al.* (1964) — faixa de aplicação:  $0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \leq U < 1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  e  $0,1 \text{ m} \leq H < 0,6 \text{ m}$  —, e para o período chuvoso (validação do modelo), utilizou-se a equação de O'Connor & Dobbins (1958) — faixa de aplicação:  $0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \leq U < 0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  e  $0,6 \text{ m} \leq H < 4,8 \text{ m}$ . Com relação ao coeficiente de sedimentação  $K_s$ , Chappra (1997) sugere que, para rios poluídos com esgotos sem tratamento e  $H \leq 1,0 \text{ m}$ , o seu valor varie entre 0,1 e 0,5  $\text{dia}^{-1}$ . Neste trabalho foi adotado o valor médio dos limites do domínio, ou seja, 0,3  $\text{dia}^{-1}$  em todos os trechos do segmento modelado.

## Análise de sensibilidade

Com o uso da análise de sensibilidade é possível ter uma visão geral do grau de influência dos dados de entrada no resultado do modelo e, dessa forma, definir em quais parâmetros do modelo os recursos técnicos e financeiros devem ser investidos. De acordo com Von Sperling (2007), em países como o Brasil, onde a disponibilidade de recursos é limitada, torna-se fundamental otimizar a sequência de obtenção dos dados, de modo a eliminar qualquer preciosismo desnecessário que não traga

resultado prático. Aqui, a análise de sensibilidade foi realizada com os seguintes parâmetros: coeficiente de decomposição, coeficiente de sedimentação, coeficiente de reaeração, vazão e temperatura. O método utilizado foi do tipo informal, no qual o modelo é rodado com diferentes valores dos parâmetros selecionados para a análise (DROLC & KONCAN, 1996). Adotou-se uma perturbação de  $\pm 50\%$ , para todos os parâmetros, em relação aos valores obtidos na calibração do modelo.

## Análise de incerteza (Simulação de Monte Carlo)

Um grande número de decisões relacionadas ao gerenciamento dos recursos hídricos é tomado com base nos resultados de modelos de qualidade da água (COSTA & TEIXERA, 2011; ZHANG *et al.*, 2012; SALLA *et al.*, 2014). No entanto, pouco se questiona sobre a confiabilidade dos dados de entrada. Mesmo que o modelo esteja bem calibrado, com um pequeno desvio entre os resultados gerados e os dados observados, incertezas podem existir. Nessas situações, a análise de incerteza ajuda a entender as ligações entre os dados de entrada e saída, estabelecendo maior confiabilidade aos resultados preditos. Há diferentes tipos de incertezas em um exercício de modelagem (LINDENSCHMIDT & FLEISCHBEIN, 2007; KARDOS & OBROPTA, 2011):

1. incerteza na estrutura do modelo;
2. incerteza no valor dos dados de entrada;

3. incerteza na capacidade do modelo em prever o comportamento do sistema;
4. incerteza associada ao projeto experimental.

Este estudo trata das incertezas associadas aos dados de entrada, utilizando a técnica de Simulação de Monte Carlo (SMC).

A SMC é utilizada para simular sistemas complexos constituídos de variáveis aleatórias (PALIWAL *et al.*, 2007). Neste estudo, as variáveis aleatórias são os dados de entrada, os quais são gerados aleatoriamente segundo uma distribuição uniforme e dentro de uma faixa pré-especificada (Tabela 3). Em cada ciclo do modelo (em um total de 1.000) foi selecionado um conjunto diferente de valores dos dados de entrada sobre os quais existe incerteza. Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente em 3 pontos do Rio Uberaba: 1 a montante

Tabela 3 - Resumo dos dados de entrada e das porcentagens de variação.

Dados de entrada	Valor fixo	Porcentagem de variação em torno do valor fixo (%)
Vazão do Rio Uberaba ( $m^3.s^{-1}$ )	1,56	10
Vazão do Córrego das Lajes ( $m^3.s^{-1}$ )	0,29	10
Vazão do Córrego Saudade ( $m^3.s^{-1}$ )	0,11	10
Vazão do Córrego do Juca ( $m^3.s^{-1}$ )	0,56	10
Temperatura ( $^{\circ}C$ )	22,3	5
$K_d$ ( $dia^{-1}$ )	1,0	10
$K_2$ ( $dia^{-1}$ )	Eq. Owens <i>et al.</i> (1964)	50

do Córrego das Lajes (0,4 km) e os outros 2 a jusante (3,2 e 7,1 km), onde o efeito das flutuações das cargas poluidoras é mais pronunciado. A análise de incerteza foi realizada para os dados do período seco, com o objetivo de avaliar, em termos probabilísticos, o atendimento à legislação ambiental (CONAMA, 2005).

### Criação de cenários para a tomada de decisão

O modelo deste estudo foi aplicado para determinar estratégias que podem ser utilizadas para melhorar a qualidade da água do Rio Uberaba, de modo que os parâmetros estejam dentro dos limites definidos pela legislação ambiental. Esses cenários subsidiam os gestores na avaliação da eficiência das ações de recuperação do rio. A concentração desejada para OD é maior ou igual a  $5 \text{ mg.L}^{-1}$ , sendo este o valor limite para rios enquadrados na classe 2 (CONAMA, 2005). Com o intuito de explorar como a qualidade da água se comportaria com mudanças da carga poluidora e da vazão do rio, três cenários foram gerados.

- Cenário 1: considera-se que toda a drenagem que chega ao Córrego das Lajes, principal fonte poluidora do Rio Uberaba, seja tratada com eficiência de remoção de DBO de 60% (eficiência mínima de tratamento exigida pelo CONAMA, 2011). Além disso, considera-se também que o OD do Córrego das Lajes e a DBO no ponto 1 sejam iguais a  $5 \text{ mg.L}^{-1}$ , limites mínimo e máximo para corpo de água classe 2, respectivamente.

A estimativa dos valores da porcentagem de variação foi baseada nos trabalhos realizados por Paliwal *et al.* (2007) e Costa & Teixeira (2011). O elevado valor para  $K_2$  (50%) deve-se à imprecisão das estimativas realizadas pelas equações empíricas (MELCHING & FLORES, 1999; HAIDER *et al.*, 2013).

- Cenário 2: supõe-se que a DBO do Córrego das Lajes seja removida com eficiência de 75% e que o OD do Córrego das Lajes e a DBO no ponto 1 sejam iguais a  $5 \text{ mg.L}^{-1}$ . Este cenário simula a instalação de uma estação de tratamento de esgotos secundária no Córrego das Lajes.
- Cenário 3: estipula-se que a captação de água para abastecimento da cidade de Uberaba ( $1,2 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ), realizada a montante do trecho modelo, seja desativada. Dessa forma, a vazão no ponto 1 passaria para  $2,76 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ , aumentando o poder de diluição do rio.

A implementação dos cenários 1 e 2 pode ser realizada com a instalação, na bacia de drenagem do Córrego das Lajes, de reatores anaeróbios (e.g. reator anaeróbio de fluxo ascendente, UASB, filtro anaeróbio) e aeróbios (e.g. lagoas de estabilização, lodos ativados, reatores de filme fixo), respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Avaliação da qualidade da água

Apesar do aumento de 27,5% na carga de DBO lançada no Rio Uberaba no período chuvoso, os resultados dos parâmetros físico-químicos mostraram que há uma melhora da qualidade da água nesse período, devido ao aumento da capacidade de diluição do escoamento. Em média, houve uma redução de 77% da vazão no período seco, em relação ao período chuvoso.

Os menores valores de condutividade elétrica foram obtidos em P1 antes da contribuição da área urbana (média de  $76 \mu\text{S.cm}^{-1}$ ). Os maiores valores de condutividade foram quantificados no Córrego das Lajes (média de  $484 \mu\text{S.cm}^{-1}$ ), sendo esse valor muito maior que o encontrado antes da sua confluência com o Rio Uberaba. Apesar de o intemperismo das rochas poder

eleva a condutividade, acredita-se que esse aumento no valor do referido parâmetro se deve principalmente à contribuição de efluentes domésticos não tratados provenientes da cidade de Uberaba. Após P2, os valores de condutividade diminuem ao longo do Rio Uberaba, devido, provavelmente, à decomposição da matéria orgânica.

A temperatura da água é um parâmetro importante para a vida aquática, uma vez que ela afeta vários processos vitais que são responsáveis pelo equilíbrio do corpo de água: decomposição da matéria orgânica, reaeração atmosférica, concentração de saturação de OD, dentre outros fatores (GONÇALVES & GORGETTI, 2013). Tanto no período seco como no chuvoso, o

Córrego das Lajes (P2) apresentou os maiores valores médios de temperatura, 25,9 e 26,3°C, respectivamente. Esse resultado era esperado, já que o Córrego das Lajes é canalizado e drena grande parte da área urbana de Uberaba. Já os menores valores de temperatura foram encontrados em P1, média de 22°C no período seco e 23,3°C no período chuvoso.

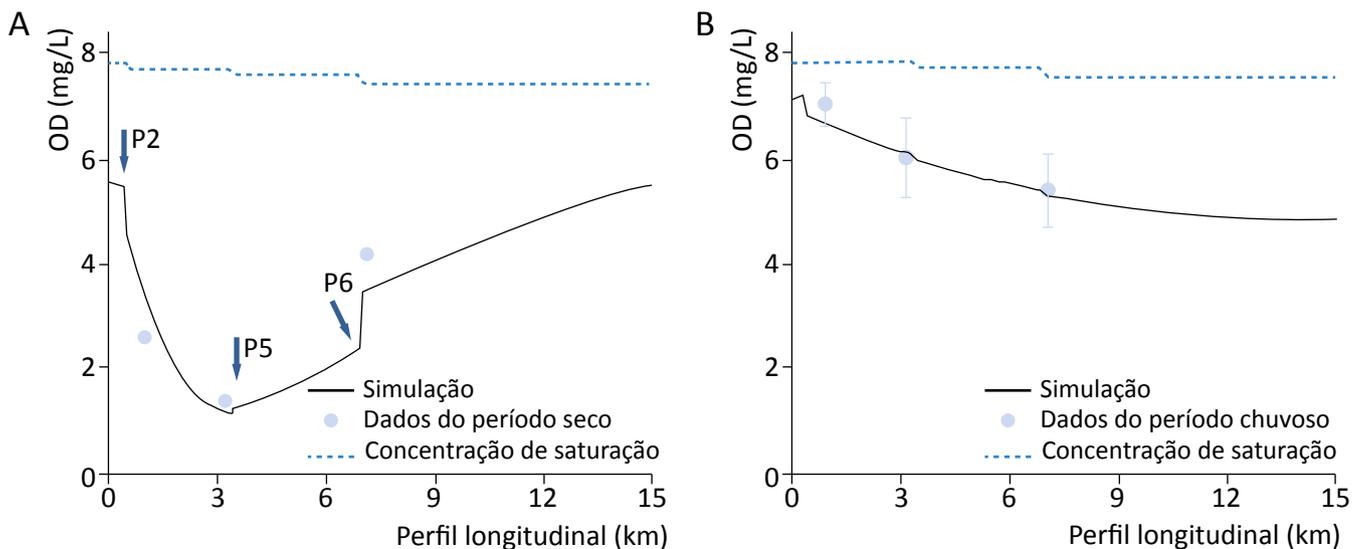
Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas se devem ao consumo pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), difusão para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos, oxidação do metano na camada aeróbia do sedimento, e pelo processo de desoxigenação física ocasionado pela ascensão na coluna de água das bolhas de gases

### Calibração e validação do modelo

Na Figura 2A é apresentado o perfil de OD do Rio Uberaba para o período seco (calibração). Observa-se que o Córrego das Lajes é o principal responsável pela redução da concentração de OD, a qual atinge o valor mínimo próximo a 3 km. Já os córregos Saudade e do Juca apresentam níveis de OD superiores ao do Rio Uberaba, causando aumento da concentração após a

produzidos na camada anaeróbia do sedimento (GONÇALVES *et al.*, 2013). No Rio Uberaba, a maior concentração de OD ocorreu no ponto 1 (7,48 mg.L<sup>-1</sup>), em outubro de 2011, e a menor, no ponto 4 (1,04 mg.L<sup>-1</sup>), após a confluência do Córrego das Lajes, em agosto de 2011. No período seco, o menor valor médio foi encontrado em P4 (1,2 mg.L<sup>-1</sup>). A concentração de OD tende a aumentar a jusante de P4, devido à autodepuração e às entradas de afluentes menos poluídos (córregos Saudade e do Juca), mas não consegue recuperar o teor de OD limite exigido pela legislação ambiental (CONAMA, 2005) para rios classe 2 (5 mg.L<sup>-1</sup>). Já no período chuvoso, o OD mínimo ocorreu em P7 (5,4 mg.L<sup>-1</sup>) e foi superior a 5,0 mg.L<sup>-1</sup>, respeitando os limites exigidos para a classe 2. Esses resultados mostram que há um aumento na capacidade de autodepuração do Rio Uberaba, com a elevação da vazão escoada no período chuvoso.

confluência, sendo esse incremento mais intenso após a confluência do Córrego do Juca, onde a concentração sai de 2,0 mg.L<sup>-1</sup> e atinge 3,2 mg.L<sup>-1</sup>. Os desvios resultantes da diferença entre os valores medidos e previstos foram mais elevados nos pontos 3 (-0,76 mg.L<sup>-1</sup>) e 7 (0,72 mg.L<sup>-1</sup>) e menores no ponto 4 (0,19 mg.L<sup>-1</sup>), produzindo um coeficiente de determinação (CD) igual a



OD: OXIGÊNIO DISSOLVIDO.

Figura 2 - Perfil de oxigênio dissolvido para o trecho urbano do Rio Uberaba: calibração (A) e validação (B).

0,95. Dessa forma, pode-se dizer que o modelo é capaz de explicar 95% da variância dos dados medidos. Com relação à concentração de saturação de OD, observa-se que houve um declínio ao longo do segmento simulado, causado pelo aumento da temperatura da água após as confluências dos córregos das Lajes, Saudade e do Juca. A redução de  $C_s$  é um fator negativo para recuperação do OD, uma vez que a reaeração atmosférica é reduzida (Equação 1). Apesar de  $C_s$  declinar, o  $K_2$  aumentou ao longo do segmento simulado, passando de  $7,3 \text{ dia}^{-1}$ , no trecho 1, para  $8,9 \text{ dia}^{-1}$ , no trecho 4.

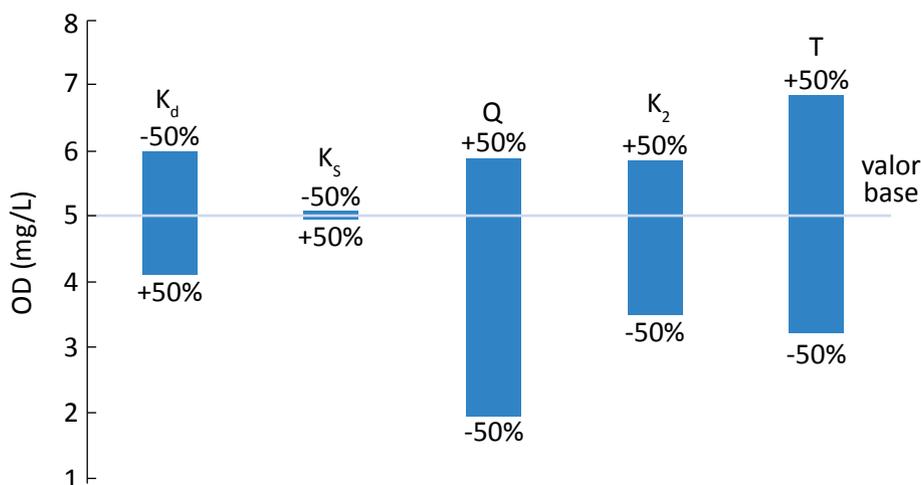
Na Figura 2B é mostrada a validação do modelo (período chuvoso), a qual foi realizada utilizando-se os mesmos valores da calibração para os coeficientes cinéticos  $K_d$  e  $K_s$ ; já o  $K_2$  apresentou valores inferiores

( $6,0$  a  $6,6 \text{ dia}^{-1}$ ) para todos os trechos, em relação aos do período seco, salientando que a estimativa de  $K_2$  foi realizada com equações diferentes para os dois períodos. O erro relativo máximo foi de  $5,1\%$  a jusante da confluência do Córrego das Lajes (P3), e menor do que  $2\%$  nos outros dois pontos. Apesar de existirem apenas 3 pontos de medição, para o período de cheia, o modelo foi capaz de explicar  $99,8\%$  da variância dos dados medidos ( $CD = 0,998$ ). Com relação ao comportamento do perfil de OD, nota-se que, até  $10 \text{ km}$ , a concentração é superior ao limite mínimo exigido para rios classe 2, decaindo para  $4,8 \text{ mg.L}^{-1}$  em  $15 \text{ km}$ . Esse resultado complementa as informações fornecidas pela avaliação da qualidade da água, mostrando que o padrão, exigido pela legislação ambiental (CONAMA, 2005), não foi atendido em todo o segmento estudado.

### Sensibilidade do modelo aos dados de entrada

Os parâmetros do modelo que mais afetam o perfil de OD no Rio Uberaba foram, em ordem de relevância: vazão do escoamento ( $Q$ ), temperatura da água ( $T$ ), coeficiente de reaeração e coeficiente de decomposição (Figura 3). Para esse modelo, a influência do coeficiente de sedimentação é tão pequena, que pode ser negligenciada. Além de alterar a capacidade de diluição da carga orgânica, a vazão do escoamento afeta outros coeficientes, como, por exemplo, o  $K_2$  (HAIDER *et al.*, 2013), por isso ela é tão importante ao modelo. Analogia semelhante pode ser feita com relação à temperatura da água, que apesar de não alterar a capaci-

dade de diluição dos poluentes, afeta diretamente as velocidades de decomposição, reaeração atmosférica (DEMARS & MANSON, 2013) e sedimentação. A maior sensibilidade do modelo ao  $K_2$ , quando comparado com o  $K_d$ , é também encontrada em outros trabalhos (DROLC & KONCAN, 1996; COSTA & TEIXEIRA, 2011). Esse resultado pode estar ligado ao fato de que a faixa de variação dos valores de  $K_2$  ( $0,6$  a  $104,1 \text{ dia}^{-1}$ ) é bem mais ampla do que a de  $K_d$  ( $0,08$  a  $1,0 \text{ dia}^{-1}$ ). Nota-se também que o aumento de  $K_d$ ,  $K_s$  e  $T$  implica na redução dos níveis de OD, enquanto a elevação de  $Q$  e  $K_2$  causa o aumento de OD.



OD: OXIGÊNIO DISSOLVIDO.

Figura 3 - Análise de sensibilidade do modelo para a posição 3,2 km, utilizando-se como base os valores utilizados na calibração.

### Avaliação das incertezas do modelo

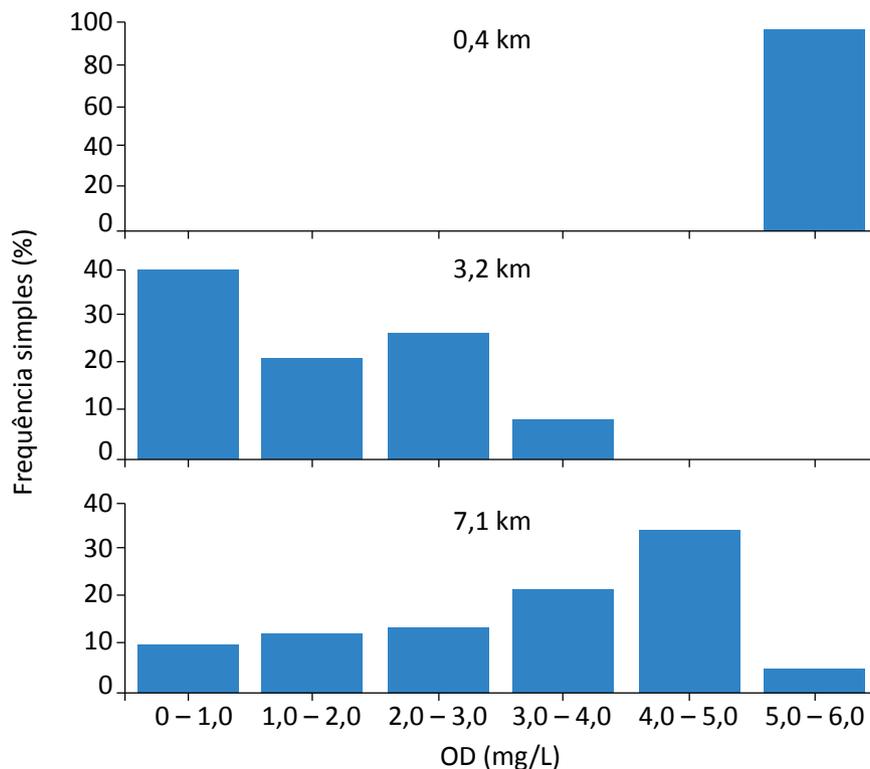
O resumo estatístico da SMC é apresentado na Tabela 4. O erro relativo obtido entre o valor médio da SMC e do modelo (calibração) aumenta no sentido do escoamento, atingindo 10% na posição 7,1 km. Em estudo realizado no Rio Yamuna (Índia), Paliwal *et al.* (2007) encontraram erros relativos de até 30%. Esse efeito pode ser atribuído às flutuações das cargas poluidoras, resultan-

tes dos afluentes, que se propagam até o final da simulação. O mesmo raciocínio pode ser usado para explicar o aumento do desvio padrão ao longo do escoamento. Com relação ao OD mínimo, para a posição 3,2 e 7,1 km, foram encontrados valores iguais a 0 (condição de anaerobiose). Na Figura 4 é apresentada a frequência simples de OD para as 3 posições (0,4, 3,2 e 7,1 km).

Tabela 4 - Resumo da Simulação de Monte Carlo.

Estatística	Localização		
	Em 0,4 km	Em 3,2 km	Em 7,1 km
Média da SMC	5,70	1,18	3,18
Modelo (calibração)	5,56	1,22	3,53
Desvio padrão	0,12	1,43	1,47
Máximo	5,99	3,93	5,36
Mínimo	5,48	0,00	0,00

SMC: SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO.



OD: OXIGÊNIO DISSOLVIDO.

Figura 4 - Distribuição de frequência simples de OD nas posições 0,4, 3,2 e 7,1 km.

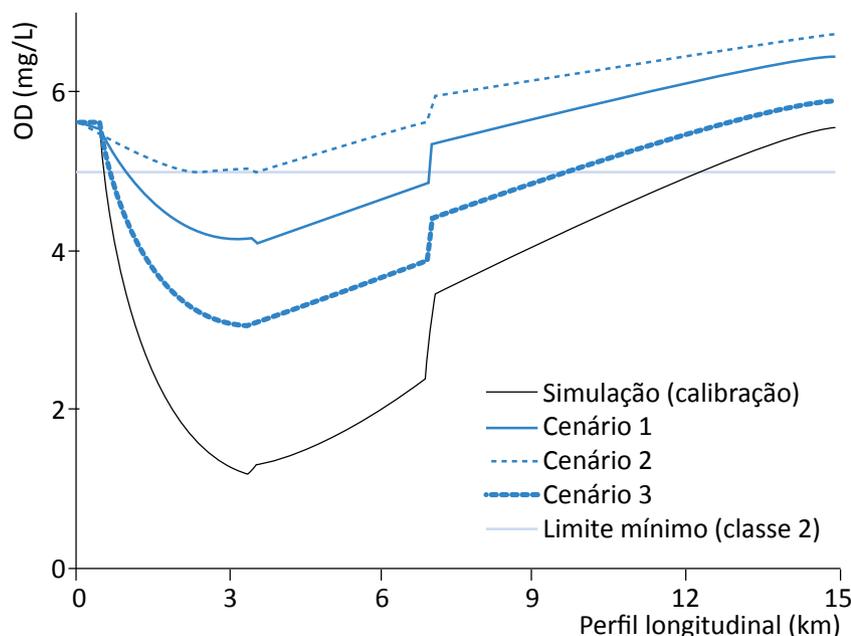
Nota-se que a legislação ambiental (classe 2) só é atendida na posição 0,4 km, a montante do Córrego das Lajes. A probabilidade de cumprimento nas posições 3,2 e 7,1 km é nula e de 3,3%, respectivamente. Mesmo se o Rio Uberaba estivesse enquadrado na classe 4 ( $OD > 2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ ), a probabilidade de atendimento na posição 3,2 km seria menor do que 40%, e, na posição 7,1 km, aumentaria para 76%.

### Estratégias de melhoria da qualidade da água

Os perfis de OD para os três cenários são mostrados na Figura 5. Destaca-se que apenas o perfil do cenário 2 está dentro dos padrões exigidos para classe 2. Adicionalmente, utilizando-se a SMC, foi possível determinar que a probabilidade de o cenário 2 atender a legislação ambiental é de 75,3%. Esse valor decai bastante quando a SMC é alimentada com os dados dos cenários 1 (39,6%) e 3 (1,3%). Para que houvesse 100% de certeza

Os resultados da SMC auxiliam no planejamento de um programa de monitoramento dos parâmetros hidráulicos e de qualidade da água. Por exemplo, a variabilidade dos dados de saída poderia ser reduzida com investimentos em técnicas mais precisas para a estimativa do  $K_2$ , pois, além de o modelo ser bastante sensível a esse coeficiente (Figura 3), as técnicas utilizadas na sua obtenção são ainda imprecisas (GONÇALVES & DA LUZ, 2014).

de que o padrão seria atendido, a eficiência de remoção da carga orgânica do Córrego das Lajes teria de ser de 87% ( $DBO = 40 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Assim, o investimento em um programa de monitoramento contínuo na bacia do Rio Uberaba é outra forma de reduzir a incerteza sobre as ações de melhoria da qualidade da água, pois a porcentagem de variação em torno dos dados de entrada do modelo poderia ser reduzida.



OD: OXIGÊNIO DISSOLVIDO.

Figura 5 - Perfis de oxigênio dissolvido para os cenários criados.

## CONCLUSÃO

Verificou-se que a qualidade da água do Rio Uberaba é deteriorada a jusante do ponto de confluência com o Córrego das Lajes, o qual drena grande parte da área urbana

da cidade de Uberaba. Dessa forma, dentre os três afluentes do Rio Uberaba presentes na área de estudo, o Córrego das Lajes é considerado a principal fonte poluidora.

O modelo utilizado para simulação dos perfis de OD mostrou-se confiável, uma vez que ele pôde ser calibrado e validado.

Com a análise de incerteza, foi possível gerar resultados probabilísticos e concluir que a chance de o Rio Uberaba atender ao padrão para classe 2, no período seco, é nula. A mesma análise possibilitou também a avaliação estocástica de ações de melhoria da qualidade da água, que devem ser direcionadas à recuperação ambiental do Córrego das Lajes,

demonstrando que a análise de incerteza se mostra uma ferramenta fundamental para o gerenciamento dos recursos hídricos, facilitando a interpretação dos resultados por parte dos gestores e tomadores de decisões.

Para redução das incertezas oriundas do exercício da modelagem, recomenda-se a realização de pesquisas que resultem em melhorias das estimativas de parâmetros sensíveis dos modelos, como, por exemplo, o coeficiente de reaeração.

## REFERÊNCIAS

- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19<sup>th</sup> ed. Springfield: Byrd Prepress, 1995. 698p.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução nº 357*, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre as classificações 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. Brasília: CONAMA, 2005.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução nº 430*, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília: CONAMA, 2011.
- BROWN, L. & BARNWELL JUNIOR, T. O. *The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: documentation and user manual*. Report EPA/600/3-87/007. Athens: U.S. Environmental Protection Agency, 1987.
- CHAPRA, S. C.; PELLETIER, G. J.; TAO, H. *QUAL2K: a modeling framework for simulating river and streamwater quality, version 2.04: documentation and users' manual*. Medford: Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, 2006.
- CHAPRA, S. C. *Surface water-quality modeling*. New York: McGraw-Hill Inc., 1997.
- CHRISTOFOLETTI, S. R.; CONCEIÇÃO, F. T.; SPATTI JUNIOR, E. P. Relações hidroquímicas aplicadas a avaliação da qualidade da água na bacia do córrego Ibitinga, Rio Claro (SP). *Geociências*, v. 34, n. 2, 224-237, 2015.
- COSTA, D. J. L. & TEIXEIRA, D. Análise de incerteza em um modelo matemático de qualidade da água aplicado ao Ribeirão do Ouro, Araraquara, SP, Brasil. *Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 6, n.2, 232-245, 2011.
- CRUZ, L. B. S. *Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba (MG)*. Tese (Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- DEMARS, B. O. L. & MANSON, J. R. Temperature dependence of stream aeration coefficients and the effect of water: a critical review. *Water Research*, v. 47, 1-15, 2013.
- DROLC, A. & KONCAN, J. Z. Water quality modeling of the river SAVA, Slovenia. *Water Research*, 30, 2587–2592, 1996.
- FAN, C.; WANG, W.; LIU, K. F. Sensitivity analysis and water quality modeling of a tidal river using a modified Streeter-Phelps equation with HEC-RAS-calculated hydraulic characteristics. *Environ Model Assess.* v. 17, 639-651, 2012.
- FISCHER, H. B.; LIST, J. H.; KOH, R. C. Y.; IMBERGER, J.; BROOKS, N. H. *Mixing in inland and coastal waters*. New York: Academic, 1979.

GONÇALVES, J. C. S. I. & DA LUZ, M. S. Reoxigenação Superficial em Corpos de Água. In: CARMINO, H. (Org). *Tópicos de Atualização em Ciências Aquáticas*. Uberaba: UFTM, 2014.

GONÇALVES, J. C. S. I.; DIBIAZI, A. L. B.; SOUZA, A. D. G.; PENNER, G. C. O Uso do Modelo QUAL2K como Subsídio à Seleção de Alternativas de Tratamento de Esgotos - Estudo de Caso: Município de São Simão-SP. *Revista Uniara*, v. 12, n. 2, p. 37-54, 2009.

GONÇALVES, J. C. S. I.; COSTA, D. J. L.; SILVEIRA, A.; GIORGETTI, M. F. Reoxigenação superficial e sumidouro físico de oxigênio dissolvido em um tanque agitado por jatos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18, n. 3, 231-240, 2013.

GONÇALVES J. C. S. I. & GIORGETTI, M. F. Mathematical model for the simulation of water quality in river using the Vensim PLE Software. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, v.7, n.1, p.48-63, 2013.

GONÇALVES J. C. S. I.; SARDINHA, D. S.; BOESSO, F. F. Modelo Numérico para Simulação da Qualidade da Água no Trecho Urbano do Rio Jaú, Município de Jaú (SP). *Revista de Estudos Ambientais*, v.13, n.2, p. 44-56, 2011.

GONÇALVES, J. C. S. I.; SARDINHA, D. S.; SOUZA, A. D. G., DIBIAZI, A. L. B., GODOY, L. H.; CONCEIÇÃO, F. T. Avaliação espaço temporal da qualidade da água e simulação de autodepuração na bacia hidrográfica do córrego São Simão-SP. *Revista Ambiente & Água*, v. 7, n. 3, p. 141-154, 2012.

HAIDER, H; ALI, W.; HAYDAR, S. Evaluation of various relationships of reaeration rate coefficient for modeling dissolved oxygen in a river with extreme flow variations in Pakistan. *Hydrological Processes*, v. 27, 3949-3963, 2013.

HERMES, L.C. & SILVA, A. S. *Avaliação da qualidade das águas: manual prático*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 55p.

KARDOS, J. S. & OBROPTA, C. C. Water quality model uncertainty analysis of a pointy-pointy source phosphorus trading program. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 47, n. 6, p. 1317-1337, 2011.

LINDENSCHMIDT, K. E. The effect of complexity on parameter sensitivity and model uncertain in river water quality modeling. *Ecological Modelling*, 190, 72-86, 2006.

LINDENSCHMIDT, K. E. & FLEISCHBEIN, K. Structural uncertainty in a river water quality modelling system. *Ecological Modelling*, v. 204, p. 289-300, 2007.

MELCHING, C. S. & FLORES, H. E. Reaeration equations derived from U. S. Geological Survey Database, *Journal of Environmental Engineering*, v. 125, n. 5, p. 407-414, 1999.

MORUZZI, R. B.; CONCEIÇÃO, F. T.; SARDINHA D.S; HONDA, F. P.; NAVARRO, G. R. B. Avaliação de cargas difusas e simulação de autodepuração no Córrego da Água Branca, Itirapina (SP). *Geociências*, v. 31, n. 3, p. 447-458, 2012.

O'CONNOR, D. J. & DOBBINS, W. E. Mechanism of reaeration in natural streams. *Journal Sanitary Engineering Division, ASCE*, v. 123. p. 641-666, 1958.

OWENS, M.; EDWARDS, R. W.; GIBBS, J. W. Some reaeration studies in streams. *International Journal of Air and Water Pollution*, v. 8, p. 469-486, 1964.

PALIWAL, R.; SHARMA, P.; KANSAL, A. Water quality modelling of the river Yamuna (India) using QUAL2E-UNCAS. *Journal of Environmental Management*, v. 83, n. 2, p. 131-144, 2007.

POPEL, H. J. *Aeration and gas transfer*. 2<sup>nd</sup> ed. Delft: Delft University of Technology, 1979. 169p.

SALLA, M. R.; ARQUIOLA, J. P.; SOLERA, A.; ÁLVAREZ, J. A.; PEREIRA, C. E.; FILHO, J. E. A.; OLIVEIRA, A. L. Sistema de suporte à decisão em recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, n. 1, 2014.

SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; DE JÚLIO, M.; GONÇALVES, J. C. S. I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme (SP). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 13, n. 3, 329-338, 2008.

STREETER, H. W. & PHELPS, E. B. *A study of the pollution and natural purification of the Ohio River*. Washington: U.S. Public Health Service, 1925. (Public Health Bulletin 146).

USEPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Rates, constants, and kinetics formulations in surface water quality modeling*. 2<sup>nd</sup> ed. Athens: U.S. Environmental Protection Agency, 1985. 455p.

USEPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: documentation and user manual*. EPA 600/3-87/007. Athens: U.S. Environmental Protection Agency, 1987.

VON SPERLING, M. *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento da UFMG, 2007.

ZHANG, R.; QIAN, X.; LI, H.; YUAN, X.; YE, R. Selection of optimal river water quality improvement programs using QUAL2K: A case study of Taihu Lake Basin, China. *Science of the Total Environment*, v. 431, p. 278-285, 2012.

## INVESTIGAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS FÚNGICOS NA QUALIDADE DO AR DE ESPAÇOS INTERNOS DE UMA BIBLIOTECA PÚBLICA

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FUNGAL VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS ON THE AIR QUALITY OF A PUBLIC LIBRARY

*Lydia Dayanne Maia Pantoja*

Bióloga pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Mestre em Microbiologia Médica pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC – Fortaleza (CE), Brasil.

*Ronaldo Ferreira do Nascimento*

Doutor em Química Analítica pela Universidade de São Paulo (USP). Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC – Fortaleza (CE), Brasil.

*Ana Barbara de Araújo Nunes*

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Saneamento pela Universidade Federal do Paraíba (UFPB). Doutora em Recursos Hídricos, UFC. Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC – Fortaleza (CE), Brasil.

**Endereço para correspondência:**

Lydia Dayanne Maia Pantoja –  
Avenida Mister Hull, s/n, Bloco 713 –  
1º andar – Centro de Tecnologia  
Campus do Pici – 60451-970 –  
Fortaleza (CE), Brasil –  
E-mail: lydia.pantoja@uece.br

### RESUMO

O presente estudo objetivou investigar a qualidade do ar em termos de compostos orgânicos voláteis fúngicos (COVFs) visando melhorias no controle de espaços internos de uma biblioteca pública de referência no município de Fortaleza, Ceará. Trata-se de uma pesquisa experimental quali-quantitativa, cujas coletas do ar ocorreram entre setembro e dezembro de 2014. Validou-se um protocolo para detecção de COVFs por meio de cromatografia gasosa/espectrometria de massa, enquanto as amostras fúngicas foram identificadas por meio de análise macro e micromorfológica. Analisaram-se 32 amostras com relação aos COVFs, destaque para o 2-metil-1-propanol e o 3-metil-1-butanol, enquanto das 16 amostras micológicas, o espectro de fungos anemófilos predominante foi deuteromicetos filamentosos hialinos. Os dados apresentados são bons indicativos de que mais monitoramentos precisam ser realizados em outros ambientes ocupacionais, visando estabelecer uma melhoria no monitoramento vigente, instigando uma maior discussão no meio acadêmico e legislativo sobre o tema e, por fim, contribuir para o estudo sistematizado da Aerobiologia nacional.

**Palavras-chave:** poluição do ar; microbiologia do ar; exposição ocupacional.

### ABSTRACT

This study investigates the air quality in terms of the presence of fungal volatile organic compounds (FVOCs) in a public library in the city of Fortaleza, Ceará State, Brazil. It is a quali-quantitative study, based on collection of air samples between September and December 2014. A protocol was validated for detection of FVOCs through CG/EM, while the fungal samples were identified by means of macro and micromorphological analysis. Thirty-two air samples were analyzed for the presence of FVOCs, and the main compounds detected were 2-methyl-1-propanol and 3-methyl-1-butanol, while from the 16 mycological samples, the predominant spectrum of airborne fungi was hyaline filamentous deuteromycetes. The data presented indicate that more careful monitoring needs to be conducted in libraries and other indoor spaces, along with more discussion among academics and lawmakers on the theme of air contamination by FVOCs, seeking to improve the air quality of these places.

**Keywords:** air pollution; air microbiology; occupational exposure.

## INTRODUÇÃO

É fato que a maioria dos seres humanos depende cerca de 80% de seu tempo diário ocupando ambientes internos (STATHOLOUPOU *et al.*, 2008; PERERA *et al.*, 2012). Nos últimos anos, evidências científicas indicam que o ar doméstico e de ambientes laborais pode ser mais seriamente poluído do que o ar exterior na maioria das cidades industrializadas em todo o mundo (MORAIS *et al.*, 2010; SOUSA & FORTUNA, 2011; PANTOJA *et al.*, 2012; GUO *et al.*, 2013).

Similarmente ao que já vem se observando em âmbito internacional, a expectativa é de que, no Brasil, ocorra um aumento no controle da qualidade do ar de ambientes internos, bem como a adoção de medidas mais rigorosas específicas para fontes de diferentes naturezas e a inclusão de um programa de medida e controle desses contaminantes (CONAMA, 1990; BRASIL, 2003, 2007, 2011).

Entretanto, apesar da crescente preocupação mundial em relação à qualidade do ar em ambiente não industrial, no Brasil, são poucos os estudos realizados em torno do tema, estando os trabalhos concentrados nas Regiões Sul e Sudeste (TERESA; PONSONI; RADDI, 2001; QUADROS, 2008; SIQUEIRA *et al.*, 2011; RIO DE JANEIRO, 2012).

Com relação à legislação brasileira, as atuais metodologias para a análise microbiológica são escassas, estando mais bem documentados os protocolos e parâmetros para as análises físico-químicas (CONAMA, 1990; BRASIL, 2003, 2007, 2011). A falta de pesquisa na área microbiana se deve ao fato de os estudos em âmbito nacional serem relativamente recentes, à falta de incentivo à pesquisa na área, bem como à escassez de legislação específica que estabeleça padrões e metodologias de amostragem em ambientes internos não industriais, como escolas, residências, escritórios, bibliotecas, hospitais, centros comerciais, aeroportos, entre outros.

A orientação técnica sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente, de uso público e coletivo, recomenda o monitoramento e controle ambiental de fungos como marcador epidemiológico da contaminação microbiana (BRASIL, 2003), sendo esses denominados de fungos anemófilos (LACAZ *et al.*, 2002; MENEZES; ALCANFOR; CUNHA, 2006).

Diferentes investigações de campo sugerem que a distribuição fúngica, em termos de concentrações e composições genéricas, varia entre as áreas geográficas, sendo também influenciada por fatores ambientais sazonais, climáticos e outros (PEI-CHIN; HUEY-JEN; CHIA-YIN, 2000; HUANG *et al.*, 2002). Estudos também mostram que a exposição a fungos do ar parece estar associada à gênese de patologias, como quadros asmáticos, aspergilose, pneumonite por hipersensibilidade, sinusite, rinite e algumas reações cutâneas (LACAZ *et al.*, 2002; SCHIRMER *et al.*, 2011), que resultam na ausência de estudantes à escola e profissionais ao trabalho, ou na baixa produtividade em hospitais e ambientes ocupacionais (LI & KUO, 1992; SCHLEIBINGER *et al.*, 2008). Por exemplo, surtos de infecção hospitalar podem estar associados à contaminação de filtros de ar-condicionado por bioaerossóis (LI *et al.*, 2007).

Encontram-se disponíveis na literatura algumas técnicas que permitem a análise da qualidade do ar, tendo os fungos como bioindicadores, entretanto, não existe uma técnica amplamente aceita na comunidade científica (BRASIL, 2003; TAVORA *et al.*, 2003; LUKASZUK *et al.*, 2011; NAPOLI; MARCOTRIGIANO; MONTAGNA, 2012). Todavia, pesquisas indicam que os métodos atuais apresentam uma série de inconvenientes, como contagem demorada das unidades formadoras de colônias (UFC) e resultados que, muitas vezes, não se relacionam com a situação real do ambiente (TAVORA *et al.*, 2003; BASTOS, 2005).

Dentro desse contexto, a busca por métodos mais acurados de caracterização da composição fúngica no ar se faz necessária. Sabe-se que quando o fungo se desenvolve no interior da estrutura de um edifício ou em filtros de ventilação, há, claramente, uma quantidade razoável de "contaminação oculta", não podendo ser detectada apenas por intermédio de uma inspeção visual. Também é fato que os fungos, quando começam a se desenvolver, emitem na atmosfera compostos orgânicos voláteis de origem microbiana (COVMs), neste caso denominados de compostos orgânicos voláteis fúngicos (COVFs), que surgem pelas vias metabólicas ou a partir da degradação de materiais, devido à liberação de enzimas produzidas pelos fungos (WILKINS, 2002; MOULARAT *et al.*, 2008a, 2008b).

Ao contrário dos esporos fúngicos, os COVFs são dispersos no ambiente e não são retidos pelos substratos; conseqüentemente, detectando esses compostos é possível determinar uma contaminação precoce, visto que as técnicas disponíveis são rápidas e de alta sensibilidade (MOULARAT *et al.*, 2008b; MORATH; HUNG; BENNETT, 2012).

Igualmente, é fato que o conhecimento dos fungos anemófilos de um dado ambiente é importante para o diagnóstico ecológico e para o tratamento específico de manifestações alérgicas e de outras afecções causadas por esses micro-organismos.

Além disso, sabe-se que a microbiota fúngica varia de um local para outro e de uma época para outra, devido à diversidade dos fatores determinantes das características ambientais de cada região, o que torna necessária a realização de estudos sistemáticos nacionais para a verificação da dinâmica da microbiota fúngica.

Nesse ínterim, o presente estudo objetivou investigar a qualidade do ar em termos de COVFs visando melhorias no monitoramento e controle de espaços internos de uma biblioteca pública de referência no município de Fortaleza, Ceará.

## MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa é quantitativa e qualitativa do tipo exploratória, estando sob a abordagem do método hipotético-dedutivo.

A escolha da biblioteca pública considerou as diversas características peculiares ao espaço laboral, como o elevado número de ocupantes que transitam permanentemente ou ocasionalmente em seus espaços e sua referência no atendimento de diferentes funções aos cidadãos do município de Fortaleza, Ceará (média de 30.000 usuários/mês).

Em seguida, foram selecionados quatro setores específicos dentro da biblioteca, visto que, conforme Hess-Kosa (2002), os locais de coleta devem ser indicados com antecedência e planejamento, devendo estar enquadrados em uma ou mais categorias:

1. local onde se percebe o pior caso de qualidade do ar interior (QAI);
2. áreas com maior representatividade em tamanho e ocupação;
3. locais de preocupação especial.

Os setores analisados foram: acervo geral, setor de estudos individuais, recepção principal e recepção de estudos.

Entre setembro e dezembro de 2014, as amostras de ar para análise dos COVFs foram coletadas durante 1 hora de exposição por aspiração do ar com o auxílio de uma bomba calibrada (Marca VIGO-AR, modelo Alpha III) de amostragem ativa (taxa de vazão 80 a

100 mL.min<sup>-1</sup>) e uso de cartuchos (Marca 226-01 SK-C-ANASORB CSC) com 100 mg de carvão ativado da casca de coco verde (20/40 mesh) na camada analítica e 50 mg de carvão ativado na camada de controle ou branco separados por espuma de poliuretano, em duplicata/setor; após coleta, os cartuchos eram lacrados, refrigerados e encaminhados para o laboratório, quando eram realizadas as análises por meio de cromatografia gasosa/espectrometria de massa (GC/MS) (Marca SHIMADZU, modelo QP2010 *plus*).

Para a análise por GC/MS, usaram-se as condições: coluna DB-5 ms (apolar, comprimento 30 m, espessura 0,5 mm, diâmetro 0,25 mm), a rampa de temperatura foi de 35°C (7 min), 20°C min<sup>-1</sup> até 75°C, 10°C min<sup>-1</sup> até 125°C (2 min), gás de arraste hélio na vazão 0,9 mL.min<sup>-1</sup>, uma interface de temperatura de 250°C (USEPA, 1999a, 1999b; DEMYTTENAERE *et al.*, 2004; QUADROS, 2008; ARAKI *et al.*, 2009; SCHUCHARDT & KRUSE, 2009). Visando ter um controle, foram realizadas provas em branco, obedecendo ao mesmo processo de eluição do experimento, sendo realizadas em cartuchos sem exposição aos poluentes (SOUSA, 2011).

Concomitantemente, as amostras de ar para análise dos fungos foram coletadas pelo uso de sistema passivo de monitoramento, pelo método da sedimentação passiva em placas de Petri de 150 mm de diâmetro, contendo o meio ágar Batata Dextrose (Himedia®) (BASTOS, 2005). As placas eram dispostas em cada um dos setores onde foram analisados os COVFs, expostas a mesma quantidade de tempo que a bomba de amostragem de ar e colocadas a uma altura de 1,5 m acima do solo — próxi-

mo da área de respiração humana (PEI-CHIN; HUEY-JEN; CHIA-YIN, 2000; PANTOJA *et al.*, 2012).

Para a identificação dos COVFs, visando garantir que o presente método analítico gerasse informações confiáveis e interpretáveis sobre as amostras de ar, o mesmo foi validado com relação a 10 padrões externos (7 álcoois e 3 cetonas) (USEPA, 1999a, 1999b). E para a identificação dos fungos, após a visualização de crescimento, realizou-se a contagem global e a identificação das colônias fúngicas com base nas análises macro e micromorfológicas (HOOG; GUARRO; GENÉ, 2000; LA-CAZ *et al.*, 2002; SIDRIM & ROCHA, 2004).

O estudo foi conduzido por análise estatística descritiva, com destaque para a média de UFC.m<sup>-3</sup>, que foi calculada de acordo com as seguintes definições e fórmula (BOGOMOLOVA & KIRTSIDELI, 2009):

$$N = 5a \times 10^4 (bt)^{-1}$$

Onde:

N = UFC.m<sup>-3</sup> de ar por ambiente;

a = número de colônias por placa de Petri;

b = superfície da placa de Petri (em cm<sup>2</sup>);

t = tempo de exposição (em minutos).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise dos compostos orgânicos voláteis fúngicos

Como cada setor foi analisado em duplicata, foram coletadas 32 amostras; destas, 69% (22 amostras) resultaram positivas diante de um ou mais padrões externos monitorados, havendo a positividade para 4 álcoois, a saber: 2-metil-1-propanol (50%), 3-metil-1-butanol (27%), 2-pentanol (18%) e 1-pentanol (5%). Destes, o 2-metil-1-propanol despontou como o mais frequente e presente em todos os setores monitorados, seguido do 3-metil-1-butanol (Tabela 1).

A presença do 2-metil-1-propanol já foi descrita por Pastore *et al.* (1994), por meio do isolamento de uma linhagem da levedura *Geotrichum sp.* proveniente da fruta do mamão, enquanto, em relação a estudos que visam seu papel na qualidade do ar, existem autores, como Wessén e Schoeps (1996),

que descreveram seu uso como um detector de crescimento microbiano em ambientes não industriais. É possível também que esse composto seja indicador de um recente crescimento fúngico no ar (WILKINS; LARSEN; SIMKUS, 2000; WILKINS, 2002). Logo, existe uma fonte relativamente recente de contaminação do ar nos quatro setores monitorados, mas que não pode ser detectada pontualmente na presente pesquisa.

O 3-metil-1-butanol foi descrito também por Bramorski (1997), ao realizarem estudo da produção de metabolitos voláteis durante o cultivo da espécie *Rhizopus oryzae* em substratos como bagaço de mandioca, farinha de soja, bagaço de maçã e amaranto, como um dos compostos encontrados em maior concentração.

**Tabela 1 - Distribuição dos compostos orgânicos voláteis fúngicos que foram monitorados em cada um dos setores da biblioteca, análise em ausência ou presença, dados referentes às coletas de setembro a dezembro de 2014.**

Setor	COVFs									
	2m1p	2p	3m1b	2m1b	1p	2hx	2hp	3oc	13ol	3ol
Acervo geral	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Setor de estudos individuais	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Recepção principal	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Recepção de estudos	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-

COVFs: COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS FÚNGICOS; +: PRESENÇA; -: AUSÊNCIA; 2M1P: 2-METIL-1-PROPANOL; 2P: 2-PENTANOL; 3M1B: 3-METIL-1-BUTANOL; 2M1B: 2-METIL-1-BUTANOL; 1P: 1-PENTANOL; 2HX: 2-HEXANONA; 2HP: 2-HEPTANONA; 3OC: 3-OCTANONA; 13OL: 1-OCTEN-3-OL; 3OL: 3-OCTANOL.

Sua presença no ar é vinculada ao elevado número de espécies fúngicas (FIEDLER; SCHÜTZ; GEH, 2001).

Buscando uma relação entre os achados, foi aplicada uma análise estatística pelo método de correlação simples entre variáveis por meio do teste *t* de Student, com o objetivo de comparar o nível de significância e a

correlação entre os achados. Como resultado constatou-se nível significativo de 1% de probabilidade entre o 2-metil-1-propanol e o 3-metil-1-butanol (Tabela 2). Com os resultados apresentados na Tabela 2, pode-se constatar que, quando se identifica no ar o 2-metil-1-propanol, existe forte probabilidade de o 3-metil-1-butanol também estar presente.

**Tabela 2 - Resultados de correlação por meio do teste *t* de Student e o real nível de significância entre os achados de compostos orgânicos voláteis fúngicos.**

Correlação	Coefficiente de correlação (r)	Nível de significância
2m1p e 3m1b	0,6124	**
2m1p e 2p	0,4714	*
2m1p e 1p	0,2182	ns
3m1b e 2p	0,4698	*
3m1b e 1p	0,3563	ns
2p e 1p	0,4629	*

\*\*SIGNIFICATIVO DE 1% DE PROBABILIDADE ( $P < 0,01$ ); \*SIGNIFICATIVO DE 5% DE PROBABILIDADE ( $0,01 \leq P < 0,05$ ); NS: NÃO SIGNIFICATIVO ( $P \geq 0,05$ ); 2M1P: 2-METIL-1-PROPANOL; 3M1B: 3-METIL-1-BUTANOL; 2P: 2-PENTANOL; 1P: 1-PENTANOL.

### Análise dos fungos

Para a amostragem fúngica de cada setor foi coletada uma amostra mensal, totalizando 16 amostras micológicas analisadas; os resultados da análise quantitativa, realizada com base na fórmula descrita anteriormente, mostram elevado número de UFC.m<sup>-3</sup> em todos os ambientes (Tabela 3), em especial no acervo geral e na recepção da área de estudos individuais, que despontam como os ambientes mais biocontaminados.

Em 24 de outubro de 2000, foi publicada, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a Resolução –

RE nº 176, contendo orientação Técnica sobre Padrões Referenciais de QAI em ambientes de uso público e coletivo com climatização artificial (BRASIL, 2000), que foi aprimorada pela Resolução – RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003 (BRASIL, 2003). De acordo com a RE nº 9, o valor máximo recomendável para contaminação microbiológica deve ser  $\leq 750$  UFC.m<sup>-3</sup> de fungos; com base nessa determinação da legislação vigente, apenas o setor de estudos individuais e a recepção principal estão dentro dos parâmetros estabelecidos, enquanto o acervo geral e recepção de estudos estão em discordância.

**Tabela 3 - Análise quantitativa (média de unidades formadoras de colônia fúngica por metro cúbico) por setor analisado durante os meses de setembro a dezembro de 2014.**

Ambiente	Setor	Média UFC.m <sup>-3</sup>
Biblioteca	Acervo geral	1.924
	Setor de estudos individuais	584
	Recepção principal	750
	Recepção de estudos	1.469

UFC.M<sup>-3</sup>: UNIDADES FORMADORAS DE COLÔNIA FÚNGICA POR METRO CÚBICO.

Essa alta concentração de colônias era esperada, devido principalmente à grande quantidade de substratos favoráveis à ação de biodegradadores/biopoluentes sobre os acervos físicos e digitais. Os dados corroboram estudo conduzido por Bortoletto, Machado e Coutinho em 2002, em que foi constatada uma séria contaminação fúngica no ar da biblioteca da Fundação Oswaldo Cruz, em Manguinhos, cujo acervo contava com 620.000 volumes, na época. A biblioteca foi interdita por cinco meses devido a essa contaminação.

Após análise qualitativa, foram identificados 14 diferentes grupos fúngicos, distribuídos em 9 gêneros e 5 espécies, formados predominantemente por deuteromicetos filamentosos hialinos, com destaque para os gêneros *Acremonium* sp., *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp., encontrados nos 4 setores.

Ainda no tocante à composição do espectro de fungos anemófilos, destaca-se que o único representante do grupo das leveduras foi o gênero *Candida* sp. Estudos aerobiológicos realizados em países temperados apontam os fungos demáceos, em especial o gênero *Cladosporium* sp., como os preponderantes no ar e na poeira (SOLOMON *et al.*, 2006). No presente estudo, a incidência de fungos demáceos foi pequena, representada pelos gêneros *Cladosporium* sp. e *Exophiala* sp.

A representativa variedade de fungos encontrada coaduna-se a dois estudos anteriores realizados no Estado do Ceará. Menezes, Alcanfor e Cunha (2006) expuseram 50 placas de Petri na sala de periódicos da Biblioteca das Ciências da Saúde da Universidade Federal do Ceará e isolaram 13 gêneros fúngicos, com destaque para *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Curvularia* sp. e

*Cladosporium* sp., concluindo que aquele espaço era insalubre, já que os fungos poderiam desencadear alergias respiratórias nos frequentadores.

A segunda pesquisa sobre o tema conhecida no Ceará foi realizada por pesquisadores do Laboratório de Microbiologia do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Ceará, quando monitoraram o ar da Biblioteca Central do *Campus* do Itaperi por um período de um ano e identificaram vários fungos anemófilos, com maior taxa de prevalência para *Acremonium blochii*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus* sp., *Fusarium clamidosporium*, *Fusarium* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp. e *Scytalidium hyalinum* (PANTOJA; COUTO; PAIXÃO, 2007).

A diversidade do espectro fúngico do ar de bibliotecas situadas em diferentes locais é reforçada ainda pelos dados de Rosa *et al.* (2008), cujo estudo apontou que os fungos mais frequentes na biblioteca da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Goiás foram os zigomicetos *Mucor* sp., *Rhizopus* sp. e *Syncephalastrum* sp., o que reforça que a distribuição fúngica obedece a um padrão geográfico, enfatizando a importância de estudos regionalizados que visem conhecer a microbiota específica de cada região.

Buscando uma relação entre os achados fúngicos, foi aplicada a análise estatística pelo método de correlação simples entre variáveis por meio do teste *t* de Student, com o objetivo de comparar o nível de significância e a correlação entre os achados. Como resultado constatou-se nível significativo de 1% de probabilidade entre *Acremonium* sp., *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp. (Tabela 4).

**Tabela 4 - Resultados de correlação por meio do teste *t* de Student e o real nível de significância entre os achados fúngicos.**

Correlação	Coefficiente de correlação (r)	Nível de significância
<i>Acremonium</i> sp. versus <i>Aspergillus niger</i>	1,000	**
<i>Acremonium</i> sp. versus <i>Aspergillus terreus</i>	1,000	**
<i>Aspergillus flavus</i> versus <i>Penicillium</i> sp.	1,000	**
<i>Aspergillus niger</i> versus <i>Aspergillus terreus</i>	1,000	**
<i>Candida</i> sp. versus <i>Cladosporium</i> sp.	1,000	**
<i>Acremonium</i> sp. versus <i>Aspergillus flavus</i>	-0,3333	ns

\*\*SIGNIFICATIVO DE 1% DE PROBABILIDADE (P<0,01); NS: NÃO SIGNIFICATIVO (P≥0,05).

Com base nos resultados acima, estipula-se que, quando um dos gêneros/espécies fúngicos citados está presente, existe uma forte tendência de o outro gênero/espécie também ser encontrado no mesmo setor. Nesse sentido, foi possível verificar quais achados fúngicos estão mais próximos uns dos outros; as demais relações foram todas não significativas (dados não demonstrados na tabela). Com esses

dados, os gestores das bibliotecas podem fazer uso de técnicas de preservação específicas, como o uso de fungicidas, quando necessário, ou técnicas gerais, como remover a poeira e eliminar os elementos poluentes, realizar manutenção periódica do aparelho de ar-condicionado, mantendo, assim, a integridade dos acervos e garantindo que estes tenham uma vida longa (CAMPOS, 2006).

## CONCLUSÃO

No âmbito nacional, os estudos envolvendo os COVFs e a qualidade do ar ainda são escassos e isolados. O presente trabalho investigou e detectou quatro álcoois, com destaque para o 2-metil-1-propanol, um indicador de crescimento fúngico recente presente no ar; logo, com a detecção desse e de outros COVFs é possível determinar uma contaminação precoce, visto que a técnica usada é rápida e de alta sensibilidade.

Também se destaca a significativa diversidade do espectro fúngico encontrado na microbiota aérea dos setores analisados da biblioteca, bem como a existência de agrupamentos com forte correlação, em especial com os hialomicetos *Acremonium*, *Aspergil-*

*lus* e *Penicillium*. Com base nesses achados pode-se propor que o espaço físico das bibliotecas analisadas passe a ser suficientemente arejado, racionalmente iluminado, limpo periodicamente e que os valores termo-higrométricos sejam adequados à preservação dos livros e documentos.

Enfim, os dados apresentados são indicativos de que mais monitoramentos precisam ser realizados em outros ambientes ocupacionais, visando estabelecer uma melhoria no monitoramento vigente, provocando uma maior discussão no meio acadêmico e legislativo sobre o tema e, por fim contribuir para o estudo sistematizado da Aerobiologia nacional.

## REFERÊNCIAS

- ARAKI, A.; EITAKI, Y.; KAWAI, T.; KANAZAWA, A.; TAKEDA, M.; KISHI, R. Diffusive sampling and measurement of microbial volatile organic compounds in indoor air. *Indoor Air*, v. 19, p. 421-432, 2009.
- BASTOS, J.E. *Requisitos para a garantia de qualidade do ar em ambientes climatizados – enfoque em ambientes hospitalares*. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- BOGOMOLOVA, E. & KIRTSIDELI, I. Airborne fungi in four stations of the St. Petersburg Underground railway system. *International Biodeterioration and Biodegradation*, v. 63, p. 156-160, 2009.
- BORTOLETO, M.E.; MACHADO, R.R.; COUTINHO, E. Contaminação fúngica do acervo da biblioteca de Manguinhos da Fundação Oswaldo Cruz. Ações desenvolvidas para sua solução. *Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v. 14, p. 1-10, 2002.
- BRAMORSKI, A. *Caracterização do crescimento e produção de compostos voláteis por fungos filamentosos cultivados sobre substratos agro-industriais*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Resolução n. 176*, 24 de outubro de 2000. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Orientação técnica sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Brasília: Ministério da Saúde, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução RE nº 09, de 16 de janeiro de 2003*. Determina a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Brasília: Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, 20 jan, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 382/2006*, de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Brasília: Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, 02 jan., p. 131, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 436/2011, de 22 de dezembro de 2011*. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. Brasília: Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, 26 dez., p. 304-311, 2011.

CAMPOS, M.L.F. *Políticas de preservação de documentos em bibliotecas públicas estaduais brasileiras*. Monografia (Graduação) – Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução nº 3, de 28 de junho de 1990*. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, 22 ago., Seção 1, p. 15937-15939, 1990.

DEMYTTENAAREA, J.C.R.; MORIÑAA, R.M.; KIMPEA, N.; SANDRAB, P. Use of headspace solid-phase microextraction and headspace sorptive extraction for the detection of the volatile metabolites produced by toxigenic *Fusarium* species. *Journal of Chromatography*, v. 1027, p. 147-154, 2004.

FIEDLER, K.; SCHÜTZ, E.; GEH, S. Detection of microbial volatile organic compounds (MVOCs) produced by moulds on various materials. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v. 204, p. 111-121, 2001.

GUO, P.; YOKOYAMA, K.; PIAO, F.; SAKAI, K.; KHALEQUZZAMAN, M.; KAMIJIMA, M.; NAKAJIMA, T.; KITAMURA, F. Sick Building Syndrome by Indoor Air Pollution in Dalian, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 10, p. 1489-1504, 2013.

HESS-KOSA, K. *Indoor quality: sampling methodologies*. Boca Raton: CRC Lewis Publishers, 2002. 320p.

HOOG, G.S.; GUARRO, J.; GENÉ, J. *Atlas of Clinical Fungi*. 2<sup>nd</sup> ed. Delf: Centraalbureau voor Schimmelculture/Universitat Rovira i Virgili, 2000.

HUANG, C.; LEE, C.C.; LI, F.G.; SU, H.J.J. The seasonal distribution of bioaerosols in municipal landfill sites: a 3-year study. *Atmospheric Environment*, v. 36, p. 4385-4395, 2002.

LACAZ, C.S.; PORTO, E.; MARTINS, J.E.C.; HEINS-VACCARI, E.M.; TAKAHASHI DE MELO, N. *Tratado de Micologia Médica*. 9<sup>a</sup> ed. São Paulo : Sarvier. 1104p, 2002.

LI, C. & KUO, Y. Airborne characterization of fungi indoors and outdoors. *Journal of Aerosol Science*, v. 23, p. 667-670, 1992.

LI, Y; LEUNG, G.M.; TANG, J.W.; YANG, X.; CHAO, C.Y.H.; LIN, J.Z.; LU, J.W.; NIELSEN, P.V.; NIU, J.; QIAN, H.; SLEIGH, A.C.; SU, H.-J.J.; SUNDELL, J.; WONG, T.W.; YUEN, P.L. Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment – a multidisciplinary systematic review. *Indoor Air*, v. 17, p. 2-18, 2007.

LUKASZUK, C.; KRAJEWSKA-KULAK, E.; KRASZYNSKA, B.; GNIADK, A.; CHADZOPULU, A.; THEODOSOPOULOU, E.; BOUSMOUKILIA, S.; TEROVITOU, C.; AMANATIDOU, A.; DANILIDIS, D.; ADRANIOTIS, J. Analysis of fungal air pollution using different samplers. *Progress in Health Sciences*, v. 1, n. 1, p. 34-42, 2011.

MENEZES, E.A.; ALCANFOR, A.C.; CUNHA, F.A. Airborne fungi in the periodics room of the library of health science of the University Federal of Ceará. *Revista Brasileira de Análises Clínicas*, v. 38, p. 155-158, 2006.

MORAIS, G.R.; SILVA, M.A.; CARVALHO, M.V.; SANTOS, J.G.S.; BRITO, D.V.D. Qualidade do ar interno em uma instituição de ensino superior brasileira. *Bioscience Journal*, v. 26, n. 2, p. 305-310, 2010.

MORATH, S.U.; HUNG, R.; BENNETT, J.W. Fungal volatile organic compounds: a review with emphasis on their biotechnological potential. *Fungal Biology Reviews*, v. 26, p. 73-83, 2012.

MOULARAT, S.; ROBINE, E.; RAMALHO, O.; OTURAN, M.A. Detection of fungal development in closed spaces through the determination of specific chemical targets. *Chemosphere*, v. 72, p. 224-232, 2008a.

MOULARAT, S.; ROBINE, E.; RAMALHO, O.; OTURAN, M.A. Detection of fungal development in a closed environment through the identification of specific VOC: demonstration of a specific VOC fingerprint for fungal development. *Science of the Total Environment*, v. 407, p. 139-146, 2008b.

NAPOLI, C.; MARCOTRIGIANO, V.; MONTAGNA, M.T. Air sampling procedures to evaluate microbial contamination: a comparison between active and passive methods in operating theatres. *BMC Public Health*, v. 12, p. 594, 2012.

PANTOJA, L.D.M.; COUTO, M.S.; PAIXÃO, G.C. Diversidade de bioaerossóis presentes em ambientes urbanizados e preservados de um Campus universitário. *Biológico*, v. 69, p. 41-47, 2007.

PANTOJA, L.D.M.; RIZZO, R.S.; CARVALHO, B.S.; FERREIRA, V.C.; GALAS, K.S.; FONSECA, F.R.M.; PAIXÃO, G.C. Constituição da microbiota aérea de bibliotecas públicas no município de Fortaleza, estado do Ceará, Brasil. *Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v. 17, n. 34, p. 31-41, 2012.

PASTORE, G.M.; SATO, H.H.; YANG, T.S.; PARK, Y.K.; MIN, D.B. Production of fruity aroma by newly isolated yeast. *Biotechnology Letters*, v. 16, n. 4, p. 389-392, 1994.

PEI-CHIN, W.; HUEY-JEN, S.; CHIA-YIN, L. Characteristics of indoor and outdoor airborne fungi at suburban and urban homes in two seasons. *The Science of the Total Environment*, v. 253, p. 111-118, 2000.

PERERA, T.M.; JAYASINGHE C.; PERERA S.A.S.; RAJAPAKSA S.W. Indoor air quality and human activities in buildings. Research Exchange (Civil Engineering). In: SYMPOSIUM FACULTY OF ENGINEERING, University of Ruhuna, Ruhuna, 2012.

QUADROS, M.E. *Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

RIO DE JANEIRO. *Qualidade do ar na cidade do Rio de Janeiro*. Relatório da Rede Monitorar-Rio (2011-2012). Rio de Janeiro: Prefeitura do Rio de Janeiro, 2012.

ROSA, H.; LEMOS, J.A.; COSTA, C.R.; SILVA, M.R.R.; FERNANDES, O.F.L. Ocorrência de fungos filamentosos em acervo da faculdade de Medicina da Universidade Federal de Goiás. *Revista de Patologia Tropical*, v. 37, p. 65-69, 2008.

SCHIRMER, W.N.; PIAN, L.B.; SZYMANSKI, M.S.E.; GAUER, M.A. A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes. *Cadernos Saúde Coletiva*, v. 16, n. 8, p. 3583-3590, 2011.

SCHLEIBINGER, H.; LAUSSMANN, D.; BORNEHAG, C-G.; EIS, D.; RUEDEN, H. Microbial volatile organic compounds in the air of moldy and mold-free indoor environments. *Indoor Air*, v. 18, p. 113-124, 2008.

SCHUCHARDT, S. & KRUSE, H. Quantitative volatile metabolite profiling of common indoor fungi: relevancy for indoor air analysis. *Journal of Basic Microbiology*, v. 49, p. 350-362, 2009.

- SIDRIM, J.J.C. & ROCHA, M.F.G. *Micologia Médica à luz de autores contemporâneos*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- SIQUEIRA, C.Y.S.; GIODA, A.; CARNEIRO, F.P.; RAMOS, M.C.K.V.; AQUINO NETO, F.R. Distribution of indoor air pollutants in downtown Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 22, n. 11, p. 2127-2138, 2011.
- STATHOLOUPOU, O.I.; ASSIMAKOPOULOS, V.D.; FLOCAS, V.A.; HELMIS, C.G. An experimental study of air quality inside large athletic halls. *Building and Environment*, v. 43, n. 5, p. 793-803, 2008.
- SOLOMON, G.M.; KOSKI, M.H.; ELLMAN, M.R.; HAMMOND, S.K. Airborne mold and endotoxin concentrations in New Orleans, Louisiana, after flooding, October through November 2005. *Environ Health Perspect*, v. 114, n. 9, p. 1381-1386, 2006.
- SOUSA, F.W. Estimativa da exposição e risco de câncer a compostos carbonílicos e BTEX em postos de gasolina na cidade de Fortaleza-CE. Tese (Doutorado em Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.
- SOUSA, K.S. & FORTUNA, J.L. Microrganismos em ambientes climatizados de consultórios odontológicos em uma cidade do extremo sul da Bahia. *Revista Baiana de Saúde Pública*, v. 35, n. 2, p. 250-263, 2011.
- TAVORA, L.G.F.; GAMBALE, W.; HEINS-VACCARI, E.M.; ARRIAGADA, G.L.H.; LACAZ, C.S.; SANTOS, C.R.; LEVIN, A.S. Comparative performance of two air samplers for monitoring airborne fungal propagules. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 36, p. 613-616, 2003.
- TERESA, D.B.; PONSONI, K.; RADDI, M.S.G. Bioaerossóis em Ambientes do Prédio Tradicional da Faculdade de Ciências Farmacêuticas – UNESP. *Revista de Ciências Farmacêuticas*, v. 22, n. 1, p. 31-39, 2001.
- USEPA – US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air*. Compendium Method TO-15 Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) In Air Collected In Specially-Prepared Canisters And Analyzed By Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS). 2<sup>nd</sup> ed. Cincinnati: USEPA, 1999a.
- USEPA – US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air*. Compendium Method TO-17 Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling Onto Sorbent Tubes. 2<sup>nd</sup> ed. Cincinnati: USEPA, 1999b.
- WESSÉN, B. & SCHOEPS, K-O. Microbial volatile organic compounds-what substances can be found in sick buildings? *Analyst*, v. 121, p. 1203-1205, 1996.
- WILKINS, K. Microbial VOC (MVOC) in buildings, their properties and potential use. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDOOR AIR QUALITY AND CLIMATE, 9., Monterey, California, 2002.
- WILKINS, K.; LARSEN, K.; SIMKUS, M. Volatile metabolites from mold growth on building materials and synthetic media. *Chemosphere*, v. 41, p. 437-446, 2000.

## ANÁLISE MULTIVARIADA NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA DO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA, ESTADO DO PARANÁ

APPLYING MULTIVARIATE ANALYSIS TECHNIQUES FOR THE  
EVALUATION OF WATER QUALITY OF FOZ DO AREIA RESERVOIR, STATE OF PARANÁ

### *Nicole Machuca Brassac de Arruda*

Bióloga. Doutora em Engenharia Floresta pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professora da Universidade Positivo. Pesquisadora do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Curitiba (PR), Brasil.

### *Nivaldo Eduardo Rizzi*

Engenheiro Florestal. Doutor em Ciencias y Tecnicas del Agua y Medio Ambiente pela Universidad de Cantabria (UNICAN), Espanha. Professor do Departamento de Ciências Florestais da UFPR – Curitiba (PR), Brasil.

### *Tânia Lúcia Graf de Miranda*

Engenheira Agrônoma. Doutora em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela UFPR. Pesquisadora do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Curitiba (PR), Brasil.

#### **Endereço para correspondência:**

Nicole Machuca Brassac de Arruda – Rodovia BR 116, Km 98, 8813 – Jardim das Américas – 81531-980 – Curitiba (PR), Brasil – Email: n.brassac@lactec.org.br

### *RESUMO*

O reservatório de Foz do Areia, formado em 1980, localiza-se no rio Iguaçu e tem finalidade de geração de energia. A qualidade de suas águas é monitorada desde 2005, gerando uma extensa matriz de dados. A Análise Fatorial (AF) é empregada como ferramenta de estudo de matrizes como esta, condensando dados, com mínima perda de informação. A AF foi aplicada para avaliação de dados de cinco estações de monitoramento no local. A variância explicada esteve entre 71,1 e 84,3%, com a retenção de 5 a 6 fatores, por estação. Na estação a montante do reservatório, o aporte de poluentes foi relacionado à área da bacia de contribuição, que se caracteriza pela diversidade de usos do solo. Nas estações de reservatório, o fator eutrofização foi destacado, evidenciado pela ocorrência eventual de florações, que interferem na qualidade da água. A estação a jusante do reservatório caracterizou-se por fontes pontuais de poluentes, evidenciando também a qualidade da água restituída.

**Palavras-chave:** Rio Iguaçu; reservatório hidrelétrico; análise multivariada; eutrofização.

### *ABSTRACT*

Foz do Areia reservoir is located in the Iguaçu River, and was formed in 1980 with the objective of energy generation. The quality of its water is monitored since 2005, generating an extensive data matrix. The Factor Analysis (FA) is used as a tool to study data matrices like this, condensing data with minimal loss of information. Factor analysis was applied to evaluate data from five monitoring stations on that site. Five to six factors were retained per sampling station, with explained variance between 71.1 and 84.3%. In the upstream sampling station, the contribution of pollutants to the water body was related to the basin's contribution, a basin that drains a large area and with complex land uses. In reservoir sampling stations, the eutrophication factor was highlighted, as shown by the occasional occurrence of algal blooms, which affect water quality. The downstream station was characterized by point sources, also showing the influence of the water quality that is returned to the river.

**Keywords:** Iguaçu River; hydropower reservoir; multivariate analysis; eutrophication.

## INTRODUÇÃO

Dos vários recursos disponíveis na natureza, a água está entre os mais importantes e o principal recurso necessário à manutenção da vida. Entre as múltiplas aplicações da água estão a potabilidade, a balneabilidade, as atividades domésticas e industriais, bem como a diluição de seus efluentes, a irrigação, a criação de animais e a geração de energia (KHAN & ANSARI, 2005).

No Brasil, a utilização da água para a geração de energia é de vital importância para a manutenção da matriz energética nacional. Atualmente responsável por 14,7% da matriz energética brasileira e 81,8% da matriz elétrica do país, a energia hidráulica advém do barramento de rios e da consequente formação de reservatórios localizados principalmente nas Regiões Sul e Sudeste (SOARES *et al.*, 2008; EPE, 2012).

Nas últimas décadas, alguns desses reservatórios têm passando por alterações na qualidade de suas águas, o que compromete diretamente a manutenção dos usos múltiplos dos recursos hídricos, assegurados por força de lei, incluindo a geração de energia. Dentre esses problemas, a eutrofização tem papel preponderante.

Entre os anos de 2006 e 2009, o reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Governador Bento Munhoz da Rocha Netto, também conhecida como UHE Foz do Areia, de concessão da Companhia Paranaense de Energia (COPEL), passou por problemas de comprometimento da qualidade das suas águas em função de florações de cianobactérias, uma das principais consequências associadas à eutrofização. A concessionária, que já monitorava sistematicamente aquele corpo hídrico desde 2003, ampliou a malha amostral, bem como o número de variáveis de qualidade de água analisadas, em especial nas estações do reservatório.

Programas de monitoramento de qualidade de água como o supracitado, gerenciados pelas concessionárias de geração de energia, produzem grandes matrizes de

dados, uma vez que incluem amostragens em várias estações de coleta, durante longos períodos. O tamanho da matriz de dados e a quantidade de possíveis interferentes na coleta e análise dos dados acabam dificultando o diagnóstico da qualidade da água.

A utilização de ferramentas estatísticas facilita a interpretação de matrizes com grande número de variáveis. Dentre as diversas técnicas que podem ser aplicadas, destaca-se a de análise multivariada, que, além de auxiliar na compreensão da interação dos diversos fatores que afetam o ecossistema aquático, permite avaliar, de forma sistemática, quais variáveis melhor explicam as mudanças na qualidade da água dos reservatórios.

Segundo Hair *et al.* (2005), dentre as técnicas de análise multivariada, a Análise Fatorial (AF) avalia a estrutura das correlações entre um grande número de variáveis, definindo um conjunto de dimensões comuns, os fatores. Dessa forma, a avaliação de bancos de dados de qualidade de água por meio da AF pode ser uma ferramenta de gestão e acompanhamento ambiental, condensando séries históricas de dados, em um número menor de fatores que representam a variância da amostra, com pequena perda de informação. Trabalhos aplicando diferentes técnicas de análise multivariada na avaliação da qualidade da água vêm se tornando cada vez mais frequentes (DE CEBALLOS *et al.*, 1998; NOGUEIRA *et al.*, 1999; RANGEL-PERAZA *et al.*, 2009; GONZALES *et al.*, 2013), assim como a utilização da AF no estudo de ambientes lênticos, como reservatórios (SIECIECHOWICZ *et al.*, 2011; CID *et al.*, 2011; VAROL *et al.*, 2012; CAVALCANTE *et al.*, 2013).

Com o intuito de descrever a qualidade das águas do reservatório de Foz do Areia, bem como evidenciar possíveis diferenças entre as estações de monitoramento do reservatório, a montante e a jusante, variáveis de qualidade foram analisadas por intermédio de AF.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O reservatório de Foz do Areia está situado no Rio Iguaçu, em seu terço médio, no sudoeste do Estado do Paraná, abrangendo áreas limítrofes de cinco municípios do Es-

tado. O reservatório, formado em 1980, está associado à geração de energia da UHE Governador Bento Munhoz da Rocha Netto, também conhecida pelo nome de UHE Foz

do Areia (COPEL, 2008). É o primeiro reservatório de uma série de outros cinco empreendimentos hidrelétricos no Rio Iguaçu, de montante para jusante, Foz do Areia, Segredo, Salto Santiago, Salto Osório e Salto Caxias.

No local do barramento de Foz do Areia, a área de drenagem do Rio Iguaçu é de 29.900 km<sup>2</sup>, sendo que a lâ-

mina de água do reservatório compreende 146,5 km<sup>2</sup> (LACTEC, 2009).

Desde 2005, quatro estações são monitoradas no reservatório. A partir de 2008, esse número subiu para cinco. Suas localizações são ilustradas na Figura 1 e detalhadas na Tabela 1.

### Coleta e tratamento das variáveis de qualidade de água

Variáveis de qualidade de água foram coletadas trimestralmente entre 2005 e 2008, e bimestralmente entre 2008 e 2012 pelo Programa de Automonitoramento da concessionária: temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>), transparência da água (m), pH, condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>), fósforo total (mg.L<sup>-1</sup>), nitrogênio total (mg.L<sup>-1</sup>), sólidos totais (mg.L<sup>-1</sup>), turbidez (NTU), coliformes termotolerantes

(NMP.100mL<sup>-1</sup>), Demanda bioquímica de oxigênio (DBO, mg.L<sup>-1</sup>), Demanda química de oxigênio (DQO, mg.L<sup>-1</sup>). Nas estações de reservatório (FA\_2R, FA\_3R e FA\_4R), também foram avaliadas a densidade do fitoplâncton (cél.mL<sup>-1</sup>) e a concentração de clorofila-a (µg.L<sup>-1</sup>). Como variáveis climatológicas foram coletadas a temperatura do ar (°C) e a pluviosidade acumulada em 48 horas anteriores à coleta (mm).

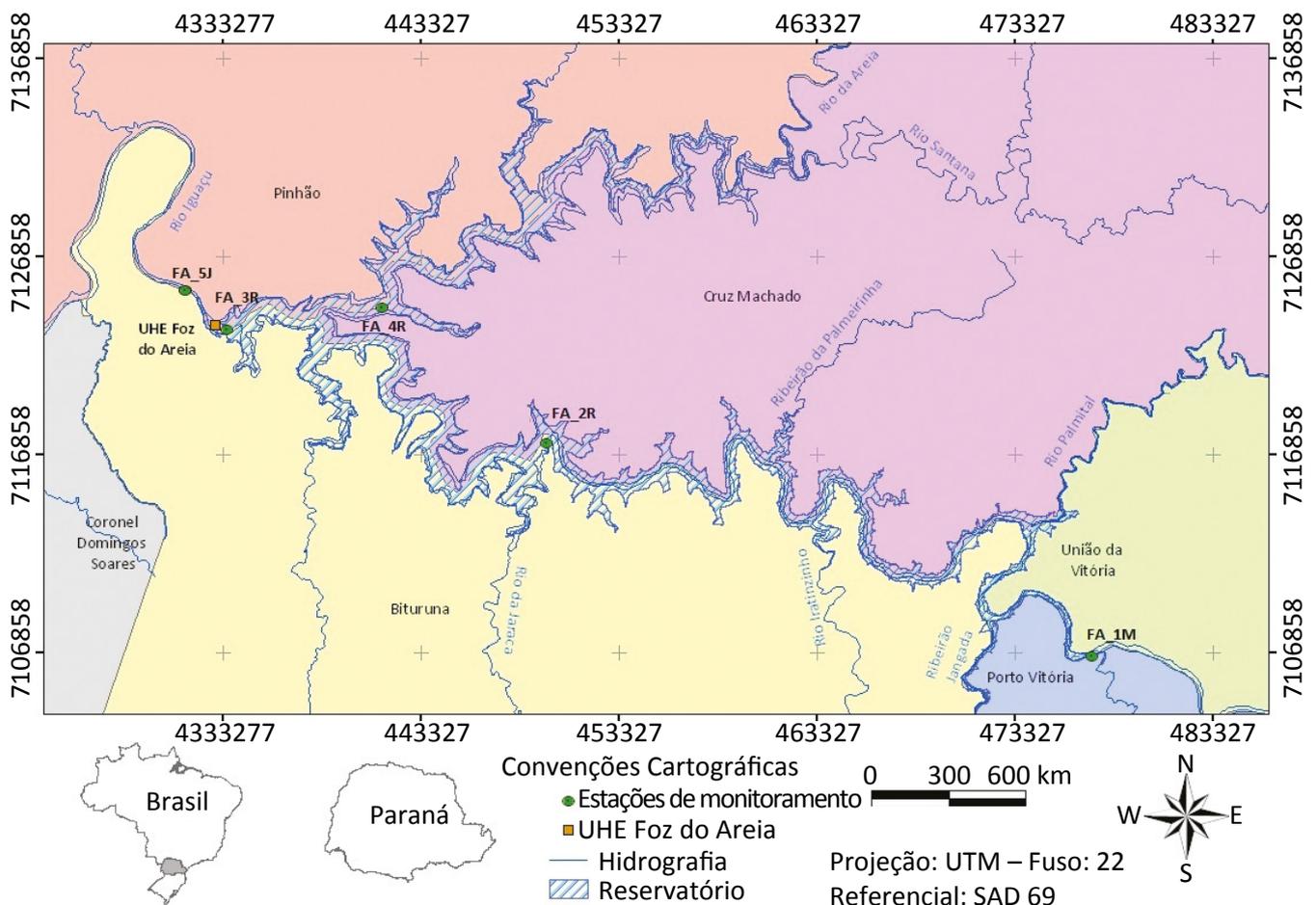


Figura 1 - Localização das estações de amostragem na região do reservatório de Foz do Areia.

A seleção das variáveis em análise considerou que o número de observações (n) fosse maior que o número de variáveis (p) avaliadas, ou seja, “n>p”, contemplando um dos critérios da análise multivariada.

Para a realização da AF, adotou-se o método das componentes principais (ACP). Primeiramente, os dados foram avaliados para a verificação da distribuição normal multivariada, por intermédio de função programada no *software* Matlab 7.0. Para validar a premissa de que os dados apresentam distribuição normal, o gráfico resultante de tal avaliação deve representar uma reta (ou uma reta aproximada) (FRANÇA, 2009).

A adequabilidade dos dados quanto à estrutura da AF foi avaliada por meio do teste de esfericidade de Bartlett e da medida de adequacidade da amostra (MSA) de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) (HAIR *et al.*, 2009), pelo programa Matlab.

O teste de esfericidade de Bartlett testa a hipótese de que as correlações de uma dada matriz de correlação sejam iguais a zero, ou seja, a hipótese de que as variáveis não sejam relacionadas. Para ser considerado

adequado para avaliação pela AF, o resultado (valor p) deve ser inferior a 0,05 (FRANÇA, 2009).

A medida de adequacidade de KMO avalia qual variância dos dados pode ser considerada comum a todas as variáveis e, dessa forma, ser atribuída a um fator comum. A estatística desse teste é representada pelo índice MSA (do inglês *Measure of Sampling Adequacy*). O valor de MSA varia entre 0 e 1, sendo que valores entre 0,5 e 1,0 indicam que a AF é uma ferramenta apropriada para a avaliação dos dados, enquanto valores abaixo de 0,5 indicam que a AF pode ser inadequada para o conjunto de dados em questão (FRANÇA, 2009).

A estimação do número de fatores a serem retidos foi determinada pelo critério de Kaiser (KAISER, 1958), no qual os fatores retidos são aqueles com autovalores >1. As variáveis selecionadas para a caracterização dos fatores foram aquelas que apresentaram peso absoluto  $\geq 0,7$  (SIECIECHOWICZ *et al.*, 2011).

Como parte da AF, a matriz de correlações foi também calculada e seus dados utilizados para explicar as interações entre certas variáveis.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, procedeu-se à análise da normalidade multivariada dos dados das estações de monitoramento de qualidade de água. O resultado é obtido na forma de um gráfico Scatter Plot. Quanto mais a disposição dos pontos estiver próxima a formar uma reta, é confirmada a normalidade multivariada dos dados.

O mesmo é obtido pelo emprego da função NORMULT (FRANÇA, 2009), no *software* Matlab.

A Figura 2 ilustra o gráfico, por estação de amostragem, que relaciona o quadrado da distância generalizada e o teste do  $\chi^2$  para cada evento amostral por estação. Nas estações FA\_1M, FA\_2R, FA\_3R e FA\_5J, tal gráfico

Tabela 1 - Posição geográfica (em UTM) das estações de monitoramento.

Estação	Localização	Coordenadas UTM	
		E	N
FA_1M	Rio Iguaçu, a montante do reservatório/corredeiras de Porto Vitória	477240	7106693
FA_2R	Rio Iguaçu, reservatório da UHE Foz do Areia, próximo à área de lazer do município de Bituruna	449542	7117359
FA_3R	Rio Iguaçu, reservatório da UHE Foz do Areia, cerca de 500 m da barragem ( <i>log boom</i> )	433674	7123256
FA_4R	Rio Iguaçu, reservatório da UHE Foz do Areia, no braço do Rio Areia	441382	7124342
FA_5J	Rio Iguaçu, imediatamente a jusante da casa de força da UHE Foz do Areia	431466	7125220

UHE: USINA HIDRELÉTRICA; UTM: UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR.

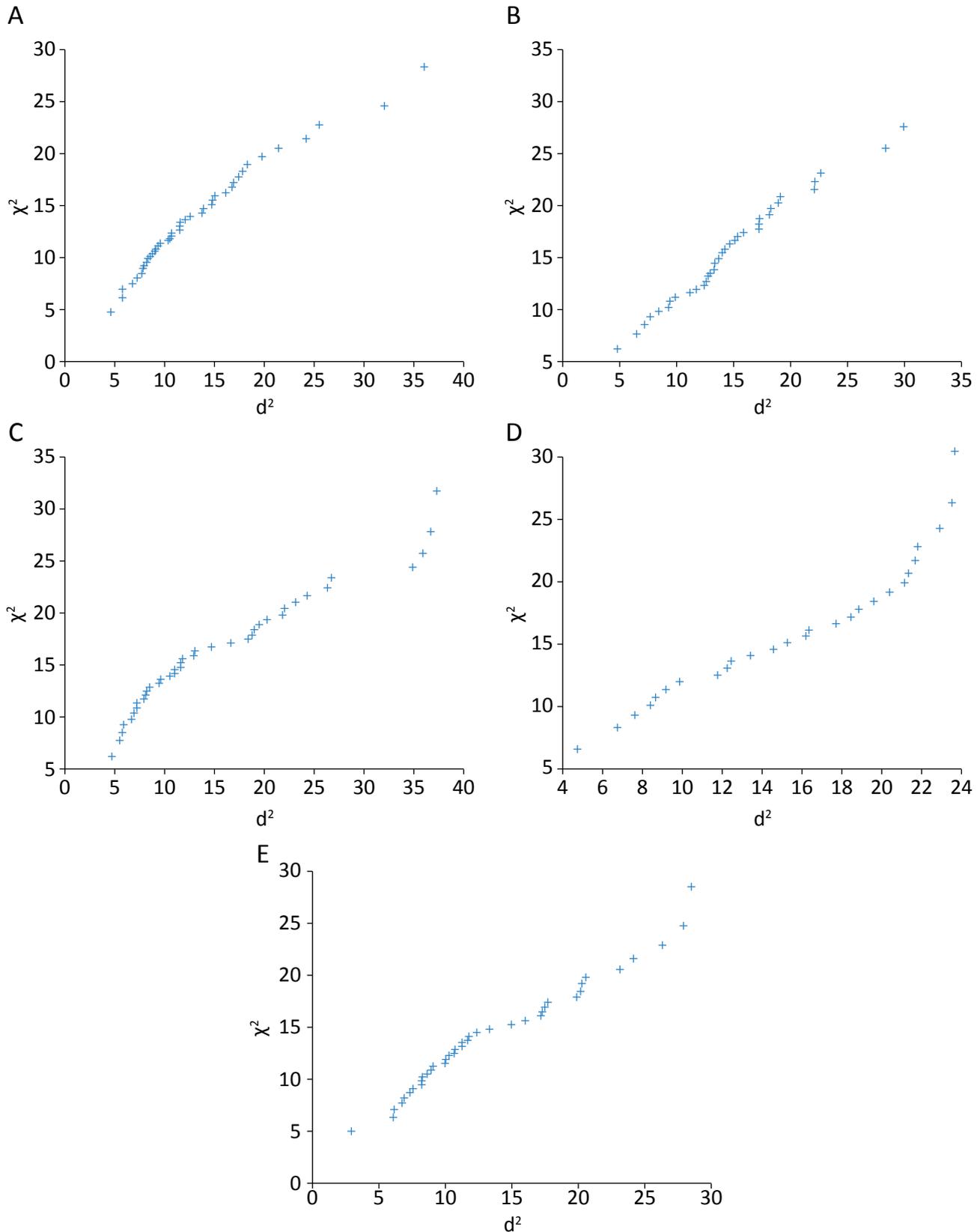


Figura 2 - Avaliação da normalidade multivariada: (A) FA\_1M; (B) FA\_2R; (C) FA\_3R; (D) FA\_4R; (E) FA\_5J.

representa o resultado referente a 39 campanhas de amostragem, sendo que, para a estação FA\_4R, são referenciadas 28 campanhas de amostragem.

Conforme pode ser observado pela Figura 2, a distribuição dos dados de qualidade de água da região da UHE Foz do Areia pode ser considerada normal.

Posteriormente, o teste de esfericidade de Bartlett foi aplicado, bem como a medida de adequacidade da amostra pelos critérios de KMO. Os valores obtidos são apresentados na Tabela 2.

Segundo França (2009), o teste de esfericidade de Bartlett compara o nível de significância, denominado valor p, resultante da combinação do valor calculado do teste do  $\chi^2$  e dos graus de liberdade, com o valor de 0,05. Dessa forma, quando o valor p for  $<0,05$ , a hipótese de que a matriz de correlação da população é uma matriz identidade que indica que o modelo fatorial é inapropriado será rejeitada e os dados serão adequados para a AF.

Conforme observado na Tabela 2, o valor p obtido para todas as estações de monitoramento foi  $<0,05$ , indicando que as matrizes são passíveis de avaliação por AF. Já a MSA é validada com valores  $\geq 0,5$ . Assim, com exceção da estação a jusante FA\_5J, todas as estações apresentam dados ajustados ao tratamento de AF. Apesar do não atendimento a esse item, a AF foi procedida também para essa estação, para que seus resultados fossem comparáveis com as demais estações. No entanto, deve-se ressaltar que o conjunto de dados de qualidade de água da estação FA\_5J pode não estar ajustado de forma adequada para tratamento por AF.

Os resultados da AF para cada estação de amostragem encontram-se resumidos na Tabela 3. Nesta, são registradas as variáveis que apresentaram pesos iguais ou superiores a  $|0,7|$ , em cada fator retido. O símbolo junto ao nome da variável indica o sentido (positivo ou

negativo) da variável. Também são apresentadas as variâncias individuais de cada fator e a variância total da amostra, representada pelos fatores retidos.

Na estação FA\_1M, localizada a montante do reservatório, foram selecionados 5 fatores que, em conjunto, explicam 71,7% da variância total da amostra. O Fator 1 foi composto pelas variáveis oxigênio dissolvido (OD), temperatura de água e temperatura ambiente, e correspondeu a 19,3% da variância total da amostra. Tal fator representa a influência da temperatura na concentração de oxigênio da água, variáveis que interagem em sentido inverso. O comportamento dos gases, incluindo o oxigênio dissolvido, tem relação com a temperatura, pois a elevação da mesma torna os gases menos solúveis. Como se trata de um sistema aberto, o OD na água desprende-se para o ar (FIO-RUCCI & BENEDETTI-FILHO, 2005). Situações como esta, em que o OD e a temperatura da água mostraram correlação negativa, já foram registradas anteriormente, como em Saffran & Anderson (1997), em estudos no Rio Red Creek, em Alberta, Canadá.

O Fator 2 foi composto pelas variáveis condutividade e turbidez, explicando 14% da variância da amostra. A análise dos variáveis de qualidade de água dessa estação demonstra a ocorrência de situações em que a condutividade esteve elevada, e a turbidez baixa. Situações como essas já foram registradas em outros estudos, como o de Maimuna & Victor (2012), em rios na Nigéria. Tais autores comentam que essa relação inversa ocorreu tanto na estação seca quanto na estação chuvosa. Sendo a condutividade a medida indireta de íons dissolvidos na água, a turbidez pode estar relacionada com a ocorrência de poluentes não iônicos, como matéria orgânica e coliformes.

O Fator 3 foi representado, isoladamente, pela variável sólidos totais, com 13,9% da variância. Estando isolado em um fator, tal variável demonstra sua

**Tabela 2 - Avaliação do teste de esfericidade de Bartlett e da medida de adequacidade da amostra.**

	FA_1M	FA_2R	FA_3R	FA_4R	FA_5J
$\chi^2$	192,63	351,22	753,70	235,62	173,32
Valor p	0	0	0	0	0
MSA	0,5	0,5	0,7	0,5	0,4

MSA: MEDIDA DE ADEQUACIDADE DA AMOSTRA.

importância na caracterização das águas do reservatório. Segundo Plamondon *et al.* (1991), a remoção de florestas no entorno de corpos de água pode promover elevações na temperatura e reduções na concentração de OD (como o observado no Fator 1), conforme observado no trabalho supracitado, sobre

a conservação do solo e água em bacias do Peru. Plamondon *et al.* (1991) reforçam que, em bacias florestadas, a concentração de sólidos totais na água foi inferior, quando comparada a bacias que passaram por remoção de áreas de floresta para a criação de pastos e áreas agriculturáveis.

**Tabela 3 - Resultados da análise fatorial dos dados de qualidade de água das estações de monitoramento do reservatório de Foz do Areia.**

	FA_1M	FA_2R	FA_3R	FA_4R	FA_5J
Fator 1	OD (-) T. água (+) T. ar (+)	Clor-a (+) Fito (+) OD (+) pH (+)	Clor-a (+) Fito (+) DBO (+) DQO (+) NT (+)	Clor-a (+) OD (+)	Cond. (+) NT (+) ST (+)
Variância	19,3%	19,4%	36,0%	16,0%	16,9%
Fator 2	Cond. (-) Turbidez (+)	Secchi (-) Turbidez (+)	Secchi (-) OD (+)	T. água (+) T. ar (+)	OD (-) T. água (+) T. ar (+)
Variância	14,0%	17,0%	20,2%	15,7%	15,9%
Fator 3	ST (+)	Cond. (+) ST (+)	T. água (+) T. ar (+)	Cond. (+) DBO (+)	Turbidez (+)
Variância	13,9%	13,5%	13,3%	14,7%	11,7%
Fator 4	DBO (+) DQO (+)	T. água (+)	Pluvio (-)	Secchi (-) Turbidez (+)	Colif. T. (-) Pluvio (-)
Variância	12,3%	12,7%	7,8%	13,9%	10,9%
Fator 5	Colif. T. (-) Secchi (-)	DBO (+) DQO (+)	Colif. T. (+)	NT (+) Pluvio (+)	DBO (+) DQO (+)
Variância	11,6%	11,8%	7,0%	12,1%	10,7%
Fator 6	–	–	–	Colif. T. (-)	PT (+)
Variância	–	–	–	9,7%	8,3%
Variância total explicada	71,1%	74,4%	84,3%	82,1%	74,4%

CLOR-A: CLOROFILA-A; COLIF. T.: COLIFORMES TERMOTOLERANTES; COND.: CONDUTIVIDADE; DBO: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO; DQO: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO; FITO: DENSIDADE DO FITOPLÂNCTON; NT: NITROGÊNIO TOTAL; OD: OXIGÊNIO DISSOLVIDO; PLUVIO: PLUVIOSIDADE ACUMULADA EM 48H; PT: FÓSFORO TOTAL; SECCHI: TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA; ST: SÓLIDOS TOTAIS; T. ÁGUA: TEMPERATURA DA ÁGUA; T. AR: TEMPERATURA DO AR.

O Fator 4 compreendeu as variáveis DBO e DQO, com explicação de 12,3% da variância total da amostra. Esse fator representa a matéria orgânica na água, corroborando o diagnóstico dos fatores anteriores de aporte de matéria orgânica e demais poluentes ao corpo hídrico a montante do empreendimento.

O Fator 5 incluiu as variáveis coliformes termotolerantes e transparência da água, variando no mesmo sentido, e representou 11,6% da variância total da amostra. Tais variáveis atuam, de forma geral, em sentidos inversos, uma vez que representam, respectivamente, a transparência da água e a contaminação por material de origem fecal. A composição desse fator pode ter sofrido interferência dos valores elevados de coliformes termotolerantes, cujas concentrações brutas foram altas na maior parte do monitoramento, enquanto os valores de transparência variaram pouco (entre 0,5 e 1,0 m).

A Estação FA\_2M localiza-se no terço médio do reservatório, sendo um ambiente lêntico, nas proximidades de uma área de lazer do município de Bituruna. Quatro fatores foram selecionados para descrever a variabilidade da qualidade da água naquela estação. Tais fatores, em conjunto, representam 74,4% da variabilidade total dos dados. O Fator 1 foi representado pelas variáveis clorofila-a, densidade do fitoplâncton, oxigênio dissolvido e pH, que descrevem o fator eutrofização do corpo hídrico (19,4% da variância). A ocorrência de eventos de florações de microalgas na região (corroborado pela densidade do fitoplâncton) apresentou relação direta com a clorofila-a (medida da biomassa algal). Com a elevação da densidade da comunidade de produtores primários, durante o dia, ocorre também a elevação na concentração de OD, advindo do processo de fotossíntese. Também o pH pode ser afetado por eventos de floração, uma vez que ocorre uma demanda maior de CO<sub>2</sub> da água para a fotossíntese e consequente alcalinização da água. Situações de eventos de floração no reservatório de Foz do Areia já foram evidenciadas em trabalhos anteriores (BRASSAC *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2009; SERPE *et al.*, 2013).

O Fator 2 também está relacionado com a eutrofização já caracterizada pelo primeiro fator (17,0% da variância). A medida de transparência (disco de Secchi) e a turbidez foram as variáveis descritivas do fator e ocorreram em sentidos opostos. Tal situação está, possivelmente, relacionada com a turbidez biogênica, dada a ocorrência de eventuais florações, que impedem a

entrada de luz para a subsuperfície da água, aumentando a turbidez e reduzindo a profundidade medida para o disco de Secchi.

Corroborando o diagnóstico de material em suspensão, o Fator 3, responsável por 13,5% da variância da amostra, foi caracterizado pela condutividade e pela variável sólidos totais, sendo o Fator 5 descritivo da ocorrência de matéria orgânica na água pelas variáveis DBO e DQO (11,8% da variância). O Fator 4, representado exclusivamente pela temperatura da água, pode ter ilustrado a influência de tal variável como catalisadora das reações metabólicas do ecossistema, uma vez que a temperatura eleva o metabolismo da comunidade aquática, incluindo o fitoplâncton.

Na Estação FA\_3R foram selecionados 5 fatores descritivos da variabilidade dos dados de qualidade de água, representando 84,3% da variabilidade total da amostra. Essa estação de amostragem está localizada no reservatório de Foz do Areia, nas proximidades do barramento, região onde o lago apresenta sua maior profundidade. Assim como na estação FA\_2R, também o primeiro fator foi representativo do processo de eutrofização. Descrito pelas variáveis clorofila-a, fitoplâncton, DBO, DQO e nitrogênio total, o Fator 1 foi responsável por 36,0% da variância total da amostra. As variáveis descritivas do fator representam a ocorrência de florações (densidade de fitoplâncton e clorofila-a) e a disponibilidade de matéria orgânica quando da ocorrência desses eventos (DBO, DQO e nitrogênio total). Tal situação é corroborada também pelas variáveis descritivas do Fator 2, OD e transparência da água, em sentidos opostos (20,2% da variância). Quando da ocorrência de florações, picos de OD podem ser registrados, e a turbidez biogênica prejudica a entrada da luz para as camadas inferiores da água, reduzindo a transparência da água. Os Fatores 4 e 5 também comprovam o diagnóstico de aportes de matéria orgânica ao reservatório, uma vez que são compostos por pluviosidade acumulada e coliformes termotolerantes, respectivamente. Já o Fator 3, conforme descrito, pode ter indicado a influência da temperatura no metabolismo do ecossistema aquático.

A Estação FA\_4R localiza-se no reservatório de Foz do Areia, em um braço formado pelo Rio Areia, tributário do Rio Iguaçu, na região do barramento. Para a caracterização da qualidade das águas do reservatório nessa região, foram selecionados 6 fatores, que, em conjunto, representaram 82,1% da variância total da amostra.

Assim como nas demais estações de reservatório, na estação FA\_4R o Fator 1 foi representado pelas variáveis oxigênio dissolvido e clorofila-a e correspondeu a 16,0% da variância total da amostra. Tal composição relaciona-se à atividade da comunidade de produtores primários no ecossistema, que, em quantidade elevada, também elevam a concentração de OD na água. O Fator 2 foi composto pelas variáveis temperatura da água e temperatura do ar, representando 15,7% da variância da amostra, reforçando a influência da temperatura no metabolismo do ecossistema. Os demais fatores foram caracterizados pelo aporte de poluentes, como o Fator 3 (14,7% da variância), descrito pela condutividade e pela DBO, e o Fator 4 (13,9 % da variância), caracterizado pelas variáveis transparência da água e turbidez, em sentidos opostos. Em conjunto com o Fator 5 (12,1% da variância), caracterizado pelas variáveis nitrogênio total e pluviosidade acumulada, demonstram a influência do uso do solo nas características da qualidade da água, visto que a lavagem do solo pela ação das chuvas pode carrear poluentes para o corpo de água. Segundo Jarvie *et al.* (2006), a correlação em mesmo sentido entre a chuva e os poluentes pode ser indicativa de fontes difusas de poluição, uma vez que a lavagem do solo após/durante a chuva elevaria a concentração do constituinte em estudo na água. O Fator 6 (9,7% da variância) foi representado, isoladamente, pela variável coliformes termotolerantes, indicativa de contaminação das águas por material de origem fecal.

A jusante do barramento (no leito do Rio Iguaçu) e a montante do reservatório de Segredo (o próximo na cadeia de empreendimentos de geração instalada no Rio Iguaçu) localiza-se a estação FA\_5J. Descrevendo a qualidade da água local foram verificados seis fatores que, em conjunto, somam 74,4% da variabilidade total dos dados. Nessa estação de característica intermediária entre um ambiente de rio e um ambiente de lago, o Fator 1 foi descrito pelas variáveis condutividade, nitrogênio total e sólidos totais, representando 16,9% da variância da amostra.

O Fator 2 (15,9% da variância total da amostra) foi caracterizado pelas variáveis oxigênio dissolvido, temperatura do ar e temperatura da água. Tal situação também foi observada na estação a montante FA\_1M. Conforme descrito, a influência da temperatura na dissolução dos gases explica tal relação em sentido inverso. Já nas estações de reservatório tal característica não foi observada.

É possível que tal relação entre o OD e a temperatura não tenha sido registrada nas estações de reservatório, em função da influência dos processos de estratificação, característica dos locais estudados (MIRANDA *et al.*, 2009). A estratificação térmica forma uma barreira física, com diferenças significativas na densidade da água. Essa barreira impede a mistura de massas de água com temperaturas e concentrações de OD diferentes. Assim, o calor não se distribui de forma homogênea na coluna de água, assim como o OD (PADIAL *et al.*, 2009). Estudos como o de Pratte-Santos & Simões (2010) também registraram correlação fraca (abaixo de 0,5) entre o OD e a temperatura em reservatórios, no caso, o reservatório de Duas Bocas, no Espírito Santo. Outro fator interferente na correlação negativa linear entre o oxigênio dissolvido e temperatura da água, em ecossistemas lênticos, é a atividade fotossintética (MAIER, 1987).

O Fator 3 foi representado pela variável turbidez e reteve 11,7% da variância. O Fator 4 caracterizou-se pelas variáveis coliformes termotolerantes e pluviosidade acumulada, destacadas em sentidos opostos, com 10,9% da variância total da amostra. Com base nos estudos de Jarvie *et al.* (2006), pode-se pressupor que a relação inversa entre tais variáveis pode indicar diluição dos poluentes pela ação das chuvas, correspondendo a aportes por fontes pontuais.

O Fator 5 caracterizou o aporte de matéria orgânica, destacando as variáveis DBO e DQO. Tal fator apresentou 10,7% da variância total da amostra. Também, o último fator (o Fator 6) destacou-se, isoladamente, pela variável fósforo total, com 8,3% da variância total da amostra.

Com relação à aplicação da AF propriamente dita, como uma ferramenta de diagnóstico, observa-se a redução no número de variáveis explicativas por estação de monitoramento. Nas estações de reservatório, cuja matriz inicial apresentava 16 variáveis, ocorreu redução para 11 variáveis, resumidas em 5 ou 6 fatores. Na estação a montante, de 14 variáveis iniciais, houve também uma redução para 10 variáveis, sumarizadas em 5 fatores. Somente na estação a jusante ocorreu menor redução, em que 14 variáveis foram reduzidas para 12, resumidas em 6 fatores; no entanto, ressalva-se que também para essa estação o modelo fatorial mostrou-se menos ajustado, por meio da avaliação do índice MSA.

As variáveis oxigênio dissolvido, temperatura da água e DBO estiveram presentes na caracterização de um fator em cada uma das estações de monitoramento.

## CONCLUSÕES

As variáveis que caracterizaram os fatores retidos e que descrevem a qualidade de água da estação FA\_1M representaram o aporte de poluentes ao corpo hídrico, cuja bacia de contribuição até o barramento drena uma área de 29.900 km<sup>2</sup>, incluindo vários centros urbanos.

Já nas estações FA\_2M, FA\_3R e FA\_4R a composição dos fatores retidos evidenciou a eutrofização do corpo hídrico, em que ocorrem eventos esporádicos de florações de microalgas e o aporte de poluentes advindos da bacia de contribuição.

Na estação localizada a jusante do reservatório, FA\_5J, observa-se a qualidade da água alterada, seja pela característica das águas advindas a montante, bem como pela eventual ocorrência de fontes de poluição na região da estação.

De forma geral, observa-se que a AF demonstrou ser uma boa ferramenta de análise de dados de qualidade de água, em especial no sentido de condensar extensas matrizes de dados, com menor perda de informação.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Companhia Paranaense de Energia (COPEL), pela permissão para a utilização de dados de qualidade de água do reservatório de Foz do Areia, bem como possibilidade de acesso aos dados brutos referentes ao monitoramento da região, mantido pela concessionária.

Os autores agradecem também ao Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (Institutos LACTEC), pelo apoio na conclusão da presente pesquisa de doutoramento do primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- ARRUDA, N.M.B. *Avaliação de variáveis de qualidade de água dos reservatórios das usinas hidrelétricas de Foz do Areia, Segredo e Caxias, como instrumento de gestão de bacias hidrográficas*. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- BRASSAC, N.M.B.; PRESTES, E.C.; MIRANDA, T.L.G.; LUDWIG, T.A.V.; TREMARIN, P.I.; MULLER, I.I.; PEREIRA, P.S. Ocorrência de florações em reservatórios hidrelétricos: O caso da UHE Foz do Areia. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 19., 2009, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: ABRH, 2009. p. 1-11.
- CAVALCANTE, Y.L.; HAUSER-DAVIS, R.A.; SARAIVA, A.C.F.; BRANDÃO, I.L.S.; OLIVEIRA, T.F.; SILVEIRA, A.M. Metal and physico-chemical variations at a hydroelectric reservoir analyzed by multivariate analyses and artificial neural networks: environmental management and policy/decision-making tools. *Science of the Total Environment*, v. 442, p. 509-514, 2013.
- CID, F.D.; ANTÓN, R.I.; PARDO, R.; VEGA, M.; CAVIEDES-VIDAL, E. Modelling spatial and temporal variations in the water quality of an artificial water reservoir in the semiarid midwest of Argentina. *Analytica Chimica Acta*, v. 705, n. 1-2, p. 243-252, 2011.
- COPEL – COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. *Usina Bento Munhoz da Rocha Netto*. Curitiba: COPEL, 2008. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcope12.nsf%2F044b34faa7cc1143032570bd0059aa29%2Fe307f2c9b2edc56303257412004fdb91>>. Acesso em: 10 nov. 2011.
- DE CEBALLOS, B.S.O.; KÖNIG, A.; DE OLIVEIRA, J.F. Dam reservoir eutrophication: A simplified technique for a fast diagnosis of environmental degradation. *Water Research*, v. 32, n. 11, p. 3477-3483, 1998.
- EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balanco energético nacional 2012 - Ano base 2011: Resultados preliminares*. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2012.

FIORUCCI, A.R. & BENEDETTI-FILHO, E. Oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. *Química Nova Interativa*, [S.l.], nov. 2005. Disponível em: <<http://qnint.sbq.org.br/qni/visualizarTema.php?idTema=20>>. Acesso em: 04 abr. 2013.

FRANÇA, M.S. *Análise estatística multivariada dos dados de monitoramento da qualidade de água da Bacia do Alto Iguçu: uma ferramenta para a gestão de recursos hídricos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

GONZALEZ, N.A.; SWAIN, N.R.; OBREGON, O.; WILLIAMS, G.P.; NELSON, E.J.; EGGETT, D.L. Water quality assessment of small water supply reservoir using statistical and analytical methods. In: HYDROLOGY DAYS 2012, 10., 2013, Colorado. *Proceedings...* Colorado: Colorado State University, 2013. p. 1-12.

HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. *Análise multivariada de dados*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HAIR, J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. *Análise multivariada de dados*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

JARVIE, H.P.; NEAL, C.; WITHERS, P.J. A. Sewage-effluent phosphorus: A greater risk to river eutrophication than agricultural phosphorus? *Science of the Total Environment*, v. 360, p. 246-253, 2006.

KAISER, H.F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, v. 23, p. 187-200, 1958.

KHAN, F.A. & ANSARI, A.A. Eutrophication: An ecological vision. *The Botanical Review*, v. 71, n. 4, p. 449-482, 2005.

LACTEC – INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO. *Plano ambiental de conservação e uso do entorno do reservatório da UHE Governador Bento Munhoz da Rocha Netto – Atualização*. Curitiba: Lactec, 2009. Disponível em: <[http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/EIA\\_RIMA/UHE\\_GNB\\_SEGREDO\\_PLANO\\_AMBIENTAL/Plano\\_Diretor\\_Foz\\_do\\_Areia\\_Final.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/EIA_RIMA/UHE_GNB_SEGREDO_PLANO_AMBIENTAL/Plano_Diretor_Foz_do_Areia_Final.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2013.

MAIER, H.M. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47° 55" - 48° 55" W, 22° 30" - 21° 55" S - Brasil): qualidade da água do rio principal. *Ciência e Cultura*, v. 39, n. 2, p. 164-185, 1987.

MAIMUNA, W. & VICTOR, O.O. Prediction of some water quality indices in river Yobe - Nigeria, through annual projections. *Frontiers in Science*, v. 2, n. 4, p. 58-61, 2012.

MIRANDA, T.L.G.; BRASSAC, N.M.; PRESTES, E.C.; MÜLLER, I.I.; PEREIRA, P.S. Estudo dos processos de estratificação em grandes reservatórios da bacia do rio Iguçu. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: ABRH, 2009. p. 1-12.

NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; MARICATTO, F.E. Spatial and temporal heterogeneity in the Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, v. 4, n. 3-4, p. 107-120, 1999.

PADIAL, P.R.; POMPÊO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Heterogeneidade espacial e temporal da qualidade da água do reservatório Rio das Pedras (Complexo Billings, São Paulo). *Revista Ambiente & Água*, v. 4, n. 3, p. 35-53, 2009.

PEREIRA, P.S.; VEIGA, B.V.; DZIEDZIC, M.; BRASSAC, N.M. Avaliação da influência da dinâmica de nutrientes no processo de eutrofização do reservatório da UHE Foz do Areia. In: Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 20. 2009, Recife. *Anais...* Recife: CIGRÉ, 2009. p. 1-8.

PLAMONDON, A.P.; RUIZ, R.A.; MORALES, C.F.; GONZALEZ, M.C. Influence of protection forest on soil and water conservation (Oxapampa, Peru). *Forest Ecology and Management*, v. 38, n. 3-4, p. 227-238, 1991.

PRATTE-SANTOS, R. & SIMÕES, L.N. Estudo das variáveis físico-químicas em níveis de estratificação espacial em um ambiente lêntico na Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica, Espírito Santo. *Natureza on line*, v. 8, n. 2, p. 74-77, 2010.

RANGEL-PERAZA, J.G.; DE ANDA, J.; GONZÁLEZ-FARIAS, F.; ERICKSON, D. Statistical assessment of water quality seasonality in large tropical reservoirs. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, v. 14, n. 4, p. 315-323, 2009.

SAFFRAN, K.A. & ANDERSON, A.M. *An empirical analysis of water temperature and dissolved oxygen conditions in the Red Deer river*. Alberta: Environmental Monitoring and Evaluation Branch of Alberta Environment, 1997.

SERPE, C.T.A.; SERPE, F.R.; BEM, C.C.; CORDEIRO NETO, A.G.; SANTOS, L.C.; AZEVEDO, J.C.R. Análise da comunidade fitoplanctônica da região fluvial do reservatório de Foz do Areia, Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20. 2013, Bento Gonçalves, *Anais...* Porto Alegre: ABRH, 2013. p. 1-8.

SIECIECHOWICZ, M.S.F.; ARRUDA, N.M.B.; PIRES, G.D.R.M.; SILVEIRA, L.U.D.; MIRANDA, T.L.G.D.; MÜLLER, I.I. Avaliação da qualidade da água do reservatório da UHE Pitangui (PR) através de técnicas estatísticas multivariadas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Maceió. *Anais...* Maceió: ABRH, 2011. p. 1-14.

SOARES, M.C.S.; MARINHO, M.M.; HUSZAR, V.L.M.; BRANCO, C.W.C.; AZEVEDO, S.M.F.O. The effects of water retention time and watershed features on the limnology of two tropical reservoirs in Brazil. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, v. 13, n. 4, p. 257-269, 2008.

VAROL, M.; GÖKOT, B.; BEKLEYEN, A.; ŞEN, B. Spatial and temporal variations in surface water quality of the dam reservoirs in the Tigris River basin, Turkey. *Catena*, v. 92, p. 11-21, 2012.

## ATTRIBUTES OF DYSTROPHIC LATOSOL IN SOUTHERN MINAS GERAIS AFTER APPLICATION OF SEWAGE SLUDGE

ATRIBUTOS DE LATOSSOLO DISTRÓFICO NO SUL DE MINAS GERAIS APÓS APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO

### *Rodrigo Santos Moreira*

MSc in Ecology and Environmental Technology in Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) – Alfenas (MG), Brazil.

### *Ronaldo Luiz Mincato*

PhD Professor in the Graduate Program of Ecology and Environmental Technology in UNIFAL-MG – Alfenas (MG), Brazil.

### *Breno Régis Santos*

PhD Professor in the Graduate Program of Ecology and Environmental Technology in UNIFAL-MG – Alfenas (MG), Brazil.

### *Rômulo Spuri Barbosa*

Graduate Student in the Graduate Program of Ecology and Environmental Technology in UNIFAL-MG – Alfenas (MG), Brazil.

### *Adauton Vilela de Rezende*

PhD Teacher at Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS) – Alfenas (MG), Brazil.

### *Marcio Donizetti de Andrade*

Chemist at Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé LTDA (Cooxupé) – Guaxupé (MG), Brazil.

### **Endereço para correspondência:**

Ronaldo Luiz Mincato – Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 – Centro – 37130-000 – Alfenas (MG), Brasil – E-mail: ronaldo.mincato@unifal-mg.edu.br

### **ABSTRACT**

In general, tropical soils present low natural fertility, which results in a great amount of degraded areas if it is associated with improper handling. Sewage sludge, due to its high levels of organic matter and nutrients, can improve soil properties. Thus, this study evaluated the conditioning and fertilizing effects of sewage sludge on the attributes of a typical dystrophic latosol in Southern Minas Gerais. The experiment evaluated the application of sludge from Santana wastewater treatment plant in Varginhas (Minas Gerais, Brazil) in pots, with concentrations equivalent to 60, 120, and 180 t ha<sup>-1</sup>, and a control treatment without sludge. The sewage sludge has increased the levels of organic matter, cation-exchange capacity, sum of the bases and nutrients, as well as increased porosity and decreased soil density, thus indicating the potential for conditioning and fertilizing agricultural soils.

**Keywords:** soil fertility; organic waste; biosolids.

### **RESUMO**

Solos tropicais, em geral, apresentam baixa fertilidade natural, e o seu manejo inadequado tem produzido uma grande quantidade de áreas degradadas. O lodo de esgoto, em função dos altos teores de matéria orgânica e nutrientes, pode melhorar as propriedades do solo. Assim, este trabalho avaliou o efeito do lodo de esgoto nas propriedades de um latossolo distrófico típico do Sul de Minas Gerais, visando o seu condicionamento e o aumento da fertilidade. O experimento estudou a aplicação de lodo da Estação de Tratamento de Esgotos de Santana em Varginha (Minas Gerais) em vasos, com doses equivalentes a 60, 120 e 180 t ha<sup>-1</sup> de lodo e um tratamento controle sem lodo. O lodo de esgoto elevou os teores de matéria orgânica, da capacidade de troca catiônica, da soma de bases e nutrientes, além de aumentar a porosidade e diminuir a densidade aparente do solo, portanto apontando o potencial para condicionamento e fertilização de solos agrícolas.

**Palavras-chave:** fertilidade do solo; resíduos orgânicos; biossólidos.

## INTRODUCTION

Solid residue management is one of the biggest challenges faced by Brazilian municipalities that fight environmental problems brought on from scarce investments on urban planning, public health, and environmental sanitation policies (RICCI *et al.*, 2010). Sewage sludge, also called biosolid, is the residue obtained from wastewater treatment plants (WTP), and its final disposal may rise to 50% of the operational budget in a treatment system (PROSAB, 1999).

In Brazil, due to the increase in the number of WTP, the volume of sludge that demands a special final disposal has grown significantly. There has also been a significant increase in the number of WTP since the end of last century. It is in this scenery that sewage sludge disposal has become a relevant theme to the scientific community, considering the high potential of its application as a soil fertilizer in agriculture and in the recovery of downgraded soils (SUTHAR & SINGH, 2008).

Tropical soils are quite peculiar and characterized as an advanced stage of evolution, which show an adsorption complex made of low-activity clays (clays 1:1 and gibbsite), low in organic matter (OM) and with low cation exchange capacity (CEC). Therefore, they present low natural fertility (KLIEMANN *et al.*, 2003). In addition, improper handling of the soils, adoption of improper agricultural and cattle-raising methods and techniques, among other actions, have resulted in fertility reduction, accelerated oxidation of the OM, and decrease of quantity and diversity of organisms in the soil (LEITE *et al.*, 2010). To solve those problems, various studies have focused on the use of organic residues to improve

soil properties (PIMENTEL *et al.*, 2009; SANCHEZ-MONEDERO *et al.*, 2004; SINGH & AGRAWAL, 2008).

Sewage sludge has high content of OM besides micro and macronutrients essential to plants, mainly N and P, improving the chemical, physical, and biological properties of the soils (CEZAR *et al.*, 2012). Therefore, its use in agriculture is an appropriate alternative for final disposal, due to its low cost and for promoting the re-use of nutrients and reduction in the costs of chemical fertilizers. However, this option must follow sewage sludge characterization, because the application of sludge to the soil may imply risk of contamination of the natural ecosystems and of the trophic chain due to content of heavy metals (FJALLBORG *et al.*, 2005), pathogens and toxic organic compounds, depending on wastewater properties of the sewage sludge produced in each WTP.

The tillage of agricultural soils has led to considerable increase in the content of heavy metals (BAIRD & CANN, 2011). Even so, most of the investigations carried out in the last few years show that the application of sewage sludge on soils provides benefits to agricultural production, with few environmental risks (KIDD *et al.*, 2007). On the other hand, in order to use sludge safely, the *Conselho Nacional do Meio Ambiente* (CONAMA) 2006 guidelines numbers 375 and 380 established the criteria and procedures for using sewage sludge produced in WTPs in agriculture (CONAMA, 2006).

Therefore, the aim of this study was to characterize the effect of applying sewage sludge at different concentrations on physical and chemical attributes of dystrophic latosol in Southern Minas Gerais, considering its use as an agricultural fertilizer and soil conditioner.

## MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted in the greenhouse at *Universidade José do Rosário Vellano* (UNIFENAS), in Alfenas (Minas Gerais state, Brazil), at an altitude of 880 m. Its climate is tropical mesothermic or tropical of altitude, based on Köppen's classification. Annual average temperature is around 21° to 23°C, and 1.500 mm of rainfall (ALFENAS, 2006).

For the experiment, a sample of clayey dystrophic latosol, dominant in Southern Minas Gerais, was collected from 0 to 20-cm depth at a point (21°25'S and 45°57'W)

that had been manure-free for at least five years. Following collection, the soil was air-dried in the shade, broken, passed through a 4-mm-mash sieve, homogenized and, then, an aliquot was stored for routine chemical characterization following Raji *et al.* (2001). The results of analyses are shown in Table 1.

The sludge used in the experiment was produced at the Santana WTP in Varginha (Minas Gerais state), managed by Minas Gerais State Sanitation Company (COPASA). The samples representing the above WTP were collected,

**Table 1 - Chemical characterization of the soil used in the experiment.**

pH	P	K	P-rem	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	T	V	m	OM
H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol dm <sup>-3</sup>							%		g dm <sup>-3</sup>
5.6	0.5	41	7	0.6	0.4	0.0	2.1	1.1	1.1	3.2	35	0	8.1

P-REM: REMAINING P; SB: SUM OF BASES; T: EFFECTIVE CEC; T: POTENTIAL CEC; V: BASES SATURATION; M: ALUMINUM SATURATION; OM: ORGANIC MATTER.

systematically, top to bottom, from six drying tanks full of sludge, in February 2013. Sludge samples were dried in an oven at 65°C for three days and then ground, quartered, and stored for chemical characterization.

In order to check if the sludge met Brazilian requirements, analyses of Cd, Pb, Ni, Cr, Cu, and Zn were carried out due to the toxic potential of these elements. Samples were dissolved in *acqua regia* (MELO & SILVA, 2008) and the metals were quantified by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). The validation of metal content was done by simultaneous analyses of the certified sample of domestic sewage sludge BCR 144-R from the Belgium Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM). The values obtained were compared to the legal limits established by CONAMA Resolutions 375 and 380 (CONAMA, 2006). Besides metals, parameters of agricultural interest were analyzed and determined content of nutrients, OM and pH, in accordance with Raij *et al.* (2001). Wetness and volatile solids were quantified by mass loss at 105 and 500° C, respectively, and total solids and inorganic elements were obtained by difference.

The experiment was carried out at random with four treatments and four repetitions, using 6 dm<sup>3</sup> polyethylene pots as experimental unities. Treatments with

concentrations equivalent to 60, 120, and 180 t ha<sup>-1</sup> of sewage sludge and a control without sludge were studied. Starting from the initial soil saturation index by bases (V%), the limestone quantity was estimated to raise V% to 70%. The dry mixture of portions of soil, limestone, and sludge was done following the adopted treatments, then it was homogenized and transferred to the pots. Next, the treated soil was incubated for 30 days, with a wetness similar to the field capacity being kept.

After incubation, a sample of approximately 0.5 dm<sup>3</sup> of soil was collected from each pot and a non-deformed 50 cm<sup>3</sup> sample with volumetric rings. Chemical attributes analyzed were the OM content, CEC, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> exchangeable content, sum of bases (SB), P, and S (CAMARGO *et al.*, 2009). In addition, the physical attributes “apparent density” by the volumetric ring method and “total porosity” were determined (EMBRAPA, 1997).

The results obtained underwent variance analysis and first and second polynomial regressions by adopting the best-adjusted model. For the calculation, the statistical appliance SISVAR was used (FERREIRA, 2011), taking into consideration a 5% statistical confidence level of probability.

## RESULTS AND DISCUSSION

One of the largest problems that may turn application of sewage sludge to the soil impracticable is the content of heavy metals in the residue composition. Some metals are essential elements to the plants, such as Cu, Zn, and N, called micronutrients. Others do not present a known function and are toxic, like Cd, Pb, and Cr. However, even micronutrients may be toxic to plants at high concentrations in the soil (BAIRD & CANN, 2011).

Comparison of values of the heavy metals analyzed with certified values (BCR 144-R) validated the accu-

cy of the conducted studies and were from 3.6 to 150 times lower than the maximum limits allowed by specific legislation (CONAMA, 2006), as seen in Table 2.

Heavy metals found in the sewage sludge are the result of, mainly, clandestine disposal of industrial effluents in the domestic draining system. Cd comes from paints, fuels, fertilizers, and pesticides, whereas Ni is from batteries, hydrogenated greases, and welds. Cr is used in tanning and electroplating processes. Cu is applied in electric wire plants, metal surface treatment, and agrotoxic industries.

**Table 2 - Comparison of the content of heavy metals found in the sludge from Santana wastewater treatment plant in Varginha, and the limits established by the 2006 CONAMA Resolutions 375 and 380.**

Element	Sludge*	BCR 144-R		CONAMA
		Certified	Found	
		mg dm <sup>-3</sup>		
Cadmium	0.16	1.84±0.07	1.8	39
Plumb	0.3	96±1.6	98	300
Nickel	118	44.9±1.5	43	420
Chromium	0.3	90±6	94	1000
Copper	8.3	-	-	1500
Zinc	185	-	-	2800

\*AVERAGE OBTAINED FROM THE SIX SAMPLES COLLECTED FROM THE DRYING TANKS.

At last, Zn is used in metallurgic industries (SILVA *et al.*, 2001). Heavy metals can cause several problems to the food chain due to the phenomena of bioaccumulation and biomagnification (BAIRD & CANN, 2011).

Ni and Zn presented the highest content in the sludge samples, i.e. 188 and 185 mg dm<sup>-3</sup>. Such values are, respectively, 3.6 and 15 times smaller than the maximum limits allowed for the elements by the legal standards (CONAMA, 2006). The content of Cd, Pb, Cr, and Cu in the sludge was also far short from regulations, not prohibiting therefore the use of sludge in agriculture.

The sludge was also analyzed as for characteristics of agricultural interest (Table 3). For agricultural purposes, sewage sludge is considered stable if the relation between volatile soluble substances and total solids is lower than 0.70 (CONAMA, 2006). In such case, sludge presented a rate of 0.68, which is suitable for agricultural use. Nitrogen is the most important plant nutrient among organic fertilizers and the element that plants need in larger quantity. Sludge presented a 3.4% N content, which gives a great potential to supply this element to plant

development. pH was near neutrality, which is ideal for soil use. It also presented a high content of OM, which makes it a choice for soil conditioning, improving its structure and the content of P, Ca, Mg, and S, despite low amounts of K, and it may favor soil fertility.

After incubation in the pots, sewage sludge provided an increased content of OM and CEC in the soil, which varied from 7.03 to 50.35 g dm<sup>-3</sup> and 283.50 to 503.56 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectively (Figures 1A and B).

The increase in OM content is the most important benefit of the agricultural use of organic residues due to its contribution to the improvement of the chemical, physical, and biological properties of soils (BERTON & VALADARES, 1991). Due to the presence of negative charges on the surface, OM is able to retain cations such as Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, and K<sup>+</sup>, as well as heavy metals. Thus, the application of sewage sludge, in addition to increasing OM content, also improves soil CEC (FERRER *et al.*, 2011). In tropical and subtropical soils, negative charges of OM represent a large percentage of total CEC, as illustrated in Figure 1 and in the results obtained by Lima *et al.* (2011).

**Table 3 - Agronomic characteristics of sewage sludge.**

pH	P	S	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>A+</sup>	K	N	MO	TS	VS	IS	Wetness
	mg dm <sup>-3</sup>		mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%	g dm <sup>-3</sup>	%			
6.4	347	713	216.5	45	19.48	3.4	262.33	32.36	21.90	10.46	67.63

TS: TOTAL SOLIDS; VS: VOLATILE SOLIDS; IS: INORGANIC SOLIDS.

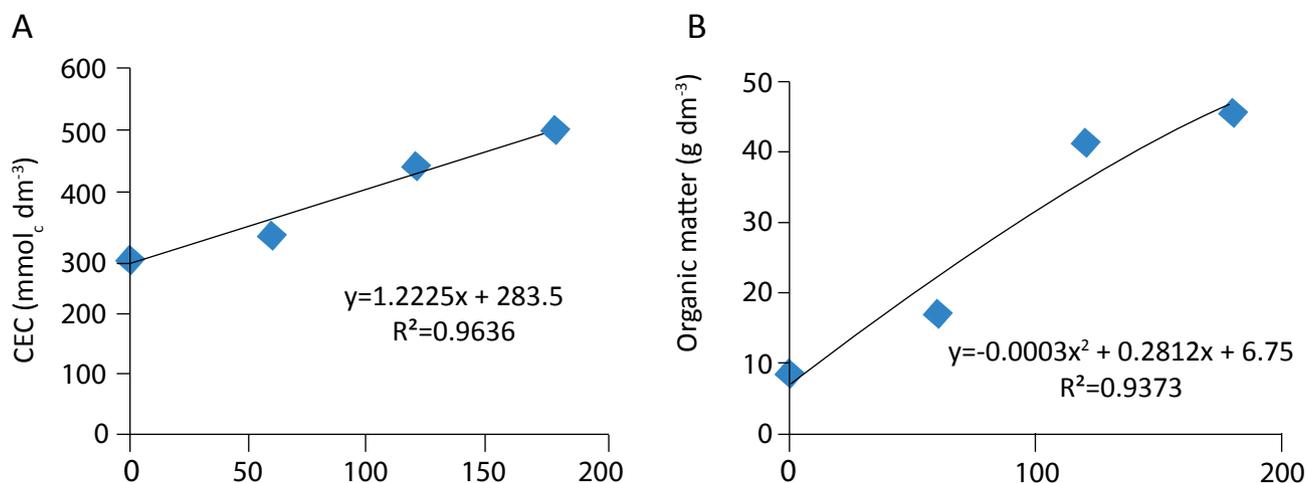


Figure 1 - Effect of the application of different sewage sludge dosages on soil CEC (A) and on organic matter (B).

Application of sludge also improves soil sorption complex in relation to K, Ca, Mg, and Na, thus increasing the SB of soils, especially when the residue is treated with limestone (FERRER *et al.*, 2011). From the control to the treatment with the highest concentration of sludge, Ca increased linearly from 260.70 to 484.03 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Figure 2A), and K from 1.41 to 4.42 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Similarly, Mg improved from 10.75 to 17.5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Figure 2C) and the SB from 275.83 to 499.48 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

Such results are in agreement with those obtained by Ricci *et al.* (2010), who observed the growth of K, Ca, and Mg content after application of up to 80 t ha<sup>-1</sup> of the sewage sludge compound. The increase in content of those nutrients in the soil was continuous provided that the proportion of applied sludge was increased, which also resulted in the elevation of the SB.

As far as fertility is concerned, the evaluated sludge presented high P content (347.5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) (Figure 2E). From the macronutrients required in larger quantities (N, P and K), P is the one that is requested in smallest quantities by plants, but it is the most used nutrient in fertilization in Brazil (RAIJ, 1991). This happens because plants do not absorb more than 10% of the applied P since acid tropical soils, rich in Fe and Al, retain P firmly in the soil (MALAVOLTA, 1989; SANTOS *et al.*, 2008). Another point that must be considered is the scarcity of phosphate reserves to be feasibly explored in order to produce fertilizers. At current consump-

tion rate, it is estimated that phosphate reserves are large enough for only 50 or 100 years of exploration (CORDELL *et al.*, 2009). This fact makes the study of new sources of P for agriculture necessary. Variation in P content in response to the application of sludge was from 9.58 to 77.68 mg dm<sup>-3</sup>, illustrating quadratic behavior (Figure 2E), which shows the high sludge potential in supplying this nutrient to plants.

The level of S in the soil also changed from 20.5 to 999 mg dm<sup>-3</sup> by increasing sludge dosage (Figure 2F). This is due to the 713 mg dm<sup>-3</sup> content of S in the residue (Table 3). According to Rheinheimer *et al.* (2005), soils with low OM content may present low S availability and limit plant development. Considering that the Brazilian soil, in general, presents low OM content, the addition of residues with high organic content as sewage sludge may also be important to supply S to plants. The origin of S in sewage sludge is attributed to the decomposition of proteins from human feces, to the presence of surfactants, and to S derived from the burning of fossil fuels (SÍGOLO & PINHEIRO, 2010).

Significant differences were observed among treatments and in the physical characteristics of apparent density and porosity of the soil. The results are in agreement with those of Aggelides & Londra (2000), for whom the application of sewage sludge supplies OM, which improves the particle aggregation condition, and, in turn, decreases density and increases soil porosity.

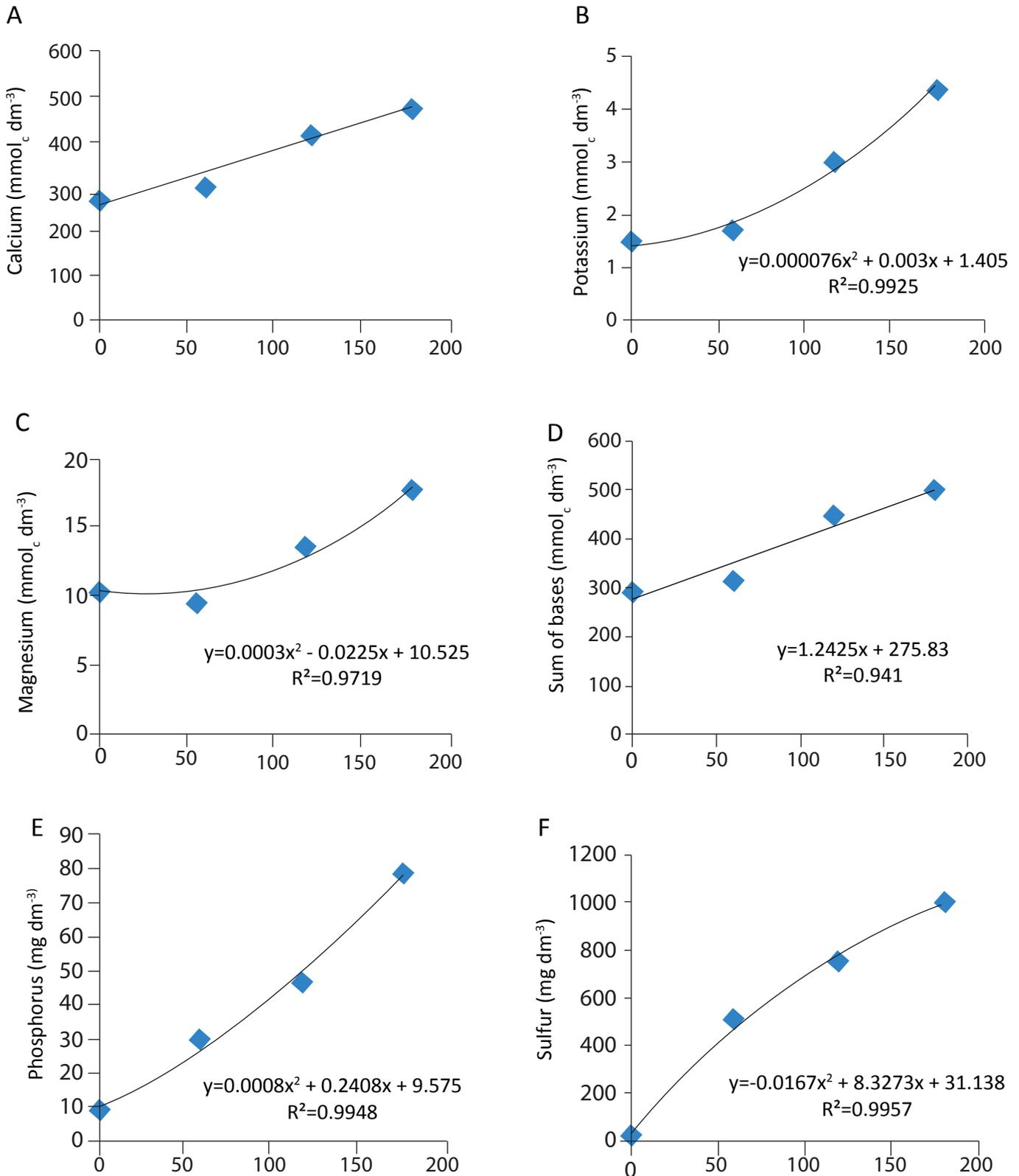


Figure 2 - Effect of the application of different sewage sludge dosages on Ca, K, Mg, P, S content and on the soil of sum of bases.

In accordance with the regression equations, the decrease in density and the increase in porosity occurred linearly by making the dosage of applied sludge higher, which varied from 1.38 to 1.06 g cm<sup>-3</sup> and 42.38 to 63.73%, respectively (Figures 3A and 3B).

The lowest density and highest porosity values provide the expectation of an increase in water infiltration in soil, and, consequently, less surface draining, which decreases erosion and offers more favorable conditions for the development of plants.

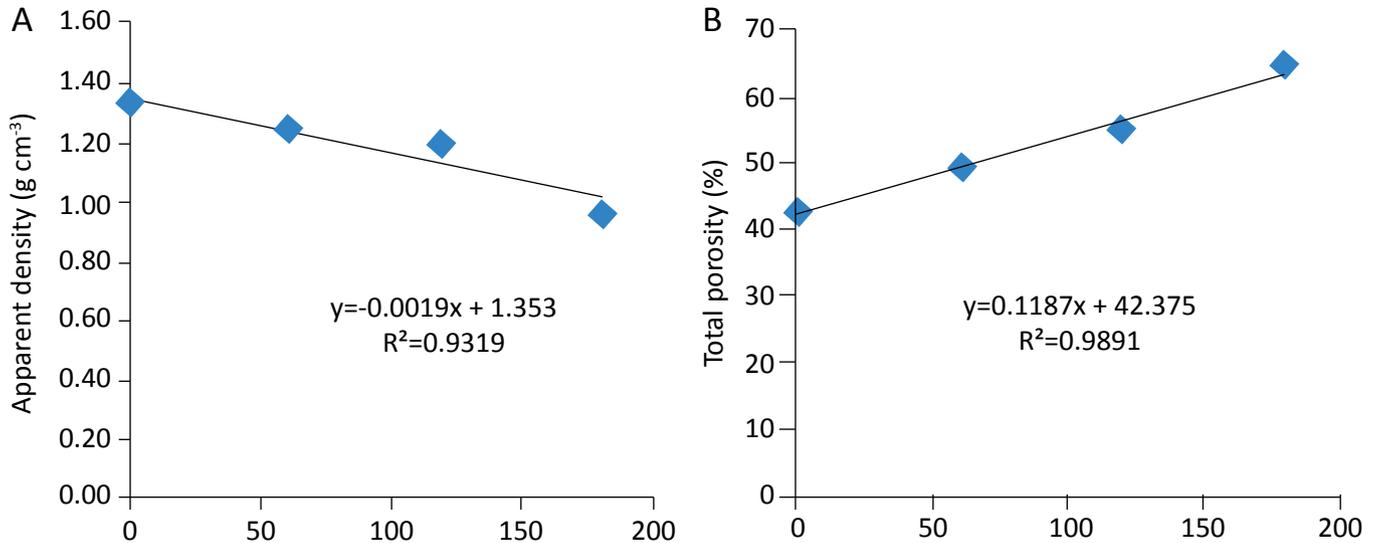


Figure 3 - Effect of the application of different sewage sludge dosages on apparent density (A) and total porosity (B) of the soil.

## CONCLUSIONS

Results indicate that the application of sewage sludge increased P, K, Ca, Mg, and S content, SB, CEC and OM, leading to a significant improvement in the fertility of the dystrophic latosol prevalent in Southern Minas Gerais. In fact, sewage sludge contributed even more to decrease the apparent den-

sity and to increase total porosity, improving physical properties of the studied latosol. The results suggest that the sewage sludge from the Santana treatment plant in Varginha, Minas Gerais, presents favorable conditions to be used as agricultural fertilizer and soil conditioner.

## ACKNOWLEDGEMENTS

To COPASA for providing the sewage sludge samples and to COOXUPE for the chemical analysis.

## REFERENCES

- AGGELIDES, S. M.; LONDRA, P. A. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and clay soil. *Bioresource Technology*, Amsterdam, v. 71, n. 3, p. 253-259, 2000.
- ALFENAS. *Leitura Técnica do Plano Diretor de Alfenas – MG*. Alfenas: Prefeitura Municipal de Alfenas, 2006. 189p.
- BAIRD, C.; CANN, M. *Química ambiental*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844p.
- BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S. Potencial agrícola de composto de lixo urbano no Estado de São Paulo. *O Agrônomo*, v. 43, n. 2, p. 87-93, 1991.

- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. *Métodos de análises química, mineralógica e física dos solos do Instituto Agronômico de Campinas*. Boletim Técnico 106. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2009. 77p.
- CEZAR, R.; SILVA, M.; COLONESE, J.; BIDONE, E.; EGLER, S.; CASTILHOS, Z.; POLIVANOV, H. Influence of the properties of tropical soils in the toxicity and bioavailability of heavy metals in sewage sludge-amended lands. *Environmental Earth Science*, Berlin, v. 66, n. 8, p. 2281-2292, 2012.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resoluções 375 e 380, de 29 de agosto de 2006*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2010.
- CORDELL, D.; DRANGERT, J. O.; WHITE, S. The story of phosphorus: global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, v. 19, n. 2, p. 292-305, 2009.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de pesquisas do solo. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FERRER, A.; DE OÑA, J.; OSORIO, F.; MOCHÓN, I. Evolution of the soil and vegetation cover on road embankments after the application of sewage sludge. *Water Air Soil Pollution*, Berlin, v. 214, n. 1, p. 231-240, 2011.
- FJALLBORG, B.; AHLBERG, G.; NILSSON, E.; DAVE, G. Identification of metal toxicity in sewage sludge leachate. *Environment International*, Elmsford, v. 31, n. 1, p. 25-31, 2005.
- KIDD, P. S.; DOMÍNGUEZ-RODRÍGUEZ, M. J.; DÍEZ, J.; MONTERROSO, C. Bioavailability and plant accumulation of heavy metals and phosphorus in agricultural soils amended by long-term application of sewage sludge. *Chemosphere*, Amsterdam, v. 66, n. 8, p. 1458-1467, 2007.
- KLIEMANN, H. J.; MAGALHÃES, R. T.; OLIVEIRA, I. P.; MORAES, M. F. Relações da produção de massa verde de *brachiaria brizantha* com os índices de disponibilidade de nutrientes em solos sob o sistema barreira de manejo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 33, n. 1, p. 49-56, 2003.
- LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; ARAUJO, A. S. F.; GALVÃO, S. R. S.; LEMOS, J. O.; SILVA, E. F. L. Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil. *Australian Journal of Soil Research*, Sidney, v. 48, n. 3, p. 258-265, 2010.
- LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; SOFIATTI, V.; GHEYI, H. R.; ARRIEL N. H. C. Atributos químicos de substrato de composto de lixo orgânico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 185-192, 2011.
- MALAVOLTA, E. *ABC da adubação*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 292p.
- MELO, L. C. A.; SILVA, C. A. Influência de métodos de digestão e massa de amostra na recuperação de nutrientes em resíduos orgânicos. *Química Nova*, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 556-561, 2008.
- PIMENTEL, M. S.; DE-POLLI, H.; LANA, A. M. Q. Atributos químicos do solo utilizando composto orgânico em consórcio de alface-cenoura. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 225-232, 2009.
- PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. *Uso e manejo de lodo de esgoto na agricultura*. Rio de Janeiro: PROSAB, 1999. 97p.
- RAIJ, B. VAN.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (ed.). *Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

RHEINHEIMER, D. S.; ALVAREZ, J. W. R.; FILHO, B. D. S.; SILVA, L. S.; BORTOLUZZI, E. C. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 562-569, 2005.

RICCI, A. B.; PADOVANI, V. C. R.; DE PAULA, D. R. J. Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado. II – Atributos químicos e revegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 543-551, 2010.

SANCHEZ-MONEDERO, M. A.; MONDINI, C.; DE NOBILI, M.; LEITA, L.; ROIG, A. Land application of biosolids. Soil response to different stabilization degree or treated organic matter. *Waste Management*, Amsterdam, v. 24, n. 4, p. 325-332, 2004.

SANTOS, J. Z. L.; FURTINI NETO, A. E.; DE RESENDE, A. V.; CURTI, N.; CARNEIRO, L. F.; COSTA, S. E. V. G. A. Frações de fósforo em solo adubado com fosfatos em diferentes modos de aplicação e cultivado com milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 705-714, 2008.

SÍGOLO, J. B.; PINHEIRO, C. H. R. Lodo de esgoto da ETE Barueri – SP: Proveniência do enxofre elementar e correlações com metais pesados associados. *Geologia USP, Série Científica*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 39-51, 2010.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEXE, C. A.; BERNARDES, E. M. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho- Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n. 5, p. 831-840, 2001.

SINGH, R. P.; AGRAWAL, M. M. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management*, Amsterdam, v. 28, n. 2, p. 347-358, 2008.

SUTHAR, S.; SINGH, S. Bioconcentrations of metals (Fe, Cu, Zn, Pb) in earthworms (*Eisenia fetida*), inoculated in municipal sewage sludge: do earthworms pose a possible risk of terrestrial food chain contamination? *Ecotoxicology Environmental Safety*, Amsterdam, v. 24, n. 1, p. 25-32, 2008.

## CONSUMO E RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL: AS CONTRIBUIÇÕES DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

CONSUMPTION AND SOLID WASTE IN BRAZIL: THE CONTRIBUTIONS OF ENVIRONMENTAL EDUCATION

*Gustavo Ferreira  
da Costa Lima*

Professor e Pesquisador do Departamento de Ciências Sociais (DCS) e do Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – João Pessoa (PB), Brasil.

**Endereço para correspondência:**

Gustavo Ferreira da Costa Lima –  
Rua Ferreira Lopes, 141, apto.  
201, Casa Amarela – 52060-200 –  
Recife (PE), Brasil –  
E-mail: gust3lima@uol.com.br

### RESUMO

O artigo objetivou analisar o consumo e a produção de resíduos sólidos na sociedade brasileira atual e as contribuições que a Educação Ambiental (EA) pode agregar ao problema. É um ensaio teórico que dialoga com a produção da área e com os pressupostos da Ecologia Política, da Educação Ambiental Crítica e das teorias sobre a Sociedade Pós-industrial. Metodologicamente revisa a literatura sobre os temas envolvidos e interpreta-a por meio do referencial teórico mencionado. O texto constrói o argumento de que, apesar da complexidade que constitui o tema dos resíduos sólidos na atualidade, o debate dominante tem sido orientado por uma abordagem técnico-gerencial que desconsidera as dimensões ético-culturais e políticas do problema. Fundado nesse argumento, examina as contribuições que a Educação Ambiental Crítica pode agregar ao problema na transformação do conhecimento e das atitudes existentes na direção de outra abordagem que integre toda a complexidade do tema.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos; consumo; educação ambiental.

### ABSTRACT

This study analyzes the consumption and production of solid waste in current Brazilian society and the contributions that environmental education can bring to solve the problem. It is a theoretical essay that dialogues with literature and with the assumptions of Political Ecology, of Critical Environmental Education and the Post-Industrial society's theories. Methodologically, it reviews the literature on the issues involved and interprets it through the theoretical background mentioned above. The paper argues that besides the complexity that makes up the solid waste theme in current societies, the dominant debate has been guided by a technical approach that disregards the ethical-cultural and political dimensions of the problem. Based on this argument, it examines the contributions that critical environmental education can add to the problem in terms of transforming the existing knowledge and attitudes towards another approach able to include the whole complexity of this theme.

**Keywords:** solid waste; consumption; environmental education.

## INTRODUÇÃO

O presente artigo objetivou propor uma reflexão sobre a relação entre o consumo e a produção de resíduos sólidos na sociedade brasileira contemporânea e, dentro dela, examinar a contribuição possível dos processos educativos, em especial da educação dirigida aos problemas ambientais.

Compreende um ensaio teórico que dialoga com a produção da área, com os pressupostos da Ecologia Política, da Educação Ambiental Crítica e com os analistas que tematizam a Sociedade Pós-Industrial (LIPIETZ, 2003; LITTLE, 2006; CARVALHO, 2004; LOUREIRO, 2004; LIMA, 2009; HARVEY, 2012; KUMAR, 1997). Metodologicamente revisa a literatura sobre os temas envolvidos e interpreta-a por meio do referencial teórico mencionado.

É de conhecimento público o crescimento exponencial dos resíduos sólidos nas sociedades atuais, em particular no caso brasileiro, objeto deste artigo. São muitos os problemas decorrentes desse crescimento que preocupam os analistas do assunto, as autoridades públicas e a população em geral. Sobre o tema, os especialistas advertem, por exemplo, que, embora diferenciada em termos mundiais, a produção mundial de lixo supera com folga as taxas de crescimento demográfico. No caso brasileiro, a população cresceu, entre 1991 e 2000, 15,6%, enquanto o total de descarte de resíduos no país aumentou 49% (WALDMAN, 2010; DI CREDDO, 2012).

Jacobi & Besen (2011) constata a preocupação nacional e mundial com o tema, ante o crescimento da produção, a escassez de áreas de destinação final e, em especial, a inadequação e as insuficiências do gerenciamento. Para todos os efeitos, a produção de resíduos sólidos, influenciada pela expansão e diversificação do consumo na fase pós-industrial do capitalismo, constitui um problema ambiental de grande magnitude na medida em que contamina os solos, ocupa áreas urbanas que poderiam ter outras finalidades, ameaça as fontes de água, se reflete nas enchentes urbanas, na poluição do ar e na proliferação de impactos sobre a saúde das populações direta ou indiretamente envolvidas com seu manejo.

Malgrado a complexidade do problema, ainda são frequentes no debate abordagens que reduzem o proble-

ma a seus aspectos técnicos e gerenciais e a crença de que a reciclagem é capaz de solucionar o problema. Segundo essas posições, o consumo não é o foco problema, mas a insustentabilidade que o caracteriza, sanável por intermédio de programas de informação e Educação Ambiental (EA), de coleta seletiva e de ampliação dos níveis de reciclagem.

Outras leituras do fenômeno, embora reconheçam a importância da reciclagem na gestão integrada dos resíduos, consideram que ela não é suficiente para conter o problema. Segundo essas interpretações, a reciclagem tem limites objetivos e subjetivos que merecem ser considerados na construção de uma estratégia complexa de gestão dos resíduos sólidos. Embora teoricamente todo produto possa ser reciclado, ele só o será se houver um mercado interessado em seu processamento e a custos compatíveis. Os limites tecnológicos atuais também fazem com que um grande número de resíduos seja totalmente inaproveitável.

Por outro lado, como observou o economista Georgescu-Roegen, a lei da entropia que governa os ciclos biofísicos e econômicos estabelece que todo trabalho ou transformação de energia produz calor e parte desse calor se dissipa ao longo do processo, resultando, ao final, em uma quantidade menor de energia utilizável. A entropia é essa tendência à perda ou à dissipação de energia que impõe limites à reprodução ilimitada de todo processo de transformação, entre eles a reciclagem (GEORGESCU-ROEGEN *apud* CECHIN, 2010). Assim, a reprodução da reciclagem de um produto não é infinita; no caso dos bens recicláveis, eles perdem gradualmente suas propriedades físicas até se tornarem inservíveis. Waldman (2010) mostra, por exemplo, que o ciclo de reciclagem do papel pode se repetir, no máximo, de cinco a seis vezes, a partir das quais as fibras de celulose vão se descaracterizando. O processo de reciclagem também produz resíduos, consome energia, água e matérias-primas em quantidades consideráveis, o que também representa um limite.

Além desses limites objetivos, persiste o fato de que, simbolicamente, a reciclagem alimenta a ilusão de que é possível manter o padrão de crescimento da produção e do consumo indefinidamente, ao apelar para a noção de consumo sustentável (WALDMAN, 2010; CORNIERI & FRACALANZA, 2010; DEMAJOROVIC, 1995).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída em 2010 pela Lei nº 12.305, no Governo Lula, reacendeu o debate sobre o tema e existem expectativas sobre as respostas que os governos municipais, as empresas, os cidadãos e os grupos organizados vão dar à política, levando os analistas a indagarem se e quanto da política vai, de fato, ser convertida em práticas na realidade cotidiana.

Os debates recentes da Rio+20 sobre mudanças climáticas e economia verde, por sua vez, levam à conclusão lógica e matemática de que a única maneira de elevar o padrão de vida dos países e populações mais pobres sem precipitar catástrofes climáticas é reduzir o consumo dos mais ricos (ABRAMOVAY, 2012). Essa expectativa, contudo, parece cada dia mais remota, dada a centralidade que o consumo assumiu na vida econômica e sociocultural contemporânea. Nesse cenário crescem o consumo mundial e as desigualdades

entre os que consomem pouco e muito. Com isso, aquilo que, em teoria, parece uma conclusão racional e um objetivo desejável se transforma em uma meta aparentemente inatingível.

O conjunto de elementos mencionados justifica a relevância do problema e resulta nas indagações que originaram este ensaio: como a expansão do consumo nas sociedades contemporâneas tem impactado a geração de resíduos sólidos? Quais as atitudes e respostas dominantes sobre essa relação problemática? Será que a reciclagem e a ideia de consumo verde são suficientes para conter o problema? Que contribuições a EA pode agregar à construção de uma abordagem complexa da relação consumo-resíduos sólidos? Essas questões definem o objetivo do artigo na busca por compreender as relações sociais contemporâneas entre o consumo e a geração de resíduos sólidos e o papel da EA nesse processo.

## OS RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA SOCIEDADE DE CONSUMIDORES

As últimas décadas do século XX testemunharam um conjunto complexo de mudanças políticas, econômicas, culturais e tecnológicas nas sociedades ocidentais e nas outras sociedades sob sua influência que, embora não indicassem uma mudança do sistema capitalista predominante, caracterizaram transformações significativas nesse sistema que justificaram um amplo debate, ilustrado por termos como sociedade pós-industrial, sociedade da informação, pós-fordismo, sociedade de risco, sociedade de consumo, modernidade tardia, sistemas de acumulação flexíveis e sociedade pós-moderna, entre outros possíveis.

Assim, se não se tratava de uma revolução estrutural das sociedades modernas, presenciavam-se, sem dúvida, intensas mudanças em seu interior que não podiam ser desprezadas. Registravam-se, por exemplo, mudanças significativas no mundo do trabalho e da produção, novas estratégias de percepção e promoção do consumo na economia e na cultura; diversificação na estrutura das ocupações e profissões; fragmentação e mercantilização da cultura; ruptura de identidades tradicionais; inovações tecnológicas expressivas no uso da informação, da comunicação e dos transportes; novos riscos decorrentes do desenvolvimento tecnológico; globalização e descentralização da economia; novas formas de experimentar o tempo e o espaço, entre ou-

tras, todas elas com implicações múltiplas e sistêmicas no interior da ordem constituída (HARVEY, 2012; KUMAR, 1997; GIDDENS; BECK; LASH, 1997; BECK, 1992; BAUMAN, 2003).

Neste artigo deseja-se destacar as mudanças econômicas e culturais verificadas no mundo da produção, da circulação e do consumo de mercadorias que promoveram a esfera do consumo, tanto no âmbito dos mercados e da acumulação capitalista quanto no âmbito simbólico da construção das identidades, dos discursos e nos modos de conferir distinção, *status* e posição social aos indivíduos enquanto consumidores. Mais que isso, deseja-se compreender como essas novas atribuições do consumo e dos consumidores se refletiram na geração de resíduos sólidos e nos problemas ambientais daí resultantes (HARVEY, 2012; BOURDIEU, 1999; BAUDRILLARD, 1995; PORTILHO, 2005).

Assim, o consumo, que na sociedade industrial era uma esfera determinada e subordinada à produção, passa a assumir, nas décadas finais do século XX, um novo papel de maior protagonismo, que, embora não o separe da produção, abre um novo ciclo de acumulação dirigido e intensificado pela demanda e sua diversificação.

Do ponto de vista simbólico, o consumo também assumiu relevo análogo com o declínio relativo da centra-

lidade do papel do trabalho na vida objetiva e na formação da subjetividade humana. É fácil perceber, por exemplo, como a construção das identidades sociais, antes centrada no trabalho e no lugar do trabalhador na ordem econômico-social, vem sendo, crescentemente, influenciada pelas posses, pelos gostos e pelas opções de consumo dos indivíduos. Assim, o uso de tais ou quais produtos, marcas ou serviços, a aptidão para usá-los ou consumi-los “corretamente”, o local de moradia, o destino onde se usufrui as férias, os bens ou serviços culturais preferidos, mas também aquilo que se evita e se rejeita, tornam-se sinais relevantes na definição do perfil identitário e da posição social dos indivíduos (HALL, 1998).

Para Harvey (2012), entre as estratégias de superação da crise econômica que atingiu o mundo capitalista em meados da década de 1970 figura a aceleração do giro do capital como forma de elevar a produtividade e a rentabilidade dos capitais investidos. Essa aceleração que se inicia na produção, via introdução de novas tecnologias de informação e automação, de organização gerencial e flexibilização do trabalho e de seus mercados, dependia de acelerações análogas nas esferas da troca e do consumo. O autor relaciona algumas tendências de aceleração do consumo e suas consequências mais visíveis, entre as quais: a promoção da moda em mercados de massa não só em termos de roupas, mas de forma ampla nos estilos de vida e de lazer; o estímulo ao consumo de serviços pessoais, comerciais, educacionais, de saúde, espetáculos e entretenimento que têm um tempo de vida mais curto em relação aos bens materiais duráveis e o consumo de cultura, agora visto, ao mesmo tempo, como novo campo de negócios que constitui um amplo mercado de bens simbó-

licos (BOURDIEU, 1974) e laboratório de produção de imagens e signos associados aos circuitos renovados de fantasia e de valorização de mercadorias.

As consequências dessas tendências aparecem na experiência da efemeridade e transitoriedade das relações sociais; na insegurança e precariedade das relações de trabalho; na vida abreviada dos produtos resultantes de processos de obsolescência técnica e estética; na erosão das noções e práticas relacionadas à esfera pública e à cidadania; na cultura difusa e pervasiva de descartabilidade e no modo como essa cultura também vai afetar a estabilidade e durabilidade dos contratos — de trabalho, de casamento, etc. —, dos valores, das ideias, das instituições, dos estilos de vida, dos saberes e das formas de ser e agir. É nesse sentido que Bauman (2003) vai caracterizar a vida, a modernidade e os tempos líquidos em que vivemos, nos quais nada dura o tempo suficiente para se consolidar e ganhar uma forma estável, relativamente ao mundo sólido da sociedade industrial.

A intensificação do consumo e da descartabilidade produz efeitos inequívocos sobre a geração de resíduos sólidos e sobre a degradação dos recursos naturais, razões que tornam sua consideração indispensável no debate ambiental, no planejamento da gestão dos resíduos sólidos e na compreensão das possibilidades de a EA se desenvolver nesse contexto.

Parece, portanto, que, embora as respostas técnicas e de logística na gestão sejam fundamentais ao debate e à abordagem dos resíduos sólidos, não são suficientes para compreender o problema em toda sua extensão nem para deter o crescimento na geração de resíduos nas sociedades de consumo atuais.

## POLÍTICAS E GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

A análise histórica das políticas públicas de resíduos sólidos no Brasil e no mundo demonstra que apenas nas décadas finais do século XX, em especial a partir dos anos 1970, emergiram iniciativas institucionais, mais ou menos consistentes, de aperfeiçoamento da gestão do setor e das próprias concepções de resíduos sólidos e seu tratamento.

As motivações principais para essa problematização dos resíduos sólidos nos fins do século XX estão associadas à expansão demográfica e da urbanização, do consumo e da geração de resíduos, com todos os seus

efeitos indesejáveis; à difusão de uma consciência e ação ambientalista, com crescimento da demanda por leis, políticas e instrumentos institucionais de gestão ambiental; a um ressurgimento de movimentos da sociedade civil que abriam novos espaços para debates e experiências sobre democracia participativa, gestão compartilhada, instrumentos e fóruns de participação social e governança (DEMAJOROVIC, 1995).

É sabido que as trajetórias desses processos de politização do lixo se deram de maneiras diferenciadas entre

os países do Norte e do Sul. Nos países do Norte, a disponibilidade de recursos econômicos, técnicos e institucionais associados a padrões mais consolidados de educação, cidadania política e ambiental tem produzido políticas mais consistentes e uma evolução do conhecimento e das propostas para mitigar o problema.

Nos países e nas cidades do Sul, em que pese sua diferenciação interna, persistem déficits de ordens diversas que dificultam o avanço e o equacionamento do problema e impõem às populações passivos ambientais e sociais ainda bastante expressivos. A literatura diagnóstica um conjunto de problemas históricos que desafiam a gestão do lixo nesses países, em que se destacam: a falta de prioridade do tema na pauta governamental; a consequente limitação de recursos financeiros diante da magnitude do problema; a falta de políticas integradas e continuadas que sejam capazes de padronizar diretrizes nacionais, de articular os três níveis de governo, de integrar os diversos setores do governo envolvidos no problema e de promover um sistema de gestão participativo que inclua o conjunto de atores governamentais, empresariais e da sociedade civil, incluído o cidadão comum e a persistência de uma concepção técnica do problema que reduz sua compreensão a uma engenharia de limpeza urbana que desconsidera as dimensões políticas, culturais, educacionais, sociais, institucionais e jurídicas da questão (JACOBI & BESEN, 2011; COSTA; DE MARIO; VITAGLIANO, 2011; BROLLO, 2001).

No Brasil, a despeito do crescimento da preocupação e dos debates sobre o tema, de experiências pontuais exitosas em diversos municípios, de um inegável avanço jurídico-legal e da melhoria de alguns indicadores de gestão do setor, em que se destaca a mais recente – PNRS, sancionada em 2010, persistem desafios expressivos, além de uma atitude ambígua que mistura o otimismo com a nova política e as incertezas sobre sua implementação. Há, entre os analistas do tema, um consenso de que a PNRS é positiva e inovadora e abre um novo ciclo de debate, educação e negociação política para fazer avançar a qualidade da gestão dos resíduos sólidos no país. Há, por outro lado, uma cultura política adversa que não atribui a prioridade que o assunto merece, não produz entre os atores envolvidos o reconhecimento de sua parcela de responsabilidade na gestão compartilhada, além da histórica carência de planejamento estratégico, de capacidade técnico-gerencial, de investimento em infraestrutura, de educação da população, de incentivo

à organização social das cooperativas e de mecanismos de fiscalização e punição que garantam o cumprimento da própria lei (WALDMAN, 2010; DI CREDDO, 2012; JACOBI & BESEN, 2011; GRIMBERG, 2010, 2012). O fato é que o prazo estipulado pela PNRS para os municípios erradicarem seus lixões se esgotou em agosto de 2014 e dos 5.565 municípios do país, 3.344, que correspondem a aproximadamente 60% do total, não cumpriram a lei. O expressivo descumprimento da lei abriu o debate entre os atores envolvidos na PNRS, no âmbito do Congresso Nacional, sobre o possível adiamento da política por mais dois, quatro ou oito anos. Os representantes dos municípios defendem a postergação dos prazos alegando insuficiência de recursos financeiros, técnicos e gerenciais, seja para elaborar o Plano de Gerenciamento de Recursos Sólidos (PGRS), seja para substituir os lixões por novos aterros sanitários e cumprir as demais exigências da lei, como é o caso da coleta seletiva de resíduos secos e úmidos em articulação com o setor produtivo, os coletivos de catadores e a sociedade abrangente. Outros analistas discordam dessa posição sob o argumento de que a política já vem sendo discutida desde 1991, muito antes, portanto, de sua aprovação, e que a Lei nº 9.605 de Crimes Ambientais, desde 1998, coíbe a manutenção dos lixões. Para estes últimos, um adiamento geral dos prazos seria injusto com as cidades que obedeceram à lei e não representa uma solução realista para superar os obstáculos elencados. Sugerem, ao contrário, que os municípios irregulares sejam avaliados, caso a caso, e busquem prorrogações de prazo intermediadas pelo Ministério Público, vinculadas a Termos de Ajustamento de Conduta (TACs) que instituem contrapartidas e compromissos com os gestores municipais presentes e futuros (MANTOVANI, 2014; HENDGES, 2014).

Apenas a título de ilustração, apresentam-se a seguir alguns dados recentes sobre a gestão dos resíduos sólidos urbanos no país que dão uma ideia aproximada do estado da arte do setor e dos desafios remanescentes que se colocam para seu avanço. Importante registrar que a base de dados sobre resíduos sólidos no Brasil ainda é insuficiente na regularidade, na produção de séries históricas e na geração de dados com critérios, categorias analíticas e desenhos metodológicos homogêneos que permitam comparar as diferentes fontes entre si e em diferentes momentos históricos. Essa heterogeneidade na geração dos dados resulta, com frequência, em inconsistências e discrepâncias entre diferentes fontes de dados e mesmo entre dados de uma mesma fonte,

o que dificulta a análise dos pesquisadores. Ainda assim, são os dados existentes e, apesar dos problemas relatados, eles permitem uma visão aproximada da situação.

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, produzido pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2013, o Brasil produziu um volume de 76.387.200 t, que é 4,1% superior ao volume produzido em 2012 e também superior à taxa de crescimento populacional no período (de 3,7%). O mesmo estudo mostra que desse total de resíduos sólidos urbanos gerados foram coletadas 69.064.935 t, o que equivale a 90,4% do total gerado. A comparação com dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, da mesma ABRELPE, de 2008, mostra que nesse ano foi gerado um total de 61.925.170 t e destes foi coletado o percentual de 87,94% (ABRELPE, 2008, 2013). No geral, percebe-se que o país avança na matéria e vive o desafio de universalizar a coleta de todo o lixo gerado nas cidades. Outros estudos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) e do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012) ressaltam, contudo, que em contextos rurais a coleta ainda é bastante inferior à urbana e que, à medida que as populações rurais aumentam o consumo de bens industrializados, essa demanda se torna mais e mais necessária.

Sobre a destinação final dos resíduos sólidos urbanos, o mesmo documento da ABRELPE demonstra que, em 2013, 58,3% dos resíduos coletados foram destinados a aterros sanitários, 24,3%, a aterros controlados, e 17,4%, a lixões a céu aberto. Considerando que os aterros controlados ainda são formas inadequadas de disposição final de resíduos, conclui-se que 41,74% do total coletado ainda teve uma destinação imprópria. A mesma série produzida pela ABRELPE para o ano de 2008 revela que nesse ano 54,8% dos resíduos foram destinados a aterros sanitários, 20%, a aterros controlados, e 25,2%, a lixões comuns. Novamente, a soma dos dois últimos itens que correspondem a formas de disposição inadequada dos resíduos foi de 45,2%. A questão da destinação final também demonstra um relativo avanço, embora ainda seja preocupante constatar que mais de 40% dos resíduos coletados tenham um destino impróprio, tendo em vista os danos sanitários, ambientais, sociais e econômicos que disso decorrem (ABRELPE, 2008, 2013).

Os dados sobre programas ou iniciativas de coleta seletiva, segundo o Panorama ABRELPE de 2013, indicam que

3.459 municípios brasileiros revelaram desenvolver alguma iniciativa de coleta seletiva, o que equivale a uma proporção de 62,1% da totalidade dos 5.570 municípios do país no momento. O Panorama ABRELPE para o ano de 2008 mostra que as iniciativas de coleta seletiva ocorreram em 55,9% dos municípios brasileiros. Ambos os relatórios, contudo, ressaltam que as iniciativas declaradas têm um caráter insuficiente, muitas vezes se referindo a pontos de coleta de resíduos recicláveis ou a convênios firmados com catadores e suas cooperativas. Isso indica que as iniciativas referidas não abrangem a totalidade do território ou da população do município. Constatam também, por outro lado, que as iniciativas de coleta seletiva crescem com as taxas de urbanização e de aumento da população nos municípios (ABRELPE, 2008, 2013).

Outro dado importante aparece na análise do lixo orgânico e do seu potencial de real aproveitamento. O Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos, publicado pelo IPEA em 2012, mostra que o lixo orgânico corresponde a mais da metade de todo o lixo domiciliar produzido, correspondendo a um percentual entre 50 e 60% de todo o lixo gerado, embora o percentual de seu aproveitamento em compostagem ainda seja de apenas 1,6%. Esse é um desafio importante por diversas razões. Primeiro, porque o volume do lixo úmido torna o transporte e manejo dos resíduos muito mais caro e trabalhoso; em segundo lugar, porque devido ao volume que representa ele acaba reduzindo a vida útil dos aterros. Necessário ainda considerar que o lixo orgânico pode ser aproveitado favoravelmente sob a forma de composto para fins agrícolas e de geração de energia. A questão do aproveitamento racional do lixo orgânico parece esbarrar, sobretudo, no desinteresse do mercado por uma atividade sem retorno financeiro no curto prazo, nos custos e na gestão requeridos para efetivar o processo de compostagem por meio de programas governamentais e na resistência das empresas privadas terceirizadas que realizam os serviços de coleta, transporte e disposição final do lixo, que recebem por tonelada tratada e têm na fração orgânica do lixo a parcela mais lucrativa (IPEA, 2012).

Os dados sobre o volume percentual de resíduos sólidos reciclados variam segundo as fontes e os métodos adotados e, embora tenham aumentado nas últimas décadas, correspondem, segundo Waldman (2010), a cerca de 13% do total dos resíduos urbanos coletados. Relativamente ao passado, esse percentual era de 4% em 1999 e de 10% em 2003. Contudo, ainda é um re-

sultado muito baixo, quando comparado com os números da Alemanha, Bélgica, Holanda e Áustria, com aproveitamento de 35%, e dos Estados Unidos, com cerca de 30%. Novamente importa considerar que a não reciclagem representa um desperdício de recursos que o IPEA (2010) já estimou em R\$ 8 bilhões anuais. Além disso, não reciclar significa explorar novos recursos naturais e energéticos que poderiam ser poupados, reduzir o tempo útil dos aterros sanitários e elevar os custos de coleta, transporte e disposição final.

Esse conjunto de dados sobre geração, coleta domiciliar, destinação final, coleta seletiva, resíduos orgânicos, compostagem e reciclagem, ainda que geral, representa o lado mais visível e objetivo da gestão dos resíduos sólidos domiciliares no Brasil e são eles que centralizam a maior parte dos debates e das análises. É com base nesses grandes números que os analistas do tema têm construído os diagnósticos atuais, os prognósticos futuros e as recomendações de políticas e de gestão para o setor, estimativas que, em grande medida, coincidem com as metas da recente PNRS.

Nessa literatura é possível perceber algumas linhas de consenso que apontam para recomendações como: a) concluir a universalização da coleta regular de resíduos domiciliares na zona urbana e investir em ampliação da coleta e gestão adequada dos resíduos nas zonas rurais; b) erradicar os lixões e aterros controlados remanescentes; c) multiplicar e distribuir programas de coleta seletiva pelo território nacional; d) ampliar, conseqüentemente, o volume de reciclagem de resíduos sólidos secos; e) ampliar igualmente o aproveitamento do lixo orgânico

em programas de compostagem e de aproveitamento energético<sup>1</sup> (WALDMAN, 2010; DI CREDDO, 2012; CORNIERI & FRACALANZA, 2010; JACOBI & BESEN, 2011).

Uma análise cuidadosa do problema, contudo, permite constatar que o equacionamento desse conjunto de metas objetivas depende de uma complexa estrutura de gestão e de políticas que articulem múltiplos atores e fatores político-institucionais, culturais, educacionais, sociais e econômicos de difícil coordenação.

A gestão compartilhada é um aspecto estratégico nessa construção e carente de aperfeiçoamento nas relações entre as esferas de governo federais, estaduais e municipais e de governança entre os entes governamentais, privados e da sociedade civil. Há, nessa área, muitos desafios a superar do ponto de vista da distribuição de responsabilidades e de recursos entre o âmbito federal e os municípios, na mudança da cultura política e da relação entre o governo e as empresas, como também na relação entre os governos e os movimentos de catadores de resíduos, que historicamente têm prestado um inestimável serviço à sustentabilidade da sociedade brasileira com muito escasso reconhecimento e valorização, remuneração, segurança sanitária e apoio institucional.

Vê-se, portanto, que, apesar do relativo avanço na gestão e nas políticas dos resíduos sólidos no Brasil, ainda há grandes desafios e parece evidente que o equacionamento do problema transcende largamente a visão técnico-gereencial ainda prevalecente em muitos contextos.

## A INSERÇÃO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA QUESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A primeira constatação sobre as possíveis contribuições da EA ao problema dos resíduos sólidos é de que há múltiplos caminhos educativos e não apenas um. O debate da EA nas últimas três ou quatro décadas revela essa diversidade de denominações que expressam concepções diferenciadas dos problemas ambientais, da crise ambiental, dos sentidos e objetivos da ação educativa

e de como se conjugam em seu interior as dimensões sociais, ambientais, ético-culturais, políticas e técnicas. Grosso modo e para fins didáticos, convencionou-se definir duas grandes matrizes político-pedagógicas que abrigam um amplo conjunto de posições sobre a relação entre a sociedade, a educação e o meio ambiente. São elas as matrizes de EA Conservacionista e de EA Crítica.

<sup>1</sup>O debate geral, como disse acima, inclui recomendações à gestão adequada dos resíduos de construção civil e demolições, dos resíduos de serviços de saúde e dos resíduos industriais, entre outros, que, pelas particularidades inerentes e limites de formatação do artigo, não incluiremos nesta análise.

A matriz conservacionista ressalta os aspectos biológicos e técnicos da relação sociedade-ambiente; o predomínio da influência das ciências naturais; o estímulo ao desenvolvimento da sensibilidade e à mudança de comportamentos individuais em relação à natureza; uma crítica à cultura antropocêntrica e uma defesa do biocentrismo; a resolução objetiva dos problemas ambientais locais; uma pedagogia centrada na transmissão de conteúdos da ciência ecológica; uma atitude normativa e moral que condena as práticas degradadoras do ambiente; o uso de epistemologias sistêmica e, em certos casos, positivista; uma concepção objetivista e neutra do conhecimento e uma relativa desconsideração dos fatores históricos, políticos e sociais na compreensão da gênese da crise ambiental (LIMA, 2009).

Essa matriz conservacionista tem evoluído, desde os anos 1980, que marcam a expansão do processo de globalização e a hegemonia mundial das políticas neoliberais, para uma variante de corte pragmático ligada a um ambientalismo de resultados, ao predomínio da esfera do mercado sobre as esferas do Estado e da sociedade civil, a uma inspiração privatista que prescreve “mudanças dentro da ordem” representadas no consumo verde, na responsabilidade ambiental, nas certificações ISO, nos mecanismos de desenvolvimento limpo (MDLs), no incentivo às tecnologias limpas como principal e, às vezes, única estratégia de combate à degradação, nos argumentos da economia verde e no princípio da ecoeficiência (LAYRARGUES & LIMA, 2014).

A matriz da EA crítica se constrói por oposição às correntes anteriores e destaca elementos como o socioambientalismo para representar uma compreensão interdisciplinar dos problemas, antes lidos como meramente “ecológicos”; o predomínio de conhecimentos derivados das ciências humanas e sociais; o reconhecimento da importância dos conflitos, da cultura e dos valores na abordagem educativa do ambiente; o uso de epistemologias dialéticas, da complexidade e, em alguns casos, pós-estruturalistas, uma pedagogia dialógica, problematizadora e construtivista; a afinidade com os movimentos de justiça ambiental; uma crítica à ambiguidade da tecnologia e aos riscos dela decorrentes; uma associação entre a sócio e a biodiversidade e a valorização da sociedade civil, das populações tradicionais e dos movimentos sociais como espaço e agentes privilegiados na busca de alternativas às políticas e discursos oficiais de meio ambiente (LIMA, 2009).

Quando se traduz esse mapa conceitual, político e pedagógico da EA ao complexo quadro dos resíduos sólidos no Brasil, revelam-se as diversas possibilidades de abordar o problema e de propor soluções a ele.

Como vimos, há possibilidades de abordar o problema por uma perspectiva técnico-gerencial, que é pragmática, e vai ressaltar o curto prazo, as dimensões objetivas e visíveis do problema, a aposta nas respostas tecnológicas, o adestramento dos comportamentos, o potencial da reciclagem, do consumo sustentável e da responsabilidade ambiental, a difusão de informações sobre os prejuízos do lixo e os benefícios de sua adequada gestão e os instrumentos econômicos e de mercado, como é o caso dos MDLs. Como prática educativa, essa perspectiva pretende melhorar a eficiência do sistema existente sem, contudo, questionar os modelos de desenvolvimento, produção e consumo e os estilos de vida que fundamentam a estrutura econômico-social hegemônica. Ou seja, trata-se, em última instância, de promover ajustes tecnológicos, gerenciais e comportamentais que simulam mudanças, ainda que o essencial da racionalidade capitalista seja preservado. Como é visível, essas estratégias radicam nas vertentes conservacionista e pragmática acima mencionadas.

A perspectiva crítica, ao contrário, tende a ressaltar os aspectos históricos e estruturais da civilização capitalista e da sociedade de consumo de massa para explorar seus conflitos, suas contradições e as alternativas de mudança e emancipação política e cultural abertas aos indivíduos, grupos e movimentos sociais. Nesse sentido, entende o processo educacional como um caminho problematizador e reflexivo para a descoberta e a prática de outras formas de ser e estar no mundo.

No caso considerado, trata-se de compreender a atual sociedade de consumo e os estilos de vida que originam os excessos de resíduos que hoje testemunhamos explorando suas causas e consequências, os sentidos da aquisitividade e da acumulação de bens, as identidades construídas sobre a posse de mercadorias, os valores e significados implicados nesse modo de vida e as possíveis alternativas à configuração social dominante.

A perspectiva crítica da EA, portanto, vai trabalhar a complexidade inerente à temática dos resíduos sólidos, articulando a dimensão ambiental mais aparente a outras dimensões sociais, políticas, econômicas e culturais menos evidentes do problema por reconhecer que, embora a ação

dos indivíduos, a mudança de comportamentos e os produtos da inovação tecnológica tenham uma contribuição necessária e relevante no equacionamento do problema do lixo, não são elementos suficientes para revertê-lo.

Neste ponto reside a complexidade dos desafios contemporâneos: ir além do monodimensional e do disciplinar, do imediatismo economicista, do individualismo e competitividade que impossibilitam a vida coletiva e a esfera pública, do objetivismo pragmatista que ignora e exclui o plano das subjetividades. Ir além dos modelos de convivência e gestão autoritários que inibem a participação e a ampliação da democracia e de todas as racionalidades obtusas e instrumentais que resultam em irracionalidades opressivas que degradam as vidas humana e não humana.

Como vimos, estamos diante de um duplo desafio quando se trata de abordar educativamente a questão dos resíduos sólidos: é, por um lado, necessário, oferecer respostas simples, objetivas e cotidianas para os problemas do lixo. Ou seja, discutir e informar os educandos e a população em geral sobre os prejuízos sociais e ambientais decorrentes da gestão inadequada do lixo e estimular práticas desejáveis, como: jogar o lixo no lixo, separar o lixo seco do orgânico e acondicioná-lo corretamente, evitar desperdícios de água, energia e recursos naturais, favorecer os processos de reciclagem e promover o consumo responsável. Esse

lado da questão, como vimos, é indispensável, embora não seja suficiente para equacionar o problema.

É, por outro lado, imprescindível problematizar os aspectos complexos e contraditórios que compõem o problema do lixo e que envolvem questões como a possibilidade de redução da geração de resíduos sólidos; a necessidade de estabelecer limites e de corrigir as desigualdades do consumo em âmbito global e no interior de cada país; a crise climática e suas implicações; os modelos de desenvolvimento econômico e os padrões de produção-consumo que eles determinam; o lugar do consumo na sociedade pós-industrial e nas estratégias de reprodução da economia capitalista; o protagonismo do consumo nos estilos de vida, na formação dos valores e das identidades humanas nesses contextos; a força dos mecanismos de obsolescência planejada, de descartabilidade e publicidade que alimentam o giro de mercadorias e o exame de alternativas culturais e políticas de estilos de vida e modelos de sociedade e de desenvolvimento independentes do consumo excessivo e da complexa racionalidade que lhe dá sentido.

Nesse sentido, reconhece-se que a abordagem técnico-gerencial tem uma contribuição instrumental relevante na gestão do lixo, mas não parece ter recursos para realizar a tarefa complexa de transformação política e cultural implícita no desafio atual dos resíduos sólidos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo objetivou discutir a relação entre o consumo e a geração excessiva de resíduos sólidos na sociedade brasileira atual e as contribuições que a EA pode agregar a esse problema. O argumento que moveu a reflexão é de que o debate atual sobre resíduos sólidos tem sido conduzido por uma abordagem técnico-gerencial que reduz a complexidade do problema e que não é capaz de reverter o problema justamente porque desconsidera dimensões sociais, ético-culturais e político-institucionais decisivas para sua compreensão e tratamento.

A análise geral do problema demonstra que os avanços tecnológicos, incluída a reciclagem, ainda que decisivos no processo de gestão do lixo e no metabolismo social que relaciona a sociedade, a economia e os ecossistemas, não tem se mostrado suficiente para equacionar o problema. Isso faz supor que no médio e longo prazo será necessário não apenas aperfeiçoar a pesquisa tecnológica, como

também recorrer a outras respostas políticas, econômicas e culturais que suscitem mudanças, restrições e conflitos para os quais ainda não temos respostas acabadas.

Com base nesses fundamentos, discutiram-se as contribuições possíveis da EA aos impasses contemporâneos da geração excessiva de lixo. Constatou-se que a EA é um campo plural e que, portanto, faculta diversas abordagens educativas ao problema do lixo. Após descrever o campo da EA no Brasil em torno de duas matrizes político-pedagógicas principais que a literatura define como a EA conservacionista — e sua variante, a EA pragmática — e a EA crítica, a análise descreveu as abordagens educativas que delas emanam e o potencial de transformação do problema de que são portadoras. A discussão empreendida concluiu afirmando que as duas abordagens educativas têm concepções, papéis e alcances político-pedagógicos e culturais diferenciados. Nessa

diferença reconhecemos que a abordagem técnica tem contribuições relevantes a prestar no que diz respeito a respostas objetivas e cotidianas de gestão do lixo, mas não tem fôlego suficiente para abarcar toda a complexidade e os impasses que o problema evoca.

Enfim, a abordagem técnico-gerencial expressa adesão ao modelo de acumulação capitalista e propõe mudanças “dentro da ordem”, para adequar os conflitos am-

bientais e sociais representados no problema do lixo no interior da mesma sociedade que os criou, enquanto a abordagem crítica é inspirada por uma postura de questionamento e de ruptura com o modelo e os estilos de vida instituídos, em defesa de um debate que ultrapasse a mera discussão dos meios para construir democraticamente os sentidos da sociedade e do ambiente em que desejamos viver.

## REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. Desigualdades e limites deveriam estar no centro da Rio+20. *Estudos Avançados*, v. 26, n. 74, p. 21-34, 2012.
- ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2008*. São Paulo: ABRELPE, 2008.
- ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2013*. São Paulo: ABRELPE, 2013.
- BAUDRILLARD, J. *A sociedade de consumo*. São Paulo: Perspectiva, 1995.
- BAUMAN, Z. *Modernidade líquida*. Rio de Janeiro: Zahar, 2003.
- BECK, U. *Risk Society*. Beverly Hills: Sage, 1992.
- BOURDIEU, P. *O mercado dos bens simbólicos*. In: A economia das trocas simbólicas. São Paulo: Perspectiva, 1974. p. 99-181.
- BOURDIEU, P. *Distinction: A social critique of the judgement of taste*. London: Routledge, 1999.
- BROLLO, M. J. & SILVA, M. M. Política e gestão ambiental em resíduos sólidos: Revisão e análise sobre a atual situação no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21. *Anais...* João Pessoa, 2001. p. 1-27.
- CARVALHO, I. C. M. *Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico*. São Paulo: Cortez, 2004.
- CECHIN, A. *A natureza como limite da economia: a contribuição de Nicholas Georgescu-Roegen*. São Paulo: EDUSP, 2010.
- CORNIERI, M. G. & FRACALANZA, A. P. Desafios do lixo em nossa sociedade. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 16, p. 57-64, 2010.
- COSTA, V. M. F.; DE MARIO, C. G.; VITAGLIANO, L. F. O impacto do plano nacional de resíduos sólidos na gestão municipal. *Idéias*, n. 3, p.101-117, 2º semestre, 2011.
- DEMAJOROVIC, J. Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos: as novas prioridades. *Revista de Administração de Empresas*, v. 35, n.3, p. 88-93, 1995.
- DI CREDDO, E. Lixo urbano: um desafio ambiental. *IHU On-Line*, São Leopoldo, 05 abr. 2012. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/508034-lixo-urbano-um-desafio-ambiental-entrevista-especial-com-eleusis-di-creddo>>. Acesso em: 25 maio 2013.
- EXAME. 15 países que dão lição em reciclagem de lixo. *Revista Exame*, 19 mar. 2013. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/mundo/noticias/15-paises-que-dao-licao-em-reciclagem-de-lixo>>. Acesso em: 05 dez. 2014.

GIDDENS, A.; BECK, U.; LASH, S. *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. São Paulo: UNESP, 1997.

GRIMBERG, E. Especialista avalia nova Lei de Resíduos Sólidos. *IHU On-Line*, São Leopoldo, 28 jul. 2010. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/ciencia/especialista-avalia-nova-lei-de-residuos-solidos,661936661fcea310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>>. Acesso em: 30 nov. 2013.

GRIMBERG, E. Política Nacional de Resíduos Sólidos: a responsabilidade é coletiva. *IHU On-Line*, São Leopoldo, 28 maio 2012. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/509873-politica-nacional-de-residuos-solidos-a-responsabilidade-e-coletiva-entrevista-especial-com-elisabeth-grimberg>>. Acesso em: 30 jun. 2013.

HALL, S. *A identidade cultural na pós-modernidade*. Rio de Janeiro: DP&A, 1998.

HARVEY, D. *Condição pós-moderna: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural*. São Paulo: Loyola, 2012.

HENDGES, A. S. MP 651: a nova história grega da política ambiental. *IHU On-Line*, São Leopoldo, 06 nov. 2014. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/mp-651-a-nova-historia-grega-da-politica-ambiental-entrevista-com-antonio-silvio-hendges/537040-mp-651-a-nova-historia-grega-da-politica-ambiental-entrevista-com-antonio-silvio-hendges>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos*. Relatório de Pesquisa. Brasília: IPEA, 2010.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos*. Brasília: IPEA, 2012.

JACOBI, P. R. & BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. *Estudos Avançados*, v. 25, n. 71, p. 137-158, 2011.

KUMAR, K. *Da sociedade pós-industrial à pós-moderna: Novas teorias sobre o mundo contemporâneo*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1997.

LAYRARGUES, P. P. & LIMA, G. F. C. As macro-tendências político-pedagógicas da educação ambiental brasileira. *Ambiente & Sociedade*, v. 17, n. 1, p. 23-40, 2014.

LIMA, G. F. C. Educação ambiental crítica: do socioambientalismo às sociedades sustentáveis. *Educação e Pesquisa*, v. 35, n. 1, p. 145-163, 2009.

LIPIETZ, A. A Ecologia Política: solução para a crise da instância política?. In: ALIMONDA, H. (Org.). *Ecologia política: Natureza, sociedade y utopia*. Buenos Aires: Clacso, 2003. p. 15-26.

LITTLE, P. Ecologia política como etnografia: um guia teórico e metodológico. *Horizontes Antropológicos*, v. 12, n. 25, p. 85-103, 2006.

LOUREIRO, C. F. B. *Trajatória e fundamentos da educação ambiental*. São Paulo: Cortez, 2004.

MANTOVANI, M. Pelo fim dos lixões, sem prorrogação. *IHU On-Line*, São Leopoldo, 06 nov. 2014. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/noticias/537121-pelo-fim-dos-lixoes-sem-prorrogacao>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

PORTILHO, F. *Sustentabilidade ambiental, consumo e cidadania*. São Paulo: Cortez, 2005.

WALDMAN, M. *Lixo: cenários e desafios*. São Paulo: Cortez, 2010.

## **EDUCAÇÃO AMBIENTAL E PARTICIPAÇÃO POPULAR NA GESTÃO DA CADEIA PRODUTIVA DA PESCA ARTESANAL: UMA EXPERIÊNCIA NO LITORAL DA BAHIA, BRASIL**

**ENVIRONMENTAL EDUCATION AND PUBLIC PARTICIPATION IN THE MANAGEMENT OF ARTISANAL FISHERIES  
SUPPLY CHAIN: AN EXPERIENCE IN THE COASTAL REGION OF THE LOWER SOUTH OF BAHIA, BRAZIL**

### ***Lucia de Fátima Socoowski de Anello***

Professora Doutora em Educação Ambiental do Laboratório de Gerenciamento Costeiro do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) – Rio Grande (RS), Brasil.

### ***Maria Odete da Rosa Pereira***

Doutora em Educação Ambiental pela FURG. Trans for Mar Consultoria Ltda. – Rio Grande (RS), Brasil.

### ***Tatiana Walter***

Professora Doutora em Ciências Sociais do Laboratório de Gerenciamento Costeiro do Instituto de Oceanografia da FURG – Rio Grande (RS), Brasil.

### ***Ederson Pinto da Silva***

Especialista em Gestão Pública pela UFRGS. Aluno de Mestrado em Gerenciamento Costeiro do Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento Costeiro (PPGC) da FURG. Trans for Mar Consultoria Ltda. – Rio Grande (RS), Brasil.

### **Endereço para correspondência:**

Lúcia de Fátima Socoowski de Anello – Laboratório de Gerenciamento Costeiro, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Campus Itália – Km 8 – Carreiros – Rio Grande (RS), Brasil – E-mail: lucianaanello@hotmail.com

### ***RESUMO***

Este artigo objetivou analisar o processo pedagógico elaborado no Projeto Centro Integrado da Pesca Artesanal (CIPAR) Baixo Sul. No qual foi instituída a premissa de dar voz e visibilidade aos pescadores artesanais e marisqueiras que vivem no e do ambiente marinho e costeiro da região do Baixo Sul da Bahia, e nesse processo, lançar luz a este grupo social e trabalhar com eles na direção da conquista da autonomia e emancipação. Para tal, foram realizadas atividades com um grupo de 120 pescadores, marisqueiras e suas lideranças no período de julho de 2009 a dezembro de 2010. Como principais resultados, teve-se: a construção de projetos coletivos e articulados destinados à melhoria da cadeia produtiva; a criação de um conselho gestor dos pescadores; e o processo formativo de mediadores locais em que os pescadores passaram a protagonizar sobre a melhoria da cadeia produtiva.

**Palavras-chave:** pescadores artesanais; educação ambiental; políticas públicas.

### ***ABSTRACT***

This paper discusses the educational process of the CIPAR Baixo Sul Project, which was aimed at giving voice and visibility to artisanal fishermen and shell fisherwomen who live in the seacoast of Southern Bahia and make a living thereof, as well as in this process shedding light on such social group and working with them toward the achievement of independence and emancipation. From July 2009 to December 2010, project activities were carried out directly with a group of 120 fishermen, shell fisherwomen, and community leaders. The main project results included: construction of collective and articulated projects aimed at improving the supply chain, creation of a management council by fishermen, and training of local mediators where fishermen star on improving the supply chain.

**Keywords:** artisanal fishermen; environmental education; public policy.

## INTRODUÇÃO

No litoral do Baixo Sul da Bahia, a pesca artesanal, em conjunto com a agricultura familiar e a extração vegetal, é o principal meio de vida de aproximadamente 100 comunidades e bairros pesqueiros situados em 9 de seus municípios litorâneos: Jaguaripe, Valença, Cairu, Taperoá, Ituberá, Nilo Peçanha, Igrapiúna, Camamu e Maraú.

Em 2005, a produção total de frutos do mar no Baixo Sul foi de aproximadamente 15 mil toneladas, sendo responsável por um montante de R\$ 78 milhões apenas na primeira comercialização, significando 32,5% da produção em peso e 35% da produção em valor do litoral baiano (IBAMA, 2006). Para manutenção da pesca artesanal, são capturadas mais de 60 espécies nos estuários, nos manguezais e no ambiente marítimo. O trabalho, que vai desde a captura da espécie até o tratamento realizado para seu beneficiamento e sua conservação, envolve toda a família dos pescadores e resulta em quatro produtos principais: pescados, catarados, mariscos vivos e peixes secos. Cada um dos produtos e alguns de seus subprodutos abastecem mercados distintos e estabelecem uma complexa cadeia de relações sociais, sendo importante destacar que as famílias de pescadores constituem seu elo mais frágil (WALTER, 2010). É na complexidade dessas relações, em que os atores sociais encontram-se presentes em diversos elos e atuam sob o efeito da combinação de um conjunto de fatores, que podemos argumentar que pescadores e suas comunidades formam arranjos produtivos locais, que por sua vez proporcionam geração de trabalho e renda para si e garantem sua reprodução social e cultural (WALTER & WILKINSON, 2011).

### A pesca artesanal como atividade tradicional

Diegues (1983), ao caracterizar a atividade pesqueira no litoral brasileiro, apresenta diversos elementos que relacionam as condições objetivas de produção dos pescadores, denotando a diversidade de formas em que esta se expressa:

Na análise da produção pesqueira (...), percebe-se que os agentes da produção pescadores/não-pescadores se relacionam entre si e com as condições objetivas da produção, segundo certas formas ou modelos que ganham uma existência histórica. Ainda que em dados momentos históricos uma dessas formas seja a domi-

nante, a mais dinâmica, elas coexistem e se articulam. Tendo-se em vista as diversas combinações dos fatores produtivos em relações sociais de produção, constata-se que elas assumem formas possíveis e sub-formas: a) a produção pesqueira de auto-subsistência ou primitiva; b) a produção pesqueira realizada dentro dos moldes da pequena produção mercantil; c) a produção pesqueira capitalista. (DIEGUES, 1983, p. 148)

Dada a pujança da atividade pesqueira local e a participação da família na cadeia produtiva, o Baixo Sul da Bahia foi objeto do “Centro Integrado da Pesca Artesanal no Baixo Sul da Bahia como instrumento de desenvolvimento local e territorial – Projeto CIPAR Baixo Sul”, por meio do Convênio nº 073/08 entre o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) e o Instituto de Planejamento da Gestão Governamental (IPLAN), executado nos anos de 2009 e 2010. Seu foco era o planejamento de ações destinadas à intervenção na cadeia produtiva com representantes dos pescadores e marisqueiras da região. Em consequência, o projeto orientou suas atividades à gestão participativa, da cadeia produtiva e do território, como base de sustentação de suas ações.

O presente artigo teve por objetivo discorrer sobre o processo pedagógico conduzido no âmbito do Projeto Centro Integrado da Pesca Artesanal (CIPAR) Baixo Sul, contextualizando a metodologia adotada e os principais resultados obtidos em torno da gestão participativa.

Para tal, fundamentou as estratégias adotadas em relação às características tradicionais da pesca e que consubstanciam a estratégia pedagógica adotada, para então discorrer sobre o Projeto CIPAR Baixo Sul, ou seja, sobre como este articula ações destinadas à intervenção na cadeia produtiva a uma ação educativa específica, orientada à cadeia produtiva e ao território, de forma concomitante. Em seguida, irá apresentar a metodologia adotada e os principais resultados obtidos, para então tecer algumas reflexões como conclusão.

É no interior da categoria “produção pesqueira realizada dentro dos moldes da pequena produção mercantil” que se encontram identificadas duas formas de pesca tradi-

cional presentes no Baixo Sul: os pescadores-lavradores e os pescadores artesanais. Ambos se caracterizam por perpetuar técnicas, conhecimentos e instrumentos para a captura de pescados construídos no fazer de sua atividade e repassados por memória oral entre as gerações. Outra característica é a dependência intrínseca da qualidade ambiental, ou seja, ecossistemas bem preservados e produtivos são essenciais para sua permanência como comunidades tradicionais, conforme estudos de Cordell (2007), na região do Baixo Sul.

É importante destacar que esse entendimento não se aproxima da ideia do bom selvagem (*wilderness*). A inserção da produção pesqueira na economia mundial se deu a partir das guildas do Mar do Norte (HERUBEL, 1928; BOYER, 1967 *apud* DIEGUES, 1995), como também pela intensificação da pesca transoceânica realizada por barcos e companhias comerciais europeias no Canadá. Contudo, em relação aos outros setores da produção industrial (segunda metade do séc. XIX), a mecanização da pesca e o surgimento das empresas capitalistas na Europa se deram com atraso (DIEGUES, 1995). A história dos pescadores artesanais e as relações com a indústria acompanham a evolução do capitalismo e suas

### O que é o Centro Integrado da Pesca Artesanal Baixo Sul da Bahia?

A intervenção na cadeia produtiva, com vistas à melhoria de renda e da cidadania dos pescadores, é a principal estratégia proposta pelo MPA para o desenvolvimento da pesca artesanal, conforme exposto no Plano Mais Pesca e Aquicultura para o Desenvolvimento Sustentável (SEAP, 2008). Nesse sentido, a política pública do CIPAR consubstancia um conjunto de ações destinadas a:

- implementar infraestrutura nos diversos elos da cadeia produtiva;
- fortalecer a organização social dos pescadores com vistas à -autogestão democrática dos equipamentos e sua maior participação na cadeia produtiva.

Assim, o processo de gestão participativa concebido envolveu aproximadamente 120 pescadores, maris-

### O conceito de cadeia produtiva adotado e sua implicação ao processo pedagógico

Antes de analisarmos o processo pedagógico adotado, é importante conceituar o que estamos tratando

contradições. Segundo Diegues (1995, p. 53), “as empresas de pesca se verticalizaram integrando os setores de captura, comercialização e beneficiamento de pescado, surgindo, inclusive como resultado da globalização da economia, as empresas multinacionais do setor”.

Esse cenário de descaracterização da pesca artesanal em relação ao desenvolvimento da pesca industrial, em todo o mundo, não reduz sua importância, ao contrário, a cadeia produtiva da pesca artesanal contribui de forma significativa para a produção de alimentos e para o fornecimento de proteínas no Brasil e mais especificamente na área estudada. Nesse sentido, não se trata aqui de um resgate de uma cultura ou de hábitos de vida tradicionais sem tecnologia “avançada”, mas o reconhecimento do valor econômico, social e ecológico de uma cadeia produtiva, fundamentada em tecnologias sociais, que oferece à região do Baixo Sul da Bahia geração de renda e identidade social.

Sendo assim, desse ponto de vista é que se buscou o desenvolvimento da análise do processo educativo ambiental que serviu como eixo estruturante para o desenvolvimento do CIPAR.

queiras e lideranças representantes de 94 comunidades e bairros pesqueiros dos municípios de Jaguaripe, Valença, Cairu, Taperoá, Nilo Peçanha, Ituberá, Igrapiúna, Camamu e Marau.

O objeto de estudo deste artigo foi o método utilizado para condução do processo de gestão participativa e os principais resultados gerados, tendo como perspectiva o protagonismo comunitário e a ação coletiva no horizonte da emancipação e da autonomia dos sujeitos “pescadores e marisqueiras” da ação educativa. Ainda que o processo educativo não seja o produto final do projeto, ele não seria efetivo sem a devida apropriação pelos pescadores e marisqueiras da região. Tal apropriação é fruto de um processo pedagógico emancipatório, cujo método e resultados serão expostos no próximo item.

do por cadeia produtiva, dada a sua centralidade do projeto analisado.

O termo cadeia produtiva reporta a um conjunto de atividades necessárias à conversão de uma matéria-prima em produtos acabados para venda. Em geral, tais atividades denominam-se insumos, produção, processamento, distribuição e comercialização. Contudo, para além da organização da atividade pesqueira em etapas e de sua estruturação enquanto atividade econômica, o foco na cadeia produtiva visa compreender os fatores associados a cada uma das etapas que influenciam a realidade das famílias de pescadores, de forma que as ações a serem definidas estejam ancoradas em uma visão holística que contempla as dimensões social, político-institucional, econômica, cultural e ambiental da pesca artesanal. Em síntese, busca-se compreender a natureza das relações que são estabelecidas entre os diferentes atores que participam da cadeia produtiva e as implicações dessas relações para o protagonismo dos pescadores artesanais.

Conforme exposto em Walter (2010), há diversas abordagens para análise e proposição de ações na cadeia produtiva que podem ser ajustadas à compreensão da realidade da pesca artesanal. No caso do Projeto CIPAR Baixo Sul, foi adotado o conceito de cadeia produtiva proposto por Muchnik (2006). Segundo este autor, a noção de Sistema Agroalimentar Localizado (SAL, ou SIAL) surge em 1996 no contexto de agravamento das crises das sociedades rurais e dos problemas ambientais e alimentares. SIAL tem como definição:

organizações de produção e serviços (unidades de produção agrícola, empresas agroalimentares, comerciais, de serviços, gastronômicas, etc.) associadas por suas características e funcionamento em um território específico. O meio, os produtos, as instituições, seu saber-fazer, seu comportamento alimentar, suas redes de relações se combinam em um território para produzir uma forma de alimentação agroalimentar em uma escala espacial dada. (MUCHNIK, p. 02, 2006)

Inicialmente, apoia-se nas correntes econômicas não convencionais que estudam as concentrações de empresas ligadas a um território: distrito industrial, *clusters*, sistemas produtivos locais. Em todas essas há ativos específicos — saber-fazer, instituições territoriais, formas de coordenação — que lhes permitem produzir externalidades positivas e, conseqüentemente, um melhor posicionamento no mercado (MUCHNIK, 2006).

Segundo Muchnik (2006), desde 1996 a concepção de SIAL tem evoluído continuamente, sendo o re-

sultado de uma construção progressiva em resposta a questões que foram surgindo diante do acelerado processo de transformações mundiais que se tem presenciado. A proposta volta-se para análise da produção de alimentos por pequenos produtores, com ênfase no saber-fazer e na tecnologia local, envolvendo o debate sobre segurança alimentar, desenvolvimento local e conservação do meio ambiente. A partir da aplicação do conceito em diversas localidades, em especial na América Latina, duas ideias passaram a convergir:

1. o SIAL é a análise de um objeto concreto, um conjunto de atividades agroalimentares territorialmente constituídas e visíveis;
2. o SIAL é um enfoque, uma maneira de abordagem sobre o desenvolvimento dos recursos locais, mesmo que o “sistema” não exista como tal. Em ambos os casos, o SIAL pode constituir-se uma referência metodológica para a construção de projetos de desenvolvimento local.

O SIAL busca compreender o funcionamento da cadeia produtiva a partir do enfoque sobre o território, tanto em termos teóricos — compreender em que medida o território constitui um elemento significativo ou não para organização e dinâmica da cadeia estudada — como do ponto de vista operacional. Nessa concepção, o território serve de referência para a combinação de atividades territoriais diversificadas, para a organização dos produtores, para aumentar suas margens de manobra e melhorar sua posição na negociação e na governança da cadeia ou para construção de circuitos alternativos, baseados em outra relação produtor-consumidor (MUCHNIK, 2006).

Ambrosini, Filippi e Miguel (2008) observam que o SIAL foi desenvolvido pela escola francesa como ferramenta teórica para compreensão da realidade rural e como base para projetos de desenvolvimento nessas áreas, consideradas marginalizadas em termos econômicos na América Latina. Entretanto, no Brasil, o SIAL é pouco utilizado e abordado de forma muito restrita. Em seu artigo, os autores apresentam uma revisão teórica sobre essa abordagem, detalhando os diversos conceitos que o SIAL mobiliza, em especial, a noção de território, identidade, história, saber-fazer e relações sociais. Três são os eixos de análise:

1. dimensão histórica;
2. dimensão técnico-teórica; e
3. dimensão institucional, de forma a aproximar seus aspectos teóricos ao campo empírico, facilitando, assim, sua operacionalização.

Em relação ao Projeto CIPAR Baixo Sul, a operacionalização desse enfoque e os resultados gerados por meio do mesmo encontram-se descritos em Walter & Wilkinson (2011). No que tange ao processo educativo, esse conceito articula elementos essenciais na condução das atividades com os pescadores artesanais e marisqueiras que envolvem a compreensão dos fatores socioambientais que influenciam o desenvolvimento de suas atividades, a exemplo da

degradação ambiental e da saúde laboral, bem como quais instituições — dentre o conjunto de entidades existentes, arranjos formais e informais — orientam a dinâmica da cadeia produtiva dos diversos produtos elaborados pelas famílias de pescadores, organizados no território, ou seja, reconhecendo a presença de assimetrias em seu interior. Consequentemente, as atividades propostas no projeto não estão focadas na organização restrita dos aspectos comerciais e de infraestrutura da cadeia produtiva, mas nos diversos fatores afeitos à autonomia e à emancipação social, econômica e política das famílias de pescadores artesanais, fato que consubstancia a adoção de uma estratégia pedagógica específica, conforme exposto em seguida.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Educação ambiental e controle social nos sistemas de gestão como uma premissa teórica

O processo de educação, para reconhecer as alterações ambientais como pertencentes à esfera política, apresenta parâmetros amplos e não parece conectar-se de maneira uniforme em todas as parcelas da população que constroem uma retórica sobre a temática. Por isso, convém centrar a atenção sobre as formas que possibilitarão desenvolver uma proposta de educação voltada para o controle social nos sistemas de gestão ambiental e visualizar os prováveis elementos que deveriam ser contemplados na sua constituição.

De acordo com Quintas (2002), a prática da educação ambiental para a gestão exige que o educador tenha amplo conhecimento sobre as questões ambientais e a cultura local, incluindo os sistemas de gestão:

Capacidade tanto para desenvolver ações educativas com grupos culturalmente diferenciados, quanto para mediar situações conflituosas que envolvem interesses de vários atores sociais na disputa pelo controle e uso de recursos ambientais. (QUINTAS, 2002, p. 20)

Tais afirmações nos remetem ao conhecimento de seus direitos em todas as esferas sociais, com exceção daqueles que buscam privilégios na exploração do outro. O que se quer afirmar é que não é só a classe menos favorecida que não conhece e não luta por direitos, existem inúmeros alienados nas universidades e na classe média em geral.

Um problema concreto enfrentado é que os profissionais formados pelo sistema educacional formal não demonstram estar preparados para a resolução de problemas complexos ligados à gestão e à disputa dos bens ambientais; isto é, são deficiências do sistema de educação que podemos comprovar desde o ensino fundamental. É comum conversarmos com pescadores que, no discurso, deixam clara a dicotomia do “estudo” com sua vida cotidiana. Normalmente se ouve que gostaria que o filho ou a filha estudasse, para não ser um pescador como ele. Não se ouve que o filho deverá estudar para melhorar a atividade da pesca, obter melhores condições de vida para a comunidade pesqueira, como acontece na agricultura. Outra situação que ocorre é que quando o filho quer continuar a atividade dos pais, então ele abandona a escola, pois acha inútil estudar para ser pescador.

Em Quintas (2002), na sua proposta de curso de introdução à gestão, apesar de aparecer na Constituição Federal (1988, art. 225, p. 1) o meio ambiente equilibrado como direito de todos, na vida prática, o processo de apropriação e uso dos recursos ambientais não acontece de forma tranquila:

Há interesses e conflitos (potenciais ou explícitos) entre atores sociais, que atuam de alguma forma sobre os meios físico-natural e construído, visando ao seu controle ou a sua proteção. (QUINTAS, 2002, p. 29)

Tais pressupostos fazem parte de uma educação ambiental transformadora. Segundo Loureiro (2004), esta possui um conteúdo emancipatório em que a dialética entre forma e conteúdo se realiza de tal maneira, que as alterações da atividade humana vinculadas ao fazer educativo impliquem mudanças individuais e coletivas. Isso confirma o diálogo como categoria freireana. É nessa relação com o outro que nos educamos, que encaramos o diferente e podemos propor alternativas e mudanças.

As abordagens teóricas de Paulo Freire, em particular a *Pedagogia do Oprimido* (1982), marco na educação brasileira, demonstram categoricamente a falta ou a impossibilidade de neutralidade na educação. O mesmo se aplica à educação ambiental, na medida em que

### Os pressupostos metodológicos

O pressuposto metodológico para planejamento e condução do processo educativo assume a centralidade do trabalho como processo ontológico de constituição dos sujeitos. O trabalho como elemento constitutivo da consciência do sujeito, segundo Vygotski (2001) e Molon (2003), e este como responsável direto pela produção social da natureza. O ser humano, no fazer de seu trabalho, transforma a natureza e, ao transformá-la, estabelece uma dimensão humana.

Pelo trabalho ocorre à passagem do biológico ao social, vinculando natural ao humano-cultural. Assim, o ser humano não só se adapta à natureza, mas a transforma e ao transformá-la transforma a si mesmo, pois tem a capacidade de criar o mundo da cultura por meios dos instrumentos de trabalho e dos instrumentos psicológicos, os quais são decorrentes da criação e da utilização de signos, sobretudo da linguagem. (PEREIRA; MOLON; LOUREIRO, 2008, p. 380)

Ainda, os mesmos autores complementam: por meio do trabalho acontece uma dupla produção, a produção dos objetos culturais e a produção do próprio homem. Sendo assim, do ponto de vista do planejamento, o processo educativo partiu da visão dos pescadores, ou seja, a perspectiva de quem está sofrendo a pressão. Nesse sentido, o método utilizado se fundamenta na teoria crítica que parte de um lugar na sociedade em que a reflexão é feita a partir dos oprimidos em uma visão de classes. Para assumir essa perspectiva, é necessário ter o entendimento do movimento dos sujeitos no seu mundo, aqui reconhecido em uma perspectiva histórica. “O movimento histórico das classes trabalha-

os desafios postos requerem que ela esteja posicionada no seio dos conflitos da sociedade. Nesse sentido, o papel do Estado torna-se um divisor de águas no cerne dos conflitos e usos ambientais.

Consequentemente, um sistema de gestão, para ser eficiente, necessita de um Estado forte na execução de políticas públicas e fiscalização do uso dos bens ambientais. O controle social estabelece uma relação direta com o Estado, sem este último a comunidade fica órfã, a relação, embora seja dialética, necessita do Estado democrático. Fazer valer os direitos constitucionais e fundamentais ao bem-estar de um povo. Nesse contexto é que se dão as práticas sociais da educação como processo coletivo e comunitário.

doras se dá através da passagem qualitativa do senso comum das massas, através da práxis, para o bom senso” (GRAMSCI, 2004 *apud* PEREIRA, 2008, p. 75). Para tanto, é necessário que os pescadores se reconheçam como grupo capaz de se representar perante a sociedade, ser visível e reconhecido no processo de mediação na implementação das políticas públicas.

A partir dessa premissa, fundamentou-se a projeção do processo educativo do CIPAR Baixo Sul, tendo como objetivo dar voz e visibilidade aos pescadores artesanais e marisqueiras que vivem no e do ambiente marinho e costeiro da região do Baixo Sul da Bahia e, nesse processo, lançar luz a esse grupo social e trabalhar com eles na direção da conquista da autonomia e emancipação.

É importante destacar o caráter de conquista da autonomia e da emancipação, pois são categorias ontológicas, de constituição do ser. Tais características se constituem no processo de formação do sujeito, razão de ser do processo educativo de matriz freireana. Demo (1996) expressa que essa conquista ocorre por meio da participação dos sujeitos em processos políticos e sociais; portanto, autonomia e emancipação não são uma oferta nem um presente.

Nesse sentido, a condução de qualquer projeto social deve garantir de forma inequívoca a voz e a visibilidade e construir espaços de intervenção e tomada de decisão aos pescadores e suas comunidades. Consequentemente, suas atividades devem garantir que os

pescadores e as marisqueiras se expressem e sejam entendidos e considerados pelos representantes das instituições públicas e privadas que possuem interesse no desenvolvimento da cadeia produtiva.

Tal tarefa não é somente uma questão de adaptação de linguagem, mas a construção de uma simetria social capaz de proporcionar horizontalidade dos encaminhamentos necessários e corresponsabilidade de todos os atores envolvidos. Portanto, as técnicas de mediação e condução de eventos, nas chamadas metodologias participativas, apresentam-se adequadas. Porém, são apenas ferramentas. O método se expressa na intencionalidade e é entendido como um caminho para a consciência (FREIRE, 1982). O método, portanto, é mais que a metodologia, pois por ele se expressa a visão de mundo, e com a visão de mundo é que se expressa a intenção da ação (objetivos e metas); é nesse movimento que os procedimentos e as técnicas são constituídos (metodologia) e utilizados para garantir que a intenção alcance a finalidade. Esse processo constitui o movimento ação/reflexão/ação. Esse movimento foi construído a partir da participação e do envolvimento dos pescadores no planejamento das atividades do projeto, garantindo, com isso, a construção do CIPAR para além do próprio projeto.

No que diz respeito às atividades realizadas, os técnicos tiveram como horizonte e pressuposto a melhoria da qualidade da participação dos pescadores e marisqueiras, em especial, promover de forma sistemática a simetria intersubjetiva dos pescadores e seus representantes com os representantes de instituições públicas e privadas que possuem interesse no desenvolvimento da atividade pesqueira.

É importante compreender que esse movimento se aplica tanto na escala micro do projeto, ou seja, na organização e condução das diversas atividades, como na escala macro, que diz respeito à assessoria à coordenação, no sentido de absorver os resultados, bem como o assessoramento sua condução geral (na direção dos resultados esperados).

Para tal, assumimos que o processo de desenvolvimento preconizado pela estruturação da cadeia produtiva, que é o cerne da política pública do CIPAR, demanda

o envolvimento de uma equipe multidisciplinar. Quanto ao processo educativo, em especial, foi prevista na equipe a presença de educadores populares, cuja experiência com movimentos sociais e em processos educativos não formais são requisitos essenciais.

O processo pedagógico foi conduzido ao longo de um ano e meio e envolveu três ciclos de oficinas comunitárias de planejamento dividindo pescadores e marisqueiras do Baixo Sul da Bahia em três microrregiões. Intercalado aos ciclos de oficina foram realizados dois seminários institucionais, cujo objetivo era debater com representantes das instituições públicas a agenda de prioridades dos comunitários. Posteriormente, foram realizados dois seminários integrados, que passaram a associar as atividades comunitárias às institucionais, fruto da avaliação dos educadores e educandos, e três processos formativos contemplando os temas priorizados nas oficinas de planejamento pelos participantes: saúde laboral, organização comunitária e meio ambiente, com vistas à formação de mediadores locais (Tabela 1).

A apresentação cronológica dos eventos permite apresentar uma síntese do processo realizado, de forma a suportar o conjunto de discussões apresentadas no próximo item.

Para finalizar esta seção, é importante retomar as definições que são centrais para o entendimento dos resultados deste estudo. Para tanto, buscamos em Freire (1996) categorias essenciais ao entendimento do processo educativo. A primeira é o ser humano como ser inconcluso e consciente dessa inconclusão “É na inconclusão do ser. Que se sabe como tal, que se funda a educação como processo permanente. Mulheres e homens se tornam educáveis na medida em que se reconhecem inacabados” (FREIRE, 1996, p. 24). O processo educativo do CIPAR se funda nessa ideia e foi organizado no sentido de construir essa consciência tanto para os educandos (marisqueiras e pescadores) como para a equipe técnica. “Não foi a educação que fez mulheres e homens educáveis, mas a consciência de sua inconclusão é que gerou sua educabilidade” (FREIRE, 1996, p. 24). Portanto, o primeiro movimento foi estabelecer essa consciência para garantir o que Freire chama de educabilidade como condição para o processo.

<sup>1</sup>Cada microrregião contemplava 40 pescadores, marisqueiras e lideranças de 3 dos 9 municípios participantes, cujo agrupamento considerava a organização da cadeia produtiva, conforme exposto em Walter & Wilkinson (2011) e descrito no item sobre Resultados e Discussão deste artigo.

**Tabela 1 - Atividades realizadas no Projeto Centro Integrado da Pesca Artesanal Baixo Sul com vistas ao processo pedagógico.**

Data	Evento	Localidade	Objetivos de processo	Técnicas utilizadas
21 e 22/07/09	1º Seminário Institucional	Valença	Apresentação do projeto e início da mobilização institucional	Palestras e Estudos Dirigidos em Grupos
25 a 27/08/09	1ª Oficina de Planejamento – Microrregião norte	Gamboa do Morro	Planejamento participativo para escolha e construção dos projetos produtivos	Atividades em grupos e técnicas de visualização e moderação conhecida como METAPLAN e Estudos Dirigidos em Grupos
17 a 19/09/09	1ª Oficina de Planejamento – Microrregião centro	Ituberá		
21 a 23/09/09	1ª Oficina de Planejamento – Microrregião sul	Barra Grande		
15 a 17/10/09	2ª Oficina de Planejamento – Microrregiões norte e centro	Guaibim		
19 a 21/10/09	2ª Oficina de Planejamento – Microrregião sul	Camamu		
9 e 10/11/09	2º Seminário Institucional	Camamu	Dar continuidade ao diálogo entre os pescadores e as instituições envolvidas	Reunião no formato de assembleia com pauta de discussão organizada e Preparação e ensaio das atividades
1 a 3/12/09	3ª Oficina de Planejamento – Microrregiões norte, centro e sul	Barra Grande	Finalizar o planejamento participativo dos projetos produtivos	Atividades em grupos e técnicas de visualização e moderação conhecida como METAPLAN e Estudos Dirigidos em Grupos
16 a 18/03/10	1º Seminário Integrado	Cachoeira	Estabelecer uma agenda e pauta comum para todas as microrregiões	Reunião no formato de assembleia com pauta de discussão organizada
11 a 13/05/10	1ª Oficina de Formação: Saúde e Previdência	Ituberá	Construir um processo de capacitação e conhecimentos no campo dos direitos fundamentais e organização comunitária	Dramatização, Estudos Dirigidos em Grupos, palestras e apresentação de conteúdos
20 a 22/07/10	2ª Oficina de Formação: Organização Comunitária	Gamboa		
14 a 16/09/10	3ª Oficina de Formação: Meio Ambiente	Camamu		
03 a 05/11/10	2º Seminário Integrado	Valença	Finalizar o projeto, consolidar uma agenda institucional e instituir o conselho gestor do CIPAR	Estudos Dirigidos de Grupos, Preparação e ensaio das atividades

As outras categorias, autonomia e emancipação, estão vinculadas diretamente à discussão didática da aplicação das técnicas e ferramentas de mediação. As oficinas de planejamento foram organizadas considerando

(...) para mulheres e homens, estar no mundo necessariamente significa estar com o mundo e com os outros. Estar no mundo sem fazer história, sem por ela ser feito, sem fazer cultura, sem “tratar” sua própria presença no mundo, sem sonhar, sem cantar, sem musicar, sem pintar, sem cuidar da terra, das águas, sem

usar as mãos, sem esculpir, sem filosofar, sem pontos de vista sobre o mundo, sem fazer ciência, ou teologia, sem assombro em face ao mistério, sem aprender, sem ensinar, sem ideias de formação, sem politizar não é possível. (FREIRE, 1996, p. 24)

Sendo assim, o fazer educativo proposto no CIPAR cumpriu essa função, ao projetar processos que permitiram um encontro com os pescadores, marisqueiras, técnicos, agentes públicos e políticos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor apresentar os resultados, faz-se necessário um conjunto de três discussões. A primeira trata da “concretude dos projetos produtivos na construção da finalidade da ação” no contexto da cadeia produtiva da pesca artesanal no Baixo Sul da Bahia e da importância desse debate para o processo educativo dos pescadores. A segunda — “o desenho do processo educativo para realizar o sonho” — e a terceira — “a relação edu-

cador-educando e o sujeito autônomo” — são duas questões essenciais ao processo educativo, e que por serem essências não devem ser realizadas de forma separada, pois fazem parte de um processo dialético que proporciona a síntese do educar. Porém, para melhor relatar os resultados do estudo, as apresentamos como aspectos a serem dissecados.

### Primeira discussão: a concretude dos projetos produtivos na construção da finalidade da ação

A primeira discussão trata da cadeia produtiva e da concretude dos projetos frutos das oficinas de planejamento participativo. Essa concretude se constitui na finalidade do processo educativo, ou seja, deu um horizonte, um ideal a buscar, não na forma de uma utopia, mas de um desejo, que gera intenção e movimento, o que é essencial para a constituição do sujeito autônomo e, nesse caso, coletivo.

Cumprir destacar que o delineamento de projetos destinados à intervenção na cadeia produtiva com vistas ao maior protagonismo das famílias de pescadores artesanais partiu da conceituação teórica da Sociologia Econômica, em que as relações sociais são explicativas de comportamentos econômicos, o que possibilita a construção social do mercado<sup>1</sup>. Consequentemente, assume-se que os pescadores são capazes de intervir na cadeia produtiva e protagonizá-la, fato que orienta o processo pedagógico elaborado.

Ademais, o planejamento realizado partia de uma visão de classe e voltava-se a um conjunto de ações cujos pes-

cadore e suas famílias protagonizariam diversas atividades com vistas à geração de renda. Paralelamente, eram ancorados em levantamentos técnicos que ofereciam subsídios à construção das estratégias a serem adotadas, que foram organizadas na forma de projetos.

Walter & Wilkinson (2011) apresentam as estratégias adotadas no planejamento do Projeto CIPAR Baixo Sul e os principais resultados obtidos, descritos aqui de forma sintética.

No que tange ao planejamento, teve-se a organização do território em três microrregiões, considerando a dinâmica da cadeia produtiva, envolvendo localização das comunidades pesqueiras, centros de abastecimento e presença de localidades turísticas. Microrregiões que se articulam entre si, formando uma única região: o Baixo Sul. Essa organização espacial permitiu a articulação de aspectos locais das cadeias produtivas com questões que permeiam toda a região e são vivenciadas por todas as comunidades pesqueiras. Em paralelo, subsidiou a orga-

<sup>1</sup>Para uma maior compreensão dos aspectos teóricos sobre a Sociologia Econômica e sobre a construção social do mercado, sugere-se a leitura de Wilkinson (2008).

nização dos levantamentos de informações, que verificaram, por exemplo, o acúmulo de infraestrutura em determinadas localidades em detrimento da maior produtividade em municípios e microrregiões que carecem de qualquer estrutura, conforme detalhado em Walter (2010). Organização que também permitiu que os pescadores de cada microrregião definissem estratégias específicas para sua cadeia produtiva e dimensionassem estruturas adequadas à realidade da pesca artesanal.

Walter & Wilkinson (2011) reportam, ainda, que cada microrregião estruturou um conjunto de ações que visaram:

1. a comercialização direta dos produtos pelas famílias de pescadores, envolvendo suas entidades e ações em rede;
2. a melhoria dos produtos e da comercialização nos mercados locais, formados por restaurantes, mercados públicos e moradores da região;
3. a melhoria da renda das famílias por meio da conquista de novos mercados, em especial os mercados institucionais, caracterizados por parcerias com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), e outros canais fora do Baixo Sul, desde que apoiados por estudos técnicos.

As diferenças entre as microrregiões dizem respeito à localização de infraestruturas que comumente concatenam estruturas menores e maiores, à recuperação de estruturas preexistentes, à articulação entre comunidades pesqueiras, considerando seu maior ou menor isolamento e seu papel na oferta de produtos a restaurantes de localidades turísticas, considerados o mercado que melhor valoriza os frutos do mar.

Ademais, obtiveram-se três estratégias centrais da cadeia produtiva que contempla:

1. o reconhecimento e a valorização da atividade pesqueira enquanto atividade familiar e artesanal;
2. a constituição de redes solidárias de cooperação e comercialização; e
3. a valorização do mercado local.

A primeira estratégia diz respeito à valorização da diversidade da produção e dos produtos da pesca em detrimento da especialização de um ou outro produto. Adotam-se estratégias para valorizar toda a gama produzida pela família, e não um único produto, como camarão ou lagosta, que possuem maior demanda de mercado. Ademais, fortalece a participação da família na atividade pesqueira, reconhecendo principalmente as atividades das mulheres, e também em projetos que venham a ser implementados.

A segunda estratégia destina-se à ação coletiva, articulando o conjunto de comunidades pesqueiras com vistas à emancipação econômica na cadeia produtiva. A terceira, em valorizar o mercado local, como mecanismo de sustentabilidade ambiental, social (no que tange à segurança alimentar dos moradores) e econômica, garantido a capacidade de gerenciamento dos pescadores na cadeia produtiva.

Por último, foi definida uma ação que visa à sustentação da pesca artesanal em toda a região do Baixo Sul: a substituição gradativa de canoas de madeira por outro material e a apropriação desse novo conhecimento pelos artesãos navais, dado que a escassez de madeira e a regulação ambiental em torno dela resultam em falta de matéria-prima e aumento dos custos na aquisição deste meio de transporte (WALTER, 2010). Conseqüentemente, aqueles que as detêm se apropriam do trabalho dos pescadores e marisqueiras, afetando toda a cadeia produtiva.

Cabe destacar, ainda, que os projetos estão contextualizados em um cenário, segundo Walter (2010), em que o turismo, o petróleo, a maricultura e a expansão urbana são atividades presentes no litoral do Baixo Sul e refletem na dinâmica da cadeia produtiva dos frutos do mar elaborados pelas comunidades pesqueiras dessa região. Ademais, dois dos efeitos dessas atividades são apresentados como centrais ao processo de degradação ambiental vivenciado. O primeiro é a redução dos estoques e a degradação da qualidade ambiental por poluição das águas e por supressão dos ecossistemas e habitat. Fato reportado pelos pescadores e marisqueiras durante as diversas atividades do projeto. O segundo aspecto destacado é a perda dos locais de moradia e de pesca para os empreendimentos de turismo e lazer que escolhem os locais pela beleza

cênica e pelas facilidades de transporte e acesso. Principalmente por meio da navegação, a exemplo de Morro de São Paulo, complexo turístico. Essa

pressão se alia a não regularização fundiária dessas regiões, oportunizando a ação de grileiros e a especulação imobiliária.

## Segunda discussão: o desenho do processo educativo para realizar o sonho

A segunda discussão vem no sentido do delineamento processual; como se pode notar na Tabela 1, as atividades proporcionaram um desenvolvimento processual marcado por dois movimentos centrais que se iniciaram paralelos: os seminários institucionais para criar um fluxo de encontros e comunicação entre os pescadores e as instituições envolvidas, para dar início ao projeto. O outro é referente à constituição da autonomia dos sujeitos, por meio das oficinas de planejamento, na perspectiva de construir o CIPAR Baixo Sul como uma estrutura política **dos** pescadores, e não **para** os pescadores. Esses movimentos se iniciaram paralelos e se articularam no final com os seminários integrados. O movimento proporcionou aos sujeitos (representantes institucionais e pescadores) se encontrarem e começar o diálogo com base na pauta desenvolvida pelos pescadores nas oficinas.

Esse desenho processual permitiu tempo de maturação e reflexão aos sujeitos envolvidos (pescadores e técnicos), garantindo que a ação realizada significasse um aprendizado. Segundo Vygotski (2001) e Molon (2003), a construção do significado é um processo subjetivo que ocorre na interação com o outro mediado pela linguagem, e nessa interação o sujeito se constitui. O tempo entre as oficinas e os seminários permitiu o distanciamento físico dos envolvidos no projeto, mas uma aproximação da liderança com sua base comunitária, pois ao voltar para a realidade da sua comunidade o participante completava o movimento de representação política, portanto proporcionando a conquista da autonomia e de liderança sem se descolar de sua comunidade. É necessário destacar a importância do educador na construção dessa autonomia, aqui entendida na perspectiva freireana, que considera o educador como responsável por garantir a autonomia dos sujeitos, sendo essa responsabilidade o imperativo ético que deve constituir-lo.

## Terceira discussão: a relação educador-educando e o sujeito autônomo

A terceira discussão realizada está no fazer de cada evento e na relação entre os educadores, técnicos e pescadores e marisqueiras. Os resultados das primeiras oficinas demonstraram que o silêncio e a invisibilidade dos pescadores e suas comunidades eram percebidos por todos, porém a responsabilidade de tornar visível era do outro, nesse caso, dos agentes públicos e representantes das instituições. Ou ainda da falta de união dos pescadores para reivindicar.

zação comunitária e falta de representatividade dos pescadores nas instâncias de decisão.

O primeiro seminário institucional apresenta essa situação. Em especial quando se trata de conhecer a cadeia produtiva da pesca artesanal e das necessidades das comunidades em seu contexto. No início do planejamento participativo (oficinas de planejamento, Tabela 1) dos projetos produtivos esse fato ficou demonstrado pela dificuldade de escolher o projeto, de entender o fluxo de planejamento e as responsabilidades de cada sujeito, e o que eles denominavam falta de união pode ser categorizado em desorgani-

Essa tomada de consciência proporcionou que lideranças que não eram pescadores, mas sim sujeitos que exerciam atividades de fornecimento de insumos e/ou intermediação na comercialização (atravessadores) que se diziam representantes, saíssem do processo pela pressão dos pescadores, constituindo-se aí um resultado que foi a assunção dos pescadores e marisqueiras como interlocutores do CIPAR. Essa assunção garantiu a horizontalidade dentro do grupo: todos eram pescadores, isto é, tinham identidade e posição social de pescadores.

De fato, a assimetria social entre os pescadores e os agentes da política pública se mostrou o maior desafio metodológico, pois as diferenças não se resumiam a uma adequação de linguagem. A questão central não era a falta de comunicação, mas um antagonismo na visão de mundo: de um lado um modo de produção comunitário de escala local e, de outro, o sistema globalizado em escala regional e nacional.

## As técnicas e as atividades preparatórias para o diálogo no contexto pedagógico

A estratégia utilizada objetivou duas ações pedagógicas. A primeira foi em reconhecer a assimetria de forma explícita e desenvolver uma sé-

### *Estudos Dirigidos em Grupos*

Consiste na divisão dos participantes em grupos para exercitar uma tarefa preestabelecida. Essa técnica demonstrou-se muito eficaz no envolvimento dos participantes e na construção de acordos entre os grupos das diversas microrregiões, os estudos eram realizados por meio de formulação de respostas a perguntas norteadoras elaboradas pelos educadores com base na avaliação e no monitoramento do desenvolvimento do projeto. Além de responder as perguntas, os participantes se organizavam como grupo para garantir que todos falassem e fossem ouvidos. Havia a eleição de um relator das atividades e de representantes para apresentar os resultados do grupo ao conjunto dos participantes do evento.

A **dramatização** proporcionou a problematização da realidade por meio da interpretação de diferentes papéis sociais, em especial o papel do opressor, o que permitiu aos participantes um afastamento necessário à reflexão dos seus problemas cotidianos. O uso dessa técnica permite a apreensão da realidade no exercício de aprendizagem coletiva que exige cooperação e cumplicidade na busca de soluções. O exercício de dramatizar, utilizando elementos do “Teatro do Oprimido”, proporcionou a vivência do drama (problema, conflito ou relação institucional que se deseja analisar ou intervir). Também aguçou a capacidade de percepção de problemas que poderiam estar “naturalizados” e, portanto, não percebidos como problemas a serem resolvidos, mas fatos dados. Experimentar o poder do outro (opressor) permitiu uma melhor compreensão das relações institucionais, que por sua vez proporcionou que a pauta para o encontro com as instituições fosse elaborada.

### **O processo como produto: uma síntese dos resultados**

Para apresentar os resultados do processo educativo do projeto CIPAR, foram estabelecidas duas categorias, uma em relação à gestão da pesca artesanal como processo de mediação e outra como constituição dos sujeitos, incluindo aí a formação e capacitação.

Os participantes do projeto, do ponto de vista da gestão da pesca artesanal, optaram por criar um Conselho

de atividades preparatórias com pescadores e marisqueiras para concretizar o diálogo com as instituições.

A **capacitação** com especialistas em saúde, desenvolvimento da pesca e meio ambiente proporcionou a instrumentalização dos participantes com a apropriação de conceitos e definições de políticas específicas para o setor.

A **preparação** dos pescadores e comunitários para o encontro com as autoridades, construindo o protagonismo destes na direção do seminário integrado. Ou seja, a condução do seminário foi realizada pelos pescadores, e equipe técnica e coordenação do projeto deram apoio técnico e institucional. Para tal, foi realizada uma seleção, dentre os pescadores e marisqueiras, de quem seriam os mediadores das mesas de discussão no seminário integrado. Em seguida, a pauta e os questionamentos que deveriam ser feitos foram escolhidos e, por fim, foi realizada uma simulação do evento, que pode ser caracterizado como “ensaio” para ajustar a conduta individual, a linguagem, dando formalidade aos procedimentos.

As atividades descritas proporcionaram o exercício da práxis, destacando a dramatização e o “ensaio” de sua fala no seminário como momentos de grande envolvimento e participação. Essa ação encaminhou a consciência de seu lugar no mundo, permitiu à equipe técnica entender a perspectiva dos pescadores e deu qualidade à interlocução com os agentes públicos. Dessa forma, o procedimento criou a condição para o diálogo, que por sua vez pressupõe autonomia e simetria entre os sujeitos que conversam. Isto é, os pescadores e marisqueiras foram agentes de sua própria vida, não necessitando de mediação externa.

Gestor de Pescadores e demandaram um processo formativo em relação às duas políticas públicas centrais ao seu desenvolvimento e com quem apontavam a maior dificuldade de diálogo: saúde laboral e meio ambiente. Cumpre esclarecer que o conceito de cadeia produtiva adotado no projeto consubstanciava os fatores necessários tanto ao desenvolvimento da cadeia produtiva

como àqueles responsáveis por seus entraves. Assim, temáticas transversais, como meio ambiente e saúde, surgiram como fatores centrais ao seu desenvolvimento.

A proposição do conselho resultou ainda em um debate específico em torno das formas de organização que desejavam para si, o que gerou a elaboração de seu estatuto. Tal fato deu organicidade ao movimento planejado no projeto, os pescadores ultrapassaram os objetivos propostos e se estabeleceram enquanto grupo capaz de intervir politicamente com autonomia, inclusive no processo político eleitoral, momento em que levaram sua pauta e escolheram um perfil de candidatos capazes de representá-los no executivo e nos parlamentos nacional e estadual. O mesmo Con-

selho Gestor de Pescadores também proporcionou maior força de representatividade dos pescadores nos fóruns e nas instâncias de tomada de decisão das políticas públicas de desenvolvimento social, a exemplo do Programa Territórios da Cidadania, Programa Fome Zero, etc.

O processo formativo desenvolvido, além de constituir sujeitos cientes de seu lugar no mundo, instrumentalizou as lideranças em temas como direitos fundamentais da pessoa e das comunidades tradicionais, proporcionando aos participantes o conhecer e interpretar o arcabouço legal e os sistemas públicos de gestão ambiental, saúde pública, seguridade social, regras de tráfego marítimo, dentre outros.

## CONCLUSÃO

A conclusão deste artigo se estrutura em uma série de sínteses oriundas do processo de discussão realizado ao longo do texto, nossas conclusões não têm a finalidade de encerrar a discussão. A intenção é estabelecer os elementos necessários à equação de algumas questões levantadas.

Ter o entendimento de que a gestão da pesca deve considerar todos os aspectos da relação dos pescadores em seu mundo, considerando a cadeia produtiva como um contexto, é essencial para o desenvolvimento da gestão participativa da pesca artesanal. É importante ressaltar que esse processo transcendeu a relação pescador-peixe e que sem esse movimento os resultados não poderiam ser obtidos.

A gestão participativa da pesca artesanal é uma atribuição do Estado, pois a realização deste projeto só foi possível com a intervenção do poder público como promotor do processo, e as demandas levantadas nas oficinas e nos seminários necessitam, obrigatoriamente, do Estado como mediador e provedor dos processos, a exemplo da saúde laboral e da fiscalização e controle da pesca.

Pode-se dizer, por fim, que a gestão participativa pressupõe um processo de educação na lógica da pedagogia do oprimido, de matriz freireana. Nesse sentido se deu a constituição de sujeitos coletivos autônomos e conscientes de sua posição social, no contexto da cadeia produtiva da pesca artesanal, demonstrado na experiência projetada para a região litorânea do Baixo Sul da Bahia.

## REFERÊNCIAS

- AMBROSINI, L.B.; FILIPPI, E.E.; MIGUEL, L.A. SIAL: análise da produção agroalimentar a partir de um enfoque territorialista e multidisciplinar. *Revista IDEAS*, v. 2, n. 1, p. 6-31, jan.-jun., 2008. Disponível em: <[http://r1.ufrj.br/cpda/ideas/revistas/v02/n01/IDEAS-v02\\_n01-artigo\\_LARISSA\\_AMBROSINI.pdf](http://r1.ufrj.br/cpda/ideas/revistas/v02/n01/IDEAS-v02_n01-artigo_LARISSA_AMBROSINI.pdf)>. Acesso em: 01 dez. 2013.
- CORDELL, J. Pescaria marginal na Bahia In: COSTA, A.L. (Org.). *Nas redes da pesca artesanal*. Brasília: Editora IBAMA, 2007. p. 253-267.
- DEMO, P. *Participação é conquista: noções de política social participativa*. 3ª ed. São Paulo: Cortez, 1996.
- DIEGUES, A.C.S. *Povos e mares: leituras em sócio-antropologia marítima*. São Paulo: NUPAUB-USP, 1995.
- \_\_\_\_\_. *Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar*. São Paulo: Ensaio 94, Ática, 1983. 287p.
- FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 11ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1982.

\_\_\_\_\_. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários a prática educativa*. 25ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. *Relatório Final do Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Litoral do Brasil*. Brasília: IBAMA, 2006. 328p. (Relatório não publicado).

LOUREIRO, C.F.B. *Trajatória e fundamentos da educação ambiental*. São Paulo: Cortez, 2004.

MOLON, S.I. *Subjetividade e constituição do sujeito em Vygotsky*. Petrópolis: Vozes, 2003.

MUCHNIK, J. Sistemas agroalimentarios localizados: evolución del concepto y diversidad de situaciones. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE LA RED SIAL “ALIMENTACIÓN Y TERRITÓRIOS”, 3. *Anais...* Andalucía, Espanha, 2006. 20p. Disponível em: < <http://syal.agropolis.fr/ALTER06/pdf/actes/c14.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2013.

PEREIRA, M.O.R. Educação ambiental com pescadores artesanais: um convite à participação. *Revista Práxis Educativa*, v. 3, n. 1, p. 73-80, jan.-jun., 2008. Disponível em: <<http://www.revistas2.uepg.br/index.php/praxiseducativa/article/view/344>>. Acesso em: 01 dez. 2013.

PEREIRA, M.O.R.; MOLON, S.I.; LOUREIRO, C.F.B. O sentido estético e o trabalho criativo como elementos estruturantes de uma proposta de Educação Ambiental com pescadores artesanais. *Revista Eletrônica Mestrado Educação Ambiental*, v. 21, p. 378-392, jul.-dez., 2008.

QUINTAS, J.S. *Como o IBAMA exerce a educação ambiental*. Coordenação Geral de Educação Ambiental. Brasília: Edições IBAMA, 2002.

SEAP – SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DA PESCA. *Plano Mais Pesca e Aquicultura*: Plano de Desenvolvimento Sustentável. Brasília: Ministério da Pesca e da Aquicultura, 2008. 23p. Disponível em: [www.mpa.gov.br](http://www.mpa.gov.br)>. Acesso em: 01 dez. 2013.

VYGOTSKI, L.S. *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Martin Fontes, 2001.

WALTER, T. *Novos usos e novos mercados: qual sua influência na dinâmica da cadeia produtiva dos frutos do mar oriundos da pesca artesanal?* Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010. Disponível em: <[http://r1.ufrrj.br/cpda/wp-content/uploads/2011/08/tese\\_tatiana\\_walter\\_2010.pdf](http://r1.ufrrj.br/cpda/wp-content/uploads/2011/08/tese_tatiana_walter_2010.pdf)>. Acesso em: 01 dez. 2013.

WALTER, T. & WILKINSON, J. Fortalecimento da cadeia produtiva da pesca artesanal no Baixo Sul baiano. *Agriculturas: Experiências em Agroecologia*, v. 8, n. 3, p. 26-33, 2011. Disponível em: <<http://aspta.org.br/revista/v8-n3-relocalizando-os-sistemas-agroalimentares/>>. Acesso em: 01 dez. 2016.

WILKINSON, J. *Mercados, redes e valores*. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2008. 213p.

## ESTUDO COMPARATIVO DA CONTAMINAÇÃO POR MICRO-ORGANISMOS PATOGÊNICOS EM RESÍDUOS DOMICILIARES E DE SAÚDE EM UBERLÂNDIA (MG)

COMPARATIVE STUDY OF PATHOGENIC MICROORGANISMS CONTAMINATION IN DOMESTIC SOLID WASTE AND HEALTH IN UBERLANDIA CITY (MG)

### Edilza Filice Chayb

Assistente Social. Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Camilo Castelo Branco (UNICASTELO) – Fernandópolis (SP), Brasil.

### Dora Inês Kozusny-Andreani

Professora do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais da UNICASTELO. Mestre em Melhoramento Genético e Doutora em Agronomia pela UNICASTELO – Fernandópolis (SP), Brasil.

### Endereço para correspondência:

Edilza Filice Chayb – Rua Silvano Brandão, 101, apto. 101 – Centro – 38400-176 – Uberlândia (MG), Brasil – E-mail: edilzafelice@hotmail.com

### RESUMO

A proposta do trabalho foi realizar um estudo comparativo da contaminação por micro-organismos patogênicos, que causam potenciais riscos para saúde humana, animal e meio ambiente, associados aos resíduos sólidos domiciliares (RSD) aos resíduos sólidos de saúde (RSS). Os RSD e os RSS foram colhidos em Uberlândia (MG). O estudo foi realizado por meio da abordagem quantitativa, utilizou-se o teste comparativo não paramétrico de Kruskal-Wallis e a comparação múltipla de Dunn *post hoc* e os resultados foram avaliados por técnica multivariada. As comparações foram com a quantidade de um mesmo micro-organismo entre os tipos de RS, comparando a quantidade de todos e os mais frequentes em cada tipo de resíduo. As maiores contagens foram verificadas nos RSD, pois neles a contaminação foi maior e mais diversificada, com periculosidade infectocontagiosa, riscos à saúde pública e ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

**Palavras-chave:** meio ambiente; micro-organismo; resíduo sólido domiciliar; saúde pública.

### ABSTRACT

This study aimed to compare the contamination by pathogenic microorganisms, which cause potential risks to human, animal health and the environment, associated with domestic solid waste (DSW), and solid waste of health services (SWHS). DSW and SWHS were collected in the municipality of Uberlândia (MG). A quantitative approach was used in this study, using a non-parametric comparative test by Kruskal-Wallis and a multiple comparison by Dunn *post hoc* and the results were evaluated by a multivariate technique. The quantity of the same microorganism between the types of SW were compared, in addition to their total amounts and the most frequent in each kind of waste. The highest counts were observed in DSW, for the contamination was larger and more diverse in this type, evidencing the danger of infection and contagion, with risks to the public health, the environment, when the waste is managed in an inappropriate manner.

**Keywords:** environment; microorganism; solid waste domestic; public health.

## INTRODUÇÃO

Resíduo ou lixo pode ser qualquer material considerado inútil, supérfluo ou sem valor, gerado pela atividade humana, indesejado e descartado no meio ambiente (GOUVEIA & PRADO, 2010). De acordo com a norma brasileira NBR 10.004 (ABNT, 2004a, p. 1), “Resíduos Sólidos, são os resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades da comunidade, de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”.

Os resíduos sólidos refletem os hábitos e costumes de uma sociedade. A geração e a composição dos resíduos sólidos variam de acordo com o poder aquisitivo e o nível educacional da população, o número de habitantes da localidade, as condições climáticas, entre outros fatores (TCHOBANOGLIOUS & KREITH, 2002).

Os resíduos sólidos urbanos (RSU), nos termos da Lei Federal nº 12.305/10, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), englobam os resíduos domiciliares, isto é, aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas, e os resíduos de limpeza urbana, quais sejam, os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, bem como de outros serviços de limpeza urbana.

Com a nova Lei 12.305, a PNRS conduziu as prefeituras brasileiras a uma reestruturação nas atividades de suas secretarias, trazendo a observância de novas responsabilidades na gestão pública, chamando a atenção para a importância do “lixo” no aspecto social, da saúde e ambiental, assim como para a nova terminologia que substituiu o termo “lixo” por resíduo sólido (BRASIL, 2010; MMA, 2012).

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2013), o país registra a presença de lixões em todos os Estados e cerca de 60% dos municípios brasileiros ainda encaminham seus resíduos para locais inadequados.

Apesar do elevado percentual de municípios que possuem vazadouros a céu aberto, no Brasil e em diversos

países, os aterros representam a principal destinação dos RSU (MONTEIRO *et al.*, 2006; ZHANG *et al.*, 2011; SANG *et al.*, 2012; ZHAO *et al.*, 2013; OTHMAN *et al.*, 2013).

A situação atual é caracterizada pela crescente produção de resíduos sólidos, salientando-se a grande diminuição do seu peso específico, originando um evidente aumento do volume a tratar. Na última década, houve uma duplicação da produção de resíduos por habitante, em termos de peso, e o volume quase quadruplicou (ABRELPE, 2013).

Entre os anos 2003 e 2010, houve um aumento do percentual de resíduos sólidos destinados a aterros sanitários: de 40,5 para 57,6%, respectivamente (ABRELPE, 2004, 2011). Em 2013, a geração total de RSU no Brasil foi de 209.280 t (ABRELPE, 2013).

A disposição inadequada de resíduos no solo em lixões é uma grande fonte de impactos ao meio ambiente, aos meios aquático, atmosférico e terrestre, à saúde pública e ao meio social, sob a forma de poluição visual e sonora (CASTILHOS JUNIOR, 2006).

As alternativas propostas em substituição aos aterros sanitários vêm sendo estudadas e discutidas há muitos anos, mas até hoje não se encontrou opção que apresentasse melhor relação custo-benefício (MANFREDI; TONINI; CHRISTENSEN, 2010; SAWAMURA *et al.*, 2010; MANFREDI; TONINI; CHRISTENSEN, 2011; SANG *et al.*, 2012).

No Brasil, os resultados das análises microbiológicas em amostras de RSS e RSD na pesquisa de Ferreira (1997) apontam para uma razoável semelhança entre eles, a ponto de permitir colocá-los, do ponto de vista gerencial, em uma mesma categoria de risco.

Diante dessa análise, a presente pesquisa foi avaliar, por meio de um estudo comparativo, a diferença entre os tipos de contaminação por micro-organismos patogênicos existentes em resíduos sólidos domiciliares, separados por classe social AB (RSD AB) e CD (RSD CD), e os resíduos advindos de serviços de saúde, separados por comum (RSS C) e infectante (RSS I).

## OBJETIVO GERAL

Avaliar, por meio de um estudo comparativo, a contaminação por micro-organismos patogênicos existentes em RSD e RSS e apresentar se houve diferenças ou não quanto à contami-

nação, e discutir os impactos ambientais causados pelo gerenciamento inadequado dos Resíduos Sólidos, bem como os danos sanitários causados à saúde humana e animal.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar estatisticamente a diferença entre os tipos de contaminação nos RSS e RSD.
- Comparar a quantidade de um mesmo micro-organismo entre os quatro tipos de resíduos (RSS C; RSS I; RSD AB; RSD CD).
- Discutir sobre a contaminação que os RSD podem ocasionar ao meio ambiente quando não acondicionados, coletados, transportados, tratados e dispostos adequadamente.
- Apresentar os riscos sanitários à saúde humana e animal quando os resíduos são dispostos em lixões.
- Propor medidas adequadas quanto ao gerenciamento dos RSD.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização e caracterização da área do estudo

O município de Uberlândia está situado a 18°56'38" de latitude sul do Equador e a 48°18'39" de longitude oeste, a partir de GNT, no Triângulo Mineiro (MG), Brasil. Possui uma área territorial de 4.115,09

km<sup>2</sup>; destes, 3.896,09 km<sup>2</sup> correspondem à área rural, e 219 km<sup>2</sup>, à área urbana, e tem uma população de aproximadamente 654.681 habitantes (IBGE, 2011, 2014).

### Caracterização da instituição: Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia

O Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia (HCU-UFU) está dentre os 46 hospitais universitários do Ministério da Educação (MEC), sendo referência para a micro e a macrorregião do Estado de Minas Gerais. Trata-se de uma organização de grande porte que oferece atendimento de alta complexidade nas suas diversas especialidades. Conta com 520 leitos, sendo 30 de unidade de terapia intensiva (UTI) Adulto, 15 de UTI Neonatal, 8 de UTI Pediátrica, 91 no Pronto-Socorro (OS) e os demais distribuídos entre unidades

de internação, com 24 salas cirúrgicas, sendo que, destas, 5 são do Centro Obstétrico. No ano de 2013, foram realizados: 20.127 internações, 192.224 atendimentos no PS, 33.075 cirurgias, 37.085 aplicações quimioterápicas, 80.954 aplicações radioterápicas, 6.818 sessões de hemodiálise, 1.486.678 exames, 658.814 refeições fornecidas e 537.555 atendimentos ambulatoriais. Possui mais de 3.600 colaboradores, além dos acadêmicos e residentes. Tem mais de 51.000 m<sup>2</sup> de área construída (GHI-HCU, 2013).

### Caracterização do resíduo sólido

No período de março a maio de 2014, as amostras dos resíduos sólidos de saúde (RSS) foram coletadas no HC-UFU, e as amostras dos RSD, recolhidas nos caminhões da empresa Limpebrás, contratada pela Secretaria Municipal de Serviços Urbanos da Prefeitura Municipal de Uberlândia.

Os RSS utilizados neste trabalho foram pertencentes ao Grupo A (potencialmente infectantes — risco biológico), compostos por resíduos de produtos biológicos; meios de cultura; bolsas transfusionais contendo sangue ou hemocomponentes; sobras de amostras de laboratório contendo sangue ou líquidos corpóreos; peças anatômicas (membros) do ser humano; kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores; sobras de amostras

de laboratório e seus recipientes contendo fezes, urina e secreções e órgãos, tecidos, fluidos orgânicos.

Os RSD foram provenientes do Grupo D (resíduos comuns). Foram coletados em quatro diferentes bairros de Uberlândia (MG): Morada da Colina e Karaíba, bairros de classe média alta (AB), e Santa Mônica e São Jorge, bairros de classe média baixa (CD). Os resíduos eram compostos por: restos de alimentos, cascas e bagaços de frutas, verduras, restos de carnes e ossos, papel higiênico, absorvente higiênico, fralda descartável, preservativo e embalagens plásticas e papéis. Todas as amostragens foram realizadas de forma casualizada, constituindo-se em amostras mistas.

Os resíduos dos Grupos B (químicos), C (rejeitos radioativos) e E (perfurocortantes) não entraram na pesquisa.

## Resíduos

Foram recolhidos 5 kg de RSS C e RSS I e 5 kg de RSD, recolhidos aleatoriamente em quatro bairros, sendo estes classificados como: de classe média alta (AB) e classe média baixa (CD), foram realizadas amostragens uma vez ao mês, sempre nas segundas-feiras, por um período de 3 meses consecutivos, totalizando em 12 sacos de resíduos recolhidos no período. A coleta dos RSD foi feita em caminhão do tipo caçamba aberta, da Limpebrás, da Secretaria Municipal de Serviços Urbanos da Prefeitura Municipal de Uberlândia, pela manhã, partindo-se do início do trecho normal de coleta, antes de o caminhão compactar o lixo.

## Análise microbiológica

Os 10 g de cada categoria foram diluídos em 90 mL de solução salina estéril de NaCl (0,5%) por 10 min. (esse procedimento foi realizado em duplicata) e de cada amostra retirou-se 1 mL de cada frasco e diluiu-se em 9 mL de solução salina estéril de NaCl (0,5%) em triplicada; após, foram retirados 100 uL dos frascos, que foram distribuídos em diferentes meios de cultura. A partir dessa etapa foram realizadas as análises microbiológicas e encontrados os mesófilos totais,

## Análise estatística

Para avaliar a diferença entre o tipo de contaminação existente em RSD, separados por classes AB (RSD AB) e CD (RSD CD), e RSS, separados por comum (RSS C) e infectante (RSSI), foram utilizadas estatísticas descritivas. Foram utilizadas estatísticas descritivas com abordagem do teste comparativo não paramétrico de Kruskal-Wallis, com teste de comparação múltipla de Dunn *post hoc* para as diferenças significativas, com nível de significância de 0,05. As comparações foram realizadas de três modos: 1) comparando a quantidade de um mesmo micro-organismo entre os quatro

Os resíduos foram acondicionados e resfriados em caixas isotérmicas e, em seguida, transportados ao Laboratório de Microbiologia da Universidade Camilo Castelo Branco (UNICASTELO), em Fernandópolis, no Estado de São Paulo, para análise microbiológica. Os resíduos foram selecionados e submetidos aos seguintes procedimentos: por meio de escolha aleatória, os sacos de lixo foram retirados das caixas isotérmicas e com uma pinça esterilizada foi separada uma fração de resíduo, procedendo-se à pesagem de 10 g de cada categoria: RSD AB; RSD CD; RSS I; RSS C.

coliformes totais e fecais, enterobactérias, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, fungos filamentosos e leveduriformes, entre outros. As culturas foram realizadas em meios agarizados: *Levine*, *Cetrimide*, *Salmonella/Shigella*, Sulfato, incubadas a 37°C por 24/48 horas, quando se procedeu à contagem das unidades formadoras de colônias (UFC) e à identificação dos micro-organismos pelos métodos bioquímicos e pela coloração de Gram.

tipos de resíduos sólidos; 2) comparando a quantidade de todos os micro-organismos em um mesmo resíduo sólido, verificando-se quais tipos de micro-organismos foram mais frequentes em cada tipo de resíduo avaliado; 3) avaliando os resultados por meio da Análise de Componentes Principais (ACP), técnica estatística multivariada, em que foram identificadas as relações entre o tipo de resíduo sólido e o micro-organismo avaliado. Para as análises, foram utilizados os softwares *Minitab 17* (Minitab, Inc.) e *Statistica 10* (StatSoft, Inc.).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo foi feito por uma abordagem quantitativa, com o objetivo de comparar o comportamento da contagem dos micro-organismos avaliados em cada um dos resíduos sólidos (domiciliar e de saúde) e a contagem de cada um dos micro-organismos em relação aos resíduos sólidos avaliados.

A Tabela 1 mostra as estatísticas descritivas da contagem dos micro-organismos avaliados em relação aos resíduos sólidos.

Os resultados mostraram a existência de diferenças significativas na contagem microbiana de todos os micro-organismos avaliados quando os tipos de resíduos foram comparados ( $p < 0,001$ ), exceto para os mesófilos totais ( $p = 0,217$ ), o qual não apresentou diferença na contagem quando os quatro tipos de resíduos sólidos foram comparados.

As maiores contagens de coliformes totais foram verificadas nos resíduos sólidos domiciliares, independen-

**Tabela 1 - Média (mediana) da contagem de micro-organismos em relação aos resíduos sólidos.**

Micro-organismo (n=9) <sup>1</sup>	Resíduos sólidos				Valor p <sup>*</sup>
	RSD AB <sup>2</sup>	RSD CD <sup>2</sup>	RSS C <sup>2</sup>	RSS I <sup>2</sup>	
Mesófilos totais	8,26.10 <sup>6</sup> (7,80.10 <sup>6</sup> ) <sup>A</sup>	6,81.10 <sup>6</sup> (7,50.10 <sup>6</sup> ) <sup>AB</sup>	7,76.10 <sup>6</sup> (7,80.10 <sup>6</sup> ) <sup>A</sup>	7,83.10 <sup>6</sup> (7,50.10 <sup>6</sup> ) <sup>A</sup>	0,217
Coliformes totais	5,07.10 <sup>4</sup> (5,30.10 <sup>4</sup> ) <sup>aAB</sup>	5,47.10 <sup>4</sup> (5,50.10 <sup>4</sup> ) <sup>aAB</sup>	5,20.10 <sup>4</sup> (5,20.10 <sup>4</sup> ) <sup>aAB</sup>	3,35.10 <sup>4</sup> (3,30.10 <sup>4</sup> ) <sup>bA</sup>	<0,001
Coliformes termotolerantes	1,34.10 <sup>3</sup> (1,20.10 <sup>3</sup> ) <sup>bcAB</sup>	1,84.10 <sup>3</sup> (1,90.10 <sup>3</sup> ) <sup>abABC</sup>	1,04.10 <sup>3</sup> (1,10.10 <sup>3</sup> ) <sup>cABC</sup>	1,55.10 <sup>3</sup> (1,50.10 <sup>3</sup> ) <sup>bAB</sup>	<0,001
<i>Escherichia coli</i>	3,27.10 <sup>2</sup> (3,30.10 <sup>2</sup> ) <sup>abAB</sup>	2,98.10 <sup>2</sup> (3,00.10 <sup>2</sup> ) <sup>bABCD</sup>	2,92.10 <sup>2</sup> (2,90.10 <sup>2</sup> ) <sup>bABCD</sup>	4,35.10 <sup>2</sup> (4,40.10 <sup>2</sup> ) <sup>aABC</sup>	<0,001
<i>Proteus spp.</i>	0,44.10 <sup>1</sup> (0,50.10 <sup>1</sup> ) <sup>aCD</sup>	0,26.10 <sup>1</sup> (0,20.10 <sup>1</sup> ) <sup>abF</sup>	0,21.10 <sup>1</sup> (0,20.10 <sup>1</sup> ) <sup>bDE</sup>	0,15.10 <sup>1</sup> (0,20.10 <sup>1</sup> ) <sup>bBCD</sup>	<0,001
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1,42.10 <sup>2</sup> (1,40.10 <sup>2</sup> ) <sup>abABC</sup>	1,36.10 <sup>3</sup> (1,10.10 <sup>3</sup> ) <sup>aBC</sup>	5,90.10 <sup>1</sup> (6,10.10 <sup>1</sup> ) <sup>bABCD</sup>	1,00.10 <sup>1</sup> (1,10.10 <sup>1</sup> ) <sup>cABCD</sup>	<0,001
<i>Klebsiella spp.</i>	4,20.10 <sup>1</sup> (3,00.10 <sup>1</sup> ) <sup>aBCD</sup>	6,40.10 <sup>1</sup> (6,00.10 <sup>1</sup> ) <sup>aBCDEF</sup>	0,33.10 <sup>0</sup> (0,00) <sup>bE</sup>	1,00.10 <sup>0</sup> (1,00.10 <sup>0</sup> ) <sup>bCD</sup>	<0,001
<i>Staphylococcus aureus</i>	4,60.10 <sup>1</sup> (5,00.10 <sup>1</sup> ) <sup>bcBCD</sup>	1,10.10 <sup>2</sup> (1,10.10 <sup>2</sup> ) <sup>abBCDE</sup>	1,00.10 <sup>1</sup> (0,90.10 <sup>1</sup> ) <sup>cABCDE</sup>	8,49.10 <sup>2</sup> (1,10.10 <sup>3</sup> ) <sup>aABC</sup>	<0,001
<i>Micrococcus spp.</i>	1,08.10 <sup>2</sup> (1,00.10 <sup>2</sup> ) <sup>aABC</sup>	3,70.10 <sup>1</sup> (3,20.10 <sup>1</sup> ) <sup>abCDEF</sup>	0,46.10 <sup>1</sup> (0,50.10 <sup>1</sup> ) <sup>bcBCDE</sup>	0,15.10 <sup>1</sup> (0,10.10 <sup>1</sup> ) <sup>cBCD</sup>	<0,001
<i>Bacillus spp.</i>	0,26.10 <sup>1</sup> (0,20.10 <sup>1</sup> ) <sup>bD</sup>	1,02.10 <sup>2</sup> (3,00.10 <sup>1</sup> ) <sup>aBCDEF</sup>	0,71.10 <sup>1</sup> (1,00.10 <sup>1</sup> ) <sup>bBCDE</sup>	0,75.10 <sup>1</sup> (0,80.10 <sup>1</sup> ) <sup>bABCD</sup>	<0,001
<i>Cândida spp.</i>	4,22.10 <sup>1</sup> (3,00.10 <sup>1</sup> ) <sup>abBCD</sup>	6,44.10 <sup>1</sup> (6,00.10 <sup>1</sup> ) <sup>aBCDEF</sup>	0,53.10 <sup>1</sup> (0,50.10 <sup>1</sup> ) <sup>cCDE</sup>	1,10.10 <sup>1</sup> (0,90.10 <sup>1</sup> ) <sup>bcABCD</sup>	<0,001
<i>Aspergillus niger.</i>	0,55.10 <sup>1</sup> (0,50.10 <sup>1</sup> ) <sup>aCD</sup>	1,13.10 <sup>1</sup> (1,10.10 <sup>1</sup> ) <sup>aEF</sup>	0,74.10 <sup>1</sup> (1,00.10 <sup>1</sup> ) <sup>aBCDE</sup>	0,00 (0,00) <sup>bD</sup>	<0,001
<i>Penicillium spp.</i>	0,21.10 <sup>1</sup> (0,20.10 <sup>1</sup> ) <sup>bcD</sup>	2,33.10 <sup>1</sup> (2,20.10 <sup>1</sup> ) <sup>aDEF</sup>	0,26.10 <sup>1</sup> (0,30.10 <sup>1</sup> ) <sup>abDE</sup>	0,00 (0,00) <sup>cdD</sup>	<0,001
<i>Fusarium spp.</i>	3,33.10 <sup>1</sup> (3,00.10 <sup>1</sup> ) <sup>aBCD</sup>	9,67.10 <sup>1</sup> (9,00.10 <sup>1</sup> ) <sup>aBCDEF</sup>	0,00 (0,00) <sup>bE</sup>	0,00 (0,00) <sup>bD</sup>	<0,001
<i>Rhizopus spp.</i>	0,48.10 <sup>1</sup> (0,50.10 <sup>1</sup> ) <sup>aCD</sup>	1,61.10 <sup>1</sup> (1,50.10 <sup>1</sup> ) <sup>aEF</sup>	0,00 (0,00) <sup>bE</sup>	0,00 (0,00) <sup>bD</sup>	<0,001
Valor p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

\*VALOR P REFERENTE AO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS COM 5% DE SIGNIFICÂNCIA; <sup>1</sup>LETRAS MINÚSCULAS DISTINTAS NA MESMA LINHA INDICAM MEDIANAS COM DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS PELO TESTE DE COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DE DUNN (P<0,05); <sup>2</sup>LETRAS MAIÚSCULAS DISTINTAS NA MESMA COLUNA INDICAM MEDIANAS COM DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS PELO TESTE DE COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DE DUNN (P<0,05).

temente da classe avaliada, sendo que os termos tolerantes apresentaram contagem superior nos resíduos domiciliares das classes C e D (RSD CD). *E. coli* apresentou maior expressão nos resíduos de saúde infectantes (RSS I) e *Proteus spp.* nos resíduos domiciliares das classes A e B (RSD AB). *P. aeruginosa* apresentou-se com maior contagem nos resíduos domiciliares, assim como *Klebsiella spp.* *Staphylococcus aureus* apresentou maior contagem nos RSS I.

*Micrococcus spp.*, *Candida spp.*, *Aspergillus niger*, *Fusarium spp.* e *Rhizopus spp.* apresentaram contagens significativamente superiores nos resíduos domiciliares, independentemente da classe social. *Bacillus spp.* apresentou contagem superior em RSD CD e *Penicillium spp.* destacou-se em RSD CD e RSS C.

A Tabela 2 mostra um resumo sobre a ocorrência das maiores e menores contagens microbianas dentre os resíduos avaliados, por micro-organismo avaliado.

De uma forma geral, os resíduos de saúde, tanto infectante como comum, apresentaram as menores

contagens para grande parte dos micro-organismos avaliados. Vale ressaltar que o RSS I apresentou maior contagem microbiana para *E. coli* e *S. aureus*, e o RSS C, apresentou maior contagem para *Penicillium spp.*, sendo os únicos casos de contagem significativamente superior em relação aos resíduos sólidos domiciliares.

A Figura 1 mostra o comportamento da contagem microbiana em relação aos resíduos avaliados retirando os mesófilos totais, os coliformes totais e os termotolerantes, visto que esses três micro-organismos apresentaram contagens relevantes em todos os resíduos sólidos avaliados.

A Figura 1 mostra que *E. coli* apresentou contagens elevadas em todos os resíduos avaliados, sendo superior no RSS I, enquanto *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus* apresentaram maiores contagens no RSD CD e no RSS I, respectivamente.

A Tabela 1 mostra diferenças estatisticamente significativas entre as contagens microbianas quando um mesmo resíduo sólido foi avaliado ( $p < 0,001$ ). Ou seja,

**Tabela 2 - Maiores e menores contagens de cada micro-organismo em relação aos resíduos avaliados.**

Micro-organismo	Maior contagem	Menor contagem
Coliformes totais	RSD AB/CD	RSS I
Coliformes termos tolerantes	RSD CD	RSS C
<i>Escherichia coli</i>	RSS I	RSD CD/RSS C
<i>Proteus spp.</i>	RSD AB	RSS C/I
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	RSD AB/CD	RSS I
<i>Klebsiella spp.</i>	RSD AB/CD	RSS C/I
<i>Staphylococcus aureus</i>	RSS I	RSS C
<i>Micrococcus spp.</i>	RSD AB/CD	RSS I
<i>Bacillus spp.</i>	RSD CD	RSD AB/RSS C/I
<i>Candida spp.</i>	RSD AB/CD	RSS C
<i>Aspergillus niger</i>	RSD AB/CD	RSS I
<i>Penicillium spp.</i>	RSD CD/RSS C	RSS I
<i>Fusarium spp.</i>	RSD AB/CD	RSS C/I
<i>Rhizopus spp.</i>	RSD AB/CD	RSS C/I

RSD: RESÍDUO SÓLIDO DOMICILIAR; RSS: RESÍDUO SÓLIDO DE SAÚDE.

em todos os resíduos sólidos, houve um micro-organismo ou um grupo de micro-organismos que se destacou com maior contagem.

Mesófilos totais, coliformes totais e termotolerantes apresentaram-se com contagens superiores em todos os resíduos sólidos avaliados, no entanto, *E. coli* apresentou contagem superior em resíduos de saúde (comum e infectante) e em resíduos domiciliares da classe A/B; *P. aeruginosa* apresentou contagens relevantes nos resíduos domiciliares da classe A/B e nos

### Abordagem multivariada

Os dados foram avaliados utilizando a ACP. Essa abordagem multivariada teve como objetivo reduzir todos os micro-organismos avaliados em duas componentes que explicam o maior percentual de variação dos dados. Essas componentes agruparam certos micro-organismos por cálculos envolvendo uma matriz de correlação e que se relacionavam de forma direta ou inversa, de acordo com os resíduos sólidos avaliados.

resíduos de saúde comum e *S.aureus* apresentou contagem relevante para resíduos de saúde infectante. Dentre os micro-organismos com menores contagens microbianas, destacam-se *Penicillium spp.*, *Fusarium spp.* e *Rhisopus spp.* em todos os resíduos sólidos avaliados. Adicionalmente, tem-se *Proteus spp.*, *Bacillus spp.* e *A. niger* para RSD AB, *Proteus spp.* e *A. niger* para RSD CD, *Candida spp.* para RSS C e *Klebsiella spp.* e *A. niger* para RSD AB, *Proteus spp.* e *A. niger* para RSD CD, *Candida spp.* para RSS C e *Klebsiella spp.* e *A. niger* para RSS I.

A Figura 2 mostra os vetores referentes a cada um dos micro-organismos com a localização dos resíduos sólidos no espaço bidimensional. As duas componentes principais (PC1 e PC2) explicaram 86,22% da variação dos dados, sendo que 57,48% da variação foi explicada pela componente 1, e 28,74%, pela componente 2.

A ACP mostrou que a componente 1 foi explicada pelos seguintes micro-organismos: coliformes termotoleran-

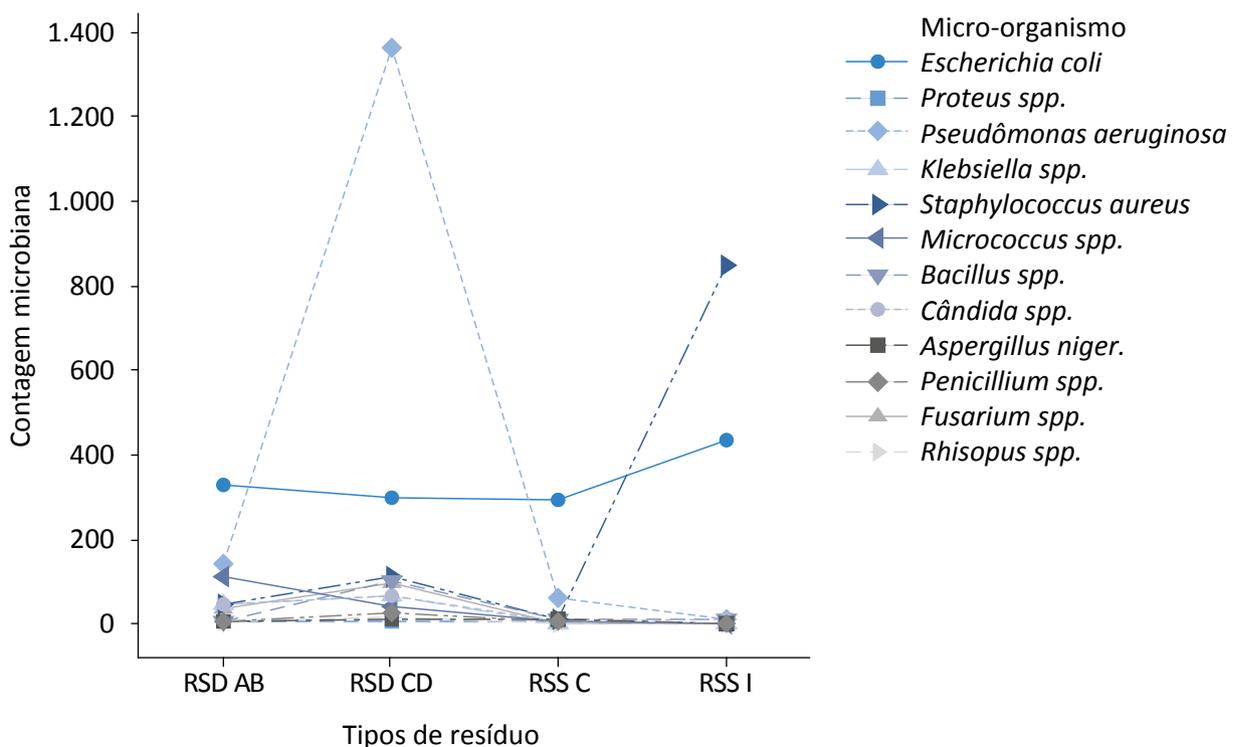


Figura 1 - Comportamento microbiano diante dos resíduos sólidos avaliados.

tes, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella spp.*, *Bacillus spp.*, *Candida spp.*, *Aspergillus niger*, *Penicillium spp.*, *Fusarium spp.* e *Rhizopus spp.*. Todos esses micro-organismos se relacionaram de forma direta e são característicos do RSD das classes C de D (RSD CD), visto que esse tipo de resíduo se localiza na mesma região do gráfico onde se encontram os vetores referentes a esses micro-organismos mencionados (Figura 3).

A componente 2 foi explicada por dois grupos: o grupo 1, composto por mesófilos totais, coliformes totais e *Proteus spp.*, e o grupo 2, composto somente por *Staphylococcus aureus*, sendo que esses grupos se relacionaram de forma inversa, ou seja, resíduos que apresentaram contagens microbianas superiores do grupo 1 apresentaram contagens inferiores para o micro-organismo do grupo 2 e vice-versa.

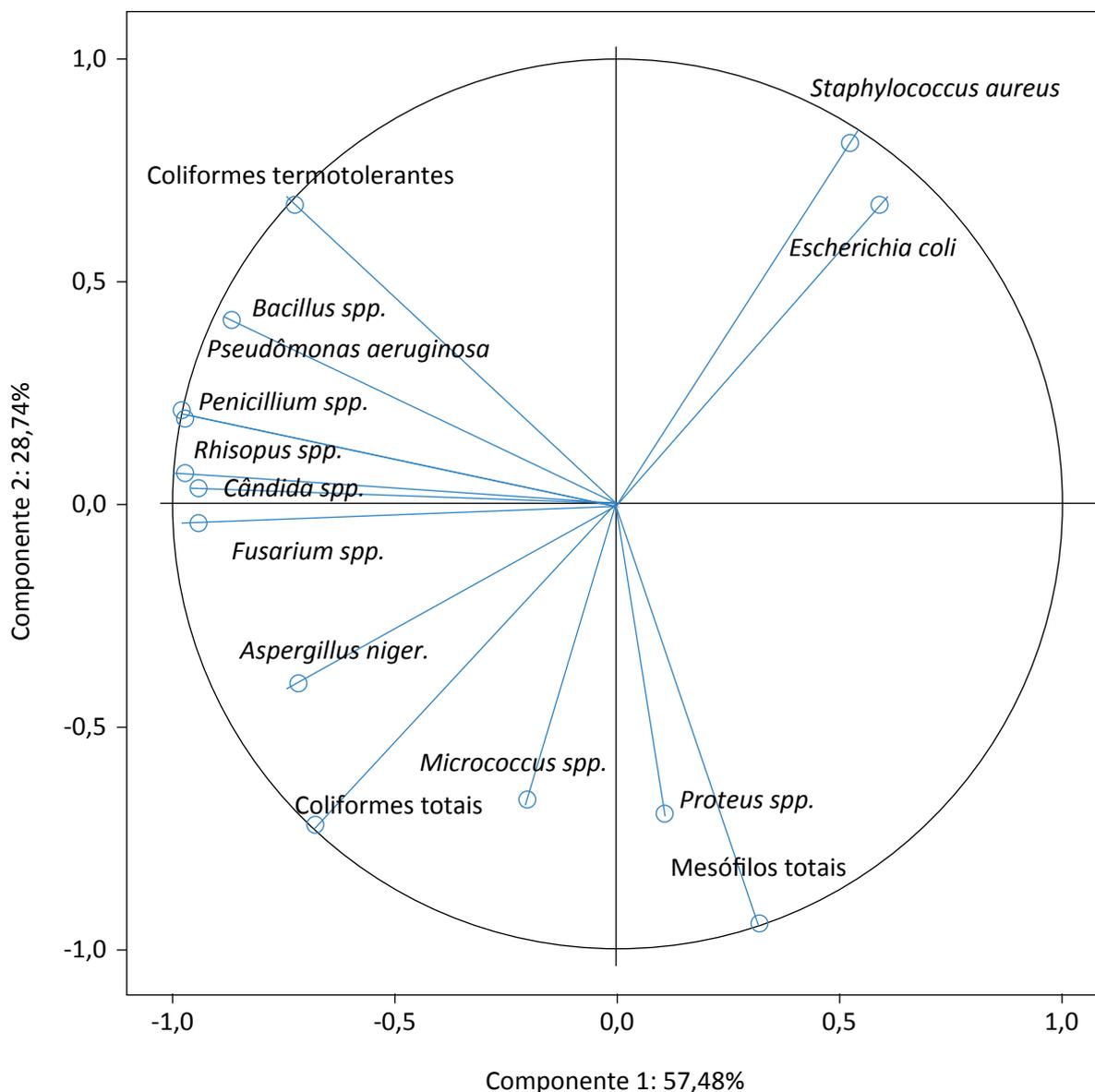


Figura 2 - Análise de Componentes Principais (PC1 e PC2).

Assim, o gráfico da Figura 2 mostra que mesófilos totais, coliformes totais e *Proteus spp.* foram mais frequentes nos resíduos domiciliares das classes A/B e no resíduo de saúde comum, destacando ainda a contagem considerável de *Micrococcus spp.* e *Aspergillus niger*. No entanto, o resíduo de saúde infectante foi caracterizado principalmente pela presença relevante de *Staphylococcus aureus* e *E. coli*, visto que ambos os micro-organismos localizaram-se na mesma região do gráfico onde está localizado o resíduo de saúde infectante, RSS I (Figura 3).

Ainda assim, essa análise permite pressupor que os resíduos RSD AB e RSS C apresentaram baixas contagens de *S. aureus* e *E. coli*, já que esses resíduos se localizaram na parte oposta do gráfico onde esses micro-organismos foram localizados. Além disso,

foi possível pressupor que o RSS I apresenta baixa contagem de mesófilos totais, coliformes totais e *Proteus spp.*

A produção de RSU no Brasil varia em torno de 1,041 kg/hab. dia. A produção nacional diária de RSU pode ser estimada em aproximadamente 209.000 t de resíduos sólidos, que devem ser tratadas e destinadas adequadamente a cada dia (ABRELPE, 2013).

No tocante aos RSU, o país ainda carece de uma coleta universalizada; 100 g por habitante por dia não são sequer coletados, e há registro de um percentual elevado (42%) de resíduos que ainda são encaminhados para destinos inadequados, utilizados por mais de 3.344 municípios, em sua maioria de pequeno porte (ABRELPE, 2013).

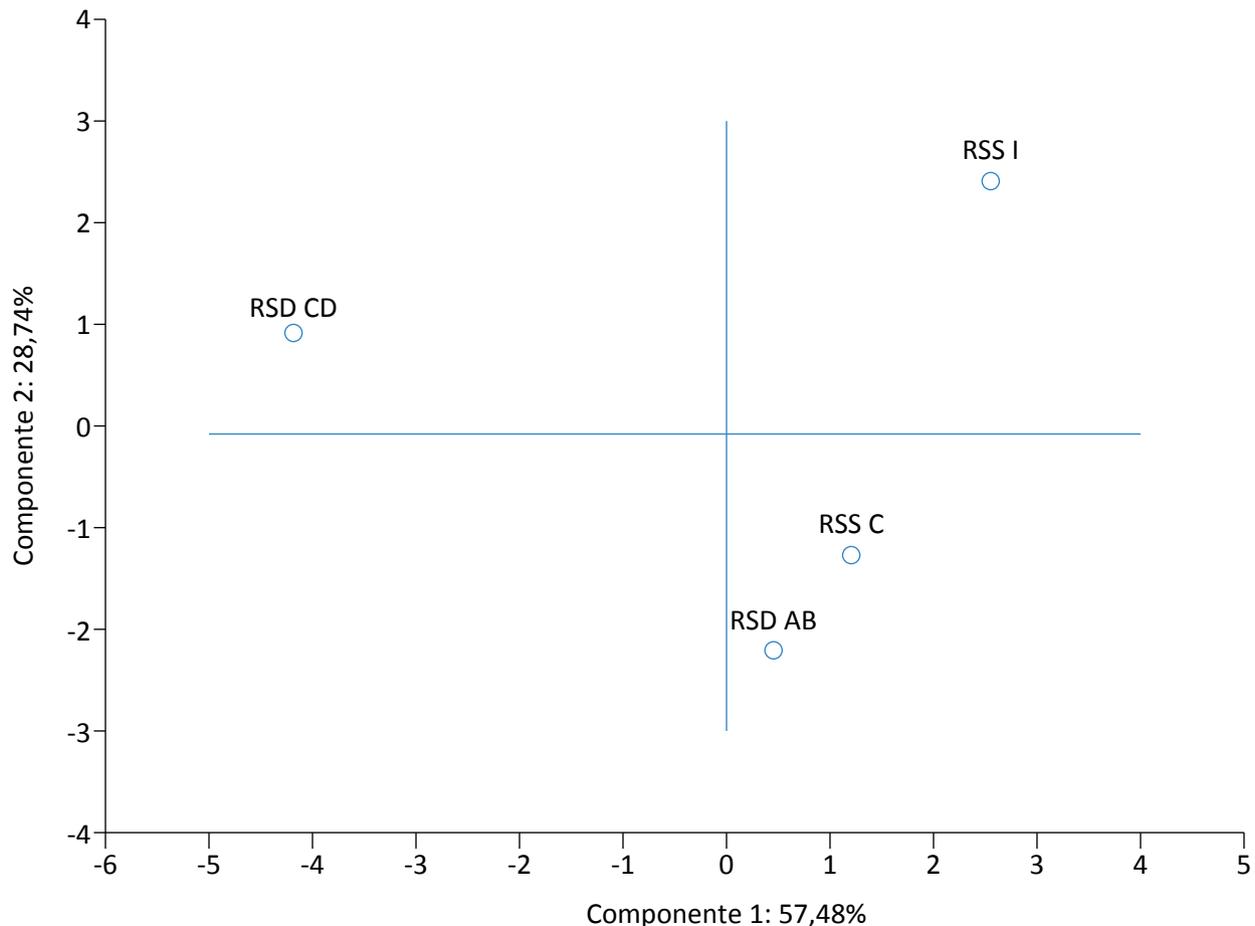


Figura 3 - Análise de Componentes Principais (PC1 e PC2).

Logo, os resíduos domiciliares poderão apresentar conteúdos discutíveis na sua classificação. Como não há uma exigência específica na coleta e disposição, e pelo alto volume produzido, a segregação destes resíduos a níveis seguros se vê dificultada. Por tanto, existe um grande risco que resíduos de classe I (perigosos), considerados domiciliares, sendo depositados no aterro sanitário sem tratamento prévio (ABRELPE, 2013).

Os resíduos que apresentam periculosidade, quando gerenciados de forma inadequada, podem apresentar risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices, assim como riscos ao meio ambiente (BRASIL, 2012).

Um resíduo é caracterizado como patogênico se uma amostra representativa dele, obtida segundo a NBR 10.007 (ABNT, 2004b), contiver (ou se houver suspeita de conter) micro-organismos patogênicos, proteínas virais, ácido desoxirribonucleico (ADN) ou ácidos ribonucleicos (ARN) recombinantes, organismos geneticamente modificados, plasmídeos, cloroplastos, mitocôndrias ou toxinas capazes de produzir doenças em homens, animais ou vegetais (BRASIL, 2012).

As mudanças ambientais resultantes da atividade humana, como é o caso das áreas de disposição de resíduos sólidos, afetam de maneira significativa os sistemas ecológicos no ambiente, incluindo as comunidades bacterianas. Apesar das pesquisas envolvendo essas comunidades, há pouca informação para o entendimento dos processos biológicos que se sucedem em um aterro de disposição de resíduos sólidos (UCHIDA *et al.*, 2009).

Luna (2002) afirma que fatores demográficos, como a destinação inadequada dos resíduos sólidos, estão envolvidos na determinação da emergência e reemergência de doenças infecciosas.

Silva *et al.* (2002) verificaram que há possibilidade de agravos à saúde humana e ambiental associados a diferentes micro-organismos patogênicos, ressaltando o risco à exposição biológica quando prevalece o gerenciamento inadequado dos RSS, dentro e fora dos serviços de saúde.

Os RSD apresentam composição microbiana variada, sendo possível a ocorrência de vírus, bactérias, fungos, protozoários e helmintos (vermes), entre outros (UMAR; AZIZ; YUSOFF, 2011). Esses micro-organismos

se originam de seres humanos, dos animais, dos vegetais e do solo (AVERY *et al.*, 2012). Também são vias de entrada na massa de resíduos: papéis higiênicos, lenços de papel, fraldas descartáveis, absorventes, preservativos, carcaças e vísceras de animais, alimento deteriorado e outros materiais em decomposição, bem como curativos e resíduos de saúde provenientes de doentes em residências e fezes *in natura*, humanas e de animais (especialmente cães e gatos) (CUSSIOL, 2005).

Os agentes biológicos presentes nos resíduos sólidos podem ser responsáveis pela transmissão direta e indireta de doenças. Micro-organismos patogênicos ocorrem nos resíduos sólidos municipais, originados da população, mediante a presença de lenços de papel, curativos, fraldas descartáveis, papel higiênico, absorventes, agulhas e seringas descartáveis e camisinhas, dos resíduos de pequenas clínicas, farmácias e laboratórios e, na maioria dos casos, dos resíduos hospitalares, misturados aos resíduos domiciliares (COLLINS & KENNEDY, 1992; FERREIRA, 1997).

Estudos realizados por Machado, Ambrósio e Moreno (1993) identificaram uma série de micro-organismos presentes na massa de resíduos, indicando o seu potencial de risco. Foram indicados micro-organismos como *Salmonella thyphi*, *Pseudomonas sp.*, *Streptococcus aureus* e *Candida albicans*. A possibilidade de sobrevivência do vírus na massa foi comprovada por poli tipo I, hepatites A e B, influenza e vírus entéricos. Estudos realizados pelos mesmos autores revelaram patógenos em condições de viabilidade por até 21 semanas durante o processo de decomposição de material orgânico. Durante esses estudos, foi verificado o desenvolvimento de bactérias mesófilas (65.450.000/kg de resíduos), esporuladas (2.211.000/kg), termófilas (8.427.000/kg), fungos (500.000/kg) e helmintos (428 ovos/kg).

Os patógenos mais frequentes causadores de infecções são os seguintes: *E. coli.*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus* e *Enterococcus*. Enterobactérias são representadas por *E. coli.*, *Klebsiella sp.*, *Proteus sp.*, *Enterobacter sp.*, *Serratia sp.* e *Citrobacter*. As espécies de enterobactérias causadoras de infecções hospitalares incluem *E. coli.*, *Klebsiella sp.*, *Proteus sp.*, *Enterobacter sp.* e *Serratia marcescens*, representando 80% de todos os bastonetes Gram negativos (BIDONE & POVINELLI, 1999; RUTALA & MAYHALL, 1992).

Alguns trabalhos têm focado na detecção de grupos de bactérias patogênicas isolados em amostras de lixiviado de aterro, como é caso dos estudos de Efuntoye, Bakare e Sowunmi (2011), demonstrando a capacidade de proliferação e os fatores de virulência de *Staphylococcus aureus* e de *Clostridium perfringens* isolados de amostras de lixiviado.

Grisey *et al.* (2010) utilizaram análises bacterianas para identificar a origem de bactérias patogênicas no lixiviado de aterro e em águas subterrâneas e fazer correlações com a variabilidade sazonal.

Umar, Aziz e Yusoff (2011) estabeleceram uma metodologia de inativação bacteriana do lixiviado de aterro por meio da cloração, utilizando a quantificação de bactérias patogênicas indicadoras, como os coliformes totais e a *E. coli*.

No presente estudo, verificaram-se números significativamente elevados de coliformes totais em RSD AB, RSD CD e RSS C, e em menor quantidade nos RSS I. No entanto, constatou-se maior contagem de *E. coli* no resíduo RSS I.

Coliformes totais, *E. coli*, enterococos, *Salmonella*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus* são capazes de se desenvolver em lixiviado de aterro; dessa forma, a presença dessas populações pode ser discutida no que tange à saúde pública (GRISEY *et al.*, 2010).

Os coliformes fecais, também conhecidos como “termotolerantes”, por suportarem uma temperatura superior a 40°C, convivem em simbiose com humanos, bois, gatos, porcos e outros animais de sangue quente. São excretados em grande quantidade nas fezes e normalmente não causam doenças (quando estão no trato digestivo). Nesse grupo está presente a bactéria Gram negativa *E. coli*; ao se ingerir alimentos por ela contaminados, os resultados desagradáveis (como uma gastroenterite, por exemplo) podem ser brandos ou desastrosos, dependendo do grau de contaminação (MURRAY *et al.*, 2004).

Nesta pesquisa, os resultados mostraram a existência dos termotolerantes que apresentaram contagem superior nos RSD em detrimento aos RSS.

As análises bacterianas do lixiviado de aterro revelam um grande número de bactérias patogênicas e oportunistas. Muitas espécies pertencentes ao gênero

*Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Salmonella*, *Serratia*, *Proteus*, *Pseudomonas* e *Staphylococcus* têm sido reportadas por diversos autores (ADEYEMI; OLOYEDE; OLADIJI, 2007; NASCIMENTO *et al.*, 2009; EFUNTOYE; BAKARE; SOWUNMI, 2011; ZHANG *et al.*, 2011).

O gênero bacteriano caracteriza-se pela formação de esporos, podendo persistir no ambiente por longos períodos; *Enterococcus* causa infecções urinárias (no meio ambiente, permanece em formato de “endósporos”); *Staphylococcus aureus* desencadeia pneumonia, septicemia, abscessos em vários órgãos e infecções de feridas cirúrgicas e forma aerossóis secundários no meio ambiente; *Mycobacterium tuberculosis* pode causar tuberculose (na resistência ambiental, forma aerossóis secundários) (TORTORA; FUNKE; CASE, 2005; LEVINSON & JAWETZ, 2005).

No referido estudo, nas análises microbiológicas nos quatro tipos de resíduos (RSD AB; RSD CD; RSS I; RSS C), foram encontradas bactérias patogênicas oportunistas, como mesófilos totais; coliformes totais; coliformes termotolerantes; *E. coli*; *Proteus spp.*; *Pseudomonas aeruginosa*; *Klebsiella spp.*; *Staphylococcus aureus*; *Micrococcus spp.*; *Bacillus spp.*; e fungos, como *Candida spp.*; *Aspergillus niger*; *Penicillium spp.*; *Fusarium spp.*; *Rhizopus spp.*

Nesta pesquisa, a *E. coli* e *Staphylococcus aureus* apresentaram maior expressão nos resíduos de saúde infectantes (RSS I), e no resíduo sólido de saúde comum (RSS C), apresentou maior contagem para *Penicillium spp.*, sendo os únicos casos de contagem significativamente superior em relação aos resíduos sólidos domiciliares.

De forma geral, os resíduos de saúde, tanto infectante como o comum, apresentaram as menores contagens para a grande parte dos micro-organismos avaliados. As maiores contagens foram verificadas nos resíduos sólidos domiciliares, independentemente da classe avaliada, estes resíduos foram os que apresentaram maior contagem de quase todos os micro-organismos patogênicos, pois neles a contaminação, além de ter sido maior, foi mais variada, ou seja, apresentou maior variedade de micro-organismos patogênicos. Nos RSS, tiveram micro-organismos que apresentaram contagem nula.

Os resíduos sólidos constituem um problema sanitário de grande importância quando não são acondiciona-

dos, coletados, transportados, tratados e dispostos adequadamente, enfim, quando não recebem os cuidados convenientes (LIMA, 2001).

Os efeitos adversos dos RSD no meio ambiente, na saúde coletiva e na saúde do indivíduo são reconhecidos por diversos autores (ACCURIO *et al.*, 1998; ANJOS *et al.*, 1995; CANTANHEDE, 1997; DIAZ; SAVAGE; EGGERTH, 1997; FERREIRA, 1997; LEITE & LOPES, 2000; MAGLIO, 2000; ROBAZZI *et al.*, 1992; VELLOSO, 1995; ZEPEDA, 1995), que apontam as deficiências nos sistemas de coleta e disposição final e a ausência de uma política de proteção à saúde do trabalhador como os principais fatores geradores desses efeitos.

Diversos autores têm tentado se contrapor ao movimento para um gerenciamento diferenciado dos resíduos dos serviços de saúde, mesmo em países do primeiro mundo, questionando a existência de diferenças significativas entre os resíduos domiciliares e os de serviços de saúde, bem como os maiores riscos para a saúde pública e para os ambientes associados a estes últimos (TURNBERG & FROST, 1990; TURNBERG, 1991; COLLINS & KENNEDY, 1992; RUTALA & MAYHALL, 1992; REINHARDT; GORDON; ALVARADO., 1996; ACCURIO *et al.*, 1998).

Muitos autores relatam que nos RSS não existem riscos para a saúde pública, quando comparado aos riscos ocasionados pelos resíduos domésticos (NAZAR; PORDEUS; WERNECK, 2005).

De acordo com Ferreira (1997), tem sido motivo de grande preocupação, discussão e controvérsia no meio acadêmico, institucional e da população, o risco à saúde humana e animal oferecido pelos RSS, quando comparados aos RSD, porém vários pesquisadores consideram que ambos os resíduos apresentam mais semelhanças do que diferenças quanto às suas características.

Pelos resultados obtidos, verificou-se a existência de diferenças significativas entre os RSD e os RSS. Mesófilos totais, coliformes totais e *Proteus spp.* foram

isolados com maior frequência no resíduo domiciliar das classes A/B e no resíduo de saúde comum, já o resíduo domiciliar C/D apresentou contagem elevada de *Pseudomonas aeruginosa*, enquanto o resíduo de saúde infectante foi caracterizado principalmente pela presença relevante de *Staphylococcus aureus* e *E. coli*. A contaminação dos resíduos sólidos por micro-organismos patogênicos pode apresentar potencial risco à saúde humana e animal e ao ambiente, se gerenciados e dispostos inadequadamente.

A NBR 10.004 (ABNT, 2004a) classifica resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que esses resíduos possam ter manuseio e destinação adequados.

A disposição de RSD em aterro é a principal causa de risco para a saúde pública e de impacto ambiental, por meio da transmissão de doenças, da emissão de gases de efeito estufa, da poluição do solo e da contaminação das águas superficiais e subterrâneas (SENG *et al.*, 2013).

Segundo Ferreira & Anjos (2001), os catadores, ao remexerem os resíduos vazados à procura de materiais que possam ser comercializados ou servir de alimentos, estão expostos a todos os tipos de contaminação presentes nos resíduos. Os catadores, além de serem em risco sua própria saúde, servem de vetores para a propagação de doenças contraídas no contato com esses resíduos. Incidentes envolvendo catadores e resíduos de serviços de saúde ocorrem diariamente em vários locais do país, entretanto, não há dados estatísticos precisos.

As medidas tomadas para a solução adequada do problema dos resíduos sólidos têm, sob o aspecto sanitário, objetivo comum a outras medidas de saneamento: o de prevenir e controlar doenças a eles relacionadas. Além desse objetivo, visa-se ao efeito psicológico que uma comunidade limpa exerce sobre os hábitos da população em geral, facilitando a instituição de hábitos salutaros (LIMA, 2001).

## CONCLUSÃO

Os resíduos de saúde, tanto o infectante como o comum, apresentaram as menores contagens para a grande parte dos micro-organismos avaliados.

As maiores contagens foram verificadas nos resíduos sólidos domiciliares: independentemente da classe avaliada, estes resíduos foram os que apresentaram

maior contagem de quase todos os micro-organismos patogênicos, pois neles a contaminação, além de ter sido maior, foi mais diversificada, ou seja, apresentou maior variedade de micro-organismos patogênicos.

O estudo comparativo da contaminação por micro-organismos patogênicos mostrou que os RSD apresentaram, por meio da contaminação, periculosidade infectocontagiosa, com riscos à saúde pública, com incidência de doenças e riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

Há necessidade de planejamento quanto à destinação ambientalmente correta de todos os RSD do município. Destinar ao aterro sanitário apenas os rejeitos, promover o reconhecimento do resíduo sólido domiciliar reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania, propiciar a participação da população nas decisões socioambientais (educação ambiental) e conscientizá-la sobre a geração de resíduos (responsabilidades dos domicílios geradores) são medidas que poderão minimizar o impacto ao meio ambiente e prevenir agravos à saúde pública.

## REFERÊNCIAS

- ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2004*. São Paulo: ABRELPE, 2004.
- ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2010*. São Paulo: ABRELPE, 2011.
- ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2013*. São Paulo: ABRELPE, 2013.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.004: resíduos sólidos, classificação*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004a.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR-10.007: amostragem de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004b.
- ACCURIO, G.; ROSSIN, A.; TEIXEIRA, P. F.; ZEPEDA, F. *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y El Caribe*. Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana, 1998.
- ADEYEMI, O.; OLOYEDE, O.; OLADIJI, A. Physicochemical and microbial characteristics of leachate-contaminated groundwater. *Asian Journal of Biochemistry*, v. 5, p. 343-348, 2007.
- ANJOS, L. A.; BARROS, A. A.; FERREIRA, J. A.; OLIVEIRA, T. C. E.; SEVERINO, K. C.; SILVA, M. O.; WAISSMANN, W. *Gasto energético e carga fisiológica de trabalho em coletores de lixo domiciliar no rio de janeiro: um estudo piloto*. Relatório de Pesquisa. Rio de Janeiro: Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 1995.
- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *RDC nº 306, de 7 de dezembro de 2004*. Dispõe sobre o Regulamento técnico para o gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde. Brasília: ANVISA, 2006.
- AVERY, L. M.; BOOTH, P.; CAMPBELL, C.; TOMPKINS, D.; HOUGH, R. L. Prevalence and survival of potential pathogens in source-segregated green waste compost. *Science of the Total Environment*, v. 431, p. 128-138, 2012.
- BIDONE, F. R. A. & POVINELLI, J. *Conceitos básicos de resíduos sólidos*. São Carlos: EESS/USP, 1999. 120p.

BRASIL. Presidência da República/Congresso Nacional. *Política Nacional de Resíduos Sólidos: Lei 12.305*, de 2010. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1024358/politica-nacional-de-residuos-solidos-lei-12305-10>>. Acesso em: 18 abr. 2012.

CANTANHEDE, A. Experiences from the Pan-American Centre of Sanitary Engineering & Environmental Sciences – difficulties and possibilities. In: LATIN AMERICAN-SWEDISH SEMINAR ON SOLID WASTE MANAGEMENT. *Proceedings*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental/Lund University, 1997. p. 163-168.

CASTILHOS JUNIOR, B. A. *Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários*. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 494p.

COLLINS, C. H. & KENNEDY, D. A. The microbiological hazards of municipal and clinical wastes. *Journal of Applied Bacteriology*, v. 1, n. 73, p. 1-6, 1992.

CUSSIOL, N. A. M. A. *Disposição final de resíduos potencialmente infectantes de serviços de saúde em célula especial e por co-disposição com resíduos urbanos*. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

DIAZ, L. F.; SAVAGE, G. M.; EGGERTH, L. L. Managing solid wastes in developing countries. *Wastes Management*, v. 10, p. 43-45, 1997.

EFUNTOYE, M. O.; BAKARE, A. A.; SOWUNMI, A. A. Virulence factors and antibiotic resistance in *Staphylococcus aureus* and *Clostridium perfringens* from landfill leachate. *African Journal of Microbiology Research*, v. 523, p. 3994-3997, 2011.

FERREIRA, J. A. & ANJOS, L. A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 17, p. 689-696, 2001.

FERREIRA, J. A. *Lixo hospitalar e domiciliar: semelhanças e diferenças. Estudo de caso no município do Rio de Janeiro*. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 1997.

GHI-HCU – GESTÃO DE INFORMAÇÕES HOSPITALARES-HOSPITAL DE CLÍNICAS DE UBERLÂNDIA. Setor de Estatísticas e Informações Hospitalares. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2013.

GOUVEIA, N. & PRADO, R. R. Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos. *Revista Saúde Pública*, v. 44, n. 5, p. 859-866, 2010.

GRISEY, E.; BELLE, E.; DAT, J.; MUDRY, J.; ALEYA, L. Survival of pathogenic and indicator organisms in groundwater and landfill leachate through coupling bacterial enumeration with tracer tests. *Desalination*, v. 261, p. 162-168, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades (2014)*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 20 out. 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Atlas de Saneamento. 2011*. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas\\_saneamento/default\\_zip.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm)>. Acesso em: 20 out. 2014.

LEITE, V. D. & LOPES, W. S. Avaliação dos aspectos sociais, econômicos e ambientais causados pelo lixo da cidade de Campina Grande. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9. *Anais...* Porto Seguro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000. CD-ROM IV.

LEVINSON, W. & JAWETZ, E. *Microbiologia médica e imunologia*. 7ª ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2005.

LIMA, J. D. *Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil*. Campina Grande: ABES, 2001. 231p.

LUNA, E. J. A. A emergência das doenças emergentes e as doenças infecciosas emergentes e reemergentes no Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 5, p. 229-243, 2002.

MACHADO, V. M. P.; AMBRÓSIO, R. A.; MORENO, J. Diagnóstico dos Resíduos dos Serviços de Saúde no Município de Botucatu. Proposta de Segregação *In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS HOSPITALARES*, Cascavel. *Anais...* Cascavel, 1993. p. 91-108.

MAGLIO, I. C. Gestão ambiental dos resíduos sólidos – o papel dos municípios. *In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 9. *Anais...* Porto Seguro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000. CD-ROM VI.

MANFREDI, S.; TONINI, M.; CHRISTENSEN, T. H. Contribution of individual waste fractions to the environmental impacts from landfilling of municipal solid waste. *Waste Management*, v. 30, p. 433-440, 2010.

MANFREDI, S.; TONINI, M.; CHRISTENSEN, T. H. Environmental assessment of different management options for individual waste fractions by means of life-cycle assessment modeling. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 55, p. 995-1004, 2011.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. ICLEI – Brasil. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano e Departamento de Ambiente Urbano. Planos de Gestão de Resíduos Sólidos: Manual de Orientação. Brasília: MMA, 2012. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/182/\\_arquivos/manual\\_de\\_residuos\\_solidos3003\\_182.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/manual_de_residuos_solidos3003_182.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2014.

MONTEIRO, V. E. D.; MELO, M. C.; ALCÂNTARA, P. B.; ARAÚJO, J. M.; ALVES, I. R. F. S.; JUCÁ, J. F. T. Behavior study of MSW in an experimental cell and its correlations with microbiological, physical and chemical aspects. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 2, n. 3, p. 223, 2006.

MURRAY, P. R.; ROSENTHAL, K. S.; KOBAYASHI, G. S.; PFALLER, M. A. *Microbiologia Médica*. 4ª ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004.

NASCIMENTO, T. C.; JANUZZI, W. A.; LEONEL, M.; SILVA, V. L.; DINIZ, C. G. Ocorrência de bactérias clinicamente relevantes nos resíduos de serviço de saúde em um aterro sanitário brasileiro e perfil de susceptibilidade a antimicrobianos. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 42, n. 4, p. 415-419, 2009.

NAZAR, M. W.; PORDEUS, I. A.; WERNECK, M. A. F. Gerenciamento de resíduos sólidos de odontologia em postos de saúde da rede municipal de Belo Horizonte, Brasil. *Revista Panamericana de Salud Pública*, v. 17, n. 4, p. 237-242, 2005.

OTHMAN, S. N.; NOOR, Z. Z.; ABBA, A. H.; YUSUF, R. O.; HASSAN, M. A. A. Review on life cycle assessment of integrated solid waste management in some Asian countries. *Journal of Cleaner Production*, v. 41, p. 251-262, 2013.

REINHARDT, P. A.; GORDON, J.; ALVARADO, C. J. Medical Waste Management. *In: MAYHALL, C. G. (Ed.) Hospital Epidemiology and Infection Control*. Baltimore: WILLIAMS & WILKINS, 1996. p. 1099-1108.

ROBAZZI, M. L. C.; MORIYA, T. M.; FÁVERO, M.; PINTO, P. H. D. Algumas considerações sobre o trabalho dos coletores de lixo. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, v. 20, p. 34-40, 1992.

RUTALA, W. A. & MAYHALL, C. G. Medical Waste. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, v. 13, n. 1, p. 38-48, 1992.

SANG, N. N.; SODA, S.; ISHIGAKI, T.; IKE, M. Microorganisms in landfill bioreactors for accelerated stabilization of solid wastes. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, v. 114, p. 243-250, 2012.

SAWAMURA, H.; YAMADA, M.; ENDO, K.; SODA, S.; ISHIGAKI, T.; IKE, M. Characterization of microorganisms at different landfill depths using carbon utilization patterns and 16S rRNA gene based T-RFLP. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, v. 109, n. 2, p. 130-137, 2010.

SENG, B.; HIRAYAMA, K.; KATAYAMA-HIRAYAMA, K.; OCHIAI, S.; KANEKO, H. Scenario analysis of the benefit of municipal organic-waste composting over landfill, Cambodia. *Journal of Environmental Management*, v. 114, p. 216-224, 2013.

SILVA, A. C. N.; BERNARDES, R. S.; MORAES, L. R. S.; REIS, J. D. P. Critérios adotados para seleção de indicadores de contaminação ambiental relacionados aos resíduos dos serviços de saúde: uma proposta de avaliação. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 18, p. 1401-1409, 2002.

TCHOBANOGLOUS, G. & KREITH, F. *Handbook of solid waste management*. New York: McGraw-Hill, 2002.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 8ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

TURNBERG, W. L. & FROST, F. Survey of Occupational Exposure of Waste Industry Workers to Infectious Waste in Washington State. *American Journal of Public Health*, v. 80, n. 10, p. 1262-1264, 1990.

TURNBERG, W. L. Infectious Waste Disposal. *Journal of Environmental Health*, v. 53, n. 6, p. 21-25, 1991.

UCHIDA, M.; HATAYOSHI, H.; SYUKU-NOBE, A.; SHIMOYAMA, T.; NAKAYAMA, T.; OKUWAKI, A.; NISHINO, T.; HEMMI, H. Polymerase chain reaction – denaturing gradient gel electrophoresis analysis of microbial community structure in landfill leachate. *Journal of Hazardous Materials*, v. 164, p. 1503-1508, 2009.

UMAR, M.; AZIZ, H. A.; YUSOFF, M. F. Assessing the chlorine disinfection of landfill leachate and optimization by response surface methodology (RSM). *Desalination*, v. 274, p. 278-283, 2011.

VELLOSO, M. P. *Processo de trabalho da coleta de lixo domiciliar da cidade do Rio de Janeiro: percepção e vivência dos trabalhadores*. Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1995.

ZEPEDA, F. *El manejo de residuos solidos municipales en America Latina y El Caribe*. Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud, 1995.

ZHANG, W.; YUE, B.; WANG, Q.; HUANG, Z.; HUANG, Q.; ZHANG, Z. Bacterial community composition and abundance in leachate of semi-aerobic and anaerobic landfills. *Journal of Environmental Sciences*, v. 23, p. 1770-1777, 2011.

ZHAO, R.; GUPTA, A.; NOVAK, J. T.; GOLDSMITH, D.; DRISKILL, N. Characterization and treatment of organic constituents in landfill leachates that influence the UV disinfection in the publicly owned treatment works (POTWs). *Journal of Hazardous Materials*, v. 1, p. 258-259, 2013.

## GESTÃO DE COOPERATIVAS DE RECICLAGEM: COMPARAÇÃO ENTRE A AVEMARE E A CORBES

MANAGEMENT OF RECYCLING COOPERATIVES: COMPARISON BETWEEN AVEMARE AND CORBES

*Damaris Paoli*

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – Sorocaba (SP), Brasil.

*Ismail Barra Nova de Melo*

Professor Adjunto, docente do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental e coordenador do Curso de Geografia da UFSCar – Sorocaba (SP), Brasil.

**Endereço para correspondência:**

Ismail Barra Nova de Melo – Rua Monsenhor João Soares, 50, apto. 81 – Centro – 18010-300 – Sorocaba (SP) – E-mail: ismail.barra@gmail.com

### RESUMO

A gestão eficiente dos resíduos sólidos domiciliares no meio urbano é de extrema importância para o meio ambiente e para a saúde pública. A integração dos catadores nessa gestão pode contribuir muito para melhorar a coleta seletiva nas cidades brasileiras, pois eles atuam nos municípios como verdadeiros agentes de limpeza pública. No Brasil, as cooperativas de reciclagem têm sido objeto de estudos, que mostram a importância da atividade para minimizar o impacto ambiental dos resíduos sólidos urbanos por meio da coleta seletiva. Esta pesquisa foi desenvolvida utilizando como método o estudo de caso de duas cooperativas de reciclagem. As informações das cooperativas e dos cooperados que as integram foram coletadas a partir de entrevistas e questionários. Após a pesquisa, apesar das similaridades encontradas em ambas as cooperativas, a Associação Vila Esperança de Materiais Recicláveis (AVEMARE), situada em Santana de Parnaíba (SP), se mostrou mais bem-sucedida que a Cooperativa de Reciclagem Boa Esperança de Salto (CORBES), situada em Salto (SP), em todos os aspectos de sua gestão, o que gera melhores resultados financeiros para a cooperativa. Isso ocorre porque existem diferenças importantes entre elas.

**Palavras-chave:** cooperativas; resíduos sólidos; gestão.

### ABSTRACT

The efficient management of solid waste in urban territory is extremely important for the environment and public health. The integration of scavengers in the solid waste management system can contribute a lot to improve the waste selective collection in the big Brazilian cities, since they already act in municipalities as true public cleaning agents. In Brazil, the recycling cooperatives have been subject of studies that shows the importance of the activity to minimize the environmental impact of urban solid waste through selective collection. This research was developed using as method the case study of two recycling cooperatives. The information of the cooperatives and its members were collected through interviews and questionnaires. After the research, despite the similarities found in both cooperatives, *Associação Vila Esperança de Materiais Recicláveis (AVEMARE)*, located in Santana de Parnaíba (SP), proved to be more successful than *Cooperativa de Reciclagem Boa Esperança de Salto (CORBES)*, located in Salto (SP), in all management aspects, leading to stronger financial results for the cooperative. This happens because there are important differences between them.

**Keywords:** cooperatives; solid waste; management.

## INTRODUÇÃO

As questões relacionadas com os resíduos sólidos não são atuais ou exclusivas da sociedade contemporânea, ao contrário, seu gerenciamento vem de longa data, pois a sua existência é indissociável das atividades desenvolvidas pelo homem, tanto no tempo quanto no espaço. Portanto, já nos primórdios da humanidade, os resíduos constituíam um foco obrigatório de atenções. No entanto, atualmente, os resíduos sólidos apresentam fortíssima resistência à degradação e se tornam uma presença constante. De acordo com Carvalho (1999), a composição dos resíduos sólidos é variável de acordo com o desenvolvimento socioeconômico, variando entre países, cidades e famílias. Quanto maior o desenvolvimento socioeconômico, menor será a presença de materiais orgânicos e maior será a presença de materiais inorgânicos, que são os mais resistentes à degradação. O aumento dos materiais inorgânicos está diretamente relacionado ao maior consumo de produtos industrializados e ao aumento da urbanização. Somando-se a isso a condição de integrarem uma cadeia de produção e consumo que se estendeu globalmente, pode-se afirmar que “[...] não existe nenhum ponto do globo a salvo do lixo” (WALDMAN, 2010, p. 56).

De acordo com Waldman (2010), a maior parte dos resíduos sólidos urbanos (RSU) advém dos descartes das moradias, ou seja, dos resíduos domiciliares. No mundo, são descartados diariamente 2 milhões de t de resíduos domiciliares, cifra que ao longo de um ano resulta no abundante total de 730 milhões de t. Continuando nesse ritmo frenético de geração de rejeitos, teremos, em 2050, uma montanha de 1,5 trilhão de t. Tornando as coisas mais difíceis, a multiplicação dos descartes não tem dado nenhuma mostra de perder o fôlego. A cada 365 dias, a geração de resíduos é expandida, extrapolando os já assustadores patamares existentes.

De acordo com o relatório sobre o panorama de resíduos sólidos do Brasil, publicado pela Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2012), um total de 201.058 t.dia<sup>-1</sup> de resíduos sólidos urbanos (domiciliares e de limpeza urbana) foi gerado em 2012. Ainda de acordo com a ABRELPE (2012), a geração de RSU no Brasil cresceu 1,3%, de 2011 para 2012, índice que é superior à taxa de crescimento populacional urbano no país no período, que foi de 0,9%.

Diante desse cenário, a gestão eficiente dos resíduos sólidos domiciliares no meio urbano é de extrema importância para garantir tanto a proteção ao meio ambiente como também à saúde pública. Portanto, visando a essa gestão eficiente de resíduos sólidos domiciliares, a integração dos catadores nesse sistema pode contribuir muito para melhorar a coleta seletiva nas grandes cidades brasileiras, que possuem a difícil tarefa de administrar milhares de toneladas de resíduos sólidos produzidos todos os dias (WALDMAN, 2010).

Aliado a isso, temos, no Brasil, a Lei nº 12.305, de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que respalda e incentiva a participação de cooperativas ou associações de catadores de materiais recicláveis nos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, desde que apoiados por programas de formação e capacitação.

De acordo com Oliveira (2007), os catadores atuam nos municípios como verdadeiros agentes de limpeza pública. São eles que passam várias vezes por dia nas ruas das cidades coletando os resíduos que poderão vender em postos de reciclagem, e acabam contribuindo, de maneira indireta, para os serviços de limpeza pública, minimizando o acúmulo de resíduos no meio ambiente.

Segundo Souza, Paula e Souza-Pinto (2012), em várias partes do Brasil, a formação de cooperativas de reciclagem tem sido objeto de estudos que mostram a importância da atividade para minimizar o impacto ambiental dos resíduos sólidos urbanos, por meio da coleta seletiva. No entanto, estudos também mostram as dificuldades dos catadores que começam a se organizar em cooperativas, contando com o apoio, ainda precário, dos setores público e privado e da sociedade civil.

Souza, Paula e Souza-Pinto (2012) fizeram um estudo sobre algumas cooperativas do Estado de São Paulo e observaram que as cooperativas caracterizam-se pela vulnerabilidade social dos cooperados. Eles também observaram que as cooperativas são totalmente dependentes do poder público, pois recebem materiais provenientes do sistema de coleta de lixo, têm seus espaços cedidos e suas contas pagas pelas prefeituras. Outro ponto importante observado pelos auto-

res se refere às condições de trabalho insalubres dos catadores, situação que os expõe a uma maior taxa de morbidade e mortalidade que a média da população. Além disso, Souza, Paula e Souza-Pinto (2012) relataram, com base na revisão de diversos autores, a existência de estudos que evidenciam as dificuldades das cooperativas relacionadas a diversos fatores, como baixa escolaridade, histórico de exclusão social e dificuldades em estabelecer vínculos e compromissos com a cooperativa, pois, no trabalho autônomo, os catadores não precisam seguir regras e conseguem obter renda de maneira diária ou semanal, ao vender o material reciclável para o atravessador.

Esta pesquisa é de suma importância para a sociedade atual, voraz consumidora e geradora inesgotável

de resíduos, pois abarca um dos temas mais discutidos atualmente no Brasil: a questão do gerenciamento de resíduos com a inserção dos catadores de materiais recicláveis, sendo essa integração uma das soluções para o manejo de resíduos gerados no meio urbano no país.

O objetivo geral deste estudo foi fazer uma comparação entre a Associação Vila Esperança de Materiais Recicláveis (AVEMARE), localizada em Santana de Parnaíba (SP) e a Cooperativa de Reciclagem Boa Esperança de Salto (CORBES), localizada em Salto (SP), para poder entender por que essas cooperativas com características tão similares obtêm resultados amplamente diferentes, como quantidade de resíduos coletados e renda dos cooperados.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa consistiu em um estudo de caso sobre duas cooperativas de reciclagem localizadas em dois municípios, Salto e Santana de Parnaíba, localizados no Estado de São Paulo. Para Yin (2005), o estudo de caso é encarado como delineamento mais adequado para a investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, em que os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos.

Os critérios utilizados para escolha dos municípios foram suas características similares de população e quantidade de resíduos gerados ( $t \cdot dia^{-1}$ ), o fato de suas respectivas cooperativas também apresentarem características similares — como número de cooperados, estrutura organizacional, porcentagem do município atendido pela coleta seletiva e tipos de materiais coletados e aproveitados —, e que, apesar dessas semelhanças, obtêm resultados muito diferentes.

Os dados dos municípios referentes às características de população e de quantidade de resíduos foram obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2011), respectivamente.

Os dados referentes às cooperativas, AVEMARE e CORBES, foram coletados a partir de trabalhos de campo que possibilitaram entrevistar as presidentes de ambas as cooperativas e também por meio de questionários que foram aplicados aos seus cooperados.

No caso da cooperativa de Salto, a CORBES, o representante da Prefeitura que administra a cooperativa também forneceu informações por meio de entrevistas não formais. A entrevista aplicada à Presidência das cooperativas foi do tipo estruturada, em que o entrevistador segue um roteiro previamente estabelecido. O objetivo desse tipo de entrevista é obter respostas às mesmas perguntas, permitindo, dessa maneira, que sejam comparadas (MARKONI & LAKATOS, 2010). Essas entrevistas foram aplicadas à Presidência das cooperativas para obter informações sobre o funcionamento da cooperativa, sua estrutura e seus processos, além de entender a relação com a Prefeitura, a sociedade civil e o setor privado. As entrevistas aplicadas continham 70 perguntas abertas e fechadas. Os questionários aplicados continham 40 perguntas fechadas e abertas relativas a características pessoais, como sexo, idade, estado civil, escolaridade, etc., e também a informações e opiniões dos cooperados relacionadas às cooperativas, com o intuito de conseguir traçar o perfil dos cooperados e entender a relação que possuem com a cooperativa.

As entrevistas e os questionários foram aplicados em novembro e dezembro de 2013. Após a coleta de dados, foi feita uma análise qualitativa e quantitativa das informações obtidas, para poder identificar os elementos de gestão das cooperativas e analisá-los internamente em cada cooperativa, como também de forma comparativa entre as cooperativas. O re-

torno dos questionários da CORBES foi de 85%, o que corresponde a 41 questionários. Já o retorno da ADEMARE foi de apenas 17%, o que corresponde a 14 questionários.

A pesquisa bibliográfica — livros, artigos, dissertações e teses — foi fonte da coleta de dados e serviu para fundamentação teórica, revisão de literatura e discussão dos resultados.

## RESULTADOS

### Caracterização dos municípios

O município de Santana de Parnaíba tem 108.813 habitantes (IBGE, 2010), produz cerca de 55,7 t.dia<sup>-1</sup> de resíduos sólidos domiciliares (CETESB, 2011) e a coleta seletiva ocupa 50% do seu território. Nele, há a cooperativa ADEMARE, que teve seu início em 2006 por iniciativa dos catadores do lixão, que juntaram esforços para conseguir fundá-la.

O município de Salto tem 105.516 habitantes (IBGE, 2010), produz 52,9 t.dia<sup>-1</sup> de resíduos sólidos domiciliares (CETESB, 2011), e a coleta seletiva abrange 45% do território municipal. A CORBES foi fundada em 2002 por iniciativa da Prefeitura com o apoio da comunidade e de empresários que acreditaram no projeto.

### Caracterização das cooperativas

#### *Associação Vila Esperança de Materiais Recicláveis*

A ADEMARE é uma cooperativa legalizada que pratica as atividades de coleta, triagem e comercialização. Começou como associação em 2000, por iniciativa dos catadores que trabalhavam no lixão do Município, que teve de ser fechado, levando os catadores a decidirem por formar a ADEMARE. Em 2006, a associação se tornou cooperativa. O processo de fundação teve participação da Prefeitura, que contribuiu doando o galpão onde funciona a cooperativa e também auxiliou com todo o processo inicial de logística da coleta seletiva.

Atualmente, a cooperativa conta com 80 cooperados, sendo 50 mulheres e 30 homens, que, em sua maioria, são donas de casa, ex-catadores de rua e pessoas desempregadas. A cooperativa conta com um galpão coberto com esteira de triagem de materiais, um pátio a céu aberto, um escritório administrativo e refeitório. Com relação aos equipamentos disponíveis, possui 8 caminhões (2 próprios, 3 alugados e 3 cedidos pela Prefeitura), dos quais 7 são destinados à coleta seletiva, e 1 aos rejeitos. Além disso, a cooperativa possui 1 empilhadeira que ajuda na movimentação dos materiais, 4 prensas, 1 *bobcat*, 2 esteiras de 25 metros, 1 picotadeira de papel, 2 balanças com capacidade de até 1 t para pesar o material triado, e 1 perua para realizar atividades externas, como, por exemplo, reuniões. Para pesar os caminhões de coleta e comercialização, a cooperativa utiliza a balança rodoviária da Prefeitura. Todos esses equipamentos foram adquiridos por meio de editais publicados

por empresas como Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Petrobras e Fundação Nacional de Saúde (Funasa), que a ADEMARE atende com o envio do seu histórico, sendo contemplada com a verba para a compra desses equipamentos.

A cooperativa possui estatuto e regimento interno, sua gestão é feita pelos próprios cooperados e conta com o apoio de instituições parceiras, como o Instituto de Projetos e Pesquisas Socioambientais (Ipesa), o Instituto Brookfield, a Cicla Brasil, o BNDES e a Petrobras. Essas parcerias possibilitam a capacitação dos cooperados para o trabalho na cooperativa; a educação ambiental dos cooperados também ajuda a captar recursos. Há também uma parceria com a Prefeitura Municipal, que cede o galpão por meio de termo de comodato, três caminhões, água em caminhão-pipa, e ajuda o grupo de educação ambiental. A cooperativa faz parte da rede de cooperativas de catadores Verde Sustentável, formada por cooperativas da Zona Oeste da Região Metropolitana de São Paulo. Os cooperados se dividem entre os cargos de coletor, triador e prensista, além dos cargos administrativos, como presidente, vice-presidente, secretário, tesoureiro e conselho fiscal. A cooperativa também possui um grupo de cooperados que atuam na educação ambiental do Município. Todas as decisões da cooperativa são tomadas em assembleias. A cooperativa possui metas e indicadores mensais resultantes de sua gestão e a avaliação des-

ses dados é utilizada para planejamentos e balanços anuais, para estabelecer novas metas e também como forma de apresentação e prestação de contas aos seus parceiros sobre o trabalho desenvolvido.

O gerenciamento do sistema de coleta seletiva é feito em cogestão com a Prefeitura. A coleta seletiva atinge 50% do município com a coleta porta a porta e 3 PEVs (pontos de entrega voluntária). A frequência da coleta seletiva varia dependendo do bairro, sendo que em alguns chega a ser de até três vezes por semana. Os materiais que chegam à cooperativa são colocados na esteira de triagem, onde os triadores separam os materiais recicláveis. Os materiais separados são prensados e pesados. A cooperativa coleta por mês em torno de 430 a 500 t de resíduos sólidos domiciliares, com cerca de 18 a 20% de rejeitos. Mensalmente, são triadas, em média, 300 t de materiais recicláveis, como papel, plástico, metal, vidro, isopor e óleo de cozinha, que são vendidos para indústrias e sucateiros.

A receita bruta mensal da ADEMARE é de aproximadamente R\$ 120.000,00. Desse valor, a cooperativa retém 15%, sendo 10% destinados ao seu fundo de reserva, e 5%, ao seu fundo social. A cooperativa arca com custos que somam uma média de R\$ 35.000,00 mensais. Subtraindo esses gastos, a receita líquida mensal é de

### *Cooperativa de Reciclagem Boa Esperança*

A CORBES também é uma cooperativa legalizada, que pratica as atividades de coleta, triagem e comercialização. Foi fundada em 2002 por iniciativa da Prefeitura, que implantou a coleta seletiva no Município por meio do projeto de apoio à criação de uma cooperativa formada por ex-catadores de rua. O projeto foi executado com uma vertente social, objetivando, mais que a adequação ambiental, a geração de renda para a população carente do Município, que não conseguia espaço no mercado de trabalho.

A CORBES localiza-se ao lado do aterro sanitário e conta atualmente com 48 cooperados, sendo que sua capacidade máxima é de 50. Destes, 33 são mulheres e 15 são homens, e suas antigas ocupações eram ex-catadores de rua, donas de casa, desempregados e aposentados. A cooperativa possui um galpão coberto, sem esteira de triagem, um pátio a céu aberto, escritório administrativo, área de apoio (cozinha, refeitório, almoxarifado, banheiro, vestiários, mobílias) e um auditório para reu-

aproximadamente R\$ 67.000,00. Além dessa renda, a cooperativa possui um bazar ambiental na comunidade, que consiste em um espaço alugado no centro da cidade para a venda de produtos reaproveitáveis provenientes da coleta seletiva, onde conseguem arrecadar, em média, R\$ 5.000,00 por mês. A renda média mensal por cooperado varia entre R\$ 800,00 e R\$ 1.000,00.

Segundo a presidente da cooperativa, o maior problema enfrentado hoje é a falta de estrutura, pois precisam de um galpão novo e bem estruturado, com maior cobertura, boa pavimentação interna e externa, fiação bem feita e que não apresente riscos, além de boa ventilação. Outro problema é a qualidade do material coletado, pois a taxa de rejeito é alta e isso se deve à grande quantidade de lixo seco misturado com lixo orgânico e lixo seco que não é reciclável.

A meta da cooperativa é chegar a 100% de coleta seletiva no Município, porém, com a estrutura atual, isso não seria possível. Outra perspectiva seria a possibilidade de contratação da cooperativa pela Prefeitura. Segundo a presidente da cooperativa, a relação com a Prefeitura é boa, mas poderia melhorar se a cooperativa fosse contratada para realizar os serviços. Na opinião da presidente, seria maravilhoso serem remunerados pelo serviço prestado.

niões, cursos, palestras e desenvolvimento de educação ambiental no Município. Na área operacional encontram-se 3 prensas, 2 balanças mecânicas internas, 1 balança eletrônica (para a pesagem dos fardos e material triado individualmente pelos cooperados), 100 bombonas e 5 caçambas grandes fornecidas pelos compradores para armazenar material. O transporte de materiais é feito por 5 caminhões com carroceria tipo gaiola e um Fiat Uno Mille 2007, utilizado pelo funcionário da Prefeitura. Todos esses equipamentos foram doados pelo Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA).

A CORBES possui regimento interno e estatuto e é administrada pelos cooperados com o auxílio da Prefeitura, que desde a criação da cooperativa dá suporte técnico e subsídios de alguns materiais, que incluem água, transporte, combustível dos veículos e manutenção dos caminhões e das instalações. Com relação ao suporte técnico, a Prefeitura disponibiliza dois funcionários que atuam na parte administrativa da cooperativa. Algumas parcerias

foram firmadas com empresas locais, Ministério Público (por meio do repasse de multas ambientais) e Governo Federal, o que possibilitou melhorias na cooperativa, que também conta com a parceria da empresa Corpus para realizar o programa de educação ambiental porta a porta. Os cooperados são divididos para realizar diferentes funções dentro da cooperativa, sendo elas as de triador, coletor, cargueiro (carrega os sacos cheios e colocam em cima do caminhão), prensista e balanceiro (pesa toda a produção). A estrutura administrativa é composta por diretoria (presidente, vice-presidente, tesoureiro, secretário), comissão fiscal e assessoria de dois funcionários da Prefeitura. Todo mês, 5% do pagamento dos cooperados vai para um fundo reserva para investimentos na cooperativa. Todas as decisões são tomadas em assembleias.

A coleta seletiva da cooperativa utiliza o sistema porta a porta, em que os cooperados batem na porta dos moradores pedindo o material. Ela é realizada uma vez por semana em cada bairro e abrange 40% do município. No galpão de triagem são despejados os materiais que chegam do caminhão de coleta. O galpão já é dividido por mesas de triagem (bancas), onde em cada uma fica um cooperado que separa esse material, selecionando-o de acordo com o tipo: polímeros, metal fino, sucata de ferro, papel, vidro, óleo de cozinha usado, isopor. O material que não possui comprador, ou não é reciclável, é separado, considerado rejeito e levado para o aterro sanitário. Mensalmente, a cooperativa coleta de 150 a 180 t de resíduos sólidos domiciliares, sendo que a sua taxa de rejeito é de 9 a 10%. Desses resíduos coletados, 80 t são triadas mensalmente. Todos os materiais recicláveis triados são vendidos, com o auxílio técnico de um funcionário da prefeitura, para indústrias e sucateiros. A única fonte de renda da cooperativa é a comercialização dos materiais recicláveis.

A CORBES fatura com a venda dos materiais recicláveis uma média mensal de R\$ 50.000,00, com uma margem diferencial de 10% para mais ou para menos. Atualmente, a cooperativa possui um custo total de aproximadamente R\$ 30.000,00 por mês, sendo que R\$ 21.666,66 são dispostos pela Prefeitura, e R\$ 11.918,00, pela cooperativa. Subtraindo os custos (R\$ 11.918,00), o faturamento líquido é de R\$ 38.082,00, distribuídos para os 48 cooperados de acordo com o trabalho de cada um. A renda mensal média dos cooperados é de R\$ 793,38 (que corresponde o valor líquido de R\$ 38.082,00 dividido pelos 48 cooperados).

De acordo com a presidente da cooperativa, um dos maiores problemas é a falta de equipamento e estrutura

e também a locomoção dos cooperados para o trabalho, já que o vale-transporte que a Prefeitura oferece não é suficiente para o mês inteiro e ninguém quer tirar do próprio bolso. Outro problema identificado pela presidente é a falta de motivação dos cooperados com relação à cooperativa. Vinculado a esse problema, existe uma grande rotatividade dos cooperados, pois muitas vezes eles encontram outro trabalho ou saem por outros motivos. Porém, muitos acabam retornando. A questão da qualidade dos resíduos coletados também é um ponto importante, já que a CORBES também recebe resíduos recicláveis misturados com restos orgânicos, porém pouco, e, em maior quantidade, resíduos que não são recicláveis, gerando um percentual de rejeito de 9 a 10%.

Outra dificuldade exposta foi em relação à resolução dos problemas, pois, segundo a presidente, nunca se chega a um consenso. Como exemplo citou a questão da locomoção para o trabalho: foi sugerida a compra de uma van para realizar o transporte dos cooperados, porém, para adquirir essa van, seria necessário descontar um percentual da renda de cada cooperado, e ninguém aceita isso. O mesmo ocorre com a proposta de aumentar o fundo de reserva, pois os cooperados não aceitam que seja descontado de suas rendas.

Outro tema exposto é o apoio fornecido pela Prefeitura, que, segundo a presidente, é muito bom e ajuda muito, já que sem ele a cooperativa não conseguiria caminhar sozinha, mas que, por outro lado, a Prefeitura deveria investir mais, já que o lixo é um problema municipal. No entanto, a Prefeitura optou por investir em uma empresa terceirizada que presta o serviço de coleta seletiva no resto do Município, sendo que um levantamento realizado pelos próprios funcionários municipais mostra que o investimento na cooperativa seria muito mais barato e ajudaria a caminhar cada vez mais por conta própria. Essa terceirização gera um segundo problema na cooperativa, pois a empresa terceirizada localiza-se no mesmo local que a cooperativa. Assim, os cooperados observam no dia a dia toda a estrutura que a empresa terceirizada possui e também os benefícios de seus funcionários, o que faz com que achem injusto a Prefeitura pagar pelos serviços da empresa terceirizada e não pagar ou não contratar a cooperativa para realizar os mesmos serviços. Isso gera uma indignação dos cooperados, que acabam ficando mais desmotivados com o trabalho.

Segundo a presidente, a cooperativa possui metas como expandir a coleta seletiva, aumentar o fundo re-

serva e encontrar uma solução para a questão da locomoção, porém não consegue concretizar esses objetivos sem a ajuda da Prefeitura.

### *Perfil dos cooperados*

Os trabalhos em ambas as cooperativas são executados majoritariamente por mulheres: 50 (78%). A idade dos cooperados é bem variada: 46 (72%) têm mais de 30 anos, sendo 18 (28%) com 31 a 40 anos. Com relação ao estado civil, foi possível constatar que 49 (75%) mantêm algum tipo de união conjugal. Em ambas as cooperativas, 35 (55%) dos cooperados nasceram no Estado de São Paulo. No caso da CORBES, existe uma quantidade significativa, 19 (46%), de cooperados provenientes de outros Estados, como Paraná, Minas Gerais e Bahia. A AVEWARE também conta com cooperados provenientes de outros Estados, porém em menor quantidade: 10 (43%).

Com relação ao nível de escolaridade, em ambas as cooperativas, a maioria dos cooperados, 40 (63%), apresenta ensino fundamental incompleto, demonstrando um baixo grau de escolaridade. Também se observou a existência de cooperados com nenhum grau de escolaridade, 5 (8%), e mais da metade, 39 (61%), nunca frequentou um curso ou capacitação. Dos 64 cooperados, 27 (42%) gostariam de voltar a estudar; na CORBES, quase a metade, 18 (44%), indicou que sim, enquanto na AVEWARE 7 (30%) disseram que não gostariam de retomar os estudos ou ficaram indecisos sobre essa possibilidade. Com relação à possibilidade de participação em cursos ou capacitações, os resultados mostraram uma divisão igual entre as respostas daqueles que gostariam de participar e daqueles que não gostariam. Na CORBES, essa divisão se mantém, mas o resultado é favorável para aqueles que indicaram que gostariam de participar de algum curso ou capacitação, 18 (44%). Ao contrário, na AVEWARE, a maior parte, 13 (57%), disse que não gostaria.

Quase todos os cooperados, 56 (88%), têm filhos e mais da metade, 44 (69%), desses filhos frequenta a escola. A maioria, 58 (91%), tem uma renda familiar mensal que não ultrapassa 3 salários mínimos, sendo que a maior parte, 34 (53%), ganha até 1 salário mínimo. Apenas um pequeno percentual dos cooperados, 3 (5%), indicou obter uma renda familiar maior que 3 salários mínimos. Foi possível constatar que 24 (38%) são os únicos responsáveis pela renda familiar, ou seja, uma parte das famílias depende apenas do trabalho dos cooperados. No geral, ao serem questionados se a renda era suficiente para o

Os resultados dos questionários foram divididos em duas seções: caracterização do perfil dos cooperados e caracterização dos cooperados relacionada às cooperativas.

sustento deles e de suas famílias, houve uma divisão quase igual entre aqueles que disseram sim e os que disseram não. Na CORBES, 20 (49%) acham que a renda familiar não é suficiente. Já na AVEWARE, 13 (57%) cooperados acreditam que a renda familiar é suficiente. Em relação à moradia, 26 (41%) cooperados indicaram que possuem residência própria. Na CORBES, aqueles cooperados que possuem residência própria e alugada estão igualmente divididos: 14 (34%) para cada categoria. Na AVEWARE, a maioria, 12 (52%), possui residência própria. Com relação à infraestrutura residencial (água encanada, energia elétrica e saneamento), em ambas as cooperativas, quase todos os cooperados, 55 (86%), possuem tal base.

Em ambas as cooperativas, 47 (88%) nunca trabalharam em outra cooperativa, sendo que na CORBES pouco mais da metade, 24 (59%), nunca trabalhou em outra cooperativa e na AVEWARE todos os cooperados nunca trabalharam. Ambas as cooperativas apresentam 21 (33%) cooperados que já trabalharam como autônomos, coletando materiais recicláveis na rua. Com relação a outros trabalhos que não têm a ver com a reciclagem, 55 (86%) cooperados indicaram que já tiveram trabalhos anteriores às cooperativas. Desses cooperados que já tiveram trabalhos anteriores, a maioria, 44 (69%), em ambas as cooperativas, indicou não estar mais satisfeito com seu trabalho anterior, se comparado ao trabalho na cooperativa. Quando questionados se possuíam metas pessoais, 30 (47%) cooperados, em ambas as cooperativas, indicaram que possuem uma meta pessoal a ser cumprida.

Foi possível verificar que a maioria, 50 (78%), dos cooperados trabalha há um ano ou mais nas cooperativas, e poucos, 14 (22%), trabalham há menos que um ano. A maior parte dos cooperados, 43 (67%), em ambas as cooperativas, começou a trabalhar por uma questão de necessidade e desemprego. Também foi possível observar que 37 (58%) cooperados tiveram acesso às cooperativas por intermédio de pessoas que já as conheciam. Todos os cooperados indicaram que gostam de trabalhar em suas respectivas cooperativas. A maior parte dos cooperados, 53 (83%), em ambas as cooperativas, não possui outra fonte de renda, dependen-

do apenas do trabalho na cooperativa. A maioria dos cooperados, 60 (94%), participa das atividades (reuniões, assembleias, etc.) realizadas pelas cooperativas. Em ambas as cooperativas, 55 (86%) estão satisfeitos nos cargos e funções que lhes foram atribuídos. Em ambas as cooperativas, a maior parte dos cooperados, 44 (69%), trabalha 8 horas por dia, sendo que alguns trabalham menos, e outros, mais. Trinta e três (52%) cooperados consideram sua relação com outros cooperados boa em ambas as cooperativas. Outros classificam essa relação como ótima, 20 (31%), ou regular, 6 (9%). Observa-se que 51 (80%) cooperados, em ambas as cooperativas, acham que sua vida melhorou após começarem a trabalhar na cooperativa. Grande parte dos cooperados, 19 (30%), indicou que o que melhoraria o dia a dia de trabalho nas cooperativas seria ter mais estrutura e equipamentos. Com relação ao que seria um bom trabalhador cooperado, 31 (48%) respostas dos cooperados indicaram que tem a ver com responsabilidade, colaboração e comprometimento com o trabalho. Quando questionados sobre o significado da cooperativa para eles, a maioria, 31 (48%), indicou que a cooperativa significa uma oportunidade de trabalho.

As tabelas mostram os resultados de algumas das perguntas consideradas mais relevantes para este estudo, dentro do quesito de caracterização dos cooperados em relação às cooperativas. A Tabela 1 indica a satisfação dos cooperados com a renda que recebem na cooperativa. Em ambas as cooperativas, 61% dos cooperados estão satisfeitos com a sua renda, porém na CORBES existe uma porcentagem maior de cooperados insatisfeitos (29%).

Na Tabela 2 podemos observar as principais dificuldades de trabalho nas cooperativas segundo os cooperados. Observa-se que, segundo 33% dos cooperados, a principal dificuldade de trabalho é a falta de estrutura e equipamentos.

Podemos verificar, na Tabela 3, que os cooperados acreditam que seu trabalho na cooperativa é importante para a sociedade e o meio ambiente. Verifica-se que todos os cooperados, em ambas as cooperativas, que responderam a essa questão acreditam que o seu trabalho é importante para a sociedade e o meio ambiente.

A Tabela 4 mostra se os cooperados acham que existe algum tipo de preconceito em relação ao seu trabalho

**Tabela 1 - Satisfação dos cooperados com relação à renda na cooperativa (n=55).**

	CORBES	%	AVEMARE	%	Total	%
Sim	25	61	12	86	37	67
Não	12	29	2	14	14	25
Sem resposta	4	10	–	–	4	7

CORBES: COOPERATIVA DE RECICLAGEM BOA ESPERANÇA DE SALTO; AVEMARE: ASSOCIAÇÃO VILA ESPERANÇA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS.

**Tabela 2 - Principais dificuldades de trabalho nas cooperativas (n=55).**

	CORBES	%	AVEMARE	%	Total	%
Falta de estrutura e equipamento	9	22	9	64	18	33
Lixo não reciclável misturado ao reciclável	2	5	–	–	2	4
Falta de higiene	4	10	–	–	4	7
Dificuldade de aprendizado	1	2	1	7	2	4
Falta de união e trabalho em equipe	1	2	2	14	3	5
Nenhuma dificuldade	6	15	1	7	7	13
Sem resposta	18	44	1	7	19	35

CORBES: COOPERATIVA DE RECICLAGEM BOA ESPERANÇA DE SALTO; AVEMARE: ASSOCIAÇÃO VILA ESPERANÇA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS.

na cooperativa. Verifica-se que 55% acreditam que existe preconceito.

Verificam-se, na Tabela 5, os cooperados que participam ou já participaram de algum movimento organizado de catadores de materiais recicláveis. Observa-se que apenas 18% deles participaram desses movimentos, sendo que a participação é maior entre os cooperados da AVEWARE.

A Tabela 6 apresenta o que os cooperados pensam sobre a possibilidade de a Prefeitura Municipal contratar

a cooperativa para realizar os serviços de coleta seletiva do município. Verifica-se que 42% dos cooperados gostariam ou acreditam que seria melhor para a cooperativa. Observa-se que na CORBES existe uma divisão de opiniões entre os que gostariam e os que não gostariam dessa contratação. Ao contrário, na AVEWARE, a maior parte gostaria que fosse contratada, pois acreditam que seria melhor para a cooperativa.

A Tabela 7 indica que a maioria dos cooperados se vê trabalhando na cooperativa no futuro.

**Tabela 3 - Importância do trabalho para a sociedade e o meio ambiente (n=55).**

	CORBES	%	AVEWARE	%	Total	%
Sim	36	88	14	100	50	91
Não	–	–	–	–	–	–
Sem resposta	5	12	–	–	5	9

CORBES: COOPERATIVA DE RECICLAGEM BOA ESPERANÇA DE SALTO; AVEWARE: ASSOCIAÇÃO VILA ESPERANÇA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS.

**Tabela 4 - Preconceito com o trabalho na cooperativa (n=55).**

	CORBES	%	AVEWARE	%	Total	%
Sim	21	51	9	64	30	55
Não	16	39	5	36	21	38
Sem resposta	4	10	–	–	4	7

CORBES: COOPERATIVA DE RECICLAGEM BOA ESPERANÇA DE SALTO; AVEWARE: ASSOCIAÇÃO VILA ESPERANÇA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS.

**Tabela 5 - Participação em movimentos organizados de catadores (n=55).**

	CORBES	%	AVEWARE	%	Total	%
Sim	1	2	9	64	10	18
Não	32	78	5	36	37	67
Sem resposta	8	20	–	–	8	15

CORBES: COOPERATIVA DE RECICLAGEM BOA ESPERANÇA DE SALTO; AVEWARE: ASSOCIAÇÃO VILA ESPERANÇA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS.

**Tabela 6 - Contratação da cooperativa pela Prefeitura Municipal (n=55).**

	CORBES	%	AVEWARE	%	Total	%
Gostaria/seria melhor	12	29	11	79	23	42
Não gostaria/não seria bom	9	22	1	7	10	18
Não sabe	5	12	1	7	6	11
Sem resposta	15	37	1	7	16	29

CORBES: COOPERATIVA DE RECICLAGEM BOA ESPERANÇA DE SALTO; AVEWARE: ASSOCIAÇÃO VILA ESPERANÇA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS.

Tabela 7 - Perspectiva de trabalho na cooperativa no futuro (n=55).

	CORBES	%	AVEMARE	%	Total	%
Sim	26	63	9	64	35	64
Não	5	12	5	36	10	18
Sem resposta	10	24	–	–	10	18

CORBES: COOPERATIVA DE RECICLAGEM BOA ESPERANÇA DE SALTO; AVEMARE: ASSOCIAÇÃO VILA ESPERANÇA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS.

## DISCUSSÃO

Com base nos resultados provenientes dos questionários e tendo como base a literatura disponível sobre o tema, como Bensen (2006), Souza, Paula e Souza-Pinto (2012), Santos *et al.* (2009) e Lima (2010), é possível verificar que o perfil dos cooperados de ambas as cooperativas, como gênero, idade e nível de escolaridade, é comum ao perfil de cooperados da maioria das cooperativas.

Um dos primeiros aspectos que chamam a atenção é o fato de a maioria dos integrantes ser do sexo feminino. De acordo com uma pesquisa realizada por Pantano & Santos Rosa (2011), quando questionaram os cooperados sobre a razão da maior participação das mulheres, uma grande parte das respostas indicou o fato de que os homens conseguem outros trabalhos com maior remuneração. Esses autores também indicam que esse resultado está de acordo com a Pesquisa Nacional de Amostras por Domicílio (PNAD) de 2012, que aponta uma grande diferença entre as participações de homens e mulheres em atividades que exigem menor grau de qualificação.

Com relação à idade, a maioria dos cooperados tem mais de 30 anos. De acordo com Pantano & Santos Rosa (2011), o baixo índice de jovens nas cooperativas provavelmente está relacionado com o fato de a população mais jovem apresentar maior índice de escolaridade, com conseqüente aumento de oportunidades de emprego em atividades que exigem melhor qualificação e propiciam melhores salários.

Outros aspectos, como número de cooperados, renda mensal, quantidade de material reciclável coletado mensalmente e porcentagem de rejeito, também estão de acordo com os valores encontrados nas cooperativas estudadas por autores como Bensen (2006), Souza, Paula e Souza-Pinto (2012) e Santos *et al.* (2009), sendo que o número de cooperados varia de 12 a 100, a renda, de R\$ 300 a R\$ 800, a quantidade de material reciclável coletado,

de 20 a 350 t, e a porcentagem de rejeito, de 10 a 20%. No aspecto relativo às toneladas de materiais recicláveis e à renda mensal dos cooperados, observa-se, de acordo com os resultados, que a AVEMARE é melhor, pois coleta entre 430 e 500 t por mês e, conseqüentemente, a renda dos cooperados também é maior, variando entre R\$ 800 e R\$ 1.000. A CORBES se destaca positivamente na sua taxa de rejeito, que fica entre 9 e 10%.

Souza, Paula e Souza-Pinto (2012) constataram, por meio de seus estudos, que as cooperativas caracterizam-se pela vulnerabilidade social dos cooperados. Essa vulnerabilidade pode ser observada nos resultados que traçam o perfil dos cooperados por intermédio do nível de escolaridade, da participação em cursos ou capacitações, da renda familiar, da situação residencial, etc. Os mesmos autores também observaram a dependência das cooperativas em relação ao poder público, que foi observada em ambas as cooperativas estudadas, porém em níveis diferentes. No caso da AVEMARE, pode-se dizer que essa dependência é mínima. Outro ponto levantado por esses autores refere-se às condições de trabalho insalubres dos catadores. Esse fato também foi visto nos resultados apresentados pelas principais dificuldades de trabalho que os cooperados apontaram, em que a falta de higiene foi uma das dificuldades citadas. Além disso, essa falta de higiene é visível. Todos que relataram a falta de higiene disseram que há ratos na cooperativa e que muitas vezes esses ratos morrem no local, provocando um cheiro insuportável de decomposição. Souza, Paula e Souza-Pinto (2012) também indicaram a questão da dificuldade dos cooperados de estabelecer vínculos e compromissos com a cooperativa, que pôde ser observada na CORBES como um dos principais problemas da cooperativa.

Lima (2010) constatou, por meio de seus estudos, que a locomoção e a falta de equipamentos foram os itens

eleitos pelos cooperados como os de maior grau de dificuldade para manutenção das atividades da cooperativa. O problema da falta de equipamentos observado pela autora também foi constatado em ambas as cooperativas estudadas, e a questão da dificuldade de locomoção foi relatada pela CORBES.

Souza, Paula e Souza-Pinto (2012) constataram que diversos estudos retratam a exclusão social em que os catadores frequentemente são marginalizados pela sociedade e vistos com desprezo, muitas vezes confundidos com mendigos e infratores. Esses estudos afirmam,

ainda, que, mesmo tendo um papel de extrema importância na cadeia de reciclagem, o trabalho que exercem é tido pela sociedade, e mesmo pelos próprios catadores, como destituído de importância. Neste estudo, também foi possível observar a questão do preconceito, dado que mais da metade dos cooperados declarou que acha que existe preconceito da sociedade em relação ao trabalho deles na cooperativa. No entanto, observa-se uma diferença com relação à importância que os próprios cooperados dão para o seu trabalho, pois, nos resultados, é possível verificar que praticamente todos eles consideraram seu trabalho importante.

## CONCLUSÃO

Conforme analisado durante o trabalho, apesar de todas as similaridades encontradas entre as duas cooperativas, a AVEMARE é mais bem-sucedida que a CORBES em todos os aspectos de sua gestão, principalmente no que se refere a resultados financeiros. Isso ocorre porque existem algumas diferenças importantes entre elas.

Como primeiro diferencial, podemos citar a maneira como cada cooperativa foi fundada. Esse fato já gera um diferencial importante, pois, no caso da AVEMARE, houve um processo de luta e união dos catadores do lixão, que conseguiram formar a cooperativa depois de muitos anos batalhando, o que pode ter gerado um vínculo maior com a cooperativa e mais motivação para novas conquistas. Com relação à estrutura, podemos dizer que, apesar de a CORBES possuir uma estrutura física melhor e em melhores condições do que a AVEMARE, esta possui melhor estrutura de equipamentos, o que facilita e agiliza o processo de triagem, minimiza o esforço físico dos cooperados e possibilita alcance e frequência maiores da coleta seletiva no Município.

Com relação à gestão, também ocorrem diferenças significativas, pois, apesar de a base da gestão de ambas as cooperativas serem iguais, existem alguns aspectos importantes que devem ser considerados, como o apoio da Prefeitura. A CORBES recebe um apoio constante e presencial em sua gestão desde o seu início, o que gera total dependência da Prefeitura. Com base nos levantamentos, isso gera comodidade para a cooperativa e impede que ela caminhe cada vez mais com os próprios pés. Ao contrário, a AVEMARE teve bastante apoio em seu início e continua tendo em alguns aspectos, mas é a AVEMARE que se faz responsável por tudo, e o que

consegue é porque os cooperados buscam parcerias com instituições privadas ou governamentais e organizações não governamentais (ONGs), que fornecem apoio financeiro ou técnico para o aprimoramento da cooperativa. Outro aspecto interessante da AVEMARE é que ela faz parte de uma rede de cooperativas, a Verde Sustentável, e, como tal, seus cooperados participam de diversos eventos e movimentos relacionados aos catadores de materiais recicláveis. Isso é muito importante, porque nesses eventos eles contam a história da cooperativa e podem conseguir apoio de instituições, além de conhecerem outras cooperativas, estabelecerem contatos, enfim, estão por dentro do que está acontecendo no mundo das cooperativas de reciclagem e, o mais importante, fazem o marketing da cooperativa. Além disso, a AVEMARE conta com um bazar ambiental na comunidade, o que gera mais renda.

Com relação aos problemas enfrentados, a CORBES apresenta mais que a AVEMARE. A CORBES relatou problemas que interferem bastante no funcionamento adequado da cooperativa. O fato de não conseguirem solucioná-los por nunca chegarem a um consenso impossibilita a evolução da cooperativa. A questão da comparação entre a cooperativa e a empresa terceirizada contratada pela Prefeitura, estabelecida no mesmo local, visivelmente está afetando a motivação de trabalho dos cooperados e, conseqüentemente, a cooperativa como um todo.

Em ambas as cooperativas, a questão da contratação pela Prefeitura dos serviços de coleta seletiva foi mencionada como um dos caminhos para a prosperidade das cooperativas, sendo apontado como a solução para todos os problemas. No entanto, com base na experiên-

cia da CORBES e sua total dependência da Prefeitura, o que afeta sua autonomia, pode ser que este não seja o melhor caminho para as cooperativas. Ao serem contratadas pela Prefeitura, as cooperativas passariam a ter uma renda fixa e, conseqüentemente, os cooperados também teriam um salário fixo mensal, podendo gerar uma comodidade dos cooperados e um vínculo de dependência muito grande da Prefeitura. Essa situação de comodidade tiraria a motivação e o espírito de luta dos cooperados para novas conquistas. Por outro lado, essa

contratação, dependendo de como for feita, poderia descaracterizar as cooperativas como tais, pois colocaria em risco um dos sete princípios do cooperativismo, que é a autonomia e independência. Portanto, se essa contratação for efetivada, deverá ser minuciosamente analisada, para assegurar que esse princípio não seja violado. Para discutir essa questão, faz-se necessário realizar pesquisas sobre casos concretos de cooperativas que já possuem esse vínculo com a Prefeitura, e verificar suas conseqüências, sejam elas positivas ou negativas.

## REFERÊNCIAS

- ABRELPE – Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama de resíduos sólidos no Brasil*. Edição especial de 10 anos, 2012. Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm)>. Acesso em: 10 ago. 2013.
- BENSEN, G.R. *Programas municipais de coleta seletiva em parceria com organizações de catadores na Região Metropolitana de São Paulo: desafios e perspectivas*. Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- CARVALHO, M.F. *Comportamento mecânico de resíduos sólidos urbanos*. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.
- CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares*. 2011. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/publicacoes-e-relatorios/1-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em: 20 abr. 2012.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE cidades*. 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=35&search=sao-paulo>>. Acesso em: 25 abr. 2012.
- LIMA, A.M. *Análise da transição do trabalho individual para o trabalho coletivo em cooperativas de reciclagem de resíduos: um estudo de caso da Coopertan de Tangará da Serra-MT*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.
- MARCONI, M.A. & LAKATOS, E.M. *Fundamentos de metodologia científica*. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2010. 297p.
- OLIVEIRA, M.V. *Educação ambiental, arte e tecnologia: ações educativas de aproveitamento de resíduos sólidos urbanos*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- PANTANO, F.R. & SANTOS ROSA, D. Perfil dos cooperados das cooperativas de catadores de resíduos sólidos da cidade de Campinas. *Cooperativas de catadores: reflexões sobre práticas*. São Carlos: Claraluz, 2011. 419p.
- SANTOS, I.F.; ROSA, J.J.; ALBINO, A.M.A.; PIRES, M.S.G.; SANTOS, C. Avaliação da estrutura e organização de cooperativas de reciclagem de resíduos urbanos no município de Campinas. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2., Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.institutoventuri.com.br/t002.pdf>> Acesso em: 5 set. 2013.
- SOUZA, M.T.S.; PAULA, M.B.; SOUZA-PINTO, H. O papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo. *Revista de Administração de Empresas*, v. 52, n. 2, p. 246-262, 2012.
- WALDMAN, M. *Lixo: cenários e desafios*. São Paulo: Cortez, 2010. 231p.
- YIN, R.K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

## DESEMPENHO DE CULTIVARES DE ALFACE-AMERICANA SOB MANEJO DE ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA

PERFORMANCE OF CULTIVARS OF CRISPHEAD LETTUCE UNDER  
MANAGEMENT OF MINERAL AND ORGANIC FERTILIZATION

### *Luciane da Cunha Codognoto*

Engenheira Agrônoma. Mestranda no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PGCA) da Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Técnica-Administrativa no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Ariquemes – Ariquemes (RO), Brasil.

### *Antonio Anicete de Lima*

Engenheiro Agrônomo. Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Docente no IFRO, *Campus* Ariquemes – Ariquemes (RO), Brasil.

### *Darllan Junior Luiz Santos Ferreira de Oliveira*

Técnico em Agropecuária. Graduando em Agronomia no IFRO, *Campus* Colorado do Oeste – Colorado do Oeste (RO), Brasil.

### *Camila Gomes Silva*

Técnica em Agropecuária. Graduanda em psicologia na Universidade de Vila Velha (UVV) – Vila Velha (ES), Brasil.

### *Edielsom Almeida da Silva*

Técnico em Agropecuária. Mestrando no PGCA da UNIR. Técnico-Administrativo no IFRO, *Campus* Ariquemes – Ariquemes (RO), Brasil.

### *Marlos Oliveira Porto*

Médico Veterinário. Docente no PGCA da UNIR, *Campus* Presidente Médici – Presidente Médici (RO), Brasil.

### **Endereço para correspondência:**

Luciane da Cunha Codognoto – IFRO, *Campus* Ariquemes – Rod. RO 257, km 13 – Zona Rural – Caixa Postal 130 – 76870-970 – Ariquemes (RO), Brasil – E-mail: luciane.codognoto@ifro.edu.br

### RESUMO

A utilização de compostos orgânicos é importante na produção de hortaliças, uma vez que melhora as propriedades do solo e recicla resíduos orgânicos. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho de cultivares de alface com aplicação de fertilizantes minerais e orgânicos. O experimento foi conduzido em campo, em Ariquemes (RO), de agosto a outubro de 2012. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, utilizando quatro cultivares de alfaces (em cultivo mineral e orgânico), mais uma testemunha orgânica (sem aplicação de ácido cítrico), com quatro repetições. A produção média de massa fresca total (MFT) e massa seca total (MST) na parte aérea foi maior no tratamento mineral. Não obstante, as cultivares Kaiser e Rafaela produziram acima de 26,87 t/ha de MFT, porém não diferindo do tratamento mineral com relação à produção de MST. A testemunha Kaiser em sistema orgânico apresentou baixa produção, ou seja, 20,96 t/ha de MFT. Os genótipos Rafaela e Kaiser apresentaram maior potencial produtivo nos diferentes tratamentos.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa* L.; biofertilizante; composto orgânico; adubação mineral; produção.

### ABSTRACT

The use of organic compounds is important in vegetable production, since it improves the soil properties and recycles organic waste. This study aimed to evaluate the performance of lettuce cultivars with application of mineral and organic fertilizers. The experiment was conducted on the field in Ariquemes, RO, from August to October 2012. The experimental design was a randomized block, using four varieties of lettuce (in organic and mineral crops), as well as an organic control (without the application of citric acid), with four replications. The average production of total fresh mass (TFM) and total dry mass (TDM) in the crops was higher in the mineral treatment. Nevertheless, the Kaiser and Rafaela cultivars produced over 26.87 t/ha of TFM; however, the production of TDM did not differ from the mineral treatment. The Kaiser control in organic system showed low production, i.e., 20.96 t/ha of TFM. The Rafaela and Kaiser genotypes showed higher productive potential in the different treatments.

**Keywords:** *Lactuca sativa* L.; biofertilizer; organic compound; mineral fertilizer; yield.

## INTRODUÇÃO

A alface é a hortaliça folhosa de maior importância econômica no Brasil (CHUNG *et al.*, 2007). No ano de 2006, foram produzidas 525.602 t, tendo as Regiões Sudeste e Sul respondido por mais de 80% da produção nacional, enquanto a Região Norte produziu menos de 2%. O maior produtor de alface da Região Norte é o Estado do Pará, com produção anual de 6.873 t, sendo que Rondônia ocupa a segunda posição, com média anual de 1.220 t (IBGE, 2006). Dados mais recentes indicam que a área cultivada com alface no Brasil é de aproximadamente 79.800 ha, e que a produção média anual, em 2011, foi de 1.276.800 t. Porém, a produtividade média ainda é muito baixa, de apenas 16 t ha<sup>-1</sup> (CAMARGO FILHO & OLIVEIRA, 2011).

A produção de alface na região amazônica apresenta grandes desafios, especialmente para cultivares do tipo americana, exigente em temperaturas mais amenas. Segundo Rodrigues *et al.* (2008), as condições climáticas adversas causam consideráveis perdas à cultura, decorrentes das chuvas torrenciais em certos meses do ano, bem como por, devido à alta umidade relativa do ar e do solo, favorecerem a proliferação de doenças, provocando uma redução significativa na produção e na qualidade das hortaliças. Portanto, o cultivo em clima mais ameno favorece o desenvolvimento vegetativo e a formação de boas “cabeças”, enquanto temperaturas acima de 25°C e dias longos favorecem a fase reprodutiva e o pendoamento precoce, diminuindo, conseqüentemente, a produtividade (RESENDE *et al.*, 2007).

A adubação orgânica com compostos é importante para reduzir custos de produção, reciclar matéria orgânica e melhorar as características químicas, físicas e biológicas do solo. Segundo Dias & Fernandes (2006), o Brasil importa cerca de 60% dos fertilizantes nitrogena-

dos, 45% dos fosfatados e 90% dos potássicos que são utilizados na agricultura.

Os esterco de origem animal e os resíduos vegetais e agroindustriais são abundantes na Região Norte, podendo ser utilizados após fermentação aeróbia ou anaeróbia, tanto no solo quanto via foliar. A utilização no solo permite melhorar a fertilidade, além de atuar como excelente condicionador de solo, aumentando a capacidade de retenção de água, a porosidade, a agregação de partículas e a capacidade de troca de cátions e da vida microbiana do solo (MIYASAKA *et al.*, 1997).

Além dos compostos orgânicos, a adubação pode ser complementada com biofertilizantes líquidos, considerados fertiprotetores, provenientes da decomposição da matéria orgânica (animal ou vegetal), sendo os mais comuns produzidos por meio de fermentação aeróbia em meio líquido (GONÇALVES *et al.*, 2009). Depois de fermentados, podem ser utilizados como adubo líquido tanto em aplicações foliares como no solo, apresentando também ação como defensivo natural.

Os biofertilizantes podem ser aplicados nos mais diferentes tipos de culturas, principalmente em hortaliças, sendo considerados um insumo de múltiplas finalidades por apresentarem rica constituição em proteínas, vitaminas, fito-hormônios, aminoácidos e minerais, causando efeito direto no controle de doenças e insetos, além da indução de resistência nas plantas (CHA-BOUSSOU, 1995; PINHEIRO & BARRETO, 1996).

Desse modo, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de cultivares de alface-americana submetidas à aplicação de fertilizantes minerais e orgânicos, a fim de selecionar os genótipos mais adaptados às condições locais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, no período de agosto a outubro de 2012, no setor de Olericultura do Instituto Federal de Rondônia (IFRO), Campus Ariquemes, nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 9°95' S; longitude 62°96' W. O clima predominante da região é o tropical úmido, com estação seca bem definida entre junho e agosto, tipo Aw pela classificação de Köppen, com temperatura média

em torno de 28°C, máximas de 40°C, mínimas de 16°C e precipitações médias anuais de aproximadamente 2.100 mm (TREVISAN *et al.*, 2009).

Segundo a Embrapa (2006), o solo da área experimental pode ser classificado como um Latossolo Vermelho Amarelo argiloso, com as seguintes características químicas na camada 0–20 cm: pH (CaCl<sub>2</sub>)=5,5; em

( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ),  $\text{Ca}^{+2}=3,41$ ;  $\text{Mg}^{+2}=2,36$ ;  $\text{K}^+=0,16$ ;  $\text{Al}^{+3}=0,06$ ;  $\text{H}^+=2,4$ ;  $\text{H}^++\text{Al}^{+3}=2,4$ ;  $\text{CTC}=8,3$ ;  $\text{V}=71,25\%$ ; em ( $\text{g kg}^{-1}$ ), P (mel.)=3,0; S=8,9; B=0,12; Cu=0,4; Fe=147; Mn 18,9; Zn=2,1; Na=5,6; e em ( $\text{g kg}^{-1}$ ), argila=515 e silte=75 e areia=410.

As sementes das cultivares de alface tipo americana foram semeadas em bandejas de poliestireno com 128 células e irrigadas diariamente por meio de microaspersão, das 08h00min às 17h00min, com tempo de funcionamento de 10 minutos a cada 2 horas, pressão de funcionamento de 20 mca e vazão média de  $14,82 \text{ L hora}^{-1}$ . As mudas foram transplantadas 22 dias após a semeadura (DAS), em sulcos abertos em canteiros com 1,0 m de largura.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, composto pela combinação de nove tratamentos, quatro cultivares de alface-americana (Kaiser, Grandes Lagos, Maureen e Rafaela), cultivadas em dois sistemas de adubação (com fertilizante mineral e orgânico, mais ácido cítrico) e uma testemunha Kaiser, adubada com composto e biofertilizante, porém sem aplicação de ácido cítrico, com quatro repetições. A unidade experimental consistiu-se de canteiro com área de  $2,10 \text{ m}^2$ , com 7 linhas transversais espaçadas de  $0,28 \times 0,22 \text{ m}$ , com um total de 28 plantas por parcela.

O solo em ambos os tratamentos foi corrigido com calcário dolomítico, de acordo com a análise de solo, tendo em vista atingir uma saturação por bases de 80%. Os fertilizantes minerais foram aplicados no sistema de adubação mineral, de acordo com a análise de solos e com as recomendações de adubação referidas por Trani (2012), incorporados à profundidade de 20 cm, 15 dias antes do plantio, nas dosagens de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ; e em cobertura,  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , em duas aplicações semanais, a partir dos 30 DAS.

O suprimento de P no sistema de cultivo orgânico foi realizado com  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  de fosfato natural reativo (6%), considerando outras fontes de P adicionadas ao sistema de cultivo pelo composto orgânico e biofertilizantes, de acordo com Souza & Alcântara (2008), na recomendação de adubação para hortaliças. Para aumentar a reatividade do fosfato, foram feitas cinco aplicações de ácido cítrico sobre os canteiros no tratamento orgânico, na dosagem de  $70 \text{ kg ha}^{-1}$ , diluído em

água na dose de  $0,8 \text{ L m}^{-2}$ , sendo a primeira aplicação feita antes do transplante, e as demais, aos 30 DAS, em aplicações semanais.

O composto orgânico foi preparado com diferentes resíduos de origem vegetal, sobre os quais foi adicionado 0,5% de calcário dolomítico, com base no volume total da pilha e de acordo com metodologia descrita por Oliveira *et al.* (2005). O composto foi utilizado após fermentação, depois de peneirado, sendo incorporado à profundidade de 20 cm, na dose de  $6,0 \text{ L m}^{-2}$ , no sistema orgânico e de  $2,0 \text{ L m}^{-2}$  e no sistema de adubação mineral, 15 dias antes do transplante. O composto orgânico apresentou as seguintes características químicas: pH (água)=8,3; em ( $\text{g kg}^{-1}$ ), N=20,0;  $\text{P}_2\text{O}_5=7,8$ ;  $\text{K}_2\text{O}=5,4$ ; Ca=19,9; Mg=11,0 e S=3,5; e em ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), Zn=87,9; Cu=27,3; B=52,9; Fe=26.750,0 e Mn=207,7; matéria orgânica=406,0  $\text{g kg}^{-1}$ ; carbono total=225,6  $\text{g kg}^{-1}$  e C/N=11,3; umidade=56,9%.

O biofertilizante foi preparado de forma anaeróbica, seguindo o modelo Vairo dos Santos (1995), com modificações recomendadas pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em tambor fechado, utilizando-se os seguintes produtos para 200 L: esterco fresco de bovino=80,0 L; água=80,0 L; soro de leite bovino=20,0 L; açúcar=3,0 kg; ácido bórico=1,2 kg; sulfato de cobre=240,0 g; fosfato de rocha natural=2,4 g; calcário dolomítico=2,0 kg e gesso agrícola=500,0 g. Os aditivos acima mencionados foram utilizados a partir da segunda semana, de forma parcelada, a cada três dias, em oito aplicações.

O biofertilizante foi aplicado depois de fermentado, em pulverizações foliares, na dosagem de 3%, em quatro aplicações foliares, iniciando aos 30 DAS. O biofertilizante apresentou a seguinte composição química (em,  $\text{g L}^{-1}$ ): N=1,5;  $\text{P}_2\text{O}_5=0,4$ ;  $\text{K}_2\text{O}=2,4$ ; Ca=2,2; Mg=1,2 e S=1,0 e (em,  $\text{mg L}^{-1}$ ), Zn=971,0; Cu=271,6; B=467,7; Fe=125,0; Mn=30,2; matéria orgânica=19,66  $\text{g L}^{-1}$ ; carbono total=10,92  $\text{g L}^{-1}$ ; relação C/N=7,3; pH=5,0 e umidade=65%.

As irrigações foram feitas por aspersão, estimando-se a evapotranspiração da cultura, o turno de regas e a lâmina total necessária de acordo com o seu estágio de desenvolvimento, segundo metodologia proposta por Marouelli (2000). O manejo de plantas infestantes foi realizado por meio de capinas manuais, quando necessário, e o controle fitossanitário, por meio de pulveriza-

ções quinzenais, com produtos à base de oxiclureto de cobre, azoxistrobina e deltametrina.

A partir dos 32 DAS, foram realizadas as colheitas semanais da parte aérea de plantas, em seis épocas de amostragem, para a determinação da massa fresca total (MFT) e da massa seca total (MST) da parte aérea e da altura de plantas. A massa seca foi determinada

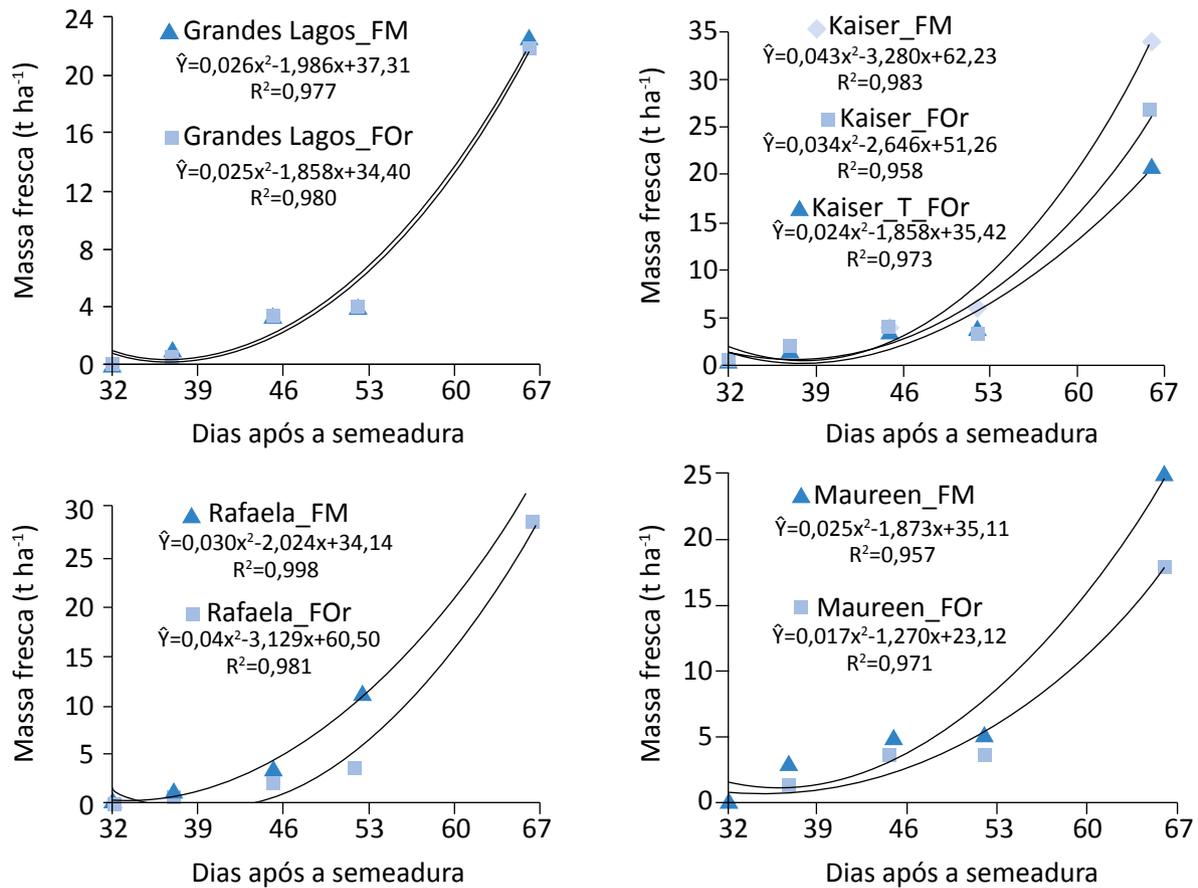
em estufa com circulação forçada de ar, a 70°C, até a obtenção de peso constante.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, sendo as médias dos diferentes tratamentos comparadas pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000). Alguns dados de médias foram corrigidos após transformação pela fórmula  $(x^{0,5})$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de produção de MFT e MST e altura de planta nos diferentes genótipos de alface, Grandes Lagos, Kaiser, Rafaela e Maureen, foram avaliadas a partir dos 32 DAS, até colheita realizada aos 67 DAS, quando todas as plantas atingiram o máximo desenvolvimento (Figuras 1, 2 e 3).

A MFT na cultivar Grandes Lagos evidenciou uma tendência quadrática, com produção máxima de 22,74 t ha<sup>-1</sup>, alcançada na última colheita (Tabela 1), aos 66 DAS, porém não sendo observado efeito significativo dos tratamentos (Figura 1). Observou-se que o crescimento inicial foi mais lento no cultivo



FM: FERTILIZANTES MINERAIS; FOR: BIOFERTILIZANTE VIA FOLIAR.

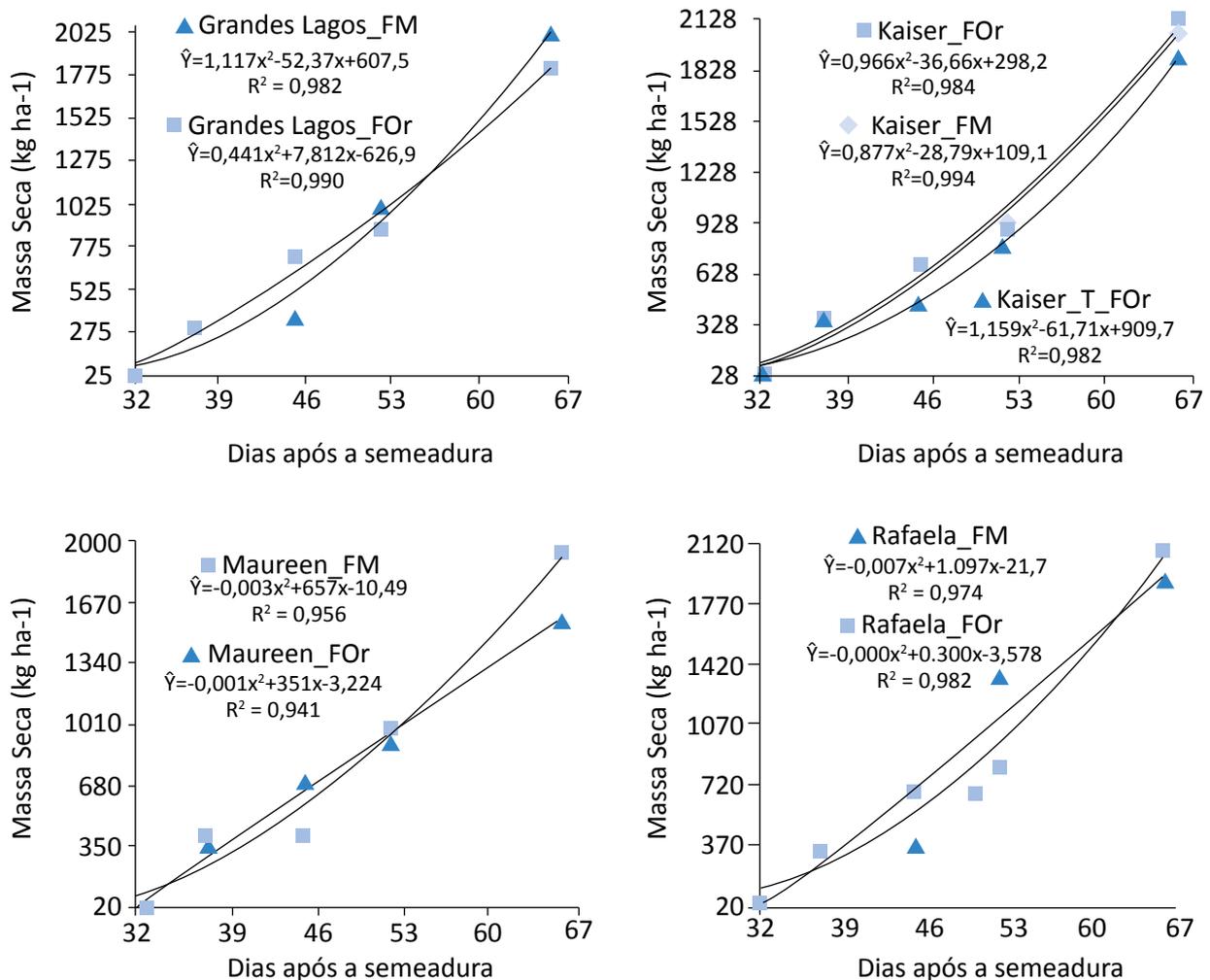
Figura 1 - Curvas de produção de massa fresca total da parte aérea de cultivares de alface tipo americana, nível de significância ( $p < 0,01$ ), para Grande Lagos, Kaiser, Rafaela e Maureen, cultivadas com fertilizantes minerais, com composto orgânico mais biofertilizante via foliar e testemunha orgânica Kaiser-T (sem aplicação de ácido cítrico).

orgânico do que no mineral até os 45 DAS, ocorrendo, em seguida, um incremento de três a cinco vezes na massa fresca, atingindo a produtividade máxima de 209,17 e 201,87 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente, no final do ciclo cultural (Tabela 1).

A produção total de massa fresca da parte aérea observada neste experimento com a cultivar Grandes Lagos na dose de 60 t ha<sup>-1</sup> de composto foi superior às observadas por Rodrigues & Casali (1999), em cultivo orgânico e mineral com alface, cujas produtividades máximas estimadas foram de 119,5, 119,4 a 153,9 g planta<sup>-1</sup>,

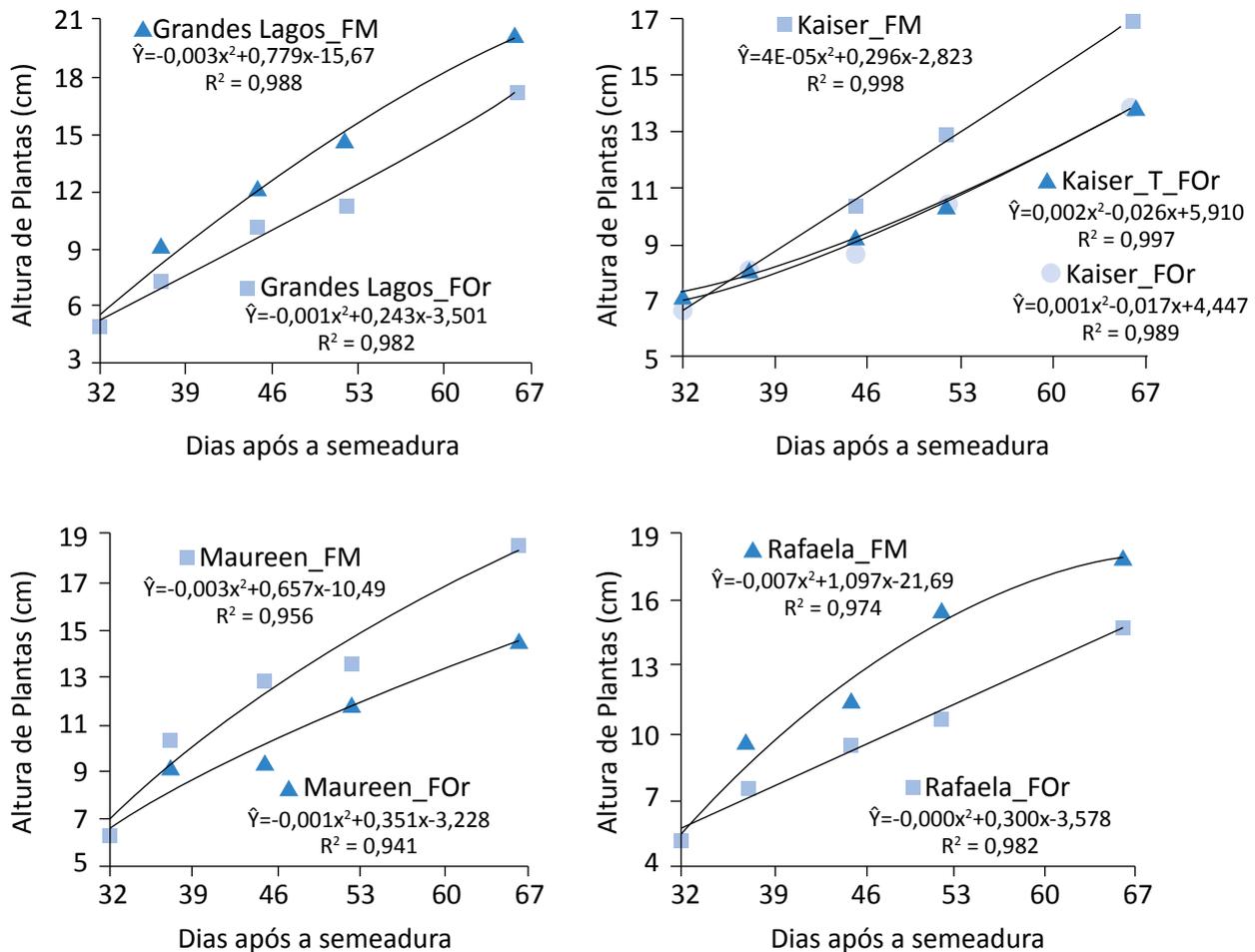
com as doses de 37,7, 18,9 e 13,0 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico, respectivamente, para os níveis 0, 50 e 100% da recomendação de adubação mineral. No entanto, as produtividades obtidas são inferiores às alcançadas por Fontanetti *et al.* (2006), com alface-americana, utilizando leguminosas em cobertura mais composto orgânico, com pesos médios de 294,0 a 409,7 g planta<sup>-1</sup> nos diferentes tratamentos, indicando um ganho de produção com a utilização de adubação verde.

As curvas de regressão relacionadas à produção de MFT referentes à cultivar Kaiser foram estatisticamente signifi-



FM: FERTILIZANTES MINERAIS; FOR: BIOFERTILIZANTE VIA FOLIAR.

Figura 2 - Curvas de produção de massa seca da parte aérea de cultivares de alface tipo americanas, nível de significância ( $p<0,02$ ), para Grandes Lagos, Kaiser, Rafaela e Maureen, cultivadas com fertilizantes minerais, com composto orgânico mais biofertilizante em aplicação via foliar e testemunha orgânica, sem aplicação de ácido cítrico (Kaiser-T).



FM: FERTILIZANTES MINERAIS; FOR: BIOFERTILIZANTE VIA FOLIAR.

**Figura 3 - Curvas de crescimento (altura de plantas) de cultivares de alface tipo americana, nível de significância ( $p < 0,01$ ), para Grandes Lagos, Kaiser, Rafaela e Maureen, cultivadas com fertilizantes minerais e com composto orgânico mais biofertilizante em aplicação via foliar e testemunha orgânica, sem aplicação de ácido cítrico (Kaiser-T).**

ficativas ( $p < 0,01$ ), apresentado crescimento distinto em relação aos tratamentos mineral e orgânico e à testemunha orgânica sem aplicação de ácido cítrico (Figura 1). Até os 45 DAS, o crescimento foi lento nos diferentes tratamentos, observando-se, nesse período, maior incremento de massa fresca no tratamento orgânico. No entanto, a partir dos 52 DAS, a produção de massa fresca no cultivo mineral aumentou 1,7 vezes em relação aos demais tratamentos, atingindo, no final do ciclo, um valor médio de  $28,64 \text{ t ha}^{-1}$ , com taxas de incremento de 18,85%, em relação ao tratamento orgânico (Tabela 1).

A cultivar Kaiser em sistema orgânico e com aplicação de ácido cítrico apresentou produção de  $26,87 \text{ t ha}^{-1}$ , ou seja, 21,99% superior à Kaiser-T (sem aplicação de

ácido cítrico), indicando que a aplicação de ácido orgânico aumentou a produção, provavelmente devido ao fato de sua presença na solução do solo ter proporcionado maior disponibilidade de nutrientes. Em geral, as raízes acidificam o solo ao seu redor, exsudando prótons durante a absorção e a assimilação de cátions, em especial amônio, e liberam compostos orgânicos, como ácido málico e cítrico, que aumentam a disponibilidade de ferro e fósforo (TAIZ & ZEIGER, 2009).

A cultivar Kaiser apresentou um aumento de 15,37% de massa fresca no cultivo orgânico quando comparada à cultivar Grandes Lagos em cultivo mineral, indicando maior adaptabilidade do referido genótipo às condições edafoclimáticas da região. Peixoto Filho *et al.* (2013) ob-

**Tabela 1 - Produção de massa fresca total, massa fresca da parte aérea da planta, produção de massa seca total, massa seca da parte aérea da planta, altura de plantas, número de folhas, largura de folhas e comprimento de caule, aos 66 dias após a semeadura, em quatro variedades de alfaces do tipo americana adubadas com fertilizantes minerais e com compostos mais biofertilizantes orgânicos.**

Cultivares	MFT	MFP	MST	MSP	AP	NF	LF	CC
	(t ha <sup>-1</sup> )	(g pl <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(g pl <sup>-1</sup> )	(cm)	(un)	(cm)	(cm)
Adubação com fertilizantes minerais								
Grandes Lagos	22,74 c*	209,17 c	2012,86 a	18,50 a	20,25 a	17,5 a	16,7 a	9,0 a
Kaiser	34,20 a	247,17 a	2047,09 a	18,83 a	16,84 b	20,5 a	15,9 a	7,3 b
Maureen	25,04 c	230,33 c	1938,39 a	17,83 a	18,60 b	20,0 a	17,0 a	8,3 a
Rafaela	32,57 a	299,67 a	2047,09 a	17,50 a	18,06 b	24,5 a	15,8 a	8,1 a
Média	28,64	263,47	1975,13	18,17	18,44	20,63	16,35	8,2
Adubação com compostos e biofertilizantes orgânicos								
Grandes Lagos	21,87 c	201,25 c	1834,23 b	16,88 b	17,46 b	22,1 a	13,8 b	7,3 b
Kaiser	26,87 b	247,17 b	2119,55 a	19,50 a	13,80 c	18,2 a	12,9 b	5,8 c
Kaiser-T	20,96 c	192,83 c	1902,16 b	17,50 b	13,83 c	19,4 a	12,4 b	5,9 c
Maureen	17,66 c	162,47 d	1594,19 c	14,67 c	14,64 c	20,8 a	12,9 b	5,9 c
Rafaela	28,85 b	262,83 b	2083,32 a	19,17 a	14,90 c	17,6 a	13,3 b	6,1 c
Média	23,24	213,83	1906,69	17,54	14,93	19,62	13,06	6,2
CV(%)	14,67		17,60		16,93	9,46	10,08	9,45

\*MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DIFERENTES NA COLUNA DIFEREM ENTRE SI, PELO TESTE DE SCOTT KNOTT, A 5% DE PROBABILIDADE (P≤0,05); MFT: MASSA FRESCA TOTAL; MFP: MASSA FRESCA DA PARTE AÉREA DA PLANTA; MST: MASSA SECA TOTAL; MASSA SECA DA PARTE AÉREA DA PLANTA (MSP) AP: ALTURA DE PLANTAS; NF: NÚMERO DE FOLHAS; LF: LARGURA DE FOLHAS; CC: COMPRIMENTO DE CAULE; DAS: DIAS APÓS A SEMEADURA.

tiveram valores de produtividade média de massa fresca próximos dos obtidos no presente trabalho com as cultivares Kaiser e Rafaela em cultivo orgânico, com médias respectivas de 26,87 e 28,85 t ha<sup>-1</sup>, com aplicação de metade da dose acima referida, ou seja, 60 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico.

A produção de massa fresca total da cultivar Rafaela evidenciou uma tendência quadrática (p<0,01), observando-se, desde o início, um crescimento mais lento no tratamento orgânico (Figura 1). Porém, a partir dos 45 DAS, o incremento de massa fresca foi 7,66 e 12,11 vezes maior nos tratamentos mineral e orgânico, respectivamente, indicando que, nesse período, as plantas são altamente exigentes em nutrientes.

A cultivar Rafaela, no sistema de cultivo mineral, obteve produção de massa fresca total equivalente a 32,74

t ha<sup>-1</sup>, ou seja, 12,29% superior ao tratamento orgânico (Tabela 1). No entanto, essa mesma cultivar, em sistema orgânico, apresentou a maior produção de massa fresca de 28,85 t ha<sup>-1</sup>, superando os demais genótipos, evidenciando boas condições de adaptação a esse tipo de cultivo. Segundo Santos *et al.* (1994), a adubação orgânica não só incrementa a produtividade, mas também produz plantas com características qualitativas melhores que as cultivadas exclusivamente com adubos minerais, podendo, portanto, exercer influência sobre a conservação pós-colheita da alface.

A produção de massa fresca da parte aérea alcançada pela cultivar Maureen foi significativa nos diferentes tratamentos, evidenciando um crescimento mais lento no cultivo orgânico e uma produção muito baixa quando comparada com a das demais cultivares (Figura 1). A produção de massa fresca no tratamento mineral foi

de 25,04 t ha<sup>-1</sup>, ou seja, 29,45% superior ao orgânico, demonstrando, dessa maneira, a sua baixa adaptabilidade a esse tipo de cultivo (Tabela 1). No entanto, a sustentabilidade da produção orgânica só começa a se estabilizar a partir do terceiro ano de cultivo, quando ocorrem as condições de equilíbrio físico-químico e biológico do solo.

A produção de MST da parte aérea apresentou variação nos diferentes genótipos, com relação aos dois tipos de adubação, mineral e orgânico. O tratamento mineral apresentou maior produção de massa seca do que o orgânico, com médias de 1.975,13 e 1.906,69 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente; ou seja, um incremento de apenas 4,47%, provavelmente devido a uma maior disponibilidade de nutrientes solúveis na solução do solo, durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura (Figura 2 e Tabela 1).

Houve efeito significativo dos tratamentos ( $p < 0,05$ ) na produção de massa seca da parte aérea na cultivar Grandes Lagos, tendo o seu maior incremento ocorrido a partir dos 45 DAS, com taxas de crescimento de 81,52 e 62,38%, respectivamente, coincidindo com a época de maior demanda de nutriente (Figura 2). A produção de massa seca no tratamento orgânico foi menor, mas, no final do ciclo, a diferença foi de apenas 68,44 kg ha<sup>-1</sup> na referida cultivar (Tabela 1).

A produção de massa seca aos 66 DAS foi maior no tratamento mineral do que no orgânico, com respectivas médias de 18,17 e 17,55 g planta<sup>-1</sup> (Tabela 1). Esse resultado foi superior aos referidos por Lima *et al.* (2004), com as cultivares de alface-americana em cultivo mineral, com valores médios de massa seca da parte de 9,59 e 7,57 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente.

A cultivar Kaiser evidenciou uma tendência quadrática ( $p < 0,05$ ) com relação à produção de massa seca, apresentando um aumento superior a 68,0%, a partir dos 45 DAS, nos diferentes tratamentos (Figura 2). O tratamento orgânico proporcionou uma taxa de produção de massa seca 3,42% superior ao mineral. Esse fato pode ser atribuído ao efeito quelante dos ácidos húmicos presentes na matéria orgânica, que produzem uma nutrição mais equilibrada, aliado à capacidade de adaptação da cultivar às condições edafoclimáticas da região. Os ácidos húmicos presentes nos compostos e nos biofertilizantes estimulam o crescimento de raízes e da parte aérea das plantas, resultando no au-

mento do teor de massa seca, da produtividade e da absorção de N, P, Fe e Cu (ABDEL-MAWGOUD, 2007; YILDIRIM, 2007).

Neste trabalho, foi observado ainda um aumento de produção de massa seca, de 10,26% no tratamento orgânico com ácido cítrico, em relação à cultivar Kaiser-T (sem ácido cítrico), provavelmente devido ao seu efeito quelante e de acidificação da rizosfera, aumentando a absorção de fosfatos e íons metálicos e, consequentemente, a produção de matéria seca.

As curvas de crescimentos de massa seca referentes à cultivar Maureen apresentaram efeito significativo ( $p < 0,05$ ) nos diferentes tratamentos (Figura 2), porém evidenciando, com a aplicação de fertilizante mineral, uma produção máxima de 1.938,39 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, um incremento de 17,76% em relação ao tratamento orgânico, indicando menor adaptação a esse sistema de cultivo do que os demais genótipos (Tabela 1). Esse resultado pode estar relacionado a fatores genéticos, interações iônicas, morfologia de raízes e número de pelos absorventes, entre outros (FAQUIN, 2005).

Houve efeito significativo dos tratamentos na produção de massa seca nos diferentes cultivares; referente à cultivar Rafaela, tendo o tratamento orgânico apresentado produção média de 2.083,32 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, 8,70% superior ao tratamento mineral (Figura 2). Essa produção de massa seca foi estatisticamente superior à das cultivares Grandes Lagos, Maureen e testemunha, evidenciando a capacidade de adaptação desse genótipo às condições edafoclimáticas locais.

As curvas de regressão relativas à altura de plantas apresentaram tendência quadrática e foram significativas nos diferentes genótipos ( $p < 0,01$ ), apresentando maior crescimento nas cultivares com adubação mineral, média de 18,44 cm, sendo a taxa de incremento 19,03% superior à do tratamento orgânico (Figura 3).

Maiores taxas de crescimento nos diferentes genótipos adubados com fertilizantes minerais indicam que uma maior disponibilidade de nutrientes na solução do solo acelera o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Nesse caso, as plantas poderiam ter sido

colhidas mais precocemente, evitando o alongamento do caule.

A cultivar Grandes Lagos apresentou um maior crescimento da parte aérea, em relação aos demais genótipos, tanto no tratamento mineral quanto orgânico, médias de 20,25 e 17,46 cm, respectivamente (Figura 3). Diferentemente desse resultado, Oliveira *et al.* (2010) observaram maior crescimento de alface em sistema orgânico utilizando composto do que com fertilizantes minerais, com respectivas médias de 22,3 e 16,8 cm de altura.

Os dados da pesquisa indicaram que a cultivar Kaiser foi a que apresentou menor crescimento nos tratamentos mineral e orgânico, com médias de 16,84 e 13,80 cm, respectivamente, aos 67 DAS. Porém os demais genótipos não apresentaram diferenças significativas com relação à altura no tratamento orgânico (Tabela 1).

A altura de plantas de alface também está relacionada aos níveis de radiação solar. Ferreira *et al.* (2007), avaliando o desempenho de alfices em sistema orgânico, constataram que o crescimento foi maior em casa de vegetação do que em campo, com médias de 24,0 e 12,37 cm, respectivamente, caracterizadas por maior produção de massa da matéria fresca e seca da parte aérea, massa da matéria fresca comercial, obtidas em casa de vegetação. A menor radiação sobre a cultura da alface promoveu produção de folhas maiores, contribuindo para uma maior quantidade de massa por planta (RADIN *et al.*, 2004). O crescimento em altura pode indicar também tendência ao pendoamento precoce, mais comum em regiões em que as temperaturas são mais elevadas. Dias curtos e temperaturas amenas ou baixas favorecem

a etapa do ciclo vegetativo (produção de cabeças), constatando-se que todas as cultivares produzem melhor sob tais condições (FILGUEIRA, 2008).

Não houve efeito dos tratamentos no aumento do número de folhas, porém o resultado foi altamente significativo ( $p \leq 1\%$ ) com relação à largura de folhas, com valores médios respectivos de 16,35 e 13,06 cm, nos tratamentos mineral e orgânico (Tabela 1). A adubação mineral proporcionou um aumento de 20,12% na largura de folhas, quando comparada à adubação orgânica.

O número de folhas no sistema de cultivo orgânico variou de 17,6 a 22,1, nas diferentes cultivares. Diferentemente desse resultado, Vidigal *et al.* (1995), avaliando alface com aplicação de diferentes doses de composto orgânico, observaram maior número folhas com médias de 27 a 29 unidades por planta, não apresentando diferença significativa nos tratamentos.

Houve efeito significativo dos tratamentos com relação ao comprimento do caule, sendo maior com a aplicação de fertilizantes minerais do que orgânicos, com respectivas médias de 8,2 e 6,2 cm (Tabela 1).

O comprimento de caule é uma característica importante para a indústria, pois é descartado no momento do processamento. Sendo assim, caules muito compridos, maiores que 7,0 cm, representam perda de material e, conseqüentemente, diminuição no rendimento (YURI *et al.*, 2004). As cultivares Kaiser e Rafaela apresentaram menor comprimento de caule e maior produtividade de massa fresca no tratamento orgânico, indicando maior rendimento, tanto para consumo *in natura* quanto para processamento industrial.

## CONCLUSÕES

Nas condições edafoclimáticas em que foi conduzido o experimento pode-se concluir que:

- os genótipos Kaiser e Rafaela apresentaram maior produção de massa fresca da parte aérea com aplicação de fertilizante mineral em relação às demais cultivares, porém foram mais produtivas no sistema orgânico do que os demais genótipos pesquisados;
- as cultivares Kaiser e Rafaela foram mais eficientes na produção de massa seca no tratamento orgânico,

co, porém não diferiram significativamente do tratamento mineral;

- a aplicação de ácido cítrico no tratamento orgânico aumentou de forma significativa a produção de massas fresca e seca na parte aérea da cultivar Kaiser, indicando um provável efeito na eficiência de absorção e utilização de nutrientes no substrato organomineral;
- o crescimento em altura foi maior nas cultivares com tratamento mineral; contudo, Kaiser e Rafaela e Maureen apresentaram menor porte em cultivo orgânico.

## REFERÊNCIAS

- ABDEL-MAWGOUD, A. M. R.; EL-GREADLY, N. H. M.; HELMY, Y. I.; SINGER, S. M. Responses of tomato plants to different rates of humic-based fertilizer and NPK fertilization. *Journal of Applied Sciences Research*, Cairo, v. 3, n. 2, p. 169-174, 2007.
- CAMARGO FILHO, W. P.; OLIVEIRA, A. C. *Perfil da olericultura no Brasil e em São Paulo, 2011*. Área, Produção e Produtividade das Principais Hortaliças no Brasil, IBGE - EMBRAPA – ABCSEM, 2011. 8p. Disponível em: <<http://200.132.139.11/aulas/Agronegocio/A4%20%20Quarto%20Semestre/Cadeias%0Produtivas%20Agr%C3%ADcolas/pdf>>. Acesso em: 6 maio 2013.
- CHABOUSSOU, F. *Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose*. Porto Alegre: L&PM, 1995. 256p.
- CHUNG, R. M.; AZEVEDO FILHO, J. A.; COLARICCIO, A. Avaliação da reação de genótipos de alface (*Lactuca sativa* L.) ao *Lettuce mosaic virus* (LMV). *Revista Bragantia*, Campinas, SP, v. 66, n. 1, p. 61-68, 2007.
- DIAS, V. P.; FERNANDES, E. *Fertilizantes: uma visão global sintética*. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, n. 24, p. 97-138, 2006.
- DOMENICO, D. D.; CASALI, M. P. M.; SOUZA, M. A. S.; OLIVEIRA, M. A. de S.; JÚNIOR, J. S. *Alface americana (Lactuca sativa) submetida a diferentes sistemas de adubações*. Disponível em: <<http://www.fasb.edu.br/congresso/trabalhos/AAGRO01.10.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2013.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306p.
- FAQUIN, V. *Nutrição mineral de plantas*. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. 186p.
- FERREIRA, D. F. *Sistema de Análise Estatística para Dados Balanceados (SISVAR)*. Lavras: UFLA - DEX, 2000.
- FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; SILVA, S. S.; REZENDE, M. I. F. L. Cultivo orgânico de alface em campo e em casa de vegetação com diferentes tipos de cobertura de solo. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Cruz Alta, RS, v. 2, n. 2, p. 1510-1514, 2007.
- FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV, 2008. 421p.
- FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J.; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K.; MORAES, S. R. G.; TEIXEIRA, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 24, n. 2, p. 146-150, 2006.
- GOMES, T. M.; BOTREL, T. A.; MODOLO, V. A.; OLIVEIRA, R. F. Aplicação de CO<sub>2</sub> via água de irrigação na cultura da alface. *Revista Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 2, p. 316-319, 2005.
- GONÇALVES, M. M.; SCHLEDECK, G.; SCHWENBERG, J. E. *Produção e uso de biofertilizantes em sistemas de base de produção ecológica*. Pelotas: MAPA - CNPq, 2009. 7p. (Circular Técnica, 78).
- IBGE. *Censo Agropecuário 2006 - Brasil grandes regiões e unidades da federação*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006. 777p.
- KIEHL, E. J. *Fertilizantes organominerais*. Piracicaba: Edição do autor, 1993. 189p.
- LIMA, A. A.; MIRANDA, E. G.; CAMPOS, L. Z. O.; CUZNATO JÚNIOR, W. H.; MELO S. C.; CAMARGO, M. S. Competição das cultivares de alface Vera e Verônica em dois espaçamentos. *Revista Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 314-316, 2004.
- MAROUELLI, W. Irrigação. In: *Cultivo do tomate para industrialização*. 2ª ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, janeiro de 2000. (Sistema de Produção, 1). Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial\\_2ed/irrigacao.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/irrigacao.htm)>. Acesso em: 30 mar. 2013.

MIYASAKA, S.; NAKAMURA, Y.; OKAMOTO, H. *Agricultura natural*. 2ª ed. Cuiabá: SEBRAE/MT, 1997. 73 p. (Coleção agroindústria, 3).

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M.; CASTRO NETO, M. T. *Compostagem caseira de lixo orgânico doméstico*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005. 6p. (Circular Técnica, 76).

OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. C. M.; MARQUES, V. B.; FRANÇA, A. C. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. *Revista Horticultura Brasileira*, DF, v. 28, n. 1, p. 36-40, 2010.

PAES, J. M. V.; ANDREOLA, F.; BRITO, C. H.; LOURES, E. G. Decomposição da palha de café em três tipos de solo e sua influência sobre a CTC e o pH. *Revista Ceres*, Viçosa, MG, v. 43, p. 575-683, 1996.

PEIXOTO FILHO, J. U.; FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J.; MIRANDA, M. F. A.; PESSOA, L. G. M.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 4, p. 419-424, 2013.

PINHEIRO, S. & BARRETO, S. B. *MB-4, agricultura sustentável, trofobiose e biofertilizantes*. Porto Alegre: Fundação Juquira Candiru, Arapiraca: MIBASA, 1996. 269p.

RADIN, B.; REISSER JÚNIOR, C.; MATZENAUER, R.; BERGAMASHI, H. Crescimento de cultivares de alfaces conduzidas em estufa e a campo. *Revista Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 178-181, 2004.

RESENDE, F. V.; SAMINÊZ, T. C. O.; VIDAL, M. C.; SOUZA, R. B.; CLEMENTE, F. M. V. *Cultivo de alface em sistema orgânico de produção*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. 16 p. (Circular Técnica, 56).

RODRIGUES, E. T. & CASALI, V. W. D. Rendimento e concentração de nutrientes em alface, em função das adubações orgânica e mineral. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 17, n. 2, p. 125-128, 1999.

RODRIGUES, I. N.; LOPES, M. T. G.; LOPES, R.; GAMA, A. S.; MILAGRES, C. P. Desempenho de cultivares de alface na região de Manaus. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 26, n. 4, p. 524-527, 2008.

SANTOS, R. H. S.; CASALI, V. W. D.; CONDÉ, A. R.; MIRANDA, L. C. G. Qualidade de alface cultivada com composto orgânico. *Revista Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 12, n. 1, p. 29-32, 1994.

SOUZA, R. B. S. & ALCÂNTARA, F. A. de. *Adubação no sistema orgânico de produção de hortaliças*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 8p. (Circular Técnica, 65).

TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

TRANI, P. E. *Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido*. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, IAC, outubro de 2012. 34 p. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/imagem\\_informacoestecnologicas/79.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/79.pdf)>. Acesso em: 05 fev. 2013.

TREVISAN, G. V.; BISPO, P. C.; MAIA, A. L. S. *Análise de diferentes técnicas de classificação digital no mapeamento do uso e cobertura da terra. 2009*. Disponível em: <[http://mtcm19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtcm19%4080/2009/12.03.18.40/doc/Trevisan\\_etal\\_2008\\_Geonordeste.pdf](http://mtcm19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtcm19%4080/2009/12.03.18.40/doc/Trevisan_etal_2008_Geonordeste.pdf)>. Acesso em: 24 jul. 2013.

VAIRO DOS SANTOS, A. C. *Biofertilizante líquido: o defensivo agrícola da natureza*. 2ª ed. rev. Niterói: EMATER, 1995. 16 p. (Série - Agropecuária Fluminense, 8).

YILDIRIM, E. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science*, Copenhagen, Dinamarca, v. 57, n. 2, p. 182-186, 2007.

YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 1, p. 127-130, 2004.

## POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UM *CAMPUS* UNIVERSITÁRIO

BENEFICIAL USE POTENTIAL FOR THE SOLID WASTE IN AN UNIVERSITY CAMPUS

### *Solange Aparecida Goularte Dombroski*

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (USP). Professora Adjunta da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) – Mossoró (RN), Brasil.

### *Marco Antonio Diodato*

Doutor em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professor Adjunto da UFERSA – Mossoró (RN), Brasil.

### *Rafael Oliveira Batista*

Pós-Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor Adjunto da UFERSA – Mossoró (RN), Brasil.

### *Daniela da Costa Leite Coelho*

Doutoranda em Manejo de Solo e Água pela UFERSA. Professora da UFERSA – Mossoró (RN), Brasil.

### *Jackson Fernandes da Silva*

Engenheiro de Petróleo pela UFERSA – Mossoró (RN), Brasil.

#### **Endereço para correspondência:**

Solange Aparecida Goularte Dombroski – Rua Antônio Vieira de Sá, 583, apto. 301 – Nova Betânia – 59612-100 – Mossoró (RN), Brasil – E-mail: solangedombroski@ufersa.edu.br

### **RESUMO**

Este trabalho teve por objetivo avaliar o aproveitamento potencial de resíduos sólidos gerados em um *campus* universitário, de modo a subsidiar o planejamento e ações de gerenciamento. O estudo foi realizado na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), *Campus* Mossoró, Rio Grande do Norte, durante quatro anos consecutivos com amostragens durante o período letivo de aulas. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de média. A partir do agrupamento das 18 classes adotadas de resíduos em 4 grandes grupos (recicláveis, restos de alimentos, material potencialmente perigoso e outros 3), verificou-se que nenhum grande grupo diferiu estatisticamente entre si para os distintos dias da semana e que as maiores proporções (48,9 e 55,1%) foram observadas para o grande grupo de recicláveis. A análise anual indicou, para os dois últimos anos do estudo, maiores proporções também para o grande grupo de recicláveis, evidenciando a importância de implantação de coleta seletiva solidária eficiente na instituição.

**Palavras-chave:** caracterização de resíduos sólidos; resíduos recicláveis; aproveitamento de resíduos; universidade.

### **ABSTRACT**

This work had the objective of verifying the beneficial use potential for the solid waste generated in an university campus, to subsidize its management planning and actions. The study was carried out at the UFERSA *Campus* in Mossoró, RN, in four consecutive years, with samplings conducted during regular classes' seasons. The data was submitted to variance analysis and means tests. After grouping the 18 waste classes in 4 bigger groups (recyclable, food, dangerous and other), it was verified that there was no difference in composition in any group between the days of the week, and that the highest proportions (48.9 and 55.1%) were observed for the great group of recyclables. For the last two years of the study, there was an increase in proportion for the recyclables group, emphasizing the importance of effective joint selective collection in this institution.

**Keywords:** solid waste characterization; recyclable waste; beneficial use; university.

## INTRODUÇÃO

De maneira geral, como consequência do desenvolvimento econômico e do crescimento populacional, tem ocorrido aumento no consumo dos recursos naturais e, inevitavelmente, geração de resíduos — sólidos, líquidos ou gasosos. Entre os temas de muitas discussões ao longo dos últimos anos está o da questão ambiental, a qual tem causado grande preocupação com a conservação dos recursos naturais e com a degradação provocada pelo ser humano ao meio ambiente (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010). Tais preocupações têm uma relação direta com os resíduos sólidos. Estes, se lançados em qualquer lugar ou inadequadamente tratados e dispostos, tornam-se uma fonte dificilmente igualável de proliferação de insetos e roedores, com os consequentes riscos para a saúde pública, além de causarem incômodos estéticos e de mau cheiro (BRAGA *et al.*, 2005).

De acordo com a Norma Brasileira (NBR) 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os resíduos sólidos são

resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004a)

A Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dispendo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, as responsabilidades dos geradores e do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis, define resíduos sólidos como

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos

d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010)

A NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004a) classifica os resíduos sólidos quanto a sua periculosidade em classe I – perigosos, e classe 2 – não perigosos. Os resíduos classe I são aqueles que apresentam uma das características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Já os resíduos classe II são aqueles que não apresentam periculosidade, conforme definido pela NBR 10.004/2004, contudo, estes resíduos são diferenciados ainda em classe IIA – não inertes, e classe IIB – inertes. Os resíduos classe IIA – não inertes podem ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (ABNT, 2004a). Os resíduos classe IIB se referem aos resíduos que, quando

submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme a ABNT NBR 10.006 (ABNT, 2004b), não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor (ABNT, 2004a).

Entre os pontos importantes do aproveitamento de resíduos pode-se mencionar a contribuição para a conservação de recursos naturais não renováveis e diminuição da poluição ambiental (ISMAIL & AL-HASHMI, 2008). Atualmente, fortalece-se cada vez mais a ideia da não geração dos resíduos sólidos, porém isso é algo impossível diante da forma como estão estabelecidas as sociedades, além de fatos explicáveis por leis da física como é o caso da lei da conservação da massa. Segundo essa lei, nunca estaremos livres de algum tipo de poluição/resíduos (BRAGA *et al.*, 2005). Todavia, em alguns casos é possível evitar a geração de determinados resíduos perigosos substituindo a matéria-prima em um processo industrial. Para qualquer tipo de resíduo, entende-se que se deve visar o estabelecido no art. 9º da Lei nº 12.305/2010:

Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. (BRASIL, 2010)

Nesse ponto, deve-se destacar e estabelecer ainda dois conceitos, o de resíduo e o de rejeito.

De acordo com Amaral *et al.* (2001), a diferença entre eles é que o resíduo possui um potencial de uso com ou sem tratamento. Já o rejeito não apresenta possibilidade técnica ou econômica de uso, devendo ser tratado para disposição final. Ou seja, os resíduos são passíveis de reaproveitamento, reciclagem ou reutilização, sendo atribuído ainda significativo valor econômico e social, ajudando as cooperativas de reciclagem e triagem, mas os rejeitos (ou lixo), mesmo depois de se ter esgotado os recursos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não podem ser atribuídos a outras funções e utilidades, não tendo outra possibilidade senão a disposição final ambientalmente adequada — exclusão (ABLP, 2009). Nesse mesmo sentido, a PNRS diferenciou rejeitos de resíduos sólidos. Os rejeitos são

resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada. (BRASIL, 2010)

Em termos quantitativos referentes a resíduos domiciliares, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2008, cujo objetivo foi investigar as condições de saneamento básico de todos os municípios brasileiros, informou que dos 5.564 municípios existentes em 2008, 5.553 tiveram serviço de coleta de resíduos sólidos domiciliares e/ou público, com quantidade diária coletada de 183.488 t.dia<sup>-1</sup> (IBGE, 2010). Para minimizar os potenciais impactos negativos relacionados aos resíduos sólidos, deve-se buscar o seu gerenciamento adequado. A Lei nº 12.305/2010 define gerenciamento de resíduos sólidos como

o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei. (BRASIL, 2010)

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2002) salientou que um sistema efetivo de gerenciamento integrado de resíduos sólidos considera ações de não geração, reciclagem e manejo dos resí-

duos sólidos, de modo a proteger mais efetivamente a saúde humana e o ambiente. Vale ressaltar ainda que o Decreto Federal nº 5.940/2006 (BRASIL, 2006) instituiu a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e às cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, de modo que este tema deve ser contemplado pela política de gerenciamento de resíduos sólidos desses estabelecimentos.

As características qualitativas e quantitativas dos resíduos sólidos variam em função de diversos aspectos, tais como sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, ou seja, os mesmos fatores que também diferenciam as comunidades entre si (NUCASE, 2007). Tais características são fundamentais para dimensionamento das unidades e definição das ações de gerenciamento dos resíduos. No contexto municipal, o uso de dados reportados na literatura para planejamento local pode conduzir a estimativas sem acuidade de quantidade e composição de resíduos sólidos municipais, podendo implicar em altos custos equivocados no dimensionamento de instalações e equipamentos (CHEREMISINOFF, 2003), o que indica a importância dos estudos de caracterização dos resíduos. Uma das características físicas dos resíduos sólidos é a composição gravimétrica, que significa “o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de lixo analisada” (MONTEIRO *et al.*, 2001). A definição da composição física é importante para estudos de aproveitamento das diversas frações e para compostagem (CONSONI *et al.*, 2000).

Entre os diversos tipos de estabelecimentos que podem ser classificados como grandes geradores de resíduos encontram-se as universidades. Nestas, dependendo das áreas de atuação em ensino, pesquisa e extensão, os resíduos sólidos podem incluir tanto os resíduos do tipo doméstico como também entulho de obras, resíduos de serviços de saúde, restos de poda, aparelhos e eletrodomésticos, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, resíduos de atividades agrícolas (embalagens de fertilizantes e de defensivos agrícolas, rações, restos de colheitas, sementes e outros) e resíduos perigosos derivados de atividades laboratoriais.

Sendo as universidades instituições que visam à formação do indivíduo consciente das suas obrigações de cidadão, torna-se fundamental a implantação de pro-

gramas de conscientização da preservação ambiental dentro do próprio planejamento de ensino e pesquisa. Assim, é de suma importância que as universidades definam uma política que contemple questões ambientais nas diferentes atividades de ensino, pesquisa e extensão. O diagnóstico dos resíduos sólidos gerados na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) em relação a sua composição gravimétrica é necessário para buscar práticas que os minimizem, além de possibilitar o adequado dimensionamento do sistema

de armazenamento, transporte, destinação adequada dos recicláveis para as cooperativas e disposição final dos rejeitos no aterro sanitário municipal. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o possível aproveitamento de resíduos sólidos a partir de estudos da composição gravimétrica dos resíduos sólidos classe II gerados nessa instituição de ensino, *Campus Mossoró*, considerando os conceitos avançados propostos pela PNRS, de modo a subsidiar o planejamento de ações de gerenciamento desses resíduos.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

O presente estudo foi realizado na UFERSA, localizada no km 47 da BR 110, Bairro Presidente Costa e Silva, no município de Mossoró (RN). As coordenadas geográficas da sede do município são 5°11'31" de latitude sul, 37°20'40" de longitude oeste e altitude média de 18 m.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSw<sup>h</sup> (quente e seco), com precipitação pluviométrica bastante irregular, com média anual de 673,9 mm, temperatura média de 27,4°C e umidade relativa do ar média de 68,9%. Insolação média diária

### Levantamento da composição gravimétrica

Foram desenvolvidos quatro estudos anuais consecutivos, 2009, 2010, 2011 e 2012, todos no segundo semestre letivo. Em cada ano, foram coletadas amostras dos resíduos sólidos classe II gerados na universidade durante o período letivo de aulas, de segunda a sexta-feira, por uma semana no estudo relativo a 2009 e duas semanas nos demais anos. No *campus* da UFERSA não há coleta de lixo aos domingos, e aos sábados, em geral, faz-se coleta de restos de podas; assim, para o estudo de caracterização, foram realizadas amostras semanais, exceto nos sábados e domingos.

O estudo da composição gravimétrica dos resíduos sólidos classe II gerados na instituição foi executado utilizando-se o material especificado e o procedimento definido a partir das recomendações apresentadas em Consoni *et al.* (2000). Tal procedimento consistiu em:

1. descarregar o caminhão no local previamente definido (uma baía do setor de suinocultura desativa-

do); considerando que a quantidade diária de resíduos gerados é inferior a 1,5 t, todo o material foi utilizado para obtenção da amostra;

No segundo semestre letivo de 2012, a instituição contava com uma população de 6.451 pessoas entre funcionários, alunos, trabalhadores terceirizados e prestadores de serviços localizados na área da instituição, conforme mostrado na Tabela 1. Esta tabela indica um crescimento populacional superior a 70% entre 2009 e 2012.

2. romper os receptáculos (sacos plásticos, caixas, etc.);
3. homogeneizar o máximo possível;
4. retornar para o monte os materiais rolados (latas, vidros, etc.);
5. coletar 4 amostras de 100 L cada (utilizando tambores), 3 na base e nas laterais e 1 no topo da pilha;
6. pesar os resíduos coletados nas 4 amostras;
7. dispor os resíduos coletados em uma segunda baía do setor de suinocultura desativado. Esse material constituiu a amostra utilizada para a análise da composição gravimétrica dos resíduos;

Tabela 1 - População da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, nos anos de 2009 a 2012.

Classes/setores	Número de pessoas			
	2º semestre letivo de 2009 <sup>1</sup>	2º semestre letivo de 2010 <sup>2</sup>	2º semestre letivo de 2011 <sup>3</sup>	2º semestre letivo de 2012 <sup>4</sup>
Professores efetivos	265	257	283	317
Professores substitutos/temporários	NL	21	40	36
Técnicos administrativos	243	246	272	344
Alunos de graduação	2.996*	3.610	4.100	5.015
Alunos de pós-graduação		250	345	497
Trabalhadores da empresa terceirizada	100	87	132	182
Caixa Econômica Federal	13	12	12	12
Restaurante universitário	0	8	9	28
Lanchonete (duas unidades)	NL	10	10	10
Fotocopiadora (três unidades)	NL	12	12	10
Total	3.617	4.513	5.215	6.451

\*SOMA DE ALUNOS DE GRADUAÇÃO E DE PÓS-GRADUAÇÃO; NL: NÃO LEVANTADO; <sup>1</sup>UFERSA (2010); <sup>2</sup>COELHO (2010); <sup>3</sup>SILVA E DOMBROSKI (2012); <sup>4</sup>BARBOSA (2013).

8. separar os materiais da amostra em 18 classes (borracha; couro; madeira; restos de alimentos; metais ferrosos; metais não ferrosos; papel; papelão; plástico rígido (incluindo copo descartável de plástico); plástico maleável; politereftalato de etileno (PET); trapo; vidro; ossos; cerâmica; outros 1 (isopor e embalagens revestidas interiormente com laminado, como caixas de suco e pacotes de biscoitos); outros 2 (mistura de pedaços relativamente pequenos de restos de alimentos, principalmente, plástico maleável e papel higiênico) e material potencialmente perigoso (podendo incluir material de serviço de atendimento à saúde animal e de análises e exames laboratoriais relacionados a animal; lâmpada fluorescente; pilhas; baterias; embalagens de aerossóis, entre outros)), utilizando um recipiente, devidamente identificado, para cada classe; e

9. pesar cada classe de resíduos, previamente separada no tambor de 100 L.

Os resultados foram submetidos à análise estatística pelo Sistema de Análise de Variância (SISVAR) (FERREIRA, 1999). Os dados de produção de resíduos sólidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste F a 5% de probabilidade (quando significativos, foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade).

Os resultados foram submetidos à análise estatística pelo Sistema de Análise de Variância (SISVAR) (FERREIRA, 1999). Os dados de produção de resíduos sólidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste F a 5% de probabilidade (quando significativos, foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir estão apresentados os resultados referentes à caracterização da composição gravimétrica dos resíduos sólidos classe II gerados na UFERSA, *Campus Mossoró*. Deve-se ressaltar ainda, para melhor entendimento dos resultados, que, aplicado o teste de Tukey, os resultados com letras iguais minúsculas não diferem

entre si nas colunas e os resultados com letras iguais maiúsculas não diferem entre si nas linhas.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios da composição gravimétrica dos resíduos sólidos classe II gerados na UFERSA, *Campus Mossoró*, para os dias da

Tabela 2 - Valores médios da composição gravimétrica de resíduos sólidos classe II gerados na Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, para distintos dias da semana em amostragens realizadas em 2009, 2010, 2011 e 2012\*.

Componentes	Composição gravimétrica (%)				
	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Borracha	0,06 a	0,00 a	0,30 a	0,00 a	0,00 a
Couro	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,10 a	0,00 a
Madeira	0,00 a	0,05 a	1,78 ab	0,00 a	1,37 abc
Restos de alimentos	11,21 e	6,22 abcde	12,28 c	12,58 e	14,54 e
Metais ferrosos	0,80 ab	1,45 ab	1,42 a	2,48 abc	1,04 abc
Metais não ferrosos	1,41 abc	2,12 abc	1,80 ab	1,86 ab	1,46 abc
Papel	9,16 cde	8,80 cde	14,75 c	14,61 e	12,77 e
Papelão	9,91 de	8,04 bcde	11,81 c	9,13 cde	8,61 bcde
Plástico rígido	8,27 bcde	9,49 de	8,77 bc	8,69 bcde	9,55 de
Plástico maleável	10,00 e	11,38 e	12,03 c	10,61 de	8,74 cde
PET	7,25 abcde	6,74 abcde	3,91 ab	5,37 abcd	3,25 abcd
Trapos	2,17 abcd	3,35 abcd	1,12 a	0,63 a	0,50 a
Vidros	0,67 ab	1,28 ab	0,64 a	0,07 a	3,48 abcd
Ossos	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Cerâmicas	0,00 a	1,30 ab	0,00 a	1,41 a	0,00 a
Outros 1 <sup>1</sup>	4,29 abcde	3,26 abcd	2,77 ab	2,98 abc	2,83 abcd
Outros 2 <sup>2</sup>	33,80 f	36,29 f	25,25 d	28,64 f	30,93 f
Material potencialmente perigoso <sup>3</sup>	0,99 ab	0,22 a	1,38 a	0,85 a	0,92 ab
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

\*SEGUNDO O TESTE DE TUKEY, LETRAS IGUAIS NA COLUNA NÃO DIFEREM ENTRE SI COM 5% DE PROBABILIDADE; PET: POLITEREFTALATO DE ETILENO; <sup>1</sup>ISOPOR E EMBALAGENS REVESTIDAS INTERIORMENTE COM LAMINADO, COMO CAIXAS DE SUCO E PACOTES DE BISCOITOS; <sup>2</sup>MISTURA DE PEDAÇOS RELATIVAMENTE PEQUENOS DE RESTOS DE ALIMENTOS (PRINCIPALMENTE), PLÁSTICO MALEÁVEL E PAPEL HIGIÊNICO; <sup>3</sup>MATERIAL COM POSSIBILIDADE DE SER CLASSIFICADO COMO PERIGOSO, PODENDO INCLUIR MATERIAL DE SERVIÇO DE ATENDIMENTO À SAÚDE ANIMAL E DE ANÁLISES E EXAMES LABORATORIAIS RELACIONADOS A ANIMAL; LÂMPADA FLUORESCENTE; PILHAS; BATERIAS; EMBALAGENS DE AEROSSÓIS, ENTRE OUTROS.

semana em que foram realizadas as amostragens, nos anos de 2009, 2010, 2011 e 2012. A análise dos resultados mostrou que as classes borracha, couro, madeira, metais ferrosos, metais não ferrosos, PET, trapos, vidros, ossos, cerâmicas, outros 1 e material potencialmente perigoso apresentaram composição gravimétrica média de 0 a 7,3%, não diferindo estatisticamente entre si, para os dados referentes a cada dia da semana estudado. Nessa condição também se apresentou

o componente restos de alimentos referentes às terças-feiras. Em cada dia da semana, as proporções de restos de alimentos, papel, papelão, plástico rígido e plástico maleável não diferiram entre si e os valores médios resultaram entre 8,3 e 11,2%; 6,2 e 11,4%; 8,8 e 14,7%; 8,7 e 14,6% e 8,6 e 14,5%, dados de segundas as sextas-feiras, respectivamente. Desses resultados, considerando cada dia da semana estudado, foram verificadas proporções entre 6,2 e 14,7% para 5 classes

de resíduos sólidos com potencial de destinação final ambientalmente adequada, seja para compostagem, seja para reciclagem ou outras formas de aproveitamento mencionadas pela Lei nº 12.305/2010.

Ainda de acordo com a Tabela 2, observando-se os resultados em cada dia da semana, a classe denominada neste estudo como outros 2, referente à mistura de difícil segregação (pedaços relativamente pequenos de restos de alimentos, principalmente plástico maleável e papel higiênico), diferiu estatisticamente das demais classes e apresentou os maiores valores médios (33,8; 36,3; 25,2; 28,6 e 30,9% referentes aos períodos de segundas às sextas-feiras, respectivamente). De acor-

do com os materiais que compõem essa classe, estes podem ser classificados como “rejeito”, ou seja, sem possibilidade de reaproveitamento, tendo necessidade de serem destinados para os aterros sanitários. Os resultados indicam que para diminuir a proporção dessa classe de resíduos, é necessário melhorar a segregação dos resíduos na fonte geradora, o que pode ser obtido com estímulo à coleta seletiva por meio de campanhas de sensibilização voltadas à comunidade universitária, além de garantir uma infraestrutura adequada para tal.

A Tabela 3 apresenta os valores médios da composição gravimétrica dos resíduos sólidos classe II gerados na UFERSA, *Campus* Mossoró, de acordo com os

**Tabela 3 - Valores médios da composição gravimétrica de resíduos sólidos classe II gerados na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, em amostragens realizadas em 2009, 2010, 2011 e 2012.**

Componentes	Composição gravimétrica (%)
Borracha	0,07 a
Couro	0,02 a
Madeira	0,64 a
Restos de alimentos	11,28 c
Metais ferrosos	1,47 a
Metais não ferrosos	1,75 a
Papel	12,08 c
Papelão	9,51 c
Plástico rígido	8,96 c
Plástico maleável	10,62 c
PET	5,31 b
Trapos	1,57 a
Vidros	1,18 a
Ossos	0,00 a
Cerâmicas	0,57 a
Outros 1 <sup>1</sup>	3,20 ab
Outros 2 <sup>2</sup>	30,90 d
Material potencialmente perigoso <sup>3</sup>	0,87 a
Total	100,0

\*DE ACORDO COM O TESTE DE TUKEY, LETRAS IGUAIS NA COLUNA NÃO DIFEREM ENTRE SI COM 5% DE PROBABILIDADE; <sup>1</sup>ISOPOR E EMBALAGENS REVESTIDAS INTERIORMENTE COM LAMINADO, COMO CAIXAS DE SUCO E PACOTES DE BISCOITOS; <sup>2</sup>MISTURA DE PEDAÇOS RELATIVAMENTE PEQUENOS DE RESTOS DE ALIMENTOS (PRINCIPALMENTE), PLÁSTICO MALEÁVEL E PAPEL HIGIÊNICO; <sup>3</sup>MATERIAL COM POSSIBILIDADE DE SER CLASSIFICADO COMO PERIGOSO, PODENDO INCLUIR MATERIAL DE SERVIÇO DE ATENDIMENTO À SAÚDE ANIMAL E DE ANÁLISES E EXAMES LABORATORIAIS RELACIONADOS A ANIMAL; LÂMPADA FLUORESCENTE; PILHAS; BATERIAS; EMBALAGENS DE AEROSSÓIS, ENTRE OUTROS.

componentes avaliados nas amostragens executadas entre 2009 e 2012. É possível observar que para os componentes borracha, couro, madeira, metais ferrosos, metais não ferrosos, trapos, vidros, ossos, cerâmicas, outros 1 e material potencialmente perigoso, não houve diferenças estatísticas significativas, sendo esses os componentes que se apresentaram em menor quantidade (0 a 3,2%), quando comparados aos demais avaliados. As classes PET e outros 1 não diferiram significativamente entre si e os valores médios foram de 5,31 e 3,20%, respectivamente. Já as classes restos de alimentos, papel, papelão, plástico rígido e plástico maleável apresentaram proporções de 11,28; 12,08; 9,51; 8,96 e 10,62%, respectivamente, e não diferiram entre si. Essa mesma condição foi observada quando a análise foi feita para cada dia da semana (Tabela 2). O componente outros 2 resultou em proporção média de 30,90%, sendo a maior entre as classes estudadas e diferente estatisticamente destas, fato também verificado pela análise em cada dia da semana.

Na Tabela 4, estão apresentados os valores médios da composição gravimétrica dos resíduos sólidos classe II gerados na UFERSA, *Campus* Mossoró, analisados por ano em que foram realizadas as amostragens.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, observa-se que os componentes borracha, couro, madeira, metais ferrosos, metais não ferrosos, plástico maleável, PET, trapos, vidros, ossos, cerâmicas, outros 1 e material potencialmente perigoso não apresentaram diferenças estatísticas significativas ao longo do período de estudo.

Constatou-se ainda que os componentes papel, papelão e plástico rígido apresentaram aumento da quantidade produzida no decorrer dos anos. Esses dados corroboram a tendência geral sobre os resíduos sólidos municipais identificada por Cheremisnoff (2003), como o aumento da porcentagem de papel e plásticos, e a substituição de recipientes de metal e vidro por materiais mais leves como plástico e alumínio. Comenta-se também que essa mudança na composição dos resíduos sólidos classe II gerados na UFERSA ao longo dos anos pode ter sido, dentre outros motivos, consequência da expansão da instituição, já que a instituição apresentou um aumento de sua população em mais de 70% entre 2009 e 2012 (ver Tabela 1), o que, por sua vez, teve relação com a criação de novos cursos de graduação e programas de pós-graduação.

Quanto ao componente restos de alimentos, observa-se, na Tabela 3, diminuição significativa da quantidade produzida ao longo do período de estudo. Menciona-se ainda que a quantidade de restos de alimentos, relativamente elevada, gerada no ano de 2009, decorreu de avaliação de experimentos com melancia realizados por pesquisadores da instituição, havendo produção relativamente alta desse componente (UFERSA, 2010) na semana de caracterização de resíduos. Para a classe outros 2, observou-se que a geração diminuiu ao longo dos quatro anos estudados, e as porcentagens diferiram estatisticamente. Como já comentado, essa classe apresentou as maiores proporções (32,15; 36,81; 28,37 e 25,90%, referentes a 2009 a 2012, respectivamente) entre as 18 classes verificadas.

Nas Tabelas 5 e 6 estão apresentados os valores médios da composição gravimétrica por grandes grupos (recicláveis, restos de alimentos, material potencialmente perigoso e outros 3) dos resíduos sólidos gerados na UFERSA, *Campus* Mossoró, analisados por dias de amostragens e por ano em que foram realizadas as amostragens.

Com relação aos dados apresentados na Tabela 5, constatou-se que nenhum grande grupo diferiu estatisticamente para os distintos dias da semana em que foram realizadas as amostragens. As maiores proporções (48,9 a 55,1%) foram observadas para o grande grupo denominado de recicláveis (metal, papel, papelão, plástico e vidro). Em seguida, o grande grupo denominado de outros 3 (borracha, couro, madeira, trapos, ossos, cerâmicas e outros 1 (isopor e embalagens revestidas, interiormente com laminado, como caixas de suco e pacotes de biscoitos)) apresentou proporções de 31,2 a 44,3%. As proporções de restos de alimentos variaram de 6,2 a 14,6%, e de material potencialmente perigoso, de 0,2 a 1,4%, para as amostragens referentes aos distintos dias da semana.

Na Tabela 6 são apresentados os valores médios da composição gravimétrica por grandes grupos, conforme já mencionado, para as amostragens executadas em quatro distintos anos. Em 2009 e 2010, observaram-se maiores proporções para o grande grupo denominado aqui como outros 3. Já em 2011 e 2012, as maiores proporções foram observadas para o grande grupo de recicláveis. Para este grupo foi verificada diferença estatística de 5% de probabilidade para os resultados referentes aos anos de 2009 e 2010, em relação àqueles relativos a 2011 e 2012,

**Tabela 4 - Valores médios da composição gravimétrica de resíduos sólidos classe II gerados na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, por ano, em amostragens realizadas em 2009, 2010, 2011 e 2012\*.**

Componentes	Composição gravimétrica (%)			
	2009	2010	2011	2012
Borracha	0,00 A	0,24 A	0,00 A	0,00 A
Couro	0,00 A	0,07 A	0,00 A	0,00 A
Madeira	0,07 A	1,75 A	0,31 A	0,00 A
Restos de alimentos	33,14 C	14,18 B	4,28 A	2,72 A
Metais ferrosos	2,82 A	2,15 A	0,64 A	0,80 A
Metais não ferrosos	1,47 A	0,82 A	2,16 A	2,57 A
Papel	6,88 A	8,86 A	14,18 B	16,73 B
Papelão	4,20 A	8,34 A	8,93 A	15,03 B
Plástico rígido	2,86 A	7,00 AB	11,88 B	11,57 B
Plástico maleável	8,01 A	8,54 A	12,27 A	12,80 A
PET	3,23 A	3,63 A	7,42 A	6,06 A
Trapos	1,84 A	0,70 A	2,17 A	1,72 A
Vidros	1,70 A	2,46 A	0,30 A	0,35 A
Ossos	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
Cerâmicas	0,00 A	0,91 A	0,98 A	0,00 A
Outros 1 <sup>1</sup>	1,36 A	2,68 A	4,53 A	3,36 A
Outros 2 <sup>2</sup>	32,15 BC	36,81 C	28,37 AB	25,90 A
Material potencialmente perigoso <sup>3</sup>	0,25 A	0,85 A	1,59 A	0,37 A
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

\*DE ACORDO COM O TESTE DE TUKEY, LETRAS IGUAIS NA LINHA NÃO DIFEREM ENTRE SI COM 5% DE PROBABILIDADE; <sup>1</sup>ISOPOR E EMBALAGENS REVESTIDAS INTERIORMENTE COM LAMINADO, COMO CAIXAS DE SUCO E PACOTES DE BISCOITOS; <sup>2</sup>MISTURA DE PEDAÇOS RELATIVAMENTE PEQUENOS DE RESTOS DE ALIMENTOS (PRINCIPALMENTE), PLÁSTICO MALEÁVEL E PAPEL HIGIÊNICO; <sup>3</sup>MATERIAL COM POSSIBILIDADE DE SER CLASSIFICADO COMO PERIGOSO, PODENDO INCLUIR MATERIAL DE SERVIÇO DE ATENDIMENTO À SAÚDE ANIMAL E DE ANÁLISES E EXAMES LABORATORIAIS RELACIONADOS A ANIMAL; LÂMPADA FLUORESCENTE; PILHAS; BATERIAS; EMBALAGENS DE AEROSSÓIS, ENTRE OUTROS.

os quais, por sua vez, foram superiores (57,8 e 65,9%) aos de 2009 e de 2010 (31,2 e 41,8%). A proporção, relativamente alta, de material reciclável nos resíduos gerados na UFRSA, *Campus Mossoró* evidencia a importância da implantação de coleta seletiva solidária eficiente nos termos do Decreto Federal nº 5.940/2006 (BRASIL, 2006), o que, conseqüentemente, evita que mais resíduos sejam destinados para o aterro sanitário municipal. Nesse con-

texto, Almeida (2012) analisou a caracterização física e a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos gerados no município de Caçador e no Distrito de Taquara Verde, observando que 23,95% do material que estava sendo destinado ao aterro era passível de reciclagem, e encontrou uma alternativa que poderia ser estudada para prolongar a vida útil do aterro: a implantação de uma usina de triagem.

**Tabela 5 - Valores médios da composição gravimétrica por grandes grupos dos resíduos sólidos classe II gerados na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, para distintos dias da semana em amostragens realizadas em 2009, 2010, 2011 e 2012\*.**

Grandes grupos de resíduos	Composição gravimétrica (%)				
	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Recicláveis <sup>1</sup>	47,5 A	49,3 A	55,1 A	52,8 A	48,9 A
Restos de alimentos	11,2 A	6,2 A	12,3 A	12,6 A	14,6 A
Material potencialmente perigoso <sup>2</sup>	1,0 A	0,2 A	1,4 A	0,9 A	0,9 A
Outros <sup>3</sup>	40,3 A	44,3 A	31,2 A	33,7 A	35,6 A
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

\*SEGUNDO O TESTE DE TUKEY, LETRAS IGUAIS NA LINHA NÃO DIFEREM ENTRE SI COM 5% DE PROBABILIDADE; <sup>1</sup>METAL, PAPEL, PAPELÃO, PLÁSTICO E VIDRO; <sup>2</sup>MATERIAL COM POSSIBILIDADE DE SER CLASSIFICADO COMO PERIGOSO, PODENDO INCLUIR MATERIAL DE SERVIÇO DE ATENDIMENTO À SAÚDE ANIMAL E DE ANÁLISES E EXAMES LABORATORIAIS RELACIONADOS A ANIMAL; LÂMPADA FLUORESCENTE; PILHAS; BATERIAS; EMBALAGENS DE AEROSSÓIS, ENTRE OUTROS; <sup>3</sup>DEMAIS RESÍDUOS: BORRACHA, COURO MADEIRA, TRAPOS, OSSOS, CERÂMICAS, OUTROS 1 (ISOPOR E EMBALAGENS REVESTIDAS INTERIORMENTE COM LAMINADO, COMO CAIXAS DE SUCO E PACOTES DE BISCOITOS) E OUTROS 2 (MISTURA DE PEDAÇOS RELATIVAMENTE PEQUENOS DE RESTOS DE ALIMENTOS (PRINCIPALMENTE), PLÁSTICO MALEÁVEL E PAPEL HIGIÊNICO).

**Tabela 6 - Valores médios da composição gravimétrica por grandes grupos dos resíduos sólidos classe II gerados na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, em amostragens realizadas em 2009, 2010, 2011 e 2012\*.**

Grandes grupos de resíduos	Composição gravimétrica (%)			
	2009	2010	2011	2012
Recicláveis <sup>1</sup>	31,2 A	41,8 A	57,8 B	65,9 B
Restos de alimentos	33,1 C	14,2 B	4,3 AB	2,7 A
Material potencialmente perigoso <sup>2</sup>	0,3 A	0,8 A	1,6 A	0,4 A
Outros <sup>3</sup>	35,4 AB	43,2 B	43,2 B	31,0 A
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

\*DE ACORDO COM O TESTE DE TUKEY, LETRAS IGUAIS NA LINHA NÃO DIFEREM ENTRE SI COM 5% DE PROBABILIDADE; <sup>1</sup>METAL, PAPEL, PAPELÃO, PLÁSTICO E VIDRO; <sup>2</sup>MATERIAL COM POSSIBILIDADE DE SER CLASSIFICADO COMO PERIGOSO, PODENDO INCLUIR MATERIAL DE SERVIÇO DE ATENDIMENTO À SAÚDE ANIMAL E DE ANÁLISES E EXAMES LABORATORIAIS RELACIONADOS A ANIMAL; LÂMPADA FLUORESCENTE; PILHAS; BATERIAS; EMBALAGENS DE AEROSSÓIS, ENTRE OUTROS; <sup>3</sup>DEMAIS RESÍDUOS: BORRACHA, COURO MADEIRA, TRAPOS, OSSOS, CERÂMICAS, OUTROS 1 (ISOPOR E EMBALAGENS REVESTIDAS INTERIORMENTE COM LAMINADO, COMO CAIXAS DE SUCO E PACOTES DE BISCOITOS) E OUTROS 2 (MISTURA DE PEDAÇOS RELATIVAMENTE PEQUENOS DE RESTOS DE ALIMENTOS (PRINCIPALMENTE), PLÁSTICO MALEÁVEL E PAPEL HIGIÊNICO).

Para o grupo restos de alimentos, foi observada uma tendência de diminuição da proporção ao longo do tempo de estudo, cujos resultados relativos a 2009, 2010 e 2012 diferiram estatisticamente entre si. Para material potencialmente perigoso, não houve diferença estatística entre os anos em que foram realizados os estudos, sendo este componente o que se apresentou em menor quantidade em relação aos demais. Para o grupo denominado outros 3, verificou-se uma proporção relativa ao ano de 2009 que

não difere estatisticamente dos demais anos, porém, os resultados dos anos de 2010 e 2011, que não diferiram estatisticamente entre si, diferiram da proporção encontrada no ano de 2012.

Estudo realizado por Moura, Lima e Archanjo (2012) identificou altas concentrações de matéria orgânica, principalmente nas classes mais privilegiadas, apontando o desperdício de alimentos como um fator preocupante. Outros fatores negativos também rela-

tados pelos autores foram os altos índices de sacolas plásticas e fraldas descartáveis dispostas no aterro sanitário, além de uma parcela significativa de bens de consumo duráveis, como roupas, sapatos e equipamentos eletrônicos. Esses mesmos autores desta-

caram ainda que a coleta e a triagem poderiam ser mais rentáveis se a população estivesse consciente de seu papel no gerenciamento correto dos resíduos sólidos e realizasse a segregação e destinação adequada dos seus resíduos.

## CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou informações sobre a composição gravimétrica, bem como o potencial de aproveitamento com reutilização, reciclagem e recuperação dos resíduos sólidos classe II, gerados na UFERSA, *Campus Mossoró*, servindo como ferramenta para melhorias no gerenciamento desses resíduos na instituição.

Considerando as 18 classes adotadas de resíduos e as amostragens realizadas em distintos anos, foi possível observar 4 conjuntos de classes de resíduos. Em cada conjunto, não foi observada diferença estatística entre as classes, com nível de probabilidade de 5%.

Ainda com relação às 18 classes de resíduos, foi verificada uma composição gravimétrica com valores médios de:

- 0 a 3,2% para 11 classes (borracha, couro, madeira, metais ferrosos, metais não ferrosos, trapos, vidros, ossos, cerâmicas, outros 1 e material potencialmente perigoso);
- 3,2 a 5,3% para 2 classes (PET e outros 1);
- 9,0 a 12,1% para 5 classes (restos de alimentos, papel, papelão, plástico rígido e plástico maleável) e
- 30,9% para 1 classe (outros 2).

A partir do agrupamento das 18 classes adotadas de resíduos em 4 grandes grupos (recicláveis, restos de alimentos, material potencialmente perigoso e outros 3), verificou-se que nenhum grande grupo diferiu estatisticamente para os distintos dias da semana e que as maiores proporções (48,9 e 55,1%) foram observadas para o grande grupo de recicláveis. Analisando-se ao longo do período de estudo, verificou-se que, em 2011 e 2012, as maiores proporções foram observadas também para o grande grupo de recicláveis, em relação aos outros três grandes grupos (restos de alimentos, material potencialmente perigoso e outros 3, conforme definido no presente estudo).

A implantação de coleta seletiva solidária eficiente na instituição é requisito básico para que seus resíduos sólidos recicláveis tenham destinação ambientalmente adequada, à luz da PNRS.

Considerando o período de estudo, os resultados indicaram que uma parcela expressiva (48,9 e 55,1%) dos resíduos sólidos gerados na UFERSA é reciclável, os quais, por sua vez, devem ser separados e destinados às associações e às cooperativas de catadores de materiais recicláveis, conforme estabelecido em decreto federal vigente.

## REFERÊNCIAS

ABLP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA. 2009. Disponível em: <[www.ablp.org.br/anexos](http://www.ablp.org.br/anexos)>. Acesso em: 23 maio 2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004. *Resíduos sólidos - classificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a. 77p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.006. *Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b. 3p.

ALBUQUERQUE, B.L.; RIZZATTI JUNIOR, G.; RIZZATTI, G.; SARMENTO, J.V.S.; TISSOT, L. Gestão de resíduos sólidos na Universidade Federal de Santa Catarina: os programas desenvolvidos pela Coordenadoria de Gestão Ambiental. In: COLOQUIO INTERNACIONAL SOBRE GESTIÓN UNIVERSITARIA EM AMÉRICA DEL SUR, 10., 2010, Mar del Plata, 2010.

ALMEIDA, R.G. Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares urbanos do município de Caçador-SC, a partir da caracterização física e composição gravimétrica. *Ignis: Revista de Engenharias e Inovação Tecnológica*, v. 1, n. 1, 2012.

AMARAL, S.T.; MACHADO, P.F.L.; PARALBA, M.C.R.; CAMARA, M.R.; SANTOS, T.; BERLEZE, A.L.; FALCÃO, H.L.; MARTINELLI, M.; GONÇALVES, R.S.; OLIVEIRA, E.R.; BRASIL, J.L.; ARAÚJO, M.A.; BORGES, A.C.A. Relato de uma experiência: recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Química Nova*, v. 24, n. 4, p. 419-423, 2001.

BARBOSA, K.S. Classificação, quanto a periculosidade, de substâncias químicas adquiridas pela UFERSA visando contribuir para a gestão dos resíduos químicos da instituição, RN. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L.; VERAS JÚNIOR, M.S.; PORTO, M.F.A.; NUCCI, N.L.R.; JULIANO, N.M.A.; EIGER, S. *Introdução à engenharia ambiental - o desafio do desenvolvimento sustentável*. 2ª ed., 4ª reimpressão. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318p.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. *Decreto nº 5.940*, de 25 de outubro de 2006. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2006.

BRASIL. Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Lei nº 12.305*, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2010.

CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J.M. *Dados meteorológicos de Mossoró* (janeiro de 1989 a dezembro de 1990), Mossoró: FGD, 1991. 110p. (Coleção Mossoroense, Série C, 630).

CHEREMISINOFF, N.P. *Handbook of solid waste management and waste minimization technologies*. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, 2003.

COELHO, D.C.L. *Dimensionamento de sistema para recebimento, armazenamento e tratamento de resíduos sólidos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, campus Mossoró-RN*. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) – Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.

CONSONI, J.Â. & PERES, C.S.; CASTRO, A.P. Origem e composição do lixo. In: D'ALMEIDA, M.L.O. & VILHENA, A. (Coord.). *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. 2ª ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. Cap. 2.

FERREIRA, D.F. *Sistema de análise de variância - SISVAR*. Ver. 4.3. Lavras: UFLA-Departamento de Ciências Exatas, 1999.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Pesquisa nacional de saneamento básico 2008*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

ISMAIL, Z.Z. & AL-HASHMI, E.A. Use of waste plastic in concrete mixture as aggregate replacement. *Waste Management*, v. 28, n. 11, p. 2041-2047, 2008.

MONTEIRO, J.H.P.; FIGUEIREDO, C.E.M.; MAGALHÃES, A.F.; MELO, M.A.F. de; BRITO, J.C.X.; ALMEIDA, T.P.F.; MANSUR, G.L. *Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p.

MOURA, A.A.; LIMA, W.S.; ARCHANJO, C.R. Análise da composição gravimétrica de resíduos sólidos urbanos: Estudo de caso - município de Itaúna- MG. *SynThesis Revista Digital FAPAM*, n. 3, p. 4-16, 2012.

NUCASE – NÚCLEO SUDESTE DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL. Resíduos sólidos: plano de gestão de resíduos sólidos urbanos. Guia do profissional e treinamento. Nível 2. Belo Horizonte: ReCESA, 2007. 96p.

SILVA, J.F. & DOMBROSKI, S.A.G. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, campus Mossoró, RN. *In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 15. Anais eletrônicos...* Belo Horizonte: ABES, 2012.

UFERSA – UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. *Plano de gerenciamento de resíduos sólidos - PGRS-UFERSA*. Mossoró: UFERSA, 2010. (Comissão para confecção do plano de gerenciamento de resíduos sólidos da UFERSA/2009, Portaria UFERSA/GAB nº 336/2009).

UNITED STATES AGENCY PROTECTION ENVIRONMENTAL (USEPA). *Solid waste management: a local challenge with global impacts*. EPA530-F-02-026 (5306W). USEPA, May, 2002.