



ABES ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL



R B C I A M B

Revista Brasileira de Ciências Ambientais
Setembro de 2016

Nº 41

ISSN Eletrônico 2176-9478

Expediente

Editor Geral

Maurício Dziedzic

Editores Internacionais

Günter Gunkel – Alemanha

Jose Alfaro Joins - EUA

Manuela Morais - Portugal

Oscar Parra - Chile

Editores Nacionais

Adriana Marques Rosseto

Marco Aurélio da Silva Carvalho Filho

Mário Augusto Gonçalves Jardim

Tadeu Fabrício Malheiros

Conselho Editorial

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, Maria do Carmo Martins Sobral, 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 F. F. Fernandes

Produção Editorial

Zeppelini Publishers

www.zeppelini.com.br

Submissão de artigos, dúvidas e sugestões: 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

ÍNDICE

1 - FORMULATION OF SEDIMENTS WITH CHARACTERISTICS OF TROPICAL LOTIC SYSTEMS FOR USE IN ECOTOXICOLOGICAL ASSAYS

Formulação de sedimentos com características de sistemas lóticos tropicais para aplicação em ensaios ecotoxicológicos

Ana Lúcia Fermino de Oliveira Arine - Renata Fracácio

12 - A EVOLUÇÃO DA PAISAGEM APLICADA NA INTERPRETAÇÃO DE TRILHAS, NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DOS ÓRGÃOS (PARNASO-RJ)

The evolution of landscape applied in the interpretation of trails, at Serra dos Órgãos National Park (Parnaso-RJ)

Wellington Kiffer de Freitas - Luis Mauro Sampaio Magalhães - Edson Rodrigues Pereira Junior - Marco Aurélio Soares Pinheiro

24 - AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS PERIGOSOS EM INDÚSTRIA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

Evaluation of the management of dangerous waste in the agricultural defensive industry

Bruna Beatriz Sousa Barbosa - Tássio Franchi - Valéria Almeida Gentil

42 - ACUMULAÇÃO DE MICROCISTINAS NO MEXILHÃO DOURADO *LIMNOPERNA FORTUNEI* E RISCOS PARA A BIOTA AQUÁTICA

Microcystin accumulation in golden mussel *Limnoperna fortunei* and potencial risks to the aquatic biota

Alessandro Minillo - Maressa Pomaro Casali - William Deodato Isique - Maurício Augusto Leite - Odete Rocha

58 - ORGANIZAÇÃO SOCIAL DE CATADORES DE RECICLÁVEIS E SEUS DESAFIOS

Social organization of recyclable waste pickers and their challengers

Neliane Robaldo Guedes Corrêa - Lucy Ribeiro Ayach

75 - PADRÕES HIDROBIOLÓGICOS COMO INDICADORES AMBIENTAIS EM ÁGUAS AFLUENTES E EFLUENTES DE VIVEIROS DE CARCINICULTURA MARINHA NO ESTADO DO CEARÁ

Hydrobiological standards as environmental indicators in affluents and effluents of marine shrimp ponds in Ceará state

Márcio Alves Bezerra - Daniel Clayton Pinheiro Lustosa - Manuel Antônio de Andrade Furtado-Neto

86 - ASPECTOS LEGAIS DA COLETA SELETIVA DE LIXO

Legal aspects of waste selective collection
Marcio Barreto dos Santos Garcia - Reis Friede - André Carlos Silva - Kátia Eliane Santos Avelar - Maria Geralda de Miranda

97 - O EFEITO DA INUNDAÇÃO SAZONAL SOBRE A REGENERAÇÃO NATURAL EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA Densa ALUVIAL NO ESTUÁRIO AMAZÔNICO

The effect of seasonal flood on natural regeneration in a dense alluvial rainforest in the amazon estuary

Julie Andrews de França e Silva - Mário Augusto Gonçalves Jardim

111 - CHARACTERIZATION OF ENVIRONMENTAL ASPECTS AND IMPACTS OF FIVE UNIVERSITY RESTAURANTS AT A PUBLIC HIGHER EDUCATION INSTITUTION IN BRAZIL

Caracterização de aspectos e impactos ambientais em 5 restaurantes universitários em uma instituição de ensino superior pública no Brasil

Virgílio José Strasburg - Vanusca Dalosto Jahno

122 - CATEGORIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA VERDE DO MUNICÍPIO DE SOROCABA (SP) PARA CRIAÇÃO DE UM SISTEMA MUNICIPAL INTEGRANDO ESPAÇOS LIVRES E ÁREAS PROTEGIDAS

Categorization of green infrastructure in the city of Sorocaba (SP) to create a municipal system integrating open spaces and protected areas

Maurício Tavares da Mota - Eliana Cardoso-Leite - Fernanda Sola - Kaline de Mello

FORMULATION OF SEDIMENTS WITH CHARACTERISTICS OF TROPICAL LOTIC SYSTEMS FOR USE IN ECOTOXICOLOGICAL ASSAYS

FORMULAÇÃO DE SEDIMENTOS COM CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS LÓTICOS TROPICAIS PARA APLICAÇÃO EM ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS

Ana Lúcia Fermino de Oliveira Arine

Mestranda no Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS), Laboratório de Toxicologia Ambiental e Histologia (LATHIS) da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) – Sorocaba (SP), Brasil.

Renata Fracácio

Professora da UNESP-ICTS e Coordenadora do LATHIS – Sorocaba (SP), Brasil.

Mail address:

Ana Lúcia Fermino de Oliveira Arine – Avenida Três de Março, 511 – Alto da Boa Vista – 18087-180 – Sorocaba (SP), Brazil.
E-mail: analucia.arine@gmail.com

ABSTRACT

Investigation of the dynamics and toxicity of pollutants in natural sediments is hindered by the great complexity of their matrix. Given this difficulty, the objective of this paper was to recommend the formulation of sediments representative of tropical lotic environments, considering their use in ecotoxicological assays. Organic and inorganic fractions were used in different percentages, resulting in five sediment formulations with different grain size proportions (fine, medium and coarse sand, and clay). Measured dissolved oxygen and hardness values were suitable for ecotoxicological assays; however, regarding pH values, only formulations with lower levels of organic matter provided suitable water quality for this purpose (between 6.3 and 7.3), for up to 10 days. These formulations were tested using *Hyaella azteca*, which confirmed their suitability for use in toxicological tests, since no lethal effects were observed and there were no significant changes in terms of growth and reproduction of the organisms.

Keywords: formulated sediments; ecotoxicological assays; *Hyaella azteca*; tropical water bodies.

RESUMO

Os estudos relacionados à dinâmica de poluentes e toxicidade em sedimentos naturais são de difícil compreensão por se tratar de uma matriz muito complexa. Diante dessa problemática, o objetivo deste trabalho foi propor a formulação de sedimentos com características representativas de ambientes lóticos tropicais, considerando-se a sua aplicação em ensaios ecotoxicológicos. As frações orgânica e inorgânica foram utilizadas em porcentagens variadas, totalizando cinco formulações de sedimento com diferentes proporções granulométricas (areia fina, média, grossa e argila). Os resultados de oxigênio dissolvido e dureza permaneceram adequados para ensaios ecotoxicológicos, porém, considerando-se o pH, apenas as formulações contendo menores taxas de matéria orgânica apresentaram-se adequadas para este fim (entre 6,3 e 7,3), num período de estabilização de até 10 dias. A espécie *Hyaella azteca* confirmou a aplicabilidade desses sedimentos em testes toxicológicos, não tendo sido observadas taxas de letalidade, tampouco variações significativas em relação aos parâmetros de crescimento e reprodução dos organismos.

Palavras-chave: sedimentos formulados; ensaios ecotoxicológicos; *Hyaella azteca*; corpos de água tropicais.

INTRODUCTION

One of the most important uses of ecotoxicological testing concerns the establishment of safe concentrations of pollutants in order to protect the aquatic life in water and sediment environments (ZAGATTO, 2008). This can be achieved by exposing test organisms to different concentrations of a chemical agent under controlled conditions. Relations between concentration, effect, and exposure time enable the identification of a concentration range, above which the majority of species could suffer injury, and which should not be exceeded (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2008).

In Brazil, the resolution 357 (BRASIL, 2005) of the *Conselho Nacional do Meio Ambiente* (CONAMA) sets out water quality standards according to the intended use, considering the protection of aquatic life in Classes 1 and 2 water bodies. However, as to sediments, there is no Brazilian legislation concerning quality standards or toxicological potential of this aquatic compartment. This happens due to the difficulties involved in studying sediments, especially the interpretation of experimental results obtained using natural sediments. These materials represent a highly complex matrix, and many factors can influence both pollutant bioavailability and reaction mechanisms, as well as can hinder the evaluation of toxic effects of a pollutant (MOZETO; ZAGATTO, 2008). The Brazilian environmental agency presents a single legislation concerning the evaluation and disposal of dredged materials in Brazilian jurisdictional waters (BRASIL, 2004), whose reference values for freshwater sediment are based on the official Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life (CCME, 1995).

A possible way of minimizing these difficulties is the use of laboratory-manufactured artificial sediments that are spiked with contaminants in order to determine toxic effects under controlled conditions (MURDOCH *et al.*, 1997). This can assist in understanding the behavior of different classes of pollutants, including their mobility between water and sediment compartments (“top down” and “bottom up”), degradation time, and formation of secondary compounds, as well as bioavailability and toxicity to biota.

Despite the importance of studies using artificial sediments, new methodologies that take into account

physical and chemical factors are needed in order to avoid inaccurate predictions (BURTON *et al.*, 2003). The organic content of artificial sediment can influence the nutritional status of the test organism, therefore preliminary studies are essential to formulate the sediment (WÄSTLUND, 1999). Furthermore, most of the sediment formulations that have been described do not represent real environments (GONZALEZ, 2012). In a country like Brazil, with a vast geographical area and a diversity of geological processes that produce sediments, formulations should therefore consider different regional characteristics.

Formulations of sediments containing known amounts of contaminants, based on real North American sediments, have been recommended by the Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD) since 1994 to determine observed effect concentrations (OEC), non-observed effect concentrations (NOEC), and lethal concentrations (LC), and to establish standards for sediment quality (SUTER, 2008). However, due to differences in geographical characteristics, individual countries should develop protocols suitable for ecotoxicological and chemical studies designed to determine environmentally safe concentrations and to understand the dynamics of organic and inorganic pollutants. This study would assist in enabling formulations to be adjusted for ensuring their suitability in tests using representative organisms from this type of environment.

Hyalella azteca is an epibenthic species from Northern freshwater. This amphipod was chosen as a matching parameter for the sediment quality, as recommended by international and Brazilian standards for sediment toxicity evaluation (USEPA, 2000; ABNT, 2013). It presents short life cycle, dimorphism, sexual reproduction, and females produce eggs. Such characteristics allow the survival and reproduction to be evaluated by different generations of *Hyalella azteca*, which are recommended criteria for ecotoxicological analysis of many aquatic pollutants. Amphipods play an important role in aquatic environments due to their detritivorous and herbivorous habits and consequent transfer of energy produced by algae and vegetables to consumers of higher trophic levels (USEPA, 2000).

OBJECTIVES

The purpose of this work was to develop suitable formulated sediments for the survival, growth, and reproduction of *Hyaella azteca* with formations that represent water bodies in the State of São Paulo, Brazil.

Tietê River system is located in the highest economic and population growth area of the State of São Paulo. The effects of granulometry variation and organic matter content on test organisms were evaluated.

MATERIAL AND METHODS

Formulations

The tested formulations were based on previous studies regarding the formation of natural sediments from 14 locations in the Tietê River system in four different periods (RODGHER *et al.*, 2005). Tietê River is an important aquatic system impacted by a range of anthropogenic influences, and it is used for different purposes such as power generation, public water supply, and navigation. It was chosen as a basis for the formulations due to its varied geology and extensive area, stretching from the East of São Paulo State to its point of discharge into the Paraná River system.

Five sediment compositions were tested using different proportions of coarse, medium, and fine sand (Jundu®, Analândia, São Paulo), and kaolin clay (Synth®) for the inorganic fraction, totaling 100 g in each formulation. The granulometry followed the classification scheme described in the regulation from the *Associação Brasileira de Normas Técnicas* (ABNT) NBR 6502 (ABNT, 1995), as previously used (RODGHER *et al.*, 2005). These materials were calcined in a muffle furnace at 550 °C for one hour before the experiments. Different proportions of two types of organic matter (*Elodea sp.* and TetraMin®) were added to the formulations. The macrophyte *Elodea sp.* was dried at 40 °C for 24 hours, crushed and sieved to particles < 1 mm in order to ensure good interaction with the sediments (OECD, 2010). In addition, a common commercial fish food (TetraMin®, with a 47% crude protein content) was likely crushed and sieved. There are many types of organic matter sources for artificial sediment composition. Easy acquisition, cost and constant composition for the selection of sources of organic matter were considered important, despite the low representativeness of very complex natural organic matter (GONZALEZ,

2012). US Environmental Protection Agency (USEPA, 2000) does not recommend a specific organic carbon source, but they believe it is important to observe the ratios of carbon to nitrogen to phosphorus when considering the materials to be used in formulated sediments. Some authors (PÉRY *et al.*, 2005; VERRHIEST *et al.*, 2002) have used TetraMin® as an organic carbon to formulated sediments in their studies, and this material is listed as a possible source of organic matter for formulated sediment composition (USEPA, 2000). *Elodea sp.* was chosen as an alternative to α -cellulose, which use is also very common in studies with formulated sediments. The organic matter contents of different formulations varied between 1 and 20% (Table 1).

After mixing manually the dry organic and inorganic components, reconstituted water was added at a ratio of 1 g: 4 mL (sediment/reconstituted water). The water used followed the recommendations for cultivation of *Hyaella azteca* (a representative test organism for sediments). Tap water was filtered and dechlorinated, followed by adjustment of pH, hardness, and dissolved oxygen (DO) to values of 7.2 – 7.6, 40 – 48 mg CaCO₃ L⁻¹, and > 4 mg L⁻¹ respectively (USEPA, 2000; ABNT, 2013). These parameters were monitored every three days for 15 days, under controlled conditions of temperature and photoperiod. Mild aeration of the surface was maintained throughout the experiment, and three replicates were used for each formulation.

The values of chemical parameters obtained for the formulations were compared with those obtained for the controls using Kruskal-Wallis analysis of variance test, performed with BioEstat 5.0 software (AYRES *et al.*, 2007).

Table 1 – Proportions of organic and inorganic fractions used in sediment formulations (based on reservoirs in middle and lower Tietê River, and the Piracicaba River).

Reference environment (Rodgher <i>et al.</i> , 2005)	Formulation	Inorganic fraction				Organic fraction	
		CS (%)	MS (%)	FS (%)	CL (%)	Organic matter (%)	
						Elodea sp.	Fish food
Piracicaba River	Control 1	-	-	25	75	-	-
	1A	-	-	25	75	20	-
	1B	-	-	25	75	-	20
Barra Bonita reservoir	Control 2	-	40	50	10	-	-
	2A	-	40	50	10	15	-
	2B	-	40	50	10	-	15
Nova Avanhandava reservoir	Control 3	90	-	-	10	-	-
	3A	90	-	-	10	5	-
	3B	90	-	-	10	-	5
Três Irmãos reservoir (1)	Control 4	40	40	10	10	-	-
	4A	40	40	10	10	-	1
	4B	40	40	10	10	-	3
	4C	40	40	10	10	1	-
	4D	40	40	10	10	3	-
Três Irmãos reservoir (2)	Control 5	10	10	70	10	-	-
	5A	10	10	70	10	-	1
	5B	10	10	70	10	-	3
	5C	10	10	70	10	1	-
	5D	10	10	70	10	3	-

CS: coarse sand; MS: medium sand; FS: fine sand; CL: clay.

Suitability of sediments for use in ecotoxicological studies: analysis of survival, growth, and reproduction of the test organism *Hyalella azteca*

Formulations 4 and 5 (Table 1) were selected in order to evaluate their suitability for use in ecotoxicological tests due to their satisfactory physical and chemical characteristics for use with test organisms, as required by Brazilian and international protocols. The ecotoxicological studies were performed using the *Hyalella azteca* species cultivated in incubators (Tecnal EX80) on controlled conditions of temperature (24 ± 1 °C) and photoperiod (12 hours – light, 12 hours – dark), as recommended by ABNT NBR 15470 (ABNT, 2013) and USEPA (2000) for evaluation of growth and reproduction, respectively. Organisms' feeding was in accordance with Fracácio *et al.* (2011). The test or-

ganisms were fed every day in the experimental period with a mix of 10 mg/mL fish food solution (TetraMin®), 5 mg/mL yeast and 0.1 mL/100 mL primrose oil (0,025 mL/organism/day) and macerated flakes of fish food containing Spirulina (TetraVeggie® Spirulina – enhanced flakes, 0.2 mg/organism/every other day).

According to ABNT NBR 15470 (ABNT, 2013) and USEPA (2000), tests can be validated when they present less than 20.0% of mortality in control sediment. Control consisted of inorganic sediment fraction alone for assessment of survival, growth, and reproduction of *H. azteca*.

Growth evaluation

For each formulation and experimental control (Table 1), 10 replicas were prepared for a 10-day test, each with one organism aged between 7 and 14 days that had been allowed a stabilization period of five days. All the experiments used 10 g of sediment and 40 mL of reconstituted water, which were placed in glass vessels with a capacity of 50 mL. The experiment lasted 10 days, and a semi-static regime was adopted, with exchange of water every three days, and measurement of pH, hardness, and DO. The incubators were equipped with controlled temperature ($24 \pm 1^\circ\text{C}$), photoperiod (12 hours – light, 12 hours – dark), and illumination (500 – 600 lux).

After the experimental period, the test organisms were evaluated biometrically to obtain the dry weight and length. Dry weight was determined using a five-deci-

Reproduction evaluation

Adult organisms aged between 24 and 30 days were selected to prepare couples that were kept for 14 days in vessels containing the formulations and controls, on the environmental conditions that have already been described. Five replicates were used in each experiment. Every seven days, adults were removed to new vessels maintained under the same conditions, and the

mal analytical balance (Ohaus), after drying the organisms for 24 hours at 60°C , and the length was measured from the base of the first antenna to the tip of the third uropod along the curve of the dorsal surface using a Vernier caliper (USEPA, 2000). Kruskal-Wallis analysis of variance test was used to identify significant differences between the data obtained for different experimental treatments and controls. With regard to dry weight, Fisher's exact test was applied because the values were obtained as the average of five organisms for each treatment, rather than individually (AYRES *et al.*, 2007). According to ABNT NBR 15470 (ABNT, 2013), the length or dry weight of organisms in control sediment must be compatible with organisms of the same age previously cultivated in the laboratory.

offspring numbers were counted. Statistical analysis of the data was performed using the Kruskal-Wallis analysis of variance test. Reproduction parameter is highly variable within and among laboratories. More than 50% of laboratories participating in a round-robin testing reported that reproduction from day 28 to 42 was >2 young/female in control sediment (USEPA, 2000).

RESULTS AND DISCUSSION

Formulations: analysis of chemical water parameters

DO and hardness values were within acceptable ranges for all the tests, with values greater than 2.5 mg/L (USEPA, 2000; ABNT, 2013) and between 40 and 48 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ (ABNT, 2013) respectively. Maximum and minimum DO values obtained for formulations 1 to 5 were 7.5 and 6.0 mg/L respectively, and the hardness was in the range of 40.0 – 46.8 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$. As to these two parameters, the formulations were suitable for use in ecotoxicological tests.

However, the first three formulations with organic matter contents of 20, 15, and 5% showed substantial acidity throughout the experiment. The environment was therefore unfavorable for the survival of *H. azteca* during ecotoxicological tests, even with the exchange of water in every three days. When a 20.0% proportion of organic matter was used (based on sediments

from the Piracicaba River), the maximum and minimum pH values were 6.8 and 4.7. In the case of formulation 2, containing 15.0% of organic matter in the form of triturated *Elodea sp.*, the maximum and minimum pH values were 7.1 and 5.5 respectively, and when the fish food was used, the pH ranged between 6.0 and 7.3. Slightly higher pH values were observed for formulation 3, which contained 5.0% of organic matter, with pH ranges of 6.8 to 7.2 (macrophyte) and 6.8 to 7.4 (fish food). In this case, pH showed signs of reaching equilibrium between days 10 and 15, and the average value was 6.8. These data are in agreement with the findings of Verrhiest *et al.* (2002), who reported that the physicochemical and biological parameters of sediment formulations showed important changes during the first 10 to 15 days. These suggest that toxicity tests should only be performed after 10 days at minimum. The used

formulations consisted of 65.0% sand, 30.0% kaolin clay, 4.85% α -cellulose, 0.15% TetraMin® fish food, and 0.1% calcium carbonate. It was shown that, during the conditioning period, parameters such as pH became stabilized and there was the initiation of organic matter degradation, which is a fundamental process in natural ecosystems. The pH values obtained for formulations 1 to 3 are shown in Figure 1 (A, B and C).

Results of pH analyses indicated that formulations 1 and 2 were not suitable for use in toxicological tests during the 15-day period. The systems showed instability and the pH values were below the pH 7.0 – 7.6 range, which is recommended for the *Hyalella azteca* cultivation (ABNT, 2013). Formulation 3 presented better stability for pH values than formulations 1 and 2, therefore the lower amount of organic matter, the more stable will be the system regarding this parameter.

Values of pH obtained for formulations 4 and 5 were similar to those of the controls and remained closer to neutral (Table 2), which could be explained by the low organic matter content. These findings are in agreement with the work of Campagna (2010), in which a simple sediment formulation (90.0% coarse sand and 10.0% clay) was used with 1.0, 3.0, and 5.0% organic matter content (derived from an aquatic macrophyte). It was concluded that the use of organic matter content exceeding 1.0% resulted in unsuitable water quality for the survival of test organisms during periods shorter than 10 days.

For both formulations, those with 1.0% organic matter derived from fish food (formulations 4A and 5A) showed the best characteristics in terms of water quality suitable for the survival of *H. azteca*, as the pH values were slightly closer to the range recommended for this organism (Table 2, Figure 1D and 1E). Excluding the controls, the maximum and minimum pH values were 7.3 and 6.3 for formulation 4 and 7.3 and 6.8 for formulation 5.

According to Kemble *et al.* (1999), changes in water quality using formulated sediments are related to the bioavailability of byproducts produced during the decomposition of organic matter, which in turn depends on the microbial community and physical and chemical characteristics of the sediment and water. Herein, the water pH was closer to neutrality for formulation 5, which consisted mainly of fine sand. Between days 7

and 15, it was slightly closer to those of the controls, for both types of organic matter, compared to formulation 4 (which had a higher content of coarse sand). In the latter case, the pH was slightly more acidic for formulation 4D, in which 3.0% *Elodea sp.* were used. As discussed by Kemble *et al.* (1999), sediments with finer particle size may have a greater capacity to adsorb the byproducts of organic matter decomposition, making the byproducts less available to the water column.

Analysis of variance using the Kruskal-Wallis test revealed $p \leq 0.05$ for comparison of the pH values obtained for formulations 4B and 4D (3.0% organic matter) with those for the control. However, the first of these formulations showed stability after day 10, with values close to neutrality, while for the second formulation the pH remained acidic up to the end of the experiment. For formulation 5, comparisons between all treatments (including the control) resulted in $p \geq 0.05$, which indicate good pH stability. In this case, there was a pH fluctuation of only 0.5 between the minimum and maximum pH values for the four formulations (with 1.0 and 3.0% organic matter).

Overall, considering the results of the statistical tests and the fact that the pH values were closer to those recommended for cultivation, survival, and reproduction of *H. azteca*, together with the time taken for pH stabilization, formulation 5A was found to be the most satisfactory. Nonetheless, all the variations of formulation 5 could be considered suitable, but they only showed slight differences regarding the time taken for pH stabilization. All variations of formulation 4 also presented conformity in terms of measured parameters, with the exception of formulation 4D (using 3.0% *Elodea sp.*).

It has been widely reported that, amongst the abiotic factors, the content of organic matter in the sediment is the main factor controlling the bioavailability of organic pollutants in toxicological studies (DI TORO *et al.*, 1991; FLEMING; HOLMES; NIXON, 1998). In addition to the amount, the type of organic matter used in sediment formulations is also important because it influences the sorption of contaminants as well as their bioavailability to micro- and macroinvertebrates, and determines how well the formulations represent natural environments (GONZALEZ, 2012). Various sources of organic matter (such as peat, dung, humus, plants, and fish food) can be used in sediment formulations. The selection of organic matter for this work was based

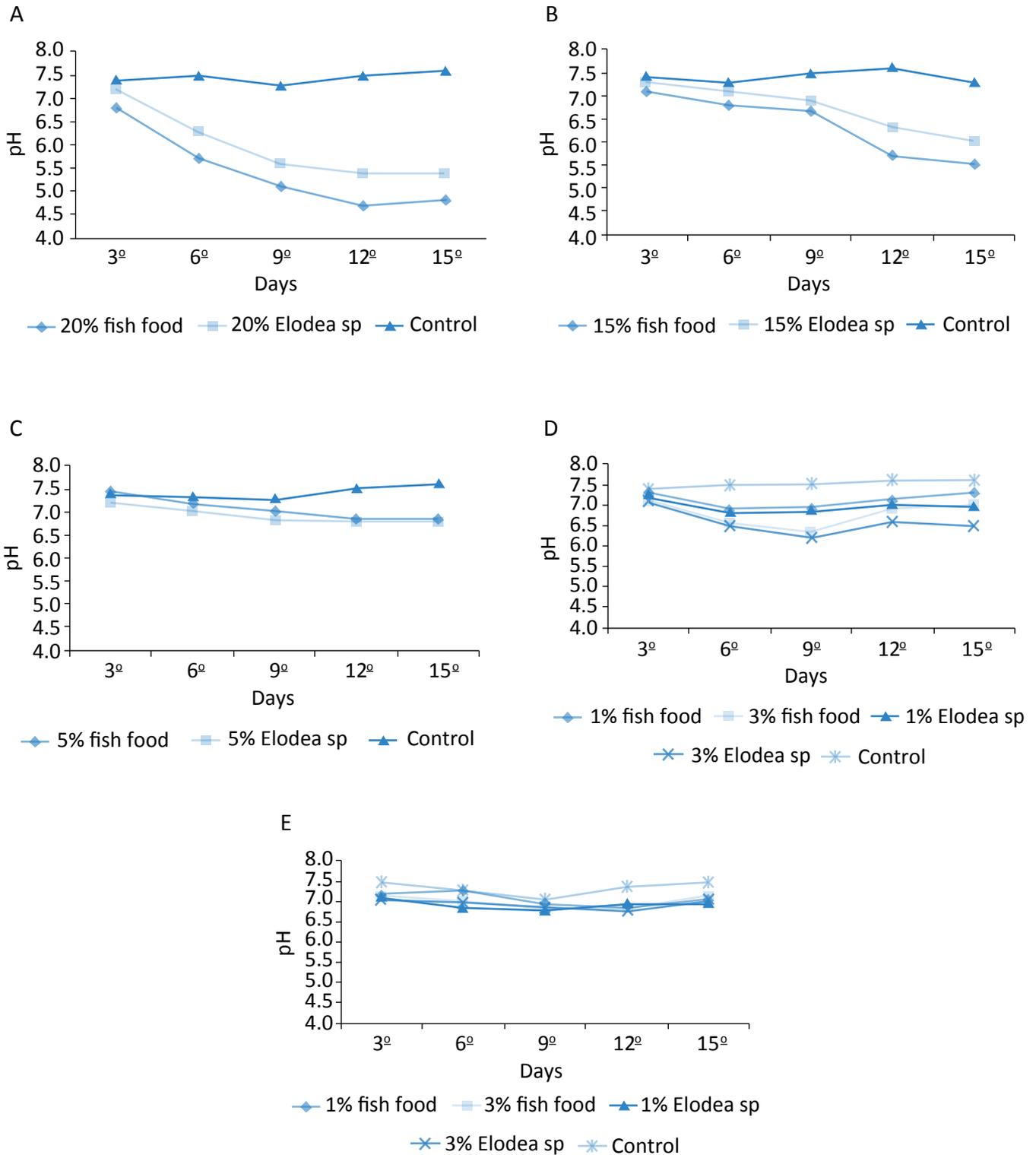


Figure 1 – Values of pH obtained every three days during 15 days of experiment: (A) Formulation 1, containing 20.0% organic matter; (B) Formulation 2, containing 15.0% organic matter; (C) Formulation 3, containing 5.0% organic matter; (D) Formulation 4 and (E) Formulation 5, containing 1.0 and 3.0% organic matter.

Table 2 – Results of chemical analyses of sediment formulations consisting mainly of coarse and medium sand (formulation 4) and fine sand (formulation 5), using two sources of organic matter in proportions of 1.0 and 3.0%.

Formulation	Days	pH	Hardness (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	Dissolved oxygen (mg L ⁻¹)
Control 4	3	7.4	45.8	7.4
	6	7.5	44.6	7.5
	9	7.5	44.2	7.3
	12	7.6	44.0	7.4
	15	7.6	43.2	7.3
4A	3	7.2	44.2	7.3
	6	6.8	43.2	7.0
	9	6.9	41.9	7.0
	12	7.1	43.9	7.2
	15	7.3	44.2	7.0
4B	3	7.1	44.6	7.0
	6	6.5	42.5	6.8
	9	6.3	42.4	6.3
	12	6.9	41.3	6.1
	15	7.0	44.3	6.9
4C	3	7.2	45.2	6.9
	6	6.9	43.1	6.8
	9	6.9	44.1	7.0
	12	7.0	44.3	7.1
	15	7.0	46.3	6.9
4D	3	7.1	44.6	7.0
	6	6.5	42.5	6.8
	9	6.2	42.4	6.3
	12	6.6	41.3	6.1
	15	6.5	44.3	6.2
Control 5	3	7.5	44.3	7.2
	6	7.3	44.1	7.0
	9	7.1	43.2	7.3
	12	7.4	44.8	7.4
	15	7.5	46.2	7.3
5A	3	7.2	43.0	7.0
	6	7.3	43.2	6.9
	9	7.0	44.1	6.9
	12	6.9	43.1	7.0
	15	7.1	42.8	7.0
5B	3	7.1	45.4	7.0
	6	7.0	41.8	6.6
	9	6.8	46.8	6.9
	12	6.9	45.6	6.0
	15	7.1	44.0	7.0
5C	3	7.2	43.2	7.0
	6	6.9	44.0	6.9
	9	6.9	45.6	6.7
	12	7.0	46.2	7.0
	15	7.0	46.3	6.9
5D	3	7.1	42.8	7.0
	6	7.0	42.1	6.5
	9	6.8	44.7	6.7
	12	6.8	40.3	6.3
	15	7.1	41.8	6.8

on the natural sediment characteristics, as well as the commercial availability and ease of use in the laboratory. Further studies will be necessary to evaluate the

interaction of different types of organic matter with contaminants, together with their influence on the bioavailability of toxic pollutants to benthic organisms.

Tests of survival, growth, and reproduction of *Hyalella azteca* using sediment formulations

Results of the ecotoxicological analyses provided support for the results obtained in chemical analyses of water for formulations 4 and 5. All the exposed organisms survived until the end of the experiments, and the values obtained for growth parameters were very similar, even in the comparison of the two formulations. The average weight and length values (using 10 replicates for each formulation) are shown in Table 3. The minimum and maximum values obtained for the lengths of organisms were 2.07 and 2.67 mm respectively for formulation 4, and 2.09 and 3.41 mm respectively for 5.

Kruskal-Wallis analysis of variance test showed that for the length parameter there were no significant differences between formulations 4 and 5 and their control ($p > 0.05$). Additionally, for the average weight of the organisms, application of Fisher's exact test revealed no

significant differences between the test formulations and their corresponding controls ($p > 0.05$ in both cases).

The reproduction parameter also showed considerable similarity between the treatments using the different formulations. The average numbers of offspring produced per couple at the end of two weeks (using five replicates for each formulation) are listed in Table 4. The smallest number was three offsprings (formulation 4B), and the greatest number was 11 offsprings (formulations 4C, 5A, and 5D). These results are similar to those of Fracácio *et al.* (2011), who found about 7 to 11 offsprings per couple aging between 30 to 42 days. Kruskal-Wallis analysis of variance test resulted in $p > 0.05$ for formulations 4 and 5 and between both formulations, therefore they suggest that there were no significant differences between the varied treatments in terms of numbers of produced offspring.

Table 3 – Physiological parameters of the organisms after 10 days of contact with sediment formulations.

Formulation	Average weight (μg)	Average length (mm)
Control 4	0.123	2.300 \pm 0.081
4A	0.132	2.307 \pm 0.061
4B	0.136	2.276 \pm 0.104
4C	0.141	2.386 \pm 0.146
4D	0.128	2.307 \pm 0.147
Control 5	0.138	2.280 \pm 0.093
5A	0.155	2.300 \pm 0.084
5B	0.143	2.438 \pm 0.245
5C	0.139	2.251 \pm 0.118
5D	0.132	2.266 \pm 0.086

Table 4 – Total numbers of offsprings produced per couple after 14 days of contact with sediment formulations.

Formulation	Control 4	4A	4B	4C	4D	Control 5	5A	5B	5C	5D
Average offspring per couple	8.0 \pm 1.0	8.0 \pm 1.0	7.6 \pm 2.8	7.2 \pm 2.3	7.0 \pm 1.2	8.0 \pm 1.0	8.6 \pm 1.5	7.6 \pm 1.7	7.6 \pm 1.1	8.4 \pm 1.5

Toxicological analyses therefore showed that both formulations 4 and 5, containing 1.0 or 3.0% of organic matter (derived from *Elodea sp.* or TetraMin® fish food), could be used in toxicological tests, because no significant differences were observed for

the growth and reproduction parameters. Despite showing unfavorable behavior in terms of pH, formulations 4B and 4D (containing 3.0% organic matter) were nonetheless suitable for use in experiments with *H. azteca*.

CONCLUSIONS

With regard to the water quality and period of time taken for the system to stabilize, formulation 4 (40.0% coarse sand, 40.0% medium sand, 10.0% fine sand, and 10.0% kaolin clay) with 1.0% organic matter derived from TetraMin® fish food or *Elodea sp.*, as well as all variations of formulation 5 (10.0% coarse sand, 10.0% medium sand, 70.0% fine sand, and 10.0% kaolin clay), showed satisfactory characteristics with rapid stabilization and pH values close to neutral after day 7 (in most cases). In support of the chemical analyses, the toxicological tests revealed that both formulations 4 and 5 could be used in

experiments with *Hyalella azteca*, since no significant differences were observed between the treatments in terms of growth and reproduction parameters.

It is recommended that tests with sediments employing *Hyalella azteca* should be modified to aid detection of the organism, especially due to the difficulty in identifying offspring (because their coloration is very similar to that of sand). The use of fine mesh screens might enable easier handling of the sediment in order to locate the organisms at the end of experiments.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to *Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"* (UNESP) and *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São*

Paulo (FAPESP – Process 2012/14583-5) for their financial support. Bioagri Company kindly provided the test organisms.

REFERENCES

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 6502: rochas e solos*. Rio de Janeiro, 1995.
- _____. *NBR 15470: ecotoxicologia aquática – toxicidade aguda e crônica. Método de ensaio com Hyalella spp. (Amphipoda) em sedimentos*. Rio de Janeiro, 2013.
- AYRES, M. *et al.* *BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas*. 5. ed. Belém: CNPq, 2007.
- BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução n.º 357*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasil, 2005.
- _____. *Resolução n.º 344*. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Brasil, 2004.
- BURTON, G. A. *et al.* Sediment toxicity testing: issues and methods. In: HOFFMAN, D. J. *et al.* (Orgs.). *Handbook of ecotoxicology*. 2. ed. Washington: Lewis Publishers, 2003. p. 111-150.
- CAMPAGNA, A. F. *Estudos limnológicos e ecotoxicológicos da bacia do Alto Jacaré-Guaçu com ênfase no desenvolvimento de sedimentos artificiais para avaliação da toxicidade do cromo*. 188 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

- CCME – Canadian Environmental Quality Guidelines. *Protocol for the Derivation of Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*. 1995. 35 p.
- DI TORO, D. M. *et al.* Technical basis for establishing sediment quality criteria for nonionic organic chemicals using equilibrium partitioning. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 10, n. 12, p. 1541-1583, 1991.
- FLEMING, R. J.; HOLMES, D.; NIXON, S. J. Toxicity of permethrin to *Chironomus riparius* in artificial and natural sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 17, n. 7, p. 1332-1337, 1998.
- FRACÁCIO, R. *et al.* A comparative study of different diets to optimize cultivation of *Hyalella azteca* in the laboratory. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 74, n. 6, p. 1615-1618, 2011.
- GONZALEZ, A. M. A retrospective assessment of artificial, formulated and synthetic sediment. *Annals of Environmental Science*, v. 6, p. 101-122, 2012.
- KEMBLE, N. E. *et al.* Tolerance of freshwater test organisms to formulated sediments for use as control materials in whole-sediment toxicity tests. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 18, n. 2, p. 222-230, 1999.
- MOZETO, A. A.; ZAGATTO, P. A. Introdução de agentes químicos no ambiente. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Orgs.). *Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações*. São Carlos: RiMa, 2008. v. 2. p. 15-38.
- MURDOCH, M. H. *et al.* Spiking sediment with organochlorines for toxicity testing. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 16, n. 7, p. 1504-1509, 1997.
- OECD – Organisation for Economic Co-Operation and Development. Test No. 233: Sediment-Water Chironomid Life-Cycle Toxicity Test Using Spiked Water or Spiked Sediment. *OECD Guidelines for the Testing of Chemicals*, section 2: effects on biotic systems. OECD, 2010.
- PÉRY, A. R. R. *et al.* Body residues: a key variable to analyze toxicity tests with *Chironomus riparius* exposed to copper-spiked sediments. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 61, n. 2, p. 160-167, 2005.
- RODGHER, S. *et al.* Limnological and ecotoxicological studies in the cascade of reservoirs in the Tietê River (São Paulo, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, v. 65, n. 4, p. 697-710, 2005.
- SUTER, G. Risk assessment of chemicals: an introduction. *Integrated Environmental Assessment and Management*, v. 4, n. 3, p. 380, 2008.
- USEPA – United States Environmental Protection Agency. Test Method 100.4: *Hyalella azteca* 42-d test for measuring the effects of sediment – associated contaminants on survival, growth, and reproduction. In: USEPA (Ed.). *Methods for measuring the toxicity and bioaccumulation of sediment-associated contaminants with freshwater invertebrates*. 2. ed. Washington, 2000. p. 72-83.
- VERRHIEST, G. J. *et al.* Chemical and bacterial changes during laboratory conditioning of formulated and natural sediments. *Chemosphere*, v. 46, n. 7, p. 961-974, 2002.
- WÄSTLUND, D. *The role of sediment characteristics and food regimen in a toxicity test with Chironomus Riparius*. 14 f. Tese (Mestrado) – Department of Environmental Assessment, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 1999.
- ZAGATTO, P. A. Validação de testes de toxicidade com organismos aquáticos. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Orgs.). *Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações*. São Carlos: RiMa, 2008. v. 2. p. 251-267.
- ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. *Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações*. São Carlos: RiMa, 2008.

A EVOLUÇÃO DA PAISAGEM APLICADA NA INTERPRETAÇÃO DE TRILHAS, NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DOS ÓRGÃOS (PARNASO-RJ)

THE EVOLUTION OF LANDSCAPE APPLIED IN THE INTERPRETATION OF TRAILS, AT SERRA DOS ÓRGÃOS NATIONAL PARK (PARNASO-RJ)

Wellington Kiffer de Freitas

Engenheiro Florestal. Doutor em Ciências Ambientais e Florestais. Professor adjunto do Departamento de Engenharia de Produção e do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Escola de Engenharia de Volta Redonda (EEIMVR) da Universidade Federal Fluminense (UFF) – Volta Redonda (RJ), Brasil.

Luis Mauro Sampaio Magalhães

Engenheiro Florestal. Doutor em Ciências do Solo. Professor titular do Departamento de Ciências Ambientais (DCA) e do Programa de Pós-Graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) – Seropédica (RJ), Brasil.

Edson Rodrigues Pereira Junior

Engenheiro Florestal. Doutor pelo Programa de Pós-graduação em Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Marco Aurélio Soares Pinheiro

Biólogo. Mestre em Ciências Ambientais e Florestais pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) – Seropédica (RJ), Brasil.

Endereço para correspondência:

Wellington Kiffer de Freitas – Avenida dos Trabalhadores, 420 – 27255-125 – Vila Santa Cecília, Volta Redonda (RJ), Brasil – E-mail: wkfreytas@gmail.com

RESUMO

A interpretação da natureza, contida nos programas de Uso Público e Educação Ambiental em Unidades de Conservação, visa traduzir a linguagem técnica das ciências naturais para uma linguagem inteligível ao público em geral, realizando-a de forma lúdica e criativa, sendo parte integrante dos programas de Uso Público e Educação Ambiental em Unidades de Conservação. Ela deve trazer para o usuário uma nova visão sobre o ambiente visitado, relacionando aspectos da paisagem com temáticas voltadas para a valorização e conservação ambiental. Esse artigo refere-se ao conceito de criação de um roteiro interpretativo, envolvendo oito trilhas e um recanto do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO-RJ). Por meio de um tema central elaborado para a interpretação ambiental, os usuários são estimulados a refletirem sobre a “evolução da paisagem”, agregando valor à experiência turística e estimulando a conscientização ambiental nessa unidade de conservação. Dessa forma, os visitantes podem perceber as intrincadas relações ecológicas e interfaces entre o homem e a natureza, revelando a importância do PARNASO como uma área núcleo integrante do corredor central da Mata Atlântica, fundamental para a conservação desse bioma.

Palavras-chave: turismo ecológico; ecoturismo; educação ambiental; unidades de conservação.

ABSTRACT

Environmental interpretation aims to translate the technical language of the natural sciences into a language intelligible for the general public, in a ludic and creative way, being an integral part of the public use and environmental education programs in protected areas, relating aspects of the landscape with themes focused on appreciation and conservation. This article refers to the concept of creating an interpretive script involving eight trails and the woods of the National Park Organ Mountains. This article refers to the concept of creating an interpretive script, involving eight track and one grove of the Serra dos Orgãos National Park (PARNASO-RJ). Through a central theme developed for environmental interpretation, users are encouraged to reflect on the “evolution of the landscape”, adding value to the tourism experience and encouraging environmental awareness in this protected area. Thus, visitors can see the intricate ecological and man’s relationship with nature, revealing the importance of PARNASO as an integral core area of the central corridor of the Atlantic Forest — essential for the conservation of this biome.

Keywords: ecotourism; environmental education; conservation units.

INTRODUÇÃO

Os recursos naturais¹ têm sido submetidos a uma exploração crescente nas últimas décadas, levando muitas vezes à sua degradação e até mesmo, em alguns casos, ao seu comprometimento. A partir de meados do século passado, as diversas conferências internacionais sobre meio ambiente têm demonstrado preocupação com este tema, buscando encaminhar propostas que incluam mudanças nas relações entre desenvolvimento econômico, meio ambiente e sociedade. O modo de produção e o padrão de consumo vigente se configuram como uma importante ameaça para uma parcela significativa desses recursos, e caso o ritmo de crescimento econômico seja mantido, como aplicado ao longo dos últimos cem anos, o mundo poderá ter um incremento de mais de dois bilhões e meio de consumidores até 2050 (NASCIMENTO, 2012).

O entendimento da inter-relação entre as formas de manejo dos recursos, o papel das populações na conservação ambiental e os regimes de propriedades para controlar o uso de recursos têm sido grande desafio para pesquisadores e administradores públicos (CASTRO *et al.*, 2006). Dessa forma, as Unidades de Conservação (UC) configuram-se como uma das principais estratégias de conservação da diversidade biológica e da diversidade cultural associada a ela (VALENTI *et al.*, 2012). As UCs constituem-se espaços adequados para o desenvolvimento de ações de educação ambiental e pesquisa científica, além de gerar opções de trabalho e renda para as comunidades de seu entorno, por meio do uso sustentável de recursos naturais, como, por exemplo, o ecoturismo (TERBORGH & VAN SHAIK, 2002; THOMAS *et al.*, 2014).

Cada vez mais, a recreação nas UCs tem representado uma potencial alternativa para o desenvolvimento econômico regional, portanto, a escassez de informações, de recursos humanos e financeiros para o planejamento e manejo dessas unidades dificulta a previsão dos impactos da visitação pública aos meios biótico e abiótico (TAKAHASHI *et al.*, 2005). O planejamento nas atividades de recreação ao ar livre (*outdoor*) é responsável pela mitigação dos impactos significativos ao meio ambiente, podendo estes:

alterar a movimentação, a alimentação e a forma de reprodução da fauna silvestre; reduzir e/ou eliminar a vegetação nativa pelo pisoteamento excessivo; comprometer a capacidade de retenção de água e promover a compactação do solo; acelerar os processos erosivos; incrementar a deposição de lixo; e, ainda, aumentar significativamente os riscos de incêndios florestais (GUILLAUMON *et al.*, 1977; ROBIM, 1999; SOUZA & MARTOS, 2008).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) uniformizou os critérios para criação e gestão das UCs. Este instrumento da política pública apresenta como um de seus objetivos proporcionar mecanismos capazes de favorecer e promover o envolvimento da sociedade, por intermédio da educação e da interpretação ambiental, do *outdoor* e do turismo ecológico, como um dos pilares para o estabelecimento da Política Nacional de Unidades de Conservação (BRASIL, 2000; 2002).

O SNUC vem sendo considerado uma das mais eficientes estratégias de conservação dentro da Mata Atlântica, que hoje é um dos biomas mais ameaçados do planeta, restando apenas algo entre 11,4 e 16% da área original, determinando um número significativo de espécies da fauna e da flora ameaçadas de extinção (RIBEIRO *et al.*, 2009).

Diante desses fatos, torna-se imprescindível a adoção de medidas de planejamento do uso turístico em UCs, em que a procura por atividades como trilhas e caminhadas ecológicas tem sofrido um crescimento significativo (TAKAHASHI *et al.*, 2005).

Lobo e Moretti (2008) afirmam que o turismo, quando direcionado para os aspectos de contemplação da natureza, pode tornar-se uma importante ferramenta para a conservação, pois revela um sentido de valor a espaços que poderiam ser apropriados por outras atividades causadoras de impactos negativos, ou seja, quando tais atividades são executadas diante de princípios conservacionistas não implicam danos ao meio ambiente.

¹Utiliza-se o termo “recursos naturais” quando mencionam-se os elementos da natureza mais ligados à sua utilização pela sociedade, e “natureza” quando cita-se o conjunto de elementos naturais.

Dentro desse contexto, a interpretação ambiental passa a ser um elemento fundamental para o devido manejo dessas áreas, estimulando a colaboração dos recreacionistas na proteção das características socioculturais e ambientais de áreas protegidas (COSTA NETO *et al.*, 2010). Conforme Ham (1992), a interpretação da natureza ou interpretação ambiental refere-se a um conjunto de princípios e técnicas que visam estimular as pessoas para o entendimento do ambiente pela experiência prática direta, utilizando-se de técnicas que adotam a informalidade e encantamento, a provocação de estímulo, a curiosidade e reflexão, e o uso de interações, comparações e analogias com experiências reais, abordando temas relevantes em seus aspectos normalmente despercebidos. De acordo com Wood e Wood (1990), a interpretação ambiental atua no fomento da sensibilidade

ambiental, no reconhecimento de ecossistemas presentes e no aumento do interesse pelo turismo ecológico, garantindo, assim, novas opções de desenvolvimento sustentável.

O planejamento de trilhas interpretativas é fundamental para despertar a curiosidade do visitante sobre os recursos naturais e culturais existentes nas áreas silvestres, estimulando o aumento da consciência ambiental e melhorando a qualidade da experiência da visitação (IKEMOTO *et al.*, 2009).

O objetivo desse artigo é estabelecer um roteiro interpretativo, envolvendo oito trilhas do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO-RJ), o que proporciona melhores experiências recreativas, em consonância com os princípios da conservação dos recursos naturais.

METODOLOGIA

Área de estudo

Com uma área de cerca de 20 mil hectares, o Parque Nacional da Serra dos Órgãos-PARNASO (Figura 1), ocupa parte dos municípios de Magé, Guapimirim, Petrópolis e Teresópolis, abrangendo mais de 10 picos, com destaque para a Pedra do Sino e o Dedo de

Deus (ICMBIO, 2008a). Tais atributos conferem ao parque uma posição de destaque dentro do patrimônio paisagístico brasileiro. O PARNASO fica em uma seção proeminente da Serra do Mar, ao fundo da Baía de Guanabara, situado aproximadamente na interse-

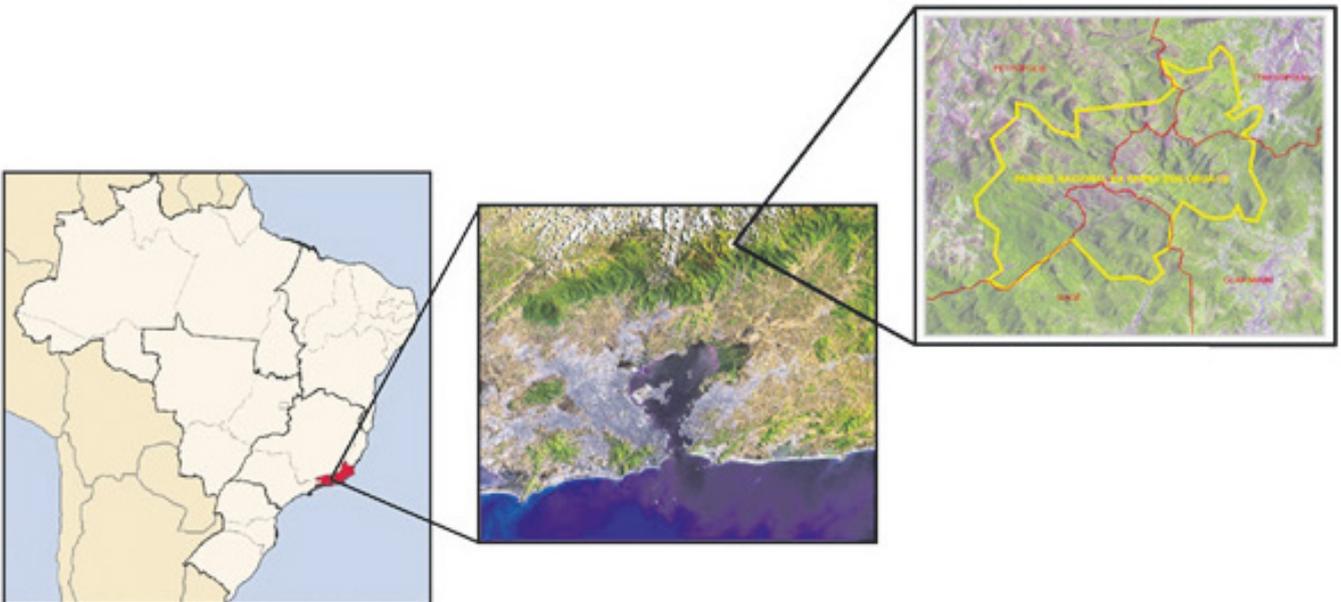


Figura 1 – Localização do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), RJ, Brasil.

ção do paralelo 22° com o meridiano 42°, com uma amplitude altitudinal de 145 m até aproximadamente 2.200 m (DRUMMOND, 1997).

Os rios do PARNASO são curtos, permanentes, encaixados e despenham rapidamente na Planície Costeira até a Baía de Guanabara, com volumes de água modestos, mas frequentemente sujeitos a cheias repentinas (cabeças d'água) durante as chuvas torrenciais de verão (DRUMMOND, 1997).

De acordo com a classificação dos tipos climáticos de Thornthwaite, o PARNASO está inserido em uma região de clima superúmido, com pouco ou nenhum déficit de água, com temperatura média de 11°C, chegando a registrar -5°C nas partes altas da serra (FIDERJ, 1978).

De acordo com Freitas *et al.* (2006), a flora possui quatro tipos distintos, que variam de acordo com a altitu-

Procedimentos de campo

O presente trabalho foi dividido em três etapas:

1. Levantamento de campo e mapeamento;
2. inventário cênico;
3. elaboração de roteiro interpretativo.

Para a construção do croqui foram utilizados: trena, bússola, clinômetro, além de balizas e bandeirolas coloridas para facilitar a sinalização e a implementação das etapas posteriores do estudo. Os dados coletados em campo foram anotados em cadernetas e, posteriormente, compilados em planilhas eletrônicas.

As plataformas de trabalho utilizadas no Sistema de Informações Geográficas-SIG foram: o Arcview 9.3, o Arcgis 10.2 e o Autocad Map 3D. A plataforma de sensoria-mento remoto utilizada foi o ErMapper 7,2. A projeção utilizada na construção da base de dados espaciais foi a UTM, datum WGS84. Os dados secundários que estavam em outra projeção foram reprojeto-ados para o sistema de projeção supracitado.

Os dados espaciais referentes à hidrografia, sistema rodoviário, curva de nível e limite municipal, bem como os limites do PARNASO foram obtidos por meio dos en-

de, temperatura e regime de chuvas. Abaixo de 800 m predominam as florestas tropicais úmidas costeiras atlânticas (Floresta Ombrófila Baixa Montana). As florestas tropicais úmidas de montanha predominam entre 800 e 1.800 m (Floresta Ombrófila Montana). Entre 1.800 e 2.000 m prevalecem as florestas tropicais úmidas de altitude (Floresta Ombrófila Alta Montana). Acima de 2.000 m, a tipologia é composta por árvores pequenas e arbustos distribuídos por uma matriz gramínoide, apresentando rochas e pedras em parte cobertas de líquens e musgos (Campos de Altitude).

Segundo Bragagnolo *et al.* (2003), o Parque, situado a apenas 80 km do centro da cidade do Rio de Janeiro, provavelmente abriga exemplares da flora ainda desconhecidos pela ciência, principalmente em suas florestas de altitude.

dereços eletrônicos fornecidos pela GeoLISTA (CARVALHO & DI MAIO, 2011).

O PARNASO possui três sedes (Teresópolis, Petrópolis e Guapimirim), com diversas opções de lazer para diferentes públicos. O parque contém um mobiliário adequado às atividades de ecoturismo, como: trilhas com diferentes níveis de dificuldade; piscina natural; cachoeiras; centros de visitação; áreas para camping, vias para escaladas e locais para piquenique.

É possível ter acesso à sede Guapimirim pela BR-116, com entrada no km 98. A sede Teresópolis está localizada no centro da cidade de Teresópolis. As sedes de Guapimirim e Teresópolis distam cerca de 10 km uma da outra. As trilhas selecionadas para a elaboração do roteiro estão localizadas nas zonas de uso intensivo das duas sedes supracitadas do PARNASO (Tabela 1).

Em cada trilha foram registrados os pontos notáveis referentes, principalmente, às obras arquitetônicas, às características bióticas e abióticas relevantes, ao início e fim da trilha e aos potenciais de uso público. O inventário cênico foi realizado a partir da adaptação do método IAPI (Indicadores de Atividade de Pontos Interpretativos), sugerido por Magro e Freixêdas (1998). Este método busca agregar ao potencial interpretativo de cada sítio selecionado um valor qualitativo para aumentar a atratividade do local.

Tabela 1 – Localização, descrição e classificação das trilhas que compõem o circuito interpretativo da “História da evolução da paisagem no PARNASO, RJ, Brasil”.

Trilhas	Sede	Coordenadas Sul	Coordenadas Oeste	Desnível (m)
Santa Helena	Teresópolis	22° 26' 54"	42° 59' 09"	20
Suspensa	Teresópolis	22° 27' 05"	43° 00' 04"	15
Mozart Catão	Teresópolis	22° 27' 13"	42° 59' 31"	140
Primavera	Teresópolis	22° 26' 58"	42° 59' 21"	8
Mãe D'água	Guapimirim	22° 29' 37"	43° 00' 00"	20
Preguiça	Guapimirim	22° 29' 33"	43° 00' 04"	10
Poço Verde	Guapimirim	22° 29' 37"	43° 00' 04"	60
Capela	Guapimirim	22° 29' 39"	42° 59' 51"	59
Ruínas	Guapimirim	22° 29' 42"	42° 59' 47"	7

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interpretação ambiental é relatada por diversos autores como uma experiência positiva, no sentido de despertar nos visitantes uma consciência ecológica com relação ao ambiente visitado (Guillaumon *et al.* (1977); Magro e Freixêdas (1998); Robim (1999); Lima *et al.* (2003); Souza e Martos (2008); Ikemoto *et al.* (2009); Costa Neto *et al.* (2010)). Conforme Ikemoto *et al.* (2009), por meio da metodologia IAPI, foi possível compilar um amplo leque de atrativos e temas de condução, resultando em um inventário interpretativo eficaz para as trilhas do Parque Estadual dos Três Picos (RJ). Lima *et al.* (2003), ao implementar uma trilha interpretativa no Bairro do Moinho, no município de Nazaré Paulista (SP), concluíram que as trilhas interpretativas têm um potencial para a revalorização dos atributos ambientais e culturais locais e o estímulo para uma consciência conservacionista, além de promover o aumento na renda familiar da população local, por meio do turismo comunitário.

O inventário dos recursos cênicos apontou a vocação para uma abordagem “desglomerativa”. Segundo Pires (2013), a composição visual se apoia na existência de uma base física estabelecida em duas escalas espaciais, a primeira considera uma escala regional na qual se destacam as unidades de relevo, demarcando uma característica topográfica dominante; a segunda, mais localizada, detalha formas do relevo (plana, côncava e convexa), o que configura o substrato para os demais

componentes da paisagem: hidrografia, cobertura vegetal, bem como os aspectos bióticos e antrópicos.

Nas trilhas do PARNASO, os rios, florestas, caminhos e rochas fornecem subsídios para a construção de uma interpretação fascinante, revelando a “evolução da paisagem natural, suas alterações ao longo do tempo e as relações entre os elementos que a compõem, além das mudanças promovidas pelo homem”. O roteiro interpretativo, considerado no projeto “Interpretação Ambiental das trilhas do PARNASO”, propôs a implantação de painéis interpretativos, alocados na entrada das oito trilhas e do recanto das ruínas, que completam o roteiro que descreve a história da evolução da paisagem no PARNASO (Figura 2).

A riqueza dessa paisagem permite estabelecer pontos de interpretação em que o histórico e a dinâmica dos recursos naturais são combinados com os processos e a morfologia atual, despertando o interesse do visitante e permitindo novas leituras por parte dos usuários.

O começo do trajeto ocorre no Bosque Santa Helena, seguindo uma trilha curta de 500 m de extensão e desnível máximo de 20 m, de fácil acesso e ampla visitação, situada ao lado do estacionamento, próximo do centro de visitantes da sede Guapimirim do PARNASO. Por esses motivos, foi recomendada a instalação de uma única placa contemplando todos os temas abordados no roteiro interpretativo que revela a “História

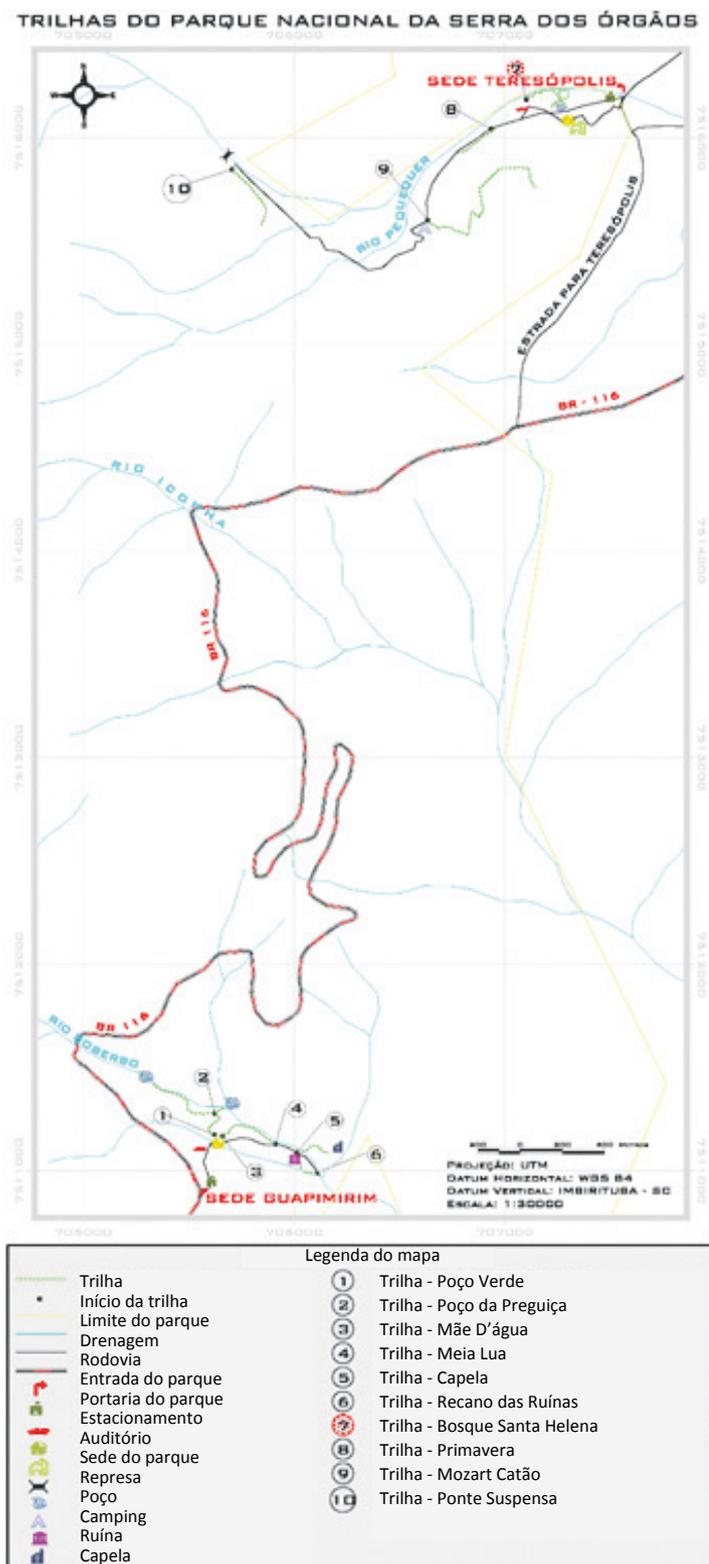


Figura 2 – Mapa com a localização das trilhas interpretadas no PARNASO, RJ, Brasil.

da evolução da paisagem no PARNASO”. Além da visão geral do projeto, esse ponto instiga o visitante com o seguinte questionamento: “(...) E você, já pensou como pode ajudar a conservar a tão ameaçada Mata Atlântica?” (FREITAS *et al.*, 2006). Com essa indagação, e com a apresentação de todos os temas em uma única placa, espera-se que o visitante seja motivado a circular por todo o percurso. Essa estratégia também envolve o público sedentário, que procura o parque para atividades mais pontuais de curta duração. Assim, permite-se que diferentes grupos possam ter acesso aos mesmos temas interpretativos.

O segundo ponto, a trilha suspensa, também possui um percurso curto (320 m) e de fácil acesso. O traçado acompanha um imponente afloramento rochoso apoiado sobre um antigo aqueduto. Nesse ponto, é

abordado o tema “sucessão ecológica”, pois na superfície das rochas é possível observar o processo de sucessão primária, pela ocupação dos líquens e bromélias sobre a rocha nua, contendo a seguinte chamada: “Vamos começar pela rocha exposta...” (FREITAS *et al.*, 2006). Conforme Orlóci (1993), a sucessão primária é o desenvolvimento da vegetação em substrato recém-formado ou exposto, em vez de solo já desenvolvido, em sítios que não continham legado biológico de vegetação prévia (banco de sementes ou matéria orgânica). Exemplos de sucessão primária ocorrem em deltas, costas oceânicas elevadas, depósitos vulcânicos ou aluviais, dunas, afloramentos rochosos, recifes, rejeitos de minérios.

Na trilha Mozart Catão (terceiro ponto) (Figura 3), o percurso apresenta maior grau de dificuldade, sendo

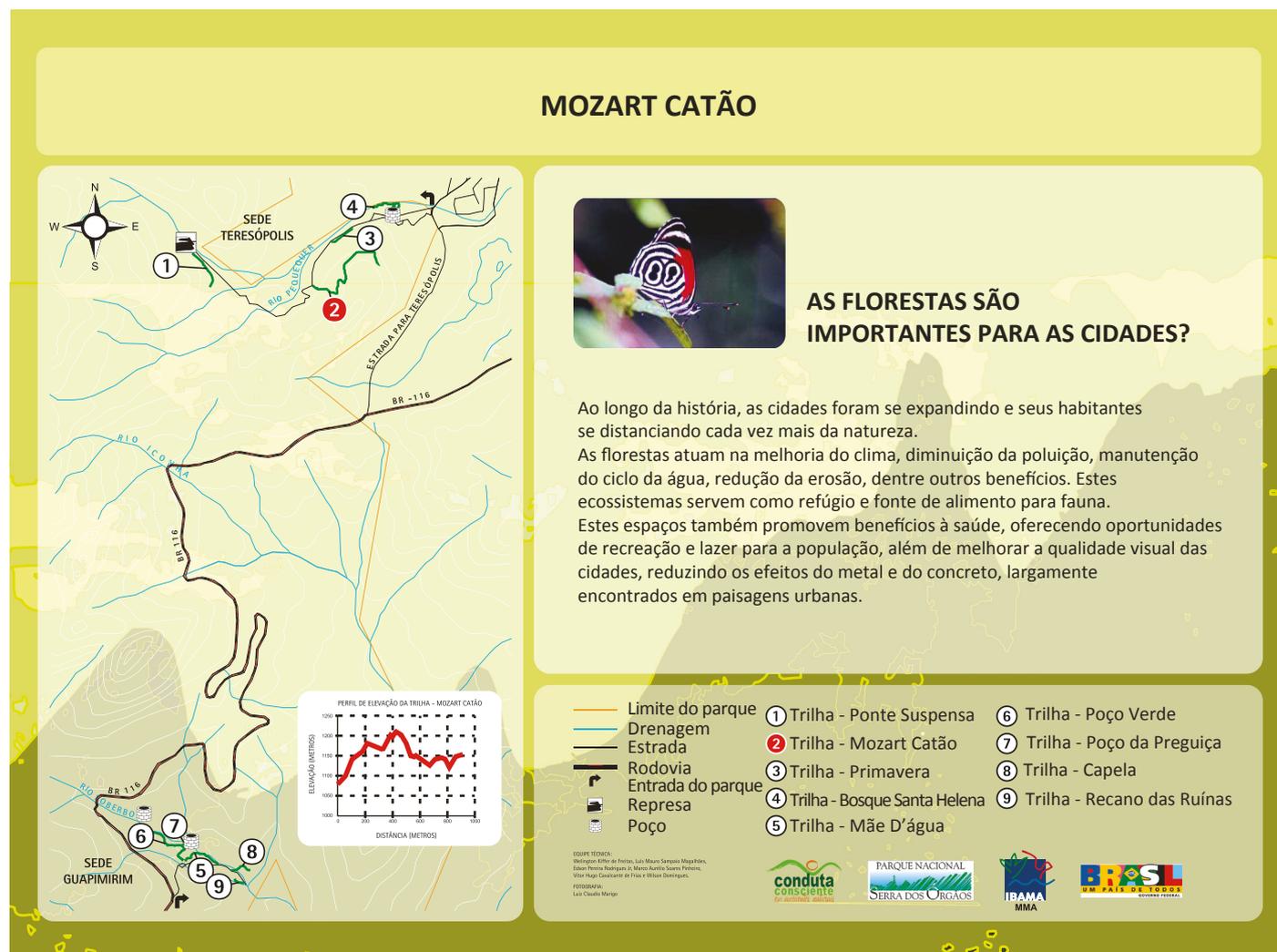


Figura 3 – Painel interpretativo para a Trilha Mozart Catão do PARNASO, RJ, Brasil.

este o percurso mais extenso (940 m). A trilha é marcada por um traçado único, em aclave, culminando em um mirante (Mozart Catão), de onde se tem uma ampla visão da cidade de Teresópolis, com destaque para a Granja Comary (sede da Seleção Brasileira de Futebol). Com essa posição superior em relação ao plano urbano, há um painel interpretativo com o seguinte alerta: “As florestas são importantes para as cidades?” (FREITAS *et al.*, 2006). Assim, os visitantes são despertados para o problema que o parque vem sofrendo com o crescimento da cidade, podendo experimentar *in loco* os efeitos sobre o microclima e no controle da erosão. Conforme Nucci (1996), a vegetação urbana ainda serve como barreira ou obstáculo para propagação do som e resíduos sólidos no ar; atuam na regulação do ciclo hidrológico, facilitando o escoamento e absorção das águas pluviais pelo solo. Albertin *et al.* (2011) destacam, ainda, sua importância quanto aos aspectos paisagísticos (exemplo: mudança de textura do elemento construído e aspectos estéticos); psicológicos (exemplo: conforto e bem-estar que ela reproduz) e ecológicos (exemplo: fonte de abrigo e alimento para a fauna urbana).

O quarto ponto, a trilha Primavera, possui o menor traçado (240 m) e o mais baixo grau de dificuldade de todo o circuito. Sob a cobertura do dossel florestal, os usuários são estimulados a pensar sobre uma questão importante: “Como ocorre a renovação de uma floresta?” (FREITAS *et al.*, 2006). O conjunto de animais, vegetais e micro-organismos, ao interagir com os fatores como ar, luz, água, calor e solo, formam um ecossistema florestal. A queda natural de uma ou de diversas árvores provoca mudanças no ambiente, como o aumento na quantidade de luz, da temperatura e na redução da umidade, originando uma clareira. As clareiras naturais são mecanismos de renovação das florestas. Nelas, árvores como as embaúbas (*Cecropia* spp) e jacatirão (*Miconia* spp) crescem por entre os arbustos, onde a penetração de luz é intensa. Sob essa nova condição, a clareira se enriquece com a matéria orgânica e a quantidade de luz vai sendo gradualmente reduzida, aumentando assim a umidade do local. Os exemplares da fauna, como a cutia (*Dasyprocta azarae*, Lichtenstein, 1923), em busca de alimentos, também contribuem para o avanço do processo, ao trazer outras sementes para a região, o que cria, então, condições para o estabelecimento de plantas típicas de ambientes mais conservados, como por exemplo, a palmeira-jussara

(*Euterpe edulis Martius*). Para Reis (1995), essa espécie, além de apresentar valor econômico e importância social, possui um grande valor ecológico, aproximando-se do conceito de espécie chave *keystone species*.

Na sede Guapimirim, os visitantes continuam o percurso pela trilha Mãe D’água, com um trajeto linear de 240 m e baixo grau de dificuldade. Nesse ambiente, os visitantes podem analisar o papel dinâmico da água na paisagem. Além de desgastar as rochas por meio de processos químicos, a água com sua força é capaz de carrear partículas de solo e restos orgânicos e, até mesmo, arrastar blocos de rochas, exercendo assim seu papel modelador da paisagem. Segundo Castro (1990), o funcionamento do solo refere-se à criação, transformação e recriação das suas estruturas que condicionam e são condicionadas pelos fluxos internos de água, solutos e partículas, e pela atividade biológica, modelando e sendo modelado pela interação com os demais componentes da paisagem.

A trilha do poço da Preguiça, percurso linear, de fácil acesso e com 58 m de comprimento, oferece aos usuários a experiência de visualizar a função das florestas que acompanham as margens e áreas próximas dos rios, lagos, lagoas e outros corpos d’água, denominadas Matas Ciliares. De acordo com o novo Código Florestal brasileiro (BRASIL, 2012), as formações ciliares são classificadas como Áreas de Preservação Permanente (APPs), sendo seus limites relacionados com a largura do curso d’água. Essas matas possuem um papel fundamental para a dinâmica fluvial, pois suas raízes fixam o solo de seus barrancos, evitando o assoreamento (SIQUEIRA *et al.*, 2012). Para esses autores, as formações ciliares atuam também na redução da velocidade da queda das gotas de chuva, que permite uma maior infiltração da água da chuva no solo, com isso regula a quantidade de água e melhora sua qualidade no curso do rio. Segundo Lino e Dias (2003), é cada vez maior o reconhecimento entre ambientalistas, acadêmicos, órgãos públicos, e até mesmo entre outros setores sociais não diretamente envolvidos com o tema, de que existe uma relação de interdependência entre a floresta e o ecossistema aquático, e que a degradação ou escassez de um perturba profundamente a existência e a qualidade do outro.

Na trilha do Poço Verde, com 520 m de extensão e fácil acesso, o tema abordado leva os usuários a refletirem sobre o ciclo hidrológico, em especial sobre os perigos

que envolvem o fenômeno da “cabeça-d’água”, muito comum na região. O relevo da Serra dos Órgãos é fortemente dissecado, por isso quando ocorre o acúmulo de umidade nas cabeceiras, ocasionam-se chuvas locais, provocando um aumento repentino do volume d’água. As águas quando atingem as áreas mais baixas do relevo se transformam em violentas e perigosas correntezas, denominadas de cabeças d’água. Nesse ponto, o painel alerta o usuário para os perigos desse evento natural pouco previsível.

Na sequência, os usuários deparam-se com a capela de Nossa Senhora da Conceição do Soberbo, datada de 1713, em estilo barroco, tombada pelo Instituto Estadual do Patrimônio Cultural (Inepac) (TEIXEIRA, 2010). Situada em uma pequena ilha fluvial, entre dois braços do rio Soberbo, a trilha que leva até a capela possui traçado irregular, com médio grau de dificuldade e leve declive, com 150 m de comprimento. A capela é reconhecida como um importante remanescente histórico do período de ocupação colonial do recôncavo da Guanabara, relacionada com o antigo caminho das tropas (ICMBIO, 2008b). Para esse trecho desenvolve-se o tema relacionado às alterações humanas na paisagem. Soulé (1986), Bierregaard Jr. *et al.* (1992) e Murcia (1995) afirmam que a redução do tamanho original das florestas proporciona o surgimento de novos habitats ao separar partes do original, o que distancia cada vez mais os remanescentes deste. Este processo de fragmentação de habitats é responsável pela indução de mudanças microclimáticas e hidrológicas locais que levam à redução da biodiversidade.

Finalmente, o visitante chega ao destino final do percurso, o Recanto das Ruínas, trecho com 230 m e de fácil acesso. Neste recanto, foi focado o processo de sucessão secundária, a partir dos registros históricos das atividades agrícolas estabelecidas na região no passado, responsáveis por profundas mudanças no habitat. Todavia, após a criação do PARNASO, o ambiente deixou de sofrer alterações antrópicas profundas. Dessa forma, a natureza teve tempo para se regenerar e, nos dias atuais, existe uma exuberante floresta que cobre toda a ruína deixada pela atividade humana. Assim, os visitantes percebem que, uma vez mantidas as condições adequadas, as florestas lentamente se regeneram, possibilitando o uso sustentável da biodiversidade na Mata Atlântica. A redução de áreas ocupadas por vegetação nativa tem levado a taxas alarmantes de perda de biodiversidade e ao empobrecimento dos recursos genéticos em todo o bioma Mata Atlântica (MYERS *et al.*, 2000). Conforme Reis e Tres (2007), a restauração de áreas degradadas representa uma atividade básica para a conservação *in situ* da biodiversidade, refazendo comunidades e estabelecendo corredores entre fragmentos vegetacionais. Assim, o estabelecimento de corredores ecológicos, que liga fragmentos e/ou a matriz aos fragmentos, possibilita o aumento do fluxo gênico, pelo aporte de propágulos, e conseqüentemente aumenta a biodiversidade. Por isso, o PARNASO hoje é visto como uma área núcleo integrante do corredor central da Mata Atlântica, fundamental para a reversão do preocupante quadro em que o bioma se encontra.

CONCLUSÃO

O PARNASO dispõe de um mobiliário apropriado para as atividades de interpretação ambiental. Suas trilhas compõem um roteiro interpretativo interessante e rico em atributos para a interpretação e atração de visitantes. Além disso, estas trilhas não apresentam grandes dificuldades para uso, o que pode ser visto como motivador para a realização dos circuitos já existentes.

O presente estudo considerou os roteiros nas duas sedes do Parque: Teresópolis (Bosque Santa Helena e as trilhas Suspensa, Mozart Catão e Primavera) e Guapimirim (Mãe D’água, Preguiça, Poço Verde, Capela e Recanto das Ruínas). A distância entre estas sedes, cerca

de 10 km, pode ser um limitador para a realização de todo o roteiro.

O PARNASO reúne atributos naturais e antrópicos relevantes e passíveis de aplicação para a demonstração de temas atuais da conservação dos recursos naturais, tais como o processo de sucessão ecológica, a ecologia florestal, a ecologia urbana, os recursos hídricos, a fragmentação e restauração florestal, os corredores ecológicos e as unidades de conservação. Neste sentido, a implementação do circuito da “História da evolução da paisagem do PARNASO” constitui um importante instrumento para as atividades de uso público e educação ambiental nessa UC.

REFERÊNCIAS

- ALBERTIN, R. M.; DE ANGELIS, R.; DE ANGELIS NETO, G.; DE ANGELIS, B. L. D. Diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária de Nova Esperança, Paraná, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v. 6, n. 3, p. 128-148, 2011.
- BIERREGAARD JR., R. O.; LOVEJOY, T. E.; KAPOV, V.; SANTOS, A. A.; HUTCHINGS, R. W. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. *Bioscience*, Oxford, v. 42, n. 11, p. 859-866, 1992.
- BRAGAGNOLO, C.; PINTO DA ROCHA, R. Diversidade de opiliões do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro, Brasil (Arachnida: Opiliones). *Biota Neotropica*, v. 3, n. 1, p. 1-20, 2003.
- BRASIL. Decreto Federal nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 22 ago. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=374>>. Acesso em: 10 jul. 2014.
- _____. Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1.º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 18 jul. 2000. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em: 10 jul. 2014.
- _____. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 10 jul. 2014.
- CARVALHO, M. V. A.; DIMAIO, A. C. Proposta para a difusão de dados e informações geoespaciais disponíveis gratuitamente na internet junto aos graduandos e professores da educação básica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 15., 2011, Curitiba. *Anais...* São Jose dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2011. p. 3.351-3.358. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0612.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2014.
- CASTRO, F.; SIQUEIRA, A. D.; BRONDÍZIO, E. S.; FERREIRA, L. C. Use and misuse of the concepts of tradition and property rights in the conservation of natural resources in the Atlantic forest (Brazil). *Ambiente e Sociedade*, Campinas, v. 9, n. 1, p. 23-39, 2006.
- CASTRO, S. S. *Sistemas de transformação pedológica em latossolos B texturais, em Marília, SP*. 274 f. 1990. Tese (Doutorado em Geociências) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.
- COSTA NETO, A. R.; TELLO, J. R.; COSTA, L. A.; VIANA, A. L.; ALVES, J. L.; BUHRING, R. Gestão dos espaços naturais de Manaus: uma interpretação da sensibilização e participação pública na conservação de áreas protegidas. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 40, n. 4, p. 667-674, 2010.
- DRUMMOND, J. A. *Devastação e preservação ambiental do Rio de Janeiro: os parques nacionais no Rio de Janeiro*. Niterói: EDUFF, 1997. 306 p.
- FREITAS, W. K.; MAGALHAES, L. M. S.; PINHEIRO, M. A. S.; PEREIRA JUNIOR, E. R. *Travessia Petrópolis–Teresópolis*. [Folheto]. Teresópolis: Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO); Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2006.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL DO RIO DE JANEIRO – FIDERJ. *Indicadores climatológicos do estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Governadoria do Estado do Rio de Janeiro, Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral (SEC-PLAN), 1978. 156 p.

- GUILLAUMON, J. R.; POLL, E.; SINGY, J. *Análise das trilhas de interpretação*. São Paulo, 1977. (Instituto Florestal, Boletim técnico, 25).
- HAM, S. H. *Interpretación ambiental: una guía práctica para gente con grandes ideas y presupuestos pequeños*. Colorado: North American Press, 1992. 437 p.
- IKEMOTO, S. M.; MORAES, M. G.; COSTA, V. C. Avaliação do potencial interpretativo da trilha do Jequitibá, Parque Estadual dos Três Picos, Rio de Janeiro. *Sociedade e Natureza*, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 271-287, 2009.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. *Plano de manejo*: Parque Nacional da Serra dos Órgãos: encarte 1 – resumo executivo. Brasília: Instituto Chico Mendes de Proteção à Biodiversidade – ICMBio, 2008a. 41 p.
- _____. *Plano de manejo*: Parque Nacional da Serra dos Órgãos: encarte 2 – análise da região da UC. Brasília: Instituto Chico Mendes de Proteção à Biodiversidade – ICMBio, 2008b. 194 p.
- LIMA, F. B.; MACHADO, M. K.; HOEFEL, J. L. M.; FADINI, A. A. B. Caminhada interpretativa na natureza como instrumento para a educação ambiental. In: ENCONTRO PESQUISA EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL: ABORDAGENS EPISTEMOLÓGICAS E METODOLÓGICAS, 2., São Carlos, 2003. *Anais...* São Carlos: UFSCar, 2003. Disponível em: <http://www.epea.tmp.br/epea2003_anais/pdfs/plenary/10.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2014.
- LINO, C. F.; DIAS, H. (org.). *Águas e florestas da mata atlântica: por uma gestão integrada*. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica/Fundação SOS Mata Atlântica, 2003. 44 p.
- LOBO, H. A. S.; MORETTI, E. C. Ecoturismo: as práticas da natureza e a natureza das práticas em Bonito, MS. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*, v. 2, n. 1, p. 43-71, 2008.
- MAGRO, T. C.; FREIXÊDAS, V. M. Trilhas: como facilitar a seleção de pontos interpretativos. *Circular Técnica IPEF*, Piracicaba, n. 186, 1998.
- MURCIA, A. C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853-858, 2000.
- NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012.
- NUCCI, J. C. *Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de planejamento paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)*. 150 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- ORLÓCI, L. Conjectures and scenarios in recovery study. *Coenoses*, v. 8, n. 3, p. 141-148, 1993.
- PIRES, P. S. Proposta para a adequação da tipologia e para a identificação dos componentes biofísicos dos atrativos naturais nos destinos de ecoturismo no Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*, v. 7, n. 3, p. 398-418, 2013.
- REIS, A. *Dispersão de sementes de Euterpe edulis Martius (Palmae) em uma floresta ombrófila densa montana da encosta Atlântica em Blumenau, SC*. 154 f. Tese (Doutorado em Biologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.
- REIS, A.; TRES, D. R. Nucleação: integração das comunidades naturais com a paisagem. In: FUNDAÇÃO CARGILL (org.). *Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas*. São Paulo: Fundação Cargill, 2007. p. 29-55.

- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J. The Brazilian Atlantic forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.
- ROBIM, M. J. *Análise das características do uso recreativo do Parque Estadual da Ilha Anchieta: uma contribuição ao manejo*. 161 f. 1999. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1999.
- SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.; MIGUEIS, A. M. Diagnóstico da qualidade da água do Rio Parauapebas (Pará - Brasil). *Acta Amazonica*, Manaus, v. 42, n. 3, p. 413-422, 2012.
- SOULÉ, M. E. *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sunderland: Sinauer Associates, 1986. 395 p.
- SOUZA, P. C.; MARTOS, H. L. Estudo do uso público e análise ambiental das trilhas em uma unidade de conservação de uso sustentável: Floresta Nacional de Ipanema, Iperó - SP. *Árvore*, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 91-100, 2008.
- TAKAHASHI, L. Y.; MILANO, M. S.; TORMENA, C. A. Indicadores de impacto para monitorar o uso público no Parque Estadual Pico do Marumbi - Paraná. *Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 159-167, 2005.
- TEIXEIRA, M. B. G. *Pintura paisagística do Rio de Janeiro no século XIX: o olhar de Facchinetti*. 192 f. Dissertação (Mestrado em Artes Visuais) – Escola de Belas Artes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- TERBORGH, J.; VAN SHAIK, C. Por que o mundo necessita de parques? In: TERBORGH, J.; VAN SHAIK, C.; DAVENPORT, L.; RAO, M. (org.). *Tornando os parques eficientes: estratégias para a conservação da natureza nos trópicos*. Curitiba: Editora da UFPR/Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2002. p. 25-36.
- THOMAS, B. L.; THOMAS, P. A.; FOLETO, E. M. A relevância da criação de uma unidade de conservação no Morro Gaúcho, municípios de Arroio do Meio e Capitão/RS. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, v. 27, p. 112-130, 2014.
- VALENTI, M. W.; OLIVEIRA, H. T.; DODONOV, P.; SILVA, M. Educação ambiental em unidades de conservação: políticas públicas e a prática educativa. *Educação em Revista*, Belo Horizonte, v. 28, n. 1, p. 267-288, 2012.
- WOOD, D. S.; WOOD, D. W. *Como planificar um programa de educación ambiental*. Washington: WRI, 1990. 46 p.

AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS PERIGOSOS EM INDÚSTRIA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

EVALUATION OF THE MANAGEMENT OF DANGEROUS WASTE IN THE AGRICULTURAL DEFENSIVE INDUSTRY

Bruna Beatriz Sousa Barbosa

Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade de Uberaba (UNIUBE).

Tássio Franchi

Doutor em Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (UnB).

Valéria Almeida Gentil

Doutora em Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da UnB. Professora do Departamento de Engenharia Ambiental e Geografia da *Johns Hopkins University*.

Endereço para correspondência:

Bruna Beatriz Sousa Barbosa – Rua Bernardo Rossi, 832 – São Benedito – 38022-210 – Uberaba (MG), Brasil – E-mail: brunabeatriz.s.b@hotmail.com

RESUMO

Defensivos agrícolas são potencialmente causadores de impactos ambientais. Para produzi-los de forma ambientalmente correta, existe a necessidade de adoção de práticas ecológicas. Este artigo avalia o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) dos resíduos perigosos, adotado por uma indústria de defensivos agrícolas. O estudo foi realizado em uma empresa com certificação da ISO 14001. A metodologia adotada foi qualitativa, observando-se a realidade, as normativas e as recomendações bibliográficas. Foram realizadas visitas técnicas, entrevistas com funcionários e análises de documentos do ano de 2013. Observou-se que as práticas ambientais adotadas pela empresa visam atender as condicionantes de sua licença ambiental e das certificações internacionais. Os resultados indicam que a maior quantidade de resíduos perigosos foi de solventes contaminados, sendo que a aquisição de equipamentos e tecnologia para tratamento dos mesmos, quando formulados à base de água, trouxe benefícios no gerenciamento e assegurou uma economia considerável. Entretanto, foi observado que existe a possibilidade de aperfeiçoamento do processo produtivo e da gestão para se alcançar uma produção ainda mais limpa. Concluiu-se que os principais fatores para adoção de um SGA eficaz miram o atendimento à legislação, o aumento na competitividade de mercado e a redução dos custos.

Palavras-chave: ISO 14001; sistema de gestão ambiental; indústria química.

ABSTRACT

Pesticides potentially cause environmental impacts. To produce them in an environmentally friendly way, there is a need to adopt environmental practices. This article assesses the Environmental Management System (EMS) of hazardous waste, adopted by a crop protection industry. The study was conducted in an industry with ISO 14001. The methodology was qualitative, watching reality, normative and bibliographic recommendations. Technical visits, interviews with staff and document reviews of the year 2013 were realized. It was observed that the environmental practices adopted by the company aim to meet the conditions of the environmental license and international certifications. The results indicate that the largest amount of hazardous waste was from contaminated solvents; the acquisition of equipment and technology for their treatment, when water-based, brought benefits in the management and considerable savings. However, it was observed that it is possible to improve the production process and management to achieve a cleaner production. It was concluded that the main factors for the adoption of an effective EMS lie care legislation, increasing market competitiveness and reducing costs.

Keywords: ISO 14001; environmental management system; chemical industry.

INTRODUÇÃO

Aspectos Históricos e Políticos da Questão Ambiental

A ascensão da questão ambiental trouxe ao debate a degradação da natureza ligada ao consumo crescente dos recursos naturais nas sociedades contemporâneas. Os aspectos ambientais eram sobrepujados por ideias capitalistas, e as metas se referiam principalmente ao aumento de lucros e de rentabilidade do capital. Com isso, as questões relacionadas ao meio ambiente eram consideradas desvantajosas, pois não geravam benefícios financeiros.

No final da década de 1960, foi publicado o *The population bomb* (1968), de Paul Ehrlich (2009), despertando, então, a preocupação com a degradação ambiental. No início da década seguinte, a publicação de “Limites do Crescimento”, pelo chamado Clube de Roma (MEADOWS *et al.*, 1972), trouxe à tona uma visão neomalthusiana dos binômios: população *versus* bem-estar dos países; e crescimento econômico *versus* qualidade de vida. Logo após o aparecimento dessa publicação, as pessoas passaram a questionar as atitudes capitalistas que levavam toda a humanidade rumo à destruição de seu próprio *habitat* natural. De certa forma, foi o sinal de alarme para a população mundial, que adquiriu uma nova compreensão sobre a ideia desenvolvimentista. Daí surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável. Foi organizada, inclusive, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED ou Comissão Brundtland). Ao apresentar seu Relatório à Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (WCED, 1987), a Comissão Brundtland caracterizou o conceito de “desenvolvimento sustentável” como político e social, lançando, por um lado, uma ampla estratégia de institucionalização da problemática ambiental e, por outro, uma aliança com os países do Terceiro Mundo na implantação dessa estratégia. A questão da superpopulação *versus* o consumo permanece um problema real para o mundo contemporâneo, como aponta Goldstone (2010).

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (CHUMAH, ou Conferência de Estocolmo, 1972), a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD, conhecida como Rio-92), a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável (*Earth Summit*, conhecida como Rio + 10, 2002) e a Conferência das Nações

Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável (CNUDS, conhecida como Rio + 20, 2012) foram os eventos internacionais de maior projeção que enfocaram a perspectiva ecológica revestida de especial importância no contexto atual (GRIGGS, 2013).

Entende-se que um dos maiores desafios de toda a humanidade é aplicar o modelo ecologicamente correto do desenvolvimento econômico, criando uma economia limpa, modelada por princípios de respeito ao meio ambiente e preservação das diversidades presentes nos ecossistemas do planeta. Uma economia capaz de juntar os interesses financeiros aos ecológicos, sem prejudicar o bem-estar das nações, não pode existir somente em um país; precisa estar presente na crescente e irreversível globalização. Não se sabe ao certo se o caminho de “esverdeamento econômico” que a humanidade tem escolhido é realmente incontestável ou o único a ser seguido, embora sejam bem numerosos os trabalhos teóricos que prognosticam o futuro ambiental de nosso planeta; mas é absolutamente claro — não só para os autores dos referidos trabalhos, como também para toda a comunidade mundial — que não há razoáveis alternativas senão seguir esse caminho (GENTIL, 2013). Os eventos acadêmicos e políticos que marcaram a trajetória da questão ambiental ao longo dos anos estão representados na Figura 1.

No contexto das questões ambientais, a temática dos resíduos ganha cada vez mais espaço e importância. Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010), os resíduos sólidos podem ser classificados, quanto à sua origem, como resíduos urbanos, agrossilvopastoris, provenientes da construção civil, dos serviços de saúde, industriais, dentre outros. Neste artigo, trata-se apenas dos resíduos industriais considerados perigosos, mais especificamente dos sistemas de gerenciamento de resíduos produzidos por indústrias de defensivos agrícolas.

O gerenciamento de resíduos industriais, quando realizado incorretamente, pode causar danos à saúde humana e ao meio ambiente. No Brasil, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), propondo uma série de mecanismos (princípios, objetivos e instrumentos) desti-

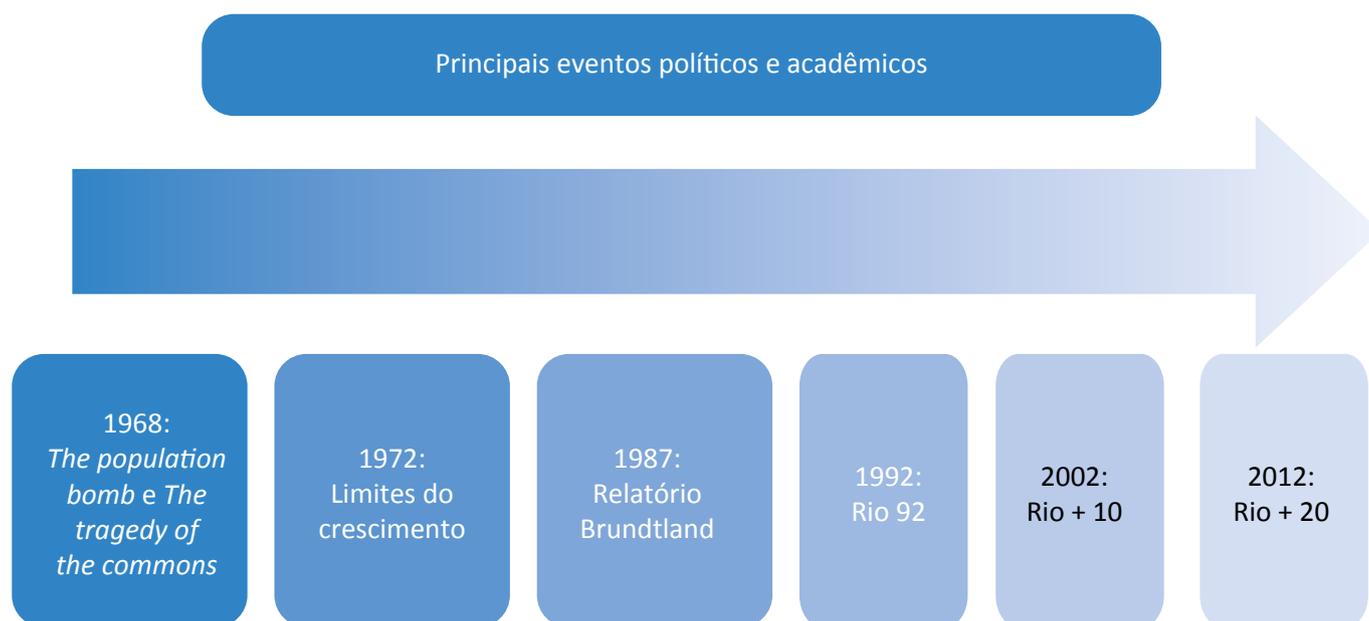


Figura 1 – Principais eventos políticos e acadêmicos.

dados à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, inaugurando a chamada responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, entre agentes públicos, privados e consumidores.

Um desafio para as indústrias responsáveis pela geração de resíduos perigosos no século XXI foi a implantação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), auxiliando o controle de seus impactos ambientais e buscando obter a certificação reconhecida mundialmente, a ISO

14001, ao sustentar uma imagem ambientalmente positiva e ampliar sua força para disputar posições em um mercado globalizado. Esse sistema inclui-se como mais um condicionante para o sucesso da empresa.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o sistema de gestão de resíduos perigosos de uma indústria de defensivos agrícolas, conferindo a gestão aplicada com base na PNRS com as normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e com a bibliografia correlata com o tema.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho apresenta e analisa o SGA de uma indústria brasileira de defensivos agrícolas, certificada pela Norma Brasileira (NBR) ISO 14001. A indústria, alvo da pesquisa, forneceu dados para este estudo, mas não será citada nominalmente, sendo referida aqui apenas como “empresa”. A empresa possui uma fábrica de defensivos agrícolas localizada no município de Uberaba, Minas Gerais, cuja capacidade de produção é de cem milhões de litros por ano de produtos nas linhas de herbicidas, inseticidas e fungicidas. A empresa também possui Sistema de Gestão Integrada (SGI) e certificações: Inmetro em Boas Práticas de Laboratórios (BPL) para estudos de

resíduos em vegetais, ISOs 9001 (garantia da qualidade) e 14001 (meio ambiente), e OHSAS 18001 (segurança).

Uma pesquisa referente à legislação ecológica em vigor e à literatura sobre o tema serviu de base para as análises do sistema de gestão. Na legislação abordada constam a PNRS (BRASIL, 2010), a NBR 14001 (ABNT, 2004b), a NBR 10004 (ABNT, 2004a), a NBR 12235 (ABNT, 1992), a NBR 13221 (ABNT, 2003), e outras normas.

Dentre as publicações usadas como suporte para compreender as possibilidades e os limites de gestão dos

resíduos perigosos, destacam-se os trabalhos de Barros (2012), Lopes (2006), Mazzer e Cavalcanti (2004), Oliveira e Serra (2010) etc.

Foram utilizados dados primários fornecidos pela empresa. Esses dados são referentes ao gerenciamento de

resíduos gerados pelas atividades produtivas durante todo o ano de 2013. Entrevistas com funcionários-chave no processo de SGA dos resíduos perigosos da empresa foram realizadas em diversas visitas técnicas à indústria para observação da unidade e de sua prática de gestão dos resíduos sólidos (RS).

A Gestão Ambiental e o Gerenciamento De Resíduos Sólidos

Os termos “gerenciamento ambiental” e “gestão ambiental” estão relacionados à administração, e é muito comum aparecerem na literatura como sinônimos ou como complementares (ZANTA; FERREIRA, 2003, p. 1). Modelo disso são as definições de acordo com a legislação brasileira:

É o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos (BRASIL, 2002).

O gerenciamento dos RSS [resíduos gerados no serviço de saúde] constitui-se em um conjunto de procedimentos de gestão planejados e implementados a partir de bases científicas e técnicas, normativas e legais, com o objetivo de minimizar a produção de resíduos e proporcionar aos resíduos gerados um encaminhamento seguro, de forma eficiente, visando a proteção dos trabalhadores e a preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente.

O gerenciamento deve abranger todas as etapas de planejamento dos recursos físicos, dos recursos materiais e da capacitação dos recursos humanos envolvidos no manejo dos RSS (ANVISA, 2004).

Lopes (2006, p. 38) define que a gestão dos resíduos sólidos envolve o planejamento das possíveis ações de gerenciamento e contém todo o arcabouço legal e filosófico das alternativas que buscam a minimização, o tratamento e a disposição adequada dos resíduos sólidos.

O SGA constitui um processo estruturado para a melhoria contínua, sendo um instrumento que permite à organização atingir e controlar o nível de desempenho ambiental que ela mesma estabelece. “O ciclo de atuação da Gestão Ambiental, para que seja eficaz, deve cobrir desde a fase de concepção do projeto até a eliminação efetiva dos resíduos gerados pelo empreendimento depois de implantado, durante toda a sua vida útil.” (Valle, 1995 *apud* SOUZA; SILVA, 1997, p. 1)

A um sistema de gestão ambiental estruturado de acordo com a NBR 14001/2004 aplica-se a metodologia PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), que tende à melhoria contínua das ações de manejo de resíduos (conforme Figura 2).

O método PDCA se divide em quatro etapas: planejar, fazer, checar e agir. A primeira etapa, planejar, define objetivos, metas e procedimentos sistêmicos de gestão. Na etapa seguinte, fazer, ocorre a determinação dos procedimentos operacionais, responsabilidades, recursos, seleção e treinamento de equipes, comunicação e controle de registros. A terceira etapa, checar, consiste em monitorar, realizar análises críticas e fiscalizações, verificar o controle interno, identificar fragilidades e oportunidades de melhorias. A última etapa, agir, consiste na reavaliação do sistema para aprimorá-lo e promover sua melhoria. Na empresa, esse sistema é aplicado aos resíduos perigosos e não perigosos.

O gerenciamento de resíduos perigosos em indústrias de defensivos agrícolas é um tema bastante complexo, porque essas empresas trabalham com grandes quantidades de materiais e substâncias perigosas.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989 (BRASIL, 1989), considera defensivos agrícolas ou agrotóxicos, produtos e agentes de processos físicos, químicos e biológicos para uso no cultivo, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, para alterar a composição da fauna ou da flora, a fim de preservá-las da ação de seres vivos nocivos.

A produção comercial de um agrotóxico envolve a obtenção do ingrediente ativo, cujo processo de síntese adotado irá determinar seu grau de pureza bem como o teor de impurezas. Esse composto obtido é chamado de produto técnico, que será utilizado para a formulação do produto final. A este são adicionados outros elementos químicos que garantem a dispersão e a fixação do produto nas plantas a serem protegidas ou destruídas pelo efeito tóxico específico. O produto

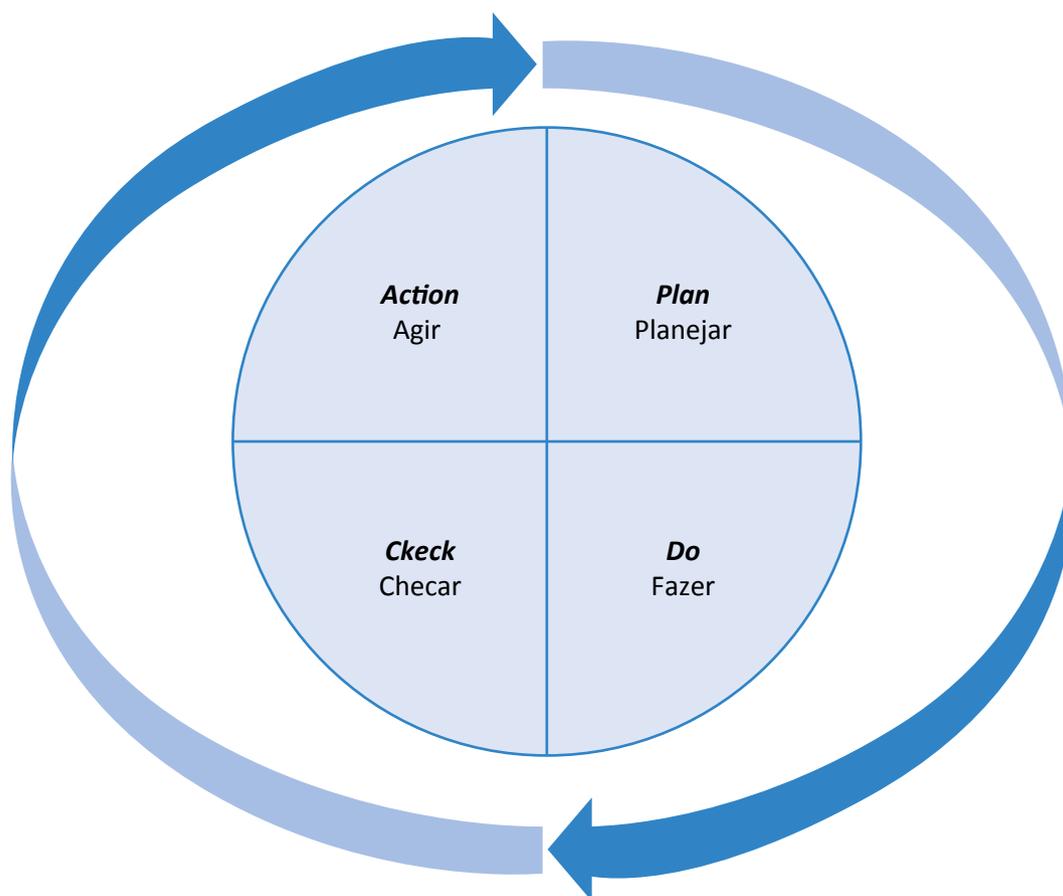


Figura 2 – Sistema de gestão de resíduos sólidos.

final, obtido da mistura do produto técnico com outros produtos químicos auxiliares, corresponde ao chamado produto formulado, que é aplicado nas lavouras (TERRA; PELAEZ, 2010, p. 3).

Desse processo resultam os resíduos sólidos gerados dentro das plantas industriais. Na empresa referente ao *case*, existem duas plantas idênticas, uma destinada à fabricação de herbicidas e a outra à de inseticidas e fungicidas.

Segundo Barros (2012, p. 365):

a sequência de etapas de gestão dos RS é, primeiramente, o acondicionamento e a coleta no local de geração; depois são transportados até um ponto de

armazenagem temporária. Posteriormente são novamente coletados nestes locais de armazenamento da indústria e transportados para o local de tratamento e/ou de destinação final.

A PNRS (BRASIL, 2010) conceitua os RS 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 técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Política Nacional de Resíduos Sólidos

A PNRS brasileira, instituída pela Lei nº 12.305/2010, de 02 de agosto de 2010 e regulamentada pelo Decre-

to nº 7.404/2010 (BRASIL, 2010), é o instrumento legal que traça diretrizes para a gestão dos RS no Brasil. A lei

em questão tramitou durante 21 anos no Congresso Nacional, fato que evidencia duas possíveis hipóteses: a primeira, de que não houvesse interesse político em tratar do assunto; e a segunda, de que envolvesse muitos recursos financeiros geridos por contratos dos Estados e municípios. É um instrumento capaz de promover a qualidade de vida da sociedade, mesmo que seja essa a principal responsável pela geração de resíduos e pelos desgastes naturais.

Sob a ótica da sustentabilidade, a PNRS está baseada em princípios de gestão integrada e compartilhada, responsabilidade dos geradores e do poder público, logística reversa, redução da produção de resíduos, reuso, reciclagem e disposição adequada em aterros sanitários (GENTIL, 2013).

A PNRS congrega o conjunto de princípios, objetivos, diretrizes, instrumentos, metas e ações. Dentre os princípios, destaca-se a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, que aplica a obrigação de cada integrante do ciclo em se comprometer a minimizar o volume de resíduos, rejeitos e impactos negativos. Um dos objetivos na gestão e gerenciamento de resíduos é priorizar a sequência de não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Dentre os principais instrumentos, destacam-se os planos de RS, os inventários e o sistema declaratório anual de RS, a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e a educação ambiental.

Normativas Brasileiras Pertinentes aos Resíduos Perigosos

Para que os resíduos sejam gerenciados corretamente, precisam ser, antes de tudo, classificados por responsáveis técnicos: quanto aos riscos, de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004a), e quanto à origem e à periculosidade, de acordo com a PNRS. Os responsáveis devem elaborar laudos de classificação, constando nesses a origem do resíduo, o processo de segregação e o critério adotado para escolha de parâmetros analisados.

Resíduos perigosos (classe I) podem apresentar propriedades físicas, químicas e infectocontagiosas que acarretam riscos à saúde humana e ao meio ambiente, ou seja, oferecem periculosidade; ou possuir características como inflamável, corrosivo, reativo, patogênico

Para que um empreendimento gerador ou operador de resíduos perigosos seja licenciado pelas autoridades competentes, precisa comprovar que possui capacidades técnica e econômica suficientes para implantar um gerenciamento eficaz desses resíduos. Feito isso, o mesmo é obrigado a elaborar o plano de gerenciamento de resíduos perigosos e a incluir no Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos os colaboradores que o operam.

O empreendimento necessita de um colaborador atuando como responsável técnico pelo gerenciamento de resíduos perigosos. Cabe a ele, juntamente com sua equipe, manter os registros atualizados para elaboração dos inventários e da declaração anual, entregues aos órgãos competentes — Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e, se couber, Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) —, manter procedimentos acessíveis, aprimorar sempre o gerenciamento e, em caso de acidentes, comunicá-los imediatamente ao SISNAMA.

Para a indústria, a Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010) determina obrigações para implantação do gerenciamento de resíduos gerados no processo produtivo, abordando também processos de aquisição de matérias-primas e insumos. Entretanto, além de atender às exigências legais de âmbitos nacional, estadual e municipal, a empresa se vê sujeita a uma série de normas que fornecem estruturas organizadas para obter as certificações internacionais da *International Organization for Standardization* (ISO).

e/ou tóxico; ou, ainda, constar nos anexos A ou B da normativa.

Identificados no momento da geração, os resíduos devem ser separados por classe: um ato conhecido como segregação, que tem como finalidade evitar misturas de resíduos incompatíveis.

A NBR 12235 (ABNT, 1992) fixa as condições exigíveis para o armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Essa norma define que “o armazenamento deve ser feito sem que altere a qualidade/quantidade do resíduo” (ABNT, 1992, p. 2). No caso de uso de contêineres e tambores, o armazenamento precisa ser feito em áreas cobertas, ventiladas, sobre uma base

que impeça a contaminação do solo e águas subterâneas, possuindo sistema de drenagem e captação para recolher o líquido contaminado, caso ocorra um vazamento. Ao contrário dos contêineres e tambores, o armazenamento a granel tem que ser feito em construções fechadas e impermeabilizadas, analisando-se características como densidade, umidade, tamanho da partícula, pressão, dentre outras. Todos os resíduos precisam ser identificados com rótulos de fácil entendimento e, em alguns casos, necessita-se de revestimento dos recipientes para melhor resistência. Em síntese, o armazenamento de resíduos perigosos deve ser realizado de acordo com os critérios de localização; a respectiva área precisa ser isolada e devidamente sinalizada, possuir alarmes para comunicações internas e externas em caso de emergências; o operador precisa estar treinado e dotado de equipamento de proteção individual (EPI), havendo a necessidade de equipamentos de controle de poluição e/ou tratamento de poluentes ambientais, e realizar inspeções periodicamente, observando deterioração em recipientes ou vazamentos; para qualquer irregularidade constatada devem ser executadas ações corretivas.

A NBR 13221 (ABNT, 2003) especifica os requisitos para transporte terrestre de resíduos. O transporte deve ser efetuado por meio de um veículo adequado às regulamentações relacionadas, atendendo à legislação ambiental específica (federal, estadual e municipal), e acompanhado de documento de controle ambiental. O veículo precisa encontrar-se em bom estado de

Fluxograma do Sistema de Gestão Ambiental

Para que uma organização consiga realizar a implantação de um SGA, a NBR ISO 14001 (ABNT, 2004b) estrutura o “passo a passo” indispensável para se alcançar um gerenciamento eficaz, como mostra a Figura 3.

A ISO 14001 se baseia na metodologia do PDCA citada anteriormente: esta se aplica quando uma empresa pretende estabelecer, implementar, manter ou aprimorar um SGA e quando deseja assegurar a sua conformidade com a política ambiental elaborada e demonstrá-la para buscar certificação internacional.

Empresas estão procurando adotar o SGA. Esse sistema permite à empresa controlar permanentemente os efeitos ambientais de todo o seu processo de produ-

ção, com os resíduos acondicionados devidamente e protegidos de intempéries, de modo que não suceda vazamento ou derramamento, impactando o meio ambiente. É necessário assegurar a segregação entre a carga e o motorista, geralmente acompanhado do auxiliar.

Todo o transporte terrestre de resíduos perigosos deve obedecer às instruções complementares do Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos (RTPP) e às normas brasileiras aplicadas ao assunto.

Ao gerador dos resíduos em questão, cumpre emitir documentos com informações sobre os resíduos — nome, estado físico, classificação, quantidade, tipo de acondicionamento, nº ONU, nº de risco, grupo de embalagens e declaração do expedidor — e sobre o gerador, o receptor e o transportador — atividade, razão social, CNPJ, endereço, telefones, fax e e-mail; e números de telefones da empresa para casos de emergência. Os documentos mencionados devem ser acompanhados da Ficha de Emergência e de um envelope de segurança para o transporte até a destinação final.

Todas as NBRs relatadas anteriormente são normas brasileiras aprovadas pela ABNT, sendo esta uma entidade privada e sem fins lucrativos. A mesma é também a única e exclusiva representante no Brasil da entidade internacional ISO, que certifica as empresas com a NBR ISO 14001, descrita a seguir.

ção, desde a escolha da matéria-prima até o destino final do produto e dos resíduos líquidos, sólidos e gasosos, levando-a a operar da forma mais sustentável possível (MAZZER; CAVALCANTI, 2004, p. 1).

Um importante passo para essa internalização é o estabelecimento de um SGA, no qual se determinam políticas, princípios e diretrizes ambientais, por meio das quais a empresa se compromete a ações além da legislação pertinente, implantando, operando e mobilizando suas atividades de forma ambientalmente correta, observando detidamente as relações com as partes envolvidas no processo (FREIRE, 2000 *apud* PORTUGAL JUNIOR; REYDON; PORTUGAL, 2003, p. 6).



Figura 3 – Sistema de gestão ambiental.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na empresa observada, os resíduos gerados são classificados em classes I ou II; depois de classificados, encontram diferentes direções, de acordo com a Figura 4, elaborada pelos autores.

A empresa possui uma política integrada de qualidade, saúde, segurança e meio ambiente, conforme a ISO 14001 estabelece. De acordo com Oliveira e Serra (2010, p. 2), um SGA é um conjunto de elementos utilizados para assegurar a proteção do meio ambiente, implementar e gerenciar a política ambiental. Podemos destacar tais elementos, na política da empresa, como a melhoria contínua no desenvolvimento ambiental, a garantia de trabalhar em conformidade com os requisitos legais aplicáveis e a racionalização do uso de recursos naturais, eliminando gastos e desperdícios, dentre outros.

Segundo Ucker, Kemerick, Almeida (2012, p. 123), as normas da série ISO 14000 orientam e padronizam a identificação dos aspectos ambientais significativos e a elaboração de indicadores de desempenho. Na fabricação de defensivos agrícolas, a geração de resíduos perigosos é um dos principais aspectos ambientais, havendo então a necessidade de seu gerenciamento.

O fluxo do gerenciamento de resíduos (ver Figura 5) mostra quais são as suas etapas desde a geração dos resíduos até a destinação final, indicando os setores responsáveis em cada etapa e as normas que orientam o tipo de procedimento aplicado. Após a geração inicial, que se dá na produção, os resíduos passam pelas respectivas fases de: identificação interna; disposição na área de transferência; movimentação interna até seu armazenamento temporário, podendo este ser em depósitos ou no pátio de recicláveis; seguido da identificação externa, para assim ficarem aptos para a próxima etapa; o transporte externo; e a destinação final.

Todos os resíduos são devidamente identificados com uma etiqueta padrão interna da empresa, que contém informações como: tipo de resíduo, peso bruto, data de geração, estado físico, departamento gerador e responsável pelo envio.

A empresa segrega, acondiciona, identifica e disponibiliza os resíduos na área de transferência de resíduos, para em seguida encaminhá-los para os depósitos de resíduos contaminados ou recicláveis. Existem áreas distintas para os resíduos perigosos e não perigosos.

O transporte e o armazenamento são realizados considerando uma tabela de incompatibilidade de resíduos. Para evitar problemas como incompatibilidade e contaminação, a empresa treina seus colaboradores para segregarem corretamente os resíduos gerados, de acordo com a classificação padrão ISO 14001, e conscientiza-os no sentido de evitarem geração desnecessária de resíduos perigosos e não perigosos. Isso é feito por meio do processo de integração (informações sobre a empresa passadas no primeiro dia de trabalho), de Diálogo Diário de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (DDS), e por meio dos Momentos SGI (palestras realizadas uma vez ao mês).

No caso de armazenamento, é a norma NBR 12235 (ABNT, 1992) que fixa as condições adotadas pela empresa. As informações relativas à movimentação dos resíduos são registradas, utilizando-se um formulário de movimentação. Os formulários são gerados por tipo de resíduos, e o setor do meio ambiente preenche campos como data de entrada, gerador/origem, quantidades de entrada e saída, local de armazenamento, destino e observações que descrevem brevemente o resíduo. Já são indicados nesse formulário os EPIs apropriados para manusear e armazenar os materiais (Tabela 1).

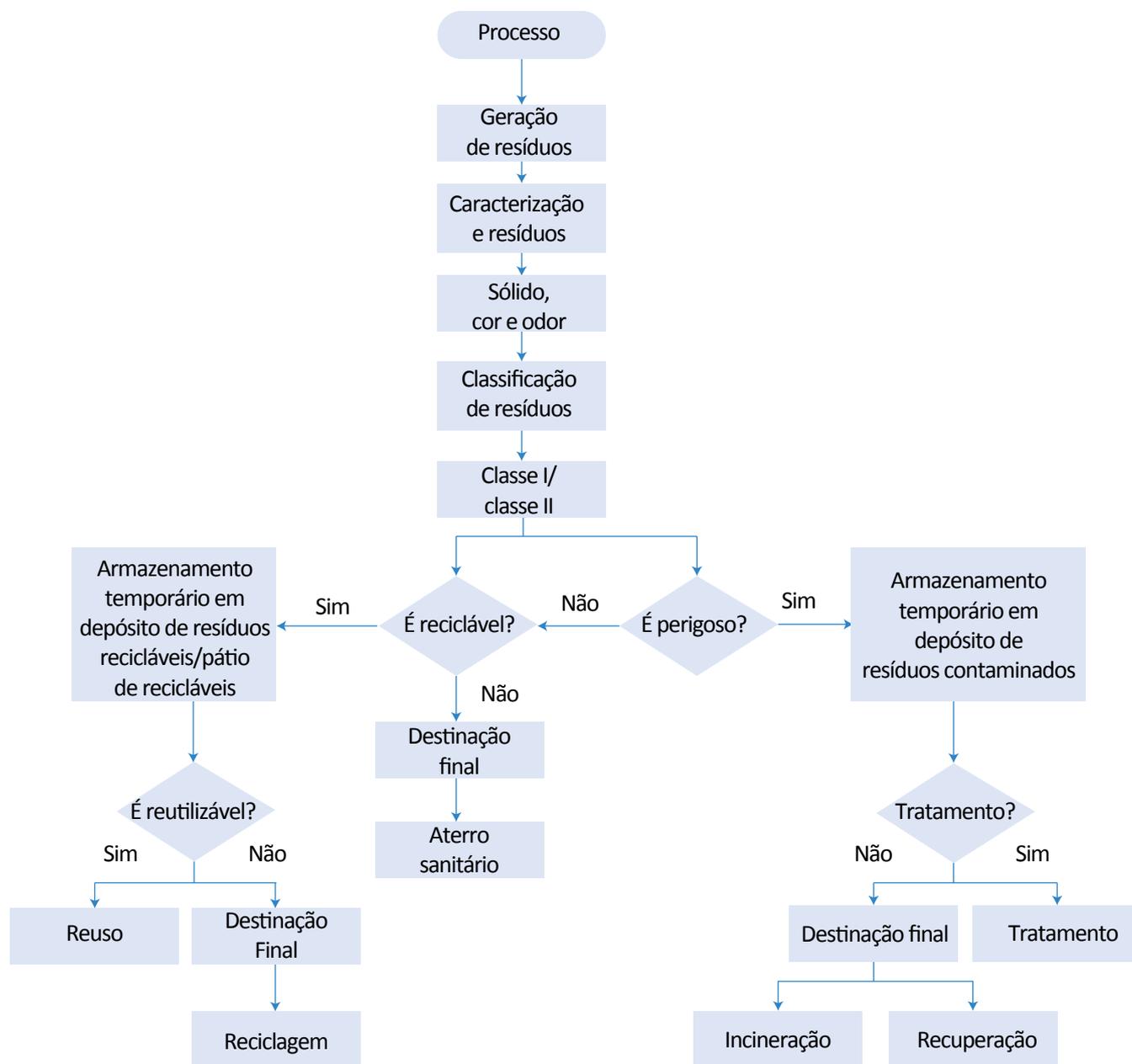


Figura 4 – Fluxograma completo das etapas do gerenciamento.

O transporte externo é o que leva os resíduos até a empresa de incineração. É realizado tanto com a frota da própria empresa, que será o destino final dos resíduos, quanto por prestadores de serviços de transporte terceirizados, que os conduzem até o destino final.

Os resíduos perigosos têm a necessidade de serem novamente identificados de acordo com suas características e classificações, contendo número ONU¹, riscos, tipo de resíduos, simbologia específica, dados da empresa geradora e da receptora. Para realização do transporte, a transportadora deve estar homologada

¹O número ONU é uma identificação classificatória de cargas perigosas. Criado pelo Comitê de Peritos das Nações Unidas sobre o Transporte de Mercadorias Perigosas, tem o objetivo de identificar as substâncias perigosas. Trata-se, notadamente, de placas com símbolos e dígitos que identificam o tipo de produto transportado e o grau de periculosidade do mesmo. Para maiores informações, ver: http://www.proteccaocivil.pt/Documents/MIEMP_web.pdf

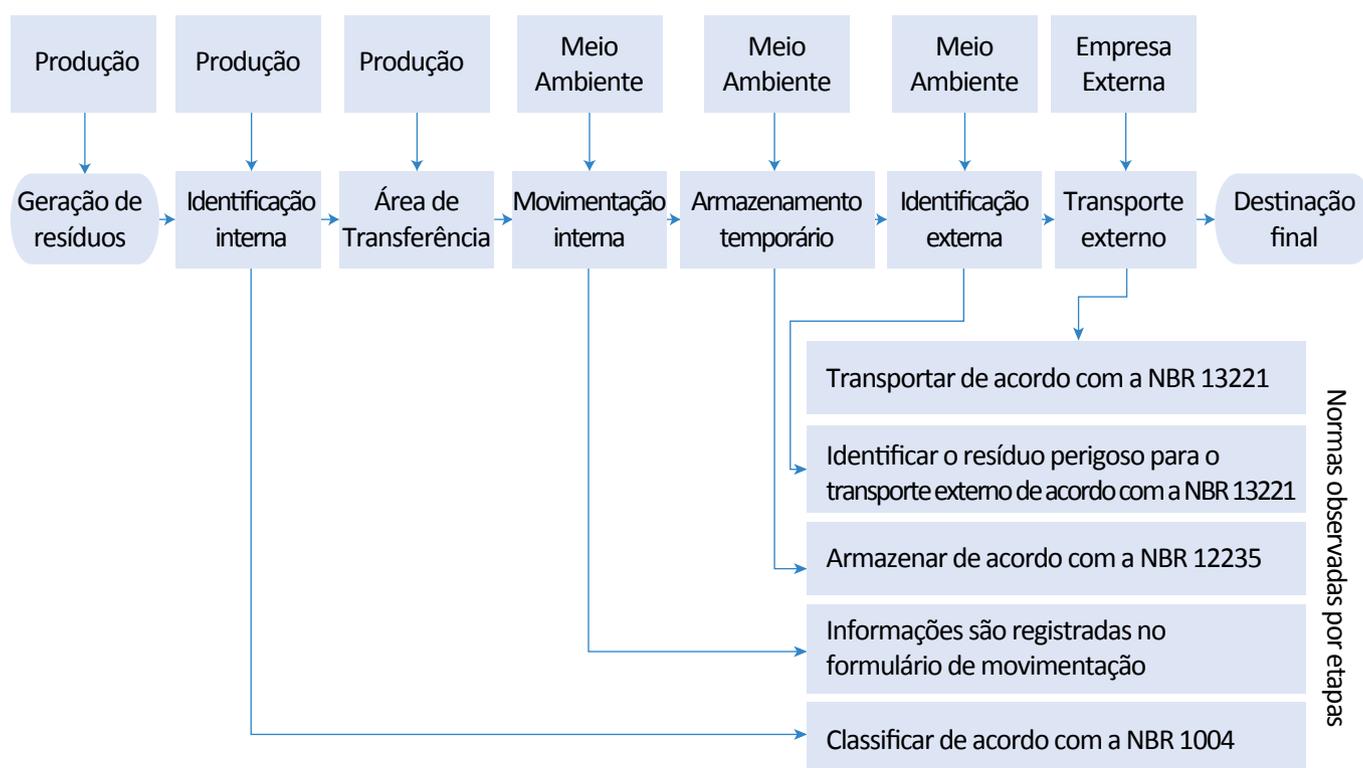


Figura 5 – Gerenciamento de resíduos perigosos na empresa pelos setores de produção e meio ambiente.

Tabela 1 – Cuidados no armazenamento e manuseio de materiais.

Material	EPIs a serem utilizados no manuseio do material	Cuidados no acondicionamento/ empilhamento	Cuidados no manuseio/ carregamento/ descarregamento
Resíduos sólidos/ embalagens vazias contaminadas	Botina de segurança Luvas nitrílicas Respirador Óculos de segurança Capacete Avental de PVC	Armazenar afastado de materiais não contaminados	Transportar de modo que as embalagens não caiam
Resíduos líquidos	Botina de segurança Luvas nitrílicas Respirador Óculos de segurança Capacete Avental de PVC	Respeitar a incompatibilidade dos produtos	Transportar de modo que as embalagens não caiam
Resíduos diversos recicláveis	Botina de segurança Luvas de vaqueta Óculos de segurança Capacete	Evitar encher caçambas para que os resíduos não caiam ao solo	Transportar os resíduos com as caçambas cobertas

Fonte: adaptação do modelo da empresa, 2014.
EPIs: equipamentos de proteção individual.

com as documentações legais válidas. O avaliador deve checar cada tópico relacionado na lista de verificação para transporte de produtos e resíduos perigosos, preenchendo o campo “OK” quando o requisito estiver sendo atendido e “Não OK” em caso contrário.

As inspeções devem ser feitas em todos os carregamentos. A realização das inspeções dos veículos é sistematizada no intuito de garantir o atendimento dos requisitos legais aplicáveis na empresa.

Todo carregamento e transporte de resíduos perigosos deve ser acompanhado da respectiva Ficha de Emergência referente aos resíduos, Nota Fiscal Eletrônica (NFe), Manifesto de Transporte de Resíduo (MTR), envelope de segurança, painéis de segurança e rótulos de risco. Toda essa documentação referente à saída de resíduos, bem como o *ticket* de pesagem e o certificado de destruição (resíduo perigoso) devem ser arquivados no setor de meio ambiente.

O transporte externo somente é realizado com os resíduos identificados e atendendo à norma NBR 13221 (ABNT, 2003). Isso é feito verificando a situação do veículo transportador, obedecendo ao Regulamento para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e emitindo os documentos exigidos. Essa etapa contabiliza a geração *versus* a destinação dos resíduos durante um mês. As informações levantadas nessa etapa alimentam o Inventário de Resíduos Sólidos Industriais. Segundo Brandão (2011, p. 31), o inventário é o início do planejamento para os resíduos, uma vez que todas as ações seguintes usarão como base as informações geradas nessa fase.

Brandão (2011, p. 85) afirma:

A declaração dos resíduos gerados é a fase fundamental no inventário, uma vez que nela deverão ser apresentados todos os resíduos e as quantidades geradas pelo empreendimento [...]. Na fase de declaração dos resíduos sólidos há a vinculação entre a etapa do processo industrial onde são gerados. Algumas empresas apresentaram dificuldades de vinculação dos resíduos por etapa, pois muitas delas não realizam a segregação de seus resíduos, fazendo a contabilização deles somente no momento do envio para a destinação final.

De acordo com a Deliberação Normativa COPAM nº 90, de 15 de setembro de 2005 (COPAM, 2005), a indústria estudada possui a tipologia C-04 – Indústria de Produtos Químicos. Enquadrada nessa tipologia, precisa-

rá apresentar o Inventário de Resíduos Sólidos e nele declarar informações sobre geração, características, armazenamento, transporte, tratamento e destinação de seus RS por meio de um formulário disponibilizado anualmente pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) via *on-line*. Vale ressaltar que o inventário é um dos instrumentos da PNRS (2010).

Atualmente, a PNRS (BRASIL, 2010) dispõe que a ordem de prioridade consiste em não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Não sendo esse esquema muito diferente do proposto por De Martini, nota-se a inclusão da reutilização e a separação da eliminação e redução da geração. Quando comparados, percebe-se que mesmo antes da implantação da PNRS a prioridade girava em torno da não geração de resíduos em primeira instância.

Para que todo esse processo seja eficaz, faz parte da política da empresa treinar seus colaboradores para segregarem e identificarem corretamente os resíduos, sempre trabalhando na educação ambiental e incentivando a redução na geração.

Os colaboradores devem possuir conhecimentos das denominações, saber a forma de acondicionamento para cada tipo de resíduo e as formas de destinação final ambientalmente adequada (Tabela 2).

De acordo com a Tabela 2, construída com dados dos inventários, os solventes contaminados com pesticidas ocupam o primeiro lugar em quantidade de resíduos gerados, provindo, em sua maioria, da produção, devido à limpeza do processo produtivo e à limpeza de piso das plantas. Em segundo lugar estão os resíduos de madeira contendo substâncias não tóxicas (paletes), os quais são utilizados para sobrepor produtos acabados, ferramentas de trabalho, tambores fechados e qualquer outro material não contaminado. Em grande quantidade aparecem as diversas embalagens contaminadas de matérias-primas, produtos e outros.

Os lixos comuns e não recicláveis são transportados pela prefeitura para o aterro sanitário do município, enquanto os entulhos são destinados para um aterro de construção civil particular, que atende a todos os critérios de homologação de fornecedores, assim como o aterro sanitário. O restante dos resíduos considerados não perigosos totaliza 23,34% do total gerado, sendo

Tabela 2 – Tipos de resíduos, quantidade, acondicionamento e destinação dos resíduos gerados em 2013.

Denominação	Quantidade	Acondicionamento	Destinação externa
Solventes contaminados com pesticidas	541,58	Contêiner/tambor metálico/bombona	Incineração
Resíduo de madeira contendo substâncias não tóxicas	202,71	Granel sobre palete	Reutilização
Resíduos perigosos como embalagens diversas de matérias-primas e produtos	168,39	Barrica/caixa de papelão com saco plástico	Incineração
Tambores metálicos incineração (200 L)	82,50	Granel sobre palete	Incineração
Barricas	56,50	Granel sobre palete	Incineração
Resíduos de papel, papelão e embalagens plásticas	56,46	Coletor e caixa de papelão com saco plástico/caçamba/granel	Reciclagem
Resíduos perigosos como elementos filtrantes, amostras e produtos vencidos, etc.	32,98	Barrica/caixa de papelão com saco plástico	Incineração
Sucata de metais ferrosos e não ferrosos	12,92	Coletor e caixa de papelão com saco plástico/caçambas/granel	Reciclagem
Entulhos	6,54	Caçamba/granel	Aterro de construção civil
Lixo comum, restos de alimentos – não recicláveis	4,00	Coletor com saco plástico/caçamba	Aterro sanitário
EPIs contaminados, vidrarias contaminadas e paletes contaminados	1,02	Barrica/caixa de papelão com saco plástico / Granel sobre palete	Incineração
*Tambores metálicos recuperação (200 L)	*1042	Granel sobre palete	Reutilização recuperação
*Bombonas (50, 60, 100 e 200 L)	*416	Granel sobre palete	Reutilização recuperação

EPIs: equipamentos de proteção individual; *a quantidade é medida em toneladas.

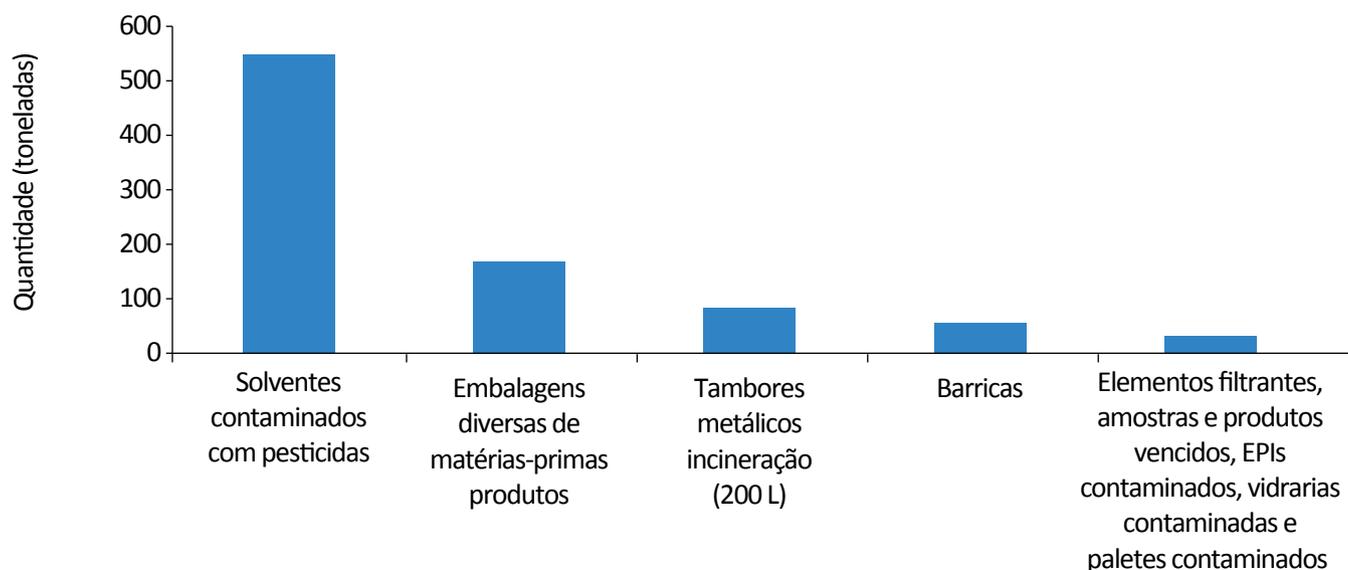
Fonte: dados fornecidos pela empresa e tabulados pelo autor.

esses resíduos destinados a empresas recicladoras ou recuperadoras devidamente homologadas.

Nota-se também que, para melhor visualização e interpretação, os resíduos classificados e enquadrados na classe I apresentam, em sua denominação, palavras como “contaminados”, “perigosos” ou “tóxicos”. A destinação final desses resíduos não pode ser outra senão a incineração, tratando-se de um processo que destrói o resíduo de alta periculosidade por meio da queima realizada em altíssima temperatura.

No Gráfico 1 quantifica-se a geração somente daqueles resíduos que são classificados como perigosos. Destacam-se, dentre outros itens, com a maior quantidade, o solvente contaminado, as embalagens, os tambores e as barricas, vindo em seguida a somatória dos resíduos perigosos gerados em menores quantidades.

De acordo com o Gráfico 1, a empresa gerou mais de 500 toneladas de solventes no ano de 2013, resultando em aproximadamente 61,33% de todos os produtos perigosos produzidos. Ressalta-se que esse tipo de resíduo se origina, em sua maioria, nos processos de limpeza das plantas quando há necessidade de troca de



EPIs: equipamentos de proteção individual.

Gráfico 1 – Quantidade total de resíduos perigosos por tipo (em toneladas).

produto fabricado. A sua geração é proporcional à produção, pois quanto maior for a variedade quantitativa de produtos fabricados, maior será a necessidade de limpeza. Funcionários entrevistados informaram que a quantidade do solvente contaminado varia de acordo com os produtos fabricados, mas cada limpeza gera em média 14 contêineres com capacidade de 1.000 litros, ou seja, 14.000 litros, equivalentes a 14 toneladas de resíduos para incinerar. Essa quantidade fica exorbitante se multiplicada pelo preço pago para a incineradora, que cobra R\$ 2,20 por quilograma.

Custo por contêiner Massa (Kg)xPreço (R\$)

Desse modo, os contêineres custam em torno de 2.200 reais² para a destinação correta dos resíduos gerados, isso se estiverem com suas capacidades máximas de volume. Considerando-se que cada limpeza gera 14 unidades, o custo total será de 30.800 reais por transição de produto.

A colaboradora entrevistada ressalta que “as alterações no cronograma de produção variam de acordo

com as vendas: como as vendas aumentam no segundo semestre, a geração de resíduos aumenta na mesma proporção”.

Assim, foi gasto no ano de 2013, apenas com destinação dos solventes contaminados, um valor de R\$ 813.582,00, pois o ano de 2014 começou com 171,77 toneladas no estoque inicial.

As embalagens de diversas matérias-primas e produtos correspondem a 19,07%; os tambores, a 9,34%; as barricas, a 6,40%; e o restante, a 3,86% do total de resíduos gerados. A somatória dos valores, inclusive daqueles dos solventes e das embalagens, é de R\$1.513.086,00; tendo esses materiais sido destinados para uma incineradora.

Dentro desse sistema de gestão ambiental, a empresa necessita estabelecer também os objetivos e metas, conforme o item 4.3.3 da ISO 14001. A administração da empresa criou o indicador de geração de resíduos contaminados, com o objetivo de diminuir sua quantidade; e atingir a meta de não ultrapassar a porcentagem estipulada de resíduos por produção.

Na empresa estudada, observou-se que existe a busca por tecnologias para priorizar a não geração de resí-

²Valores referentes ao ano de 2013.



Figura 6 – Embalagens Big Bags em armazenamento temporário sobre paletes no depósito de resíduos contaminados (inseticida).

duos. Um exemplo disso foi a minimização da geração de embalagens de papelão contaminadas (barricas), adotada a partir de 2013, quando elas foram definitivamente trocadas por Big Bags³ (ver Figura 6). Essa troca diminui a quantidade e o volume de resíduos gerados; com isso a empresa ganha espaço nos depósitos de resíduos perigosos e reduz custos de processamento desses resíduos. Outro exemplo de diminuição de custos teve lugar quando uma solicitação do setor de meio ambiente foi atendida pela empresa fornecedora de matéria-prima: em 2013, os tambores de produtos químicos perigosos, que possuíam liner⁴, foram substituídos por tambores sem liner. O fato subtraiu 6,0 kg em cada tambor, diminuindo assim o custo geral para incineração.

A empresa possui também um programa de coleta seletiva eficiente, conforme o qual os resíduos são descartados em coletores de acordo com suas respectivas cores e a coleta seletiva da própria cidade. Entretanto, nem todos os resíduos possuem destinação final fora da empresa, alguns são tratados *in loco* (no lugar). São considerados tratamentos, as alternativas que reduzem a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos.

A colaboradora entrevistada explica que a empresa adquiriu, em 2013, uma tecnologia que consegue tratar

os solventes formulados à base de água por meio de um evaporador a vácuo cuja eficiência abrange 90% de resíduos tratados. Entrando nele o resíduo, saem concentrado (incineração) e água tratada (reuso). Toda a água tratada passa por análises no laboratório da própria empresa, para verificar se realmente está apta a ser reutilizada na irrigação dos jardins ou na limpeza do chão da fábrica. Como a empresa não possui incinerador próprio, esse serviço é prestado por terceiros.

De acordo com os inventários analisados, a totalidade dos resíduos perigosos foi destinada para apenas uma incineradora (incineradora A) em 2013. O motivo alegado pela administração da empresa para utilizar apenas essa incineradora é que, em 2013, a mesma possuía o melhor preço de acordo com as pesquisas realizadas no mercado e a menor distância da indústria.

Com o objetivo de facilitar a visualização e a análise da meta referente à geração de resíduos perigosos estabelecida pela empresa, utilizou-se um indicador ambiental do tipo pressão (Gráfico 2). Esse tipo está relacionado às atividades humanas, no caso, à disposição de resíduos contaminados, podendo ser classificado também como indicador de desempenho operacional de resíduos.

³Embalagens flexíveis feitas de tecidos de polipropileno de alta resistência, ideais para acondicionamento, armazenagem e transporte de matérias-primas. Para maiores informações, ver: <http://www.reciclabag.com.br/site/bigbag/>

⁴Bombona produzida com polietileno de alta densidade, sendo resistente à queda, ao empilhamento e a produtos químicos. Para maiores informações, ver: http://syntex.com.br/?page_id=933

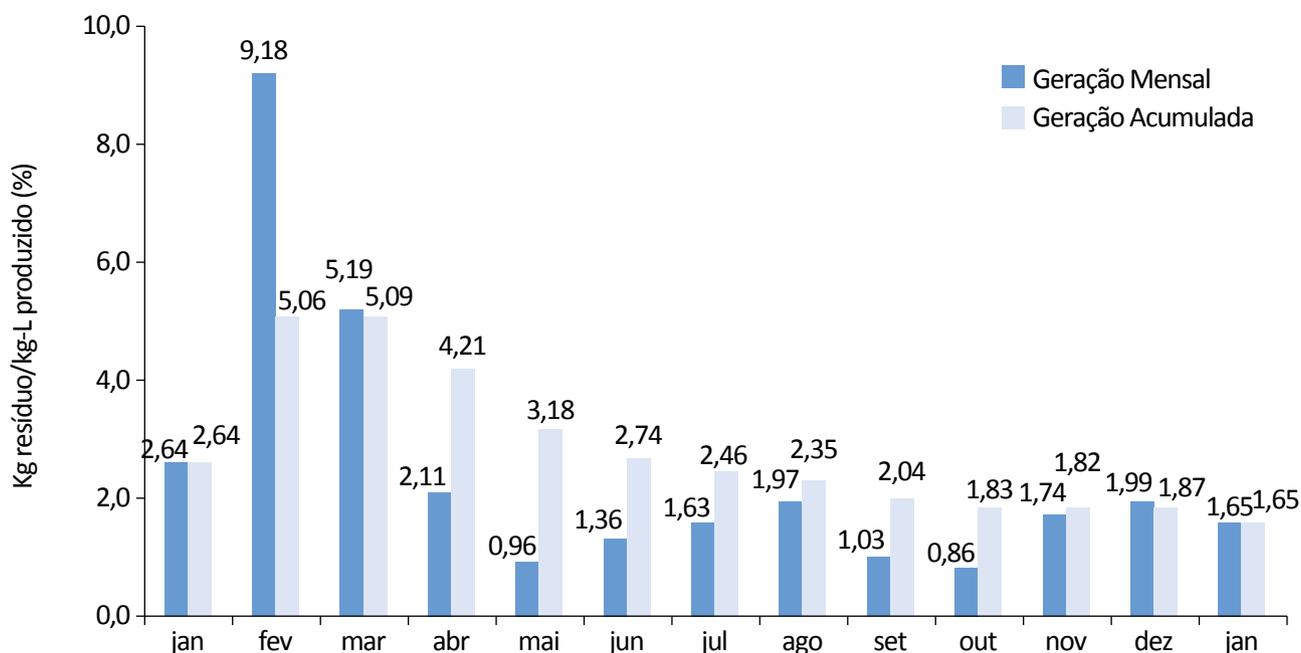


Gráfico 2 – Geração de resíduos contaminados (Máx. 3,5% de resíduo/produzido).

Como definição, um indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade, tendo como característica principal a de poder sintetizar diversas informações e reter apenas o significado essencial dos aspectos analisados (MITCHELL, 2006 *apud* UCKER; KEMERICK; ALMEIDA, 2012, p. 120).

De acordo com Ucker, Kemerick, Almeida (2012, p. 120), os indicadores consistem em elementos utilizados para avaliar o desempenho de políticas ou processos com maior grau de objetividade possível, podendo fornecer uma síntese das condições ambientais, das pressões sobre o meio ambiente e ações mitigadoras.

Analisando o gráfico, percebe-se que a maior geração mensal de resíduos se refere ao mês de fevereiro, en-

quanto o mês de março apresenta a maior geração acumulada. O mês de outubro fica, por sua vez, com a menor geração mensal e em janeiro de 2014 constata-se a menor geração acumulada. Portanto, no início do ano as gerações mensais e as gerações acumuladas foram maiores, mas ao fechar o ano a média da geração mensal e da acumulada ficou sendo de 2,84% para ambas, ou seja, abaixo do valor máximo estimado pela empresa. Um colaborador explica que:

“o fato relacionado com a desproporção do mês de fevereiro em relação aos outros se dá porque nesse mês todos os resíduos foram destinados para a incineradora, e no mês de março houve a aquisição do evaporador, iniciando-se os tratamentos; logo nos meses seguintes ocorreu a redução da porcentagem de geração mensal e do acumulado de resíduos”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão aplicada no gerenciamento de resíduos perigosos da empresa-alvo desta pesquisa atende as nor-

mas vigentes e a legislação nacional. Observa-se que, como resultado da implantação do SGA e de estraté-

gias de gerenciamento de resíduos, ela obteve as certificações de gestão e as permissões para operação.

Entretanto, percebemos que há necessidade de melhorias para alcançar uma produção mais limpa, principalmente no que diz respeito à gestão dos solventes contaminados gerados na produção. Fatores como a desconsideração do potencial de reuso dos solventes tratados na empresa e reencaminhados para o processo industrial precisam ser estudados. Uma análise da quantidade ideal de água utilizada na limpeza dos equipamentos de produção possibilitaria a minimização da geração de solventes contaminados, impactando positivamente na redução dos respectivos gastos. Lembremos também que, utilizando o evaporador que trata os solventes à base de água, a empresa gerou uma economia de R\$ 251.133,50 na despesa com incineração, no período de março a outubro de 2013.

Quanto às embalagens de matérias-primas, a opção pelos Big Bags no lugar das barricas, como forma de diminuição da quantidade de resíduos gerados, indica um rumo a ser pactuado com os fornecedores que possuam alternativas de embalagens mais eficientes. A manutenção dessa tendência para outros tipos de embalagens de produtos adquiridos pela empresa é

uma opção mais eficiente do ponto de vista da gestão e ambientalmente correta. Trata-se de escolher os fornecedores de forma mais criteriosa, levando em conta as melhores alternativas de embalagens dos produtos adquiridos como um dos critérios de seleção/homologação desses fornecedores. Entendemos também que o fato de todos os resíduos sólidos terem sido destinados a apenas uma incineradora, em 2013, constitui uma limitação, pois caso ocorresse uma inconformidade dessa prestadora de serviços, a empresa estudada poderia correr o risco de superlotar seus pátios de estocagem de resíduos perigosos ou de ter que buscar por outra incineradora mais distante, o que poderia impactar nos custos da destinação dos resíduos. Reconhecendo o risco, a empresa realizou, em 2014, a homologação de mais duas empresas do mesmo ramo.

Acreditar que a sustentabilidade e a qualidade dos produtos industriais podem trabalhar em conjunto com o meio ambiente é essencial para a estruturação de empresas modernas e competitivas. Trata-se, portanto, de efetivar uma melhoria contínua nesse aspecto, desenvolvendo tecnologias que auxiliem no gerenciamento dos resíduos perigosos e promovam sua redução, seu reuso e sua reciclagem sempre que possível.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10004*: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro (RJ), 2004a. Disponível em: <<http://analiticaqmc.paginas.ufsc.br/files/2013/07/residuos-nbr10004.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2014.

_____. *NBR 12235*: armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro (RJ), 1992. Disponível em: <http://campinas.sp.gov.br/arquivos/meio-ambiente/abnt_nbr12235_1992.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2014.

_____. *NBR 13221*: transporte terrestre de resíduos. Rio de Janeiro (RJ), 2003. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/residuos/files/2014/04/Abnt-Nbr-13221-Transporte-Terrestre-De-Residuos.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2014.

_____. *NBR ISO 14001*: sistemas da gestão ambiental – requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro (RJ), 2004b. Disponível em: <http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/nbr-iso-14001-2004_70357.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2014.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Gerenciamento dos Resíduos de Serviço de Saúde. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/manual_gerenciamento_residuos.pdf>. Acesso em: 18. dez. 2016.

BARROS, R. T. V. *Elementos de gestão de resíduos sólidos: resíduos sólidos industriais*. Belo Horizonte: Tessitura, 2012. 365 p.

BRANDÃO, R. T. *O processo de gestão dos resíduos sólidos industriais: a experiência de Minas Gerais (2003 - 2008)*. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011. Disponível em: <http://www.sustentabilidade.ufop.br/dissertacao_Renato_Teixeira_Brandao_finalizada%20com%20ficha.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2016.

BRASIL. Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 307, de 5 de julho de 2002. *Diário Oficial da União*, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Lei n.º 7.802, de 11 de julho de 1989*. 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm>. Acesso em: 22 ago. 2014.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 14 ago. 2014.

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa COPAM n.º 90, de 15 de setembro de 2005. *Diário Executivo de Minas Gerais*, 2005. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5181>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

EHRlich, P. R.; EHRlich, A. H. The population bomb revisited. *The Electronic Journal of Sustainable Development*, v. 1, n. 3, p. 5-15, 2009. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/568c204e08ae153299b64183.pdf#page=11>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

GENTIL, V. A. *O esverdeamento da economia e os tributos verdes: um duro caminho rumo à sustentabilidade da gestão dos resíduos sólidos urbanos*. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

GRIGGS, D. Sustainable development goals for people and planet. *Nature*, v. 495, p. 305-307, 2013.

GOLDSTONE, J. A. The new population bomb: the four megatrends that will change the world. *Foreign Affairs*, v. 89, n. 1, p. 31-43, 2010. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/20699781>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

LOPES, L. *Gestão e gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos: alternativas para pequenos municípios*. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/.../8/.../DISSERTACAO_LUCIANA_LOPES.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2014.

MAZZER, C.; CAVALCANTE, O. A. Introdução à gestão ambiental de resíduos. *Infarma*, v. 16, n. 1, 2004. Disponível em: <<http://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/77/i04-aintroducao.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

MEADOWS, D. H. *et al.* (Orgs.). *The limits to growth*. Londres: Earth Island Limited, 1972.

OLIVEIRA, O. J.; SERRA, J. R. Benefícios e dificuldades da gestão ambiental com base na ISO 14001 em empresas industriais de São Paulo. *Production*, v. 20, n. 3, p. 429-438, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132010000300011>. Acesso em: 24 ago. 2014.

PORTUGAL JUNIOR, P. S.; REYDON, B. P; PORTUGAL, N. S. As visões das empresas sobre gestão ambiental: Estudo de caso com indústrias de água mineral do circuito das águas do sul de minas. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE

ECONOMIA ECOLÓGICA, 10., Vitória. *Anais...* Vitória: ECOECO. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/x_en/GT8-2014-1451-20130512144859.pdf> Acesso em: 18. dez. 2016.

SOUZA, M. R.; SILVA, R. J. *A geração de resíduos industriais e sua destinação final*. Itajubá (MG), 1997. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T6501.PDF>. Acesso em: 16 ago. 2014.

TERRA, F. H. B.; PELAEZ, V. *A história da indústria de agrotóxicos no Brasil: das primeiras fábricas na década de 1940 aos anos 2000*. 2010. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/43.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2014.

UCKER, F. E.; KEMERICK, P. D. C.; ALMEIDA, R. A. Indicadores ambientais: importantes instrumentos de gestão. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, v. 9, n. 1, 2012. Disponível em: <<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=693>>. Acesso em: 26 ago. 2014.

WCED – World Commission on Environment and Development. *Our Common Future*. General Assembly. 1987. Disponível em: <<https://ambiente.files.wordpress.com/2011/03/brundtland-report-our-common-future.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2016

ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos. *In*: CASTILHO JUNIOR, A. B. (Coord.). *Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte*. Rio de Janeiro: ABES, 2003. Disponível em: <<http://www.web-resol.org/textos/livroprosab.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

ACUMULAÇÃO DE MICROCISTINAS NO MEXILHÃO DOURADO *LIMNOPERNA FORTUNEI* E RISCOS PARA A BIOTA AQUÁTICA

MICROCYSTIN ACCUMULATION IN GOLDEN MUSSEL
LIMNOPERNA FORTUNEI AND POTENCIAL RISKS TO THE AQUATIC BIOTA

Alessandro Minillo

Pesquisador visitante da Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras), pela Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul (UEMS) – Dourados (MS), Brasil.

Maressa Pomaro Casali

Doutoranda em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP) – São Carlos (SP), Brasil.

William Deodato Isique

Pós-Doutorando pelo Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Ilha Solteira (SP), Brasil.

Maurício Augusto Leite

Professor do Departamento de Engenharia Agrônômica da UNESP – Ilha Solteira (SP), Brasil.

Odete Rocha

Professora do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – São Carlos (SP), Brasil.

Endereço para correspondência:

Alessandro Minillo – Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul – Rodovia Dourados/Ithaum, km 12, 7804-9970 – Dourados (MS), Brasil – E-mail: alminillo@yahoo.com.br

RESUMO

As cianobactérias representam um componente natural da comunidade fitoplanctônica, mas estão frequentemente associadas com águas eutrofizadas. Os rios do estado de São Paulo estão em processo contínuo de eutrofização, o que favorece frequentes florações de cianobactérias, prejuízos à qualidade da água para o consumo humano e riscos à biota aquática. O mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) é uma espécie exótica invasora que pode ser vetor na transferência de toxinas de cianobactérias. O objetivo deste estudo foi avaliar a ocorrência de florações de cianobactérias no rio São José dos Dourados, suas toxinas produzidas e a possibilidade de ficotoxinas bioacumularem em *Limnoperna fortunei*. Foram detectadas, nas amostras, a dominância de cianobactérias tóxicas e cianotoxinas (microcistinas). Os resultados indicaram que *L. fortunei* acumularam microcistinas. As florações de cianobactérias nas águas do rio estudado indicaram prejuízo ao ambiente associado à eutrofização e aos riscos da presença das cianotoxinas à biota aquática.

Palavras-chave: bioacumulação; cianobactéria; ficotoxinas; espécies exóticas; molusco; eutrofização.

ABSTRACT

Cyanobacteria are natural components of the phytoplankton community, but they are often associated with eutrophic waters. Rivers in the state of São Paulo are in a continuous process of eutrophication, which favors the frequent cyanobacteria blooms in these environments, compromises the quality of the water for human consumption and promotes risks to the aquatic biota. The golden mussel (*Limnoperna fortunei*) is an invasive alien species that can be a vector in the transfer of cyanobacterial toxins. The aim of this study was to evaluate the cyanobacteria blooms occurrence in São José dos Dourados River, their cyanotoxins and the possibility of phycotoxins bioaccumulating in the *Limnoperna fortunei*. Toxic cyanobacteria and cyanotoxins (microcystins) were detected in the samples. The results indicated that *L. fortunei* accumulated microcystins. The cyanobacterial blooms in the water of the studied river indicated a damage to the environment associated with eutrophication and risks of cyanotoxins presence to the aquatic biota.

Keywords: bioaccumulation; cyanobacteria; phycotoxins; alien species; mollusc; eutrophication.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de valor econômico, estratégico e social, essencial à existência e ao bem-estar da espécie humana e à manutenção dos ecossistemas do planeta (TUNDISI, 2014). No entanto, é possível observar que, nos últimos anos, a contaminação hídrica se intensificou devido ao descarte contínuo de novas substâncias no meio aquático, causando efeitos negativos adversos à biota desses ecossistemas assim como à saúde humana (ZAGATTO & BERTOLETTI, 2008).

Em razão das ações antrópicas sobre os ecossistemas aquáticos, são frequentes os eventos de florações de cianobactérias em diferentes regiões do território nacional (LINS *et al.*, 2016, PACHECO *et al.*, 2016), o que desperta preocupações nas empresas de saneamento e monitoramento ambiental sobre os possíveis riscos promovidos à saúde humana e à biota aquática.

Os gêneros de cianobactérias produtoras de toxinas, como *Microcystis*, *Anabaena*, *Oscillatoria* e *Nostoc*, são descritos mundialmente como causadores de sérios problemas ecológicos e em seres humanos (CODD, 2000), e demonstram que o aumento na incidência de seus florescimentos resulta da eutrofização das águas em que ocorrem (ALMEIDA *et al.*, 2016). Entre as cianotoxinas produzidas pelos referidos gêneros, as microcistinas representam o grupo mais comum com efeitos nocivos em organismos aquáticos, animais domésticos, selvagens e à saúde humana (CHORUS, 2001).

As microcistinas são conhecidas por serem potentes (CODD, 2000) hepatotoxinas responsáveis pela ação de inibição das proteínas fosfatases 1A e 2A e na formação de tumores (CHORUS, 2001). Embora as microcistinas raramente sejam ingeridas pelo homem em quantidades suficientes para promover ação letal aguda, os efeitos tóxicos crônicos por sua exposição em água potável ou alimentos contaminados são particularmente prováveis, especialmente se houver uma exposição frequente (ZHANG *et al.*, 2009b).

Apesar dos relatos associados aos efeitos nocivos das microcistinas sobre os componentes das comunidades aquáticas (CHORUS, 2001), uma série de estudos tem despertado atenção sobre o potencial acumulativo e de transferência dessa hepatotoxina na cadeia alimentar aquática (XIE *et al.*, 2005; ZHANG *et al.*, 2009a). Alguns autores destacam a presença comprovada das microcistinas em diferentes animais aquáticos, como peixes (DEBLOIS *et al.*, 2008), zooplânctons (FERRÃO-FILHO *et al.*, 2002), caramujos (ZHANG *et al.*, 2009a; 2009b), gastrópodes (ZHANG *et al.*, 2007) e bivalves (DIONISIO PIRES *et al.*, 2004; GKELIS *et al.*, 2006).

A água de lastro é um procedimento utilizado para dar estabilidade às embarcações marítimas quando não estão carregadas. Essa água é bombeada no porto de origem e despejada no porto de destino, sendo esse procedimento o principal meio de introdução de organismos em ambientes aquáticos, tanto de águas doces como salgadas. Pela água de lastro, a espécie de bivalve de água doce *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) foi introduzida no estuário do rio da Prata, em 1991, provavelmente trazida por navios da Coreia e Hong Kong (PASTORINO *et al.*, 1993).

O mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) é um molusco bivalve, originário do sudeste asiático, o qual se estabeleceu como organismo invasor em diversas partes do mundo (DARRIGRAN *et al.*, 2007). Sua presença na América do Sul foi confirmada na Bacia do Rio da Prata, Argentina (PASTORINO *et al.*, 1993), e atualmente sua expansão se faz presente ao longo das bacias hidrográficas da América do Sul (Paraná-Uruguai e Guaíba), sendo verificado nos rios da Argentina, Uruguai, Paraguai, Bolívia e Brasil. Relatos feitos por Boltovskoy *et al.* (2009, 2013), Pestana *et al.* (2010) e Pareschi *et al.* (2008) já apontam que *Limnoperna fortunei* estendeu sua ocupação ao longo do rio Paraguai e de outros importantes rios, nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná.

Se considerada a capacidade dos bivalves na acumulação de microcistinas (CHEN & XIE, 2005; ZHANG *et al.*, 2007; MARTINS & VASCONCELOS, 2009, LEÃO *et al.*, 2010) e dos riscos na transferência dessa toxina para níveis superiores da cadeia alimentar aquática, acarretando prejuízos à saúde humana (IBELINGS & CHORUS, 2007), é presumível que esse molusco atue como possível vetor na transferência de microcistinas para os elos tróficos superiores, embora sejam escassos os registros que confirmem a acumulação dessas fitotoxinas em seu tecido. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar a presença de microcistinas retidas em *Limnoperna fortunei*, em ambiente natural, e quais as concentrações dessas toxinas em florescimentos de cianobactérias no ambiente avaliado.

MATERIAL E MÉTODOS

Estado da arte

Eutrofização e florações de cianobactérias no Brasil

O elevado suporte nutricional dos ambientes aquáticos representa a causa principal do aumento no processo de eutrofização desses ambientes (TUNDISI, 2014). Esse processo de eutrofização dos ambientes aquáticos tem sido resultante das atividades humanas, causando enriquecimento artificial desses ecossistemas. Entre as principais causas do aumento da eutrofização está o aporte das descargas de esgotos domésticos e industriais dos centros urbanos, sem tratamento adequado, e de fontes difusas providas de regiões agriculturáveis. Devido a essa riqueza nutricional, o surgimento de espécies de cianobactérias em ambientes eutrofizados tem aumentado, causando a formação de florações em diversas regiões no Brasil (ALMEIDA *et al.*, 2016; LINS *et al.*, 2016).

As cianobactérias ou cianofíceas são organismos microscópicos procariontes, fotossintetizantes, que podem apresentar formas unicelulares, filamentosas ou coloniais, altamente especializados na adaptação e na ocupação de diferentes ambientes (CHORUS, 2001). No Brasil, uma série de estudos tem destacado uma

Cianotoxinas

As cianobactérias produzem uma variedade de toxinas denominadas cianotoxinas, cujos mecanismos de toxicidade conhecidos compreendem efeitos hepatotóxicos, neurotóxicos e dermatotóxicos à inibição geral na síntese de proteínas (CHORUS, 2001). São definidas como endotoxinas, podendo ser produzidas em todos os estágios do crescimento da célula e somente liberadas quando ocorre o rompimento dessa célula; sendo então diluídas na água, onde podem persistir por vários dias, semanas ou meses, dependendo principal-

Microcistinas

A maioria dos casos de intoxicações e envenenamentos por cianobactérias está associada principalmente às microcistinas. Essa cianotoxina geralmente pode ser produzida por espécies dos gêneros *Microcystis*, *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Nostoc* e *Planktothrix* (CODD,

expressiva dominância (biomassa e/ou densidade) das cianobactérias em sistemas aquáticos naturais ou artificiais (HUSZAR *et al.* 2000). Em casos específicos, como em ambientes lênticos, 62% dos reservatórios e 42% dos lagos são dominados por cianobactérias (HUSZAR & SILVA, 1999).

Estudos realizados em reservatórios brasileiros têm demonstrado que ambientes em condições de eutrofia e hipertrofia, com concentrações de P-total entre 50–660 µg/L, pH levemente elevado (7,0 a 9,0), baixa profundidade (entre 2,8 e 14,0 metros), temperatura da água relativamente alta (acima de 20°C) e razão N/P total entre 2 e 19 são ambientes adequados para a proliferação e a manutenção dos florescimentos de cianobactérias (SANT'ANNA & AZEVEDO, 2000). Esse fato assume crescente relevância uma vez que a maioria desses florescimentos de cianobactérias tem demonstrado o potencial tóxico de muitas de suas espécies no Brasil (AZEVEDO & VASCONCELOS, 2008; ALMEIDA *et al.*, 2016; LINS *et al.*, 2016).

mente das condições específicas do meio, como pH e temperatura da água (CODD, 2000).

Diferentes gêneros e espécies de cianobactérias formadoras de florações são capazes de produzir esses compostos tóxicos. Atualmente, são conhecidas três classes de cianotoxinas segundo sua ação farmacológica: hepatotoxinas, neurotoxinas e citotoxinas. Muitos estudos estão concentrados nas duas primeiras classes, em virtude do número elevado de casos de intoxicações que as envolvem (CODD, 2000; CHORUS, 2001).

2000). Sua estrutura geral é representada por um heptapeptídeo cíclico, composto por sete aminoácidos, em cujas estruturas moleculares pode haver pequenas alterações, levando à formação de mais de 60 análogos estruturais de microcistinas (CHORUS, 2001).

As microcistinas são solúveis em água e não são capazes de penetrar diretamente nas membranas lipídicas das células, exceto aquelas poucas que são hidrofóbicas. Alguns estudos sobre os mecanismos de ação das microcistinas as caracterizam como potentes promotoras de tumores hepáticos em mamíferos, quando sub-

Mexilhão dourado

Limnoperna fortunei (Dunker 1857), vulgarmente conhecido como mexilhão dourado, é um molusco bivalve *Mytilidae*, a mesma família dos mexilhões marinhos. A espécie é nativa de rios e arroios chineses e do sudeste asiático; e apenas recentemente, em 1991, por meio da água de lastro de navios, aportou na América do Sul (DARRIGRAN & ESCURRA DE DRAGO, 2000).

A rápida expansão de *L. fortunei* na América do Sul foi estimada em 240km/ano, e os problemas ambientais e econômicos ocasionados pressupõem aspectos semelhantes ao ocorrido na Europa e na América do Norte com o *Dreissena polymorpha* (mexilhão zebra) (DARRIGRAN *et al.*, 2007). Isso porque ambas as espécies apresentam características de invasores que se tornam pragas: tempo de geração curto, plasticidade fenotípica, comportamento gregário, abundância em seu *habitat* natural, ampla tolerância ambiental e associação a atividades humanas (VON RÜCKERT *et al.*, 2006).

A invasão e a colonização de vários ambientes por *L. fortunei* é um fato preocupante nos estados que fazem limite com as bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai. No estado de São Paulo, sua presença é reportada em hidrelétricas que utilizam água do rio Paraná, como nas Usinas Hidrelétricas (UHE) Ilha Solteira, Porto Primavera e Jupia (OLIVEIRA *et al.*, 2004), e do Paranapanema, na UHE Rosana (AVELAR *et al.*, 2004). Atualmente, o mexilhão dourado encontra-se disseminado no lago da UHE de Itaipu (MARENGONI *et al.*, 2013).

Área de estudo

O rio São José dos Dourados está localizado na região noroeste do estado de São Paulo, possui uma extensão aproximada de 285 km e, em seu trecho final, desagua no reservatório de Ilha Solteira. Esse recurso hídrico apresenta importância para a região em usos diversos (irrigação, pesca, aquicultura e sua navegação na hidrovía “Tietê – Paraná”). O estudo

metidos a doses abaixo do limite de toxicidade aguda (CODD, 2000). Em humanos, seus efeitos de intoxicações podem incluir desde distúrbios gastrointestinais, pneumonia atípica, dor de cabeça, enjoo, até elevação da concentração de determinadas enzimas no fígado (CHORUS, 2001).

Em virtude da expansão do mexilhão dourado em rios da América do Sul, são reportados inúmeros prejuízos na esfera ambiental dos ecossistemas aquáticos colonizados, como indícios de alterações nas concentrações e proporções de nutrientes, mudanças na estrutura das comunidades fitoplanctônicas e favorecimento da manutenção de florações de cianobactérias (CATALDO *et al.*, 2012). Alguns autores também relatam que a presença de *L. fortunei* nos ambientes colonizados já o torna parte da dieta alimentar de algumas espécies de peixes do rio Paraná e do Rio da Prata (CANTANHÊDE *et al.*, 2008; VERMULM JUNIOR & GIAMAS, 2008; PAOLUCCI *et al.*, 2010).

Se considerada a capacidade adaptativa do mexilhão dourado na colonização e na ocupação em diversos *habitats* aquáticos, é presumível que sua coexistência em locais impactados por florescimentos de cianobactérias represente um mero desafio a ser transponível. Um aspecto amplamente discutido na literatura sobre as florações de cianobactérias avalia a possível transferência de suas toxinas (microcistinas) ao longo da cadeia alimentar sob ausência de biomagnificação (XIE *et al.*, 2005; SMITH & HANEY, 2006), o que sugere um risco potencial às espécies de níveis tróficos superiores e ao humano no consumo de produtos aquáticos contaminados (ZHANG *et al.*, 2009b). Essa hipótese vem sendo aceita como provável, visto que trabalhos reforçam a coexistência de *L. fortunei* com cianobactérias tóxicas sem prejuízos a sua sobrevivência e ao seu comportamento alimentar (GAZULHA *et al.*, 2012).

foi realizado em dois pontos amostrais fixos, georeferenciados às margens do rio – um na região lótica (S1) e outro próximo à sua foz (S2), no rio Paraná (Figura 1). A escolha dos locais amostrados esteve associada ao seu fácil acesso, aos históricos de florações de cianobactérias já registradas, e à elevada abundância do mexilhão dourado.

Amostras complementares de água (3 L) foram tomadas em superfície (0,20 m) utilizando baldes com volume graduado, acondicionadas em gelo e

Análises em laboratório

Extração de microcistinas dos bivalves

As amostras de *Limnoperna fortunei*, em laboratório, foram lavadas com água destilada e dissecadas com a retirada do tecido das conchas. O tecido obtido foi congelado, liofilizado (-30°C) e submetido à extração de microcistinas segundo o procedimento de Dionisio Pires *et al.* (2004), com modificações. Resumidamente, para cada 10 g do tecido de *Limnoperna fortunei* foram adicionados 20 mL de uma solução de metanol 75%, que foi mantida em repouso por 12 horas (4°C) no escuro. Após esse período, o material foi centrifugado (30 min – 4.000 rpm - 4°C), recolhido e armazenado à 4°C no escuro. O *pelet* foi resuspenso e reextraído por duas vezes

Extração de microcistinas do seston

Para determinação da presença de microcistinas (intracelulares) no seston, foi realizada a concentração da biomassa das cianobactérias presentes nos locais de coleta por meio da filtragem das células contidas em amostras de água (1 L) do local utilizando filtros de fibra de vidro (GF/C), que foram em seguida liofilizados, pesados e mantidos em *freezer* até as análises. Para extração de microcistinas, os filtros foram expostos a uma solução de metanol 75% (v/v) por 18 horas, no

Análise de microcistina em CLAE

Para a análise de microcistinas acumuladas em *Limnoperna fortunei* e no seston, foi utilizado um cromatógrafo líquido de alta eficiência (CLAE; Shimadzu, Japão), equipado com detector “Photodiode Array” (SPD-M20A), com duas bombas de alta pressão (LC-20AT e LC 20AD), em coluna de fase reversa C-18 (modelo Shim-pack) com 4,6 x 150 mm e diâmetro de partícula de 5 µm segundo Meriluoto e Spoof (2005). A fase móvel é constituída por dois componentes, um com água Milli-Q e o outro por acetonitrila, ambos acidificados com 0,05% (v/v) de ácido trifluoracético (TFA). Foi utilizado um fluxo de

conduzidas para o laboratório para determinação dos níveis de microcistinas (intracelulares) presentes no seston.

com o mesmo procedimento. O sobrenadante armazenado foi submetido à extração em fase sólida utilizando colunas de sílica (cartuchos C-18), pré-ativado com 10 mL de metanol (100%), seguido de 10 mL de água mili-Q. Após a passagem da amostra, os cartuchos C-18 foram lavados com 4 mL de metanol (20%) e posteriormente secos em nitrogênio por 2 min. A eluição da microcistina foi feita com 4 mL de uma solução de acetonitrila com 0,05% (v/v) ácido trifluoracético (TFA). O eluato foi recolhido, seco a 40°C, ressuspendido em 1 mL de metanol (100%) e injetado em um cromatográfico líquido de alta eficiência para determinação da toxina.

escuro, a 4°C. Após centrifugação (3.500 rpm - 10 min - 4°C) do filtro com a solução de metanol, o sobrenadante foi recolhido e filtrado em filtro de fibra de vidro (GF/C) para remoção de detritos celulares. A solução filtrada foi submetida à secagem em evaporador rotativo (80 rpm – 52°C), e foi obtido um resíduo concentrado (meio água) dissolvido em metanol 100% e injetado em um cromatográfico líquido de alta eficiência para determinação da toxina.

1 mL min⁻¹, com tempo de corrida cromatográfica de 12 minutos para cada amostra analisada, em triplicata. Foram utilizados padrões externos puros de microcistina para calibração e análises dessa toxina, representados por microcistina-LR e microcistinas(-D-Leu¹)-microcistina-LR, ambos adquiridos da Unidade de Pesquisa em Cianobactérias da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS. Os limites de detecção das microcistinas no seston e nos bivalves foram de 0,070 µg mg⁻¹ e 0,018 µg g⁻¹ de peso seco (p.s.), respectivamente.

Avaliação quali-quantitativa dos grupos fitoplanctônicos

A avaliação da composição dos grupos fitoplanctônicos foi realizada com lâminas e lamínulas em microscópio binocular. A identificação dos organismos foi realizada segundo características morfológicas e morfométricas de acordo com bibliografia especí-

Experimentos de recuperação

Para avaliar a precisão do método de detecção utilizado no presente estudo, foi realizado o ensaio de recuperação adicionando 30 g de tecido de liofilizado de *Limnoperla fortunei* homogeneizado em uma solução mista contendo os dois padrões comerciais purificados de microcistinas — LR e (D-Leu¹)-microcistina-LR — para 1 µg.g⁻¹ peso seco. A extração e a análise da toxina seguiram o protocolo descrito an-

Tratamento estatístico dos dados obtidos

Os dados obtidos no estudo foram submetidos à análise estatística utilizando o *software STATISTIC for Windows* (Versão 5.0). Foi usada a análise de correlação de Pearson ($p < 0,01$) para avaliar relações

teriormente, com a recuperação e o desvio padrão relativo do método analítico também calculados. A recuperação média das amostras analisadas de *Limnoperla fortunei* foi da ordem de 88% (variando de 86 a 93%), com desvio padrão relativo variando de 8,7 a 10,0% pelo método analítico utilizado, comprovando uma adequada eficiência da técnica de análise utilizada durante o estudo.

entre as concentrações de microcistinas no seston e acumuladas em *L. fortunei*, densidade de células e os parâmetros físicos e químicos da água dos pontos de amostragem.

RESULTADOS

Parâmetros físicos e químicos da água

Os parâmetros físicos e químicos da água estão apresentados na Tabela 1. Pode-se verificar que os valores de pH estiveram próximos entre si nos pontos de amostragem e com níveis próximos da neutralidade; exceção apenas no ponto S2 no mês de março, quando foram registrados níveis ligeiramente alcalinos de 8,7. A condutividade não apresentou oscilações expressivas entre os seus valores entre os pontos amostrados, exceto nos meses de agosto, outubro e dezembro, quando foram registrados os maiores níveis no ponto S1, com 150; 128 e 124 µS, respectivamente. O oxigênio dissolvido variou ligeiramente em determinadas oca-

siões, com destaque aos maiores registros (em média) nos meses de julho, agosto e outubro. A temperatura manteve um padrão sazonal, com maiores valores nos meses de verão (33,8°C – Ponto S2) e menores no inverno (24°C – Ponto S1). A transparência da água apresentou oscilações entre seus valores, com os maiores valores verificados nos meses de inverno (4 m – Pontos S1 e S2) e os menores nos meses de verão (1 m – Ponto S1). Não foi verificada correlação significativa ($r=0,451$; $p > 0,01$) entre os parâmetros físico-químicos e a transparência da água nos pontos de coleta durante o estudo.

Análise quali-quantitativa dos grupos fitoplanctônicos

Em relação às composições dos grupos fitoplanctônicos, foram identificadas 22 espécies, integradas em 4 classes taxonômicas, representadas por 7 *Cyanophyceae*, 6 *Bacillariophyceae*, 5 *Zygnemaphyceae* e 4 *Chlorophyceae* (Figura 2). Entre os grupos, a maior

abundância relativa foi representada pelas cianobactérias (80%), seguidas por clorofíceas (10%), diatomáceas (7%) e finalmente pelas *Zygnemaphyceae* (3%) (Figura 3). A maior riqueza de espécies foi verificada no final dos meses de verão (março e abril), com 19 táxons, e

a menor riqueza foi encontrada nos meses de inverno (julho e agosto), com cinco táxons.

A maior abundância relativa entre as cianobactérias foi representada pelos gêneros *Microcystis* (*Microcystis aeruginosa*, *M. sp.*) e *Anabaena* (*Anabaena cir-*

cinalis, *A. spiroides*), com representatividade de 65 e 20%, respectivamente. Gêneros como *Aphanocapsa*, *Geitlerinema*, *Phormidium* e *Leptolyngbya* obtiveram as menores abundâncias relativas (6; 4; 3 e 2%, respectivamente) entre as cianobactérias registradas. Os florescimentos de cianobactéria estiveram presentes nos

Tabela 1 – Parâmetros físicos e químicos da água registrados nos pontos amostrados.

Meses	Pontos de coleta	Parâmetros físicos e químicos da água				
		pH	Cond. (µS)	O ₂ diss. (mg L ⁻¹)	Temp. (°C)	Transp. (m)
Março	S1	6,90	79	5,61	32,80	1,00
	S2	8,70	51	13,48	33,80	2,70
Abril	S1	6,30	78	6,70	27,80	2,20
	S2	6,80	62	8,83	29,50	2,70
Maio	S1	6,90	54	5,64	26,60	1,90
	S2	6,30	53	7,36	27,80	2,90
Junho	S1	7,40	68	8,95	24,00	4,00
	S2	6,90	45	9,37	25,40	4,00
Agosto	S1	6,10	150	8,14	26,00	4,00
	S2	6,80	107	8,35	27,10	4,00
Outubro	S1	6,70	128	7,40	30,30	1,90
	S2	7,20	59	9,39	28,30	4,00
Dezembro	S1	7,40	124	5,25	26,00	1,00
	S2	6,80	95	5,87	27,00	4,00

Cond.: condutividade; O₂ diss.: oxigênio dissolvido; Temp.: temperatura; Transp.: transparência da água.

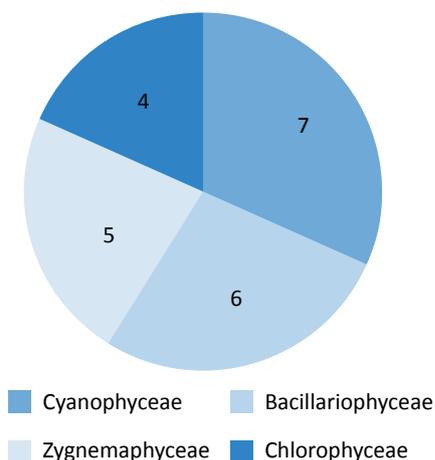


Figura 2 – Composição dos grupos fitoplanctônicos registrados nos pontos de amostragem.

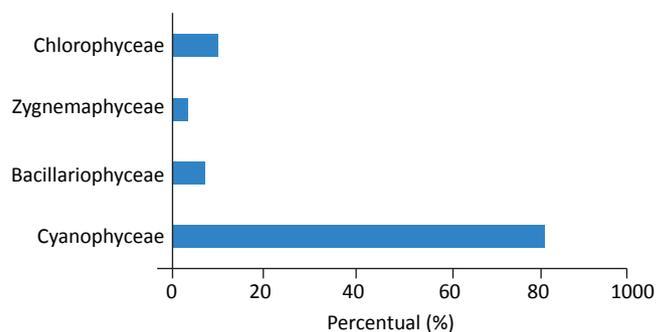


Figura 3 – Abundância relativa das classes fitoplanctônicas encontradas nos pontos amostrados.

pontos de amostragem; sua composição foi mista, com destaque aos gêneros potencialmente tóxicos, como *Microcystis* e *Anabaena*. A maioria dos florescimentos foram registrados no ponto S1 do rio, nos meses de março ($1,4 \times 10^5$ cel mL⁻¹), abril ($1,2 \times 10^5$ cel mL⁻¹) e outubro ($1,8 \times 10^5$ cel mL⁻¹). Contudo, florescimentos de *Microcystis* (*M. aeruginosa*, *M. sp*) foram também presentes na região no ponto S2, entre os meses de julho ($1,3 \times 10^4$ cel mL⁻¹) e agosto (1×10^4 cel mL⁻¹). Não foi ob-

servado qualquer padrão de sazonalidade na ocorrência dos florescimentos durante o período amostrado. Foi verificada uma correlação positiva entre a densidade de cianobactérias durante os florescimentos frente aos valores de temperatura ($r = 0,87$; $p < 0,01$) e à transparência da água ($r = 0,67$; $p < 0,01$) nos locais de coleta, enquanto os demais parâmetros físicos e químicos não apresentaram correlações significativas ($p > 0,01$).

Microcistinas no seston e acumulados em *Limnoperna fortunei*

Os resultados referentes à presença de microcistinas no seston e acumulados em *Limnoperna fortunei* estão descritos na Tabela 2. Foi detectada apenas a presença da variante de microcistina — (D-Leu¹)-microcistina-LR — no seston, com seus maiores valores nas amostras coletadas no ponto S1, com destaque nos meses de março ($18,6 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$) e outubro ($23,3 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$), períodos em que a temperatura da água foi mais elevada.

Contudo, a cianotoxina foi registrada com seu maior valor ($19,0 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$) em uma das amostras coletadas no ponto S2, em julho, quando a temperatura da água foi ligeiramente menor.

As concentrações de microcistina presentes no seston demonstraram uma correlação positiva ($r=0,81$; $p < 0,01$) com as densidades dos florescimentos de cia-

Tabela 2 – Cianobactérias (gêneros e espécies) e concentrações de microcistinas presentes no seston e em *Limnoperna fortunei* nos pontos amostrados.

Meses	Pontos de coleta	Cianobactérias	Seston ($\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$)	<i>Limnoperna fortunei</i> ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
Março	S1	<i>Anabaena</i> ^c , <i>Geitlerinema</i> , <i>Leptolyngbya</i> , <i>Microcystis</i> ^{ab} , <i>Phormidium</i> ,	18,60	100,00
	S2	<i>Microcystis</i> ^{ab} , <i>Anabaena</i> ^{cd}	9,56	170,00
Abril	S1	<i>Microcystis</i> ^a	9,07	n.d.*
	S2	<i>Microcystis</i> ^b	n.d.*	n.d.*
Maio	S1	<i>Microcystis</i> ^a	n.d.*	n.d.*
	S2	<i>Microcystis</i> ^b , <i>Anabaena</i> ^d	n.d.*	n.d.*
Junho	S1	<i>Microcystis</i> ^a	1,30	195,20
	S2	<i>Microcystis</i> ^b	19,60	n.d.*
Agosto	S1	<i>Microcystis</i> ^{ab}	2,60	47,60
	S2	<i>Microcystis</i> ^a	8,20	n.d.*
Outubro	S1	<i>Anabaena</i> ^{cd} , <i>Aphanocapsa</i>	23,30	79,40
	S2	<i>Microcystis</i> ^b	n.d.*	n.d.*
Dezembro	S1	<i>Anabaena</i> ^{cd} , <i>Microcystis</i> ^{ab} ,	n.d.*	49,60
	S2	<i>Microcystis</i> ^a	n.d.*	n.d.*

^a*Microcystis aeruginosa*; ^b*Microcystis sp*; ^c*Anabaena circinalis*; ^d*Anabaena spiroides*; *nd: não detectado.

nobactérias registradas nos locais de coleta durante o estudo. Contudo, em alguns meses amostrados (maio e dezembro) não foi detectada a hepatotoxina nos locais, embora houvesse a presença, em baixas densidades ($\geq 10^3$ cel.ml⁻¹), de cianobactérias (*Microcystis* e *Anabaena*) potencialmente produtoras de toxinas.

De forma semelhante às amostras do seston, foi identificada e detectada em *Limnoperna fortunei* a presença da variante de (D-Leu¹)-microcistina-LR. A toxina contida nos bivalves apresentou seus maiores valores nas amostras coletadas no ponto S1. Não foi constatado padrão temporal no acúmulo de microcistinas no mexilhão dourado. Os maiores níveis dessa toxina no me-

xilhão dourado foram registrados nos meses de março (170,0 µg.g⁻¹ – Ponto S2) e julho (195,2 µg.g⁻¹ – Ponto S1). Em determinados períodos de coleta, como nos meses de abril e maio, não foi registrada a toxina nos bivalves, apesar da presença confirmada de cianobactérias (*Microcystis* e *Anabaena*) produtoras de toxinas nas amostras. Situações inversas foram observadas na ocasião da detecção de toxina no molusco, nos meses de agosto (47,6 µg.g⁻¹ – Ponto S1) e dezembro (49,6 µg.g⁻¹ – Ponto S2), frente à reduzida presença ou ausência, respectivamente, da toxina no seston. Não foi constatada correlação significativa ($r=0,33$; $p>0,01$) entre as concentrações de microcistinas no seston e seus níveis acumulados nos moluscos.

DISCUSSÃO

Os resultados apontaram que a composição da comunidade fitoplanctônica foi influenciada por características físicas e químicas da água no ambiente, desde o fitoplâncton total, o total de cianobactérias presentes e o domínio de *Microcystis* spp e *Anabaena* spp nas florações registradas. De modo geral, o surgimento de florescimentos de cianobactérias está condicionado a ambientes com temperaturas elevadas e pH próximos ou acima da neutralidade. Os resultados apresentados no estudo apontaram os meses mais quentes, principalmente no verão, como os mais propícios para uma maior diversidade de táxons, embora os florescimentos de cianobactérias encontrados nesse período tenham apresentado uma composição específica reduzida nos representantes das comunidades fitoplanctônicas. Segundo Paerl *et al.* (2001), são inúmeros e complexos os fatores físicos e químicos que controlam a formação de florescimentos de cianobactérias planctônicas. Frequentemente, fatores físicos e químicos da água podem influenciar na dominância e no estabelecimento de gêneros e espécies fitoplanctônicas em diferentes ecossistemas aquáticos. Em adição, esses organismos podem estar fortemente regulados por condições ambientais presentes no ambiente (LINS *et al.*, 2016).

A ocorrência de frequências de florescimentos de cianobactérias (*Microcystis* spp e *Anabaena* spp) no rio São José dos Dourados demonstra a influência das variáveis físicas e químicas da água como condicionantes para sua manutenção no ambiente. Os valores registrados em alguns dos parâmetros físicos e químicos na área de estudo foram próximos aos descritos por Kotak

(2000) e Zurawell *et al.* (2005) como os principais fatores condicionantes na formação e na manutenção de florações em ambientes eutrofizados. A presença desses florescimentos no ambiente monitorado é indicativo do comprometimento da qualidade de suas águas registradas nos últimos anos. Uma série de fatores desencadeantes poderia estar propiciando condições aos florescimentos de cianobactérias recorrentes no ambiente avaliado. Entre esses possíveis fatores está o aumento de poluição nas fontes pontuais e difusas, que favorece uma maior entrada da carga de nutrientes no ambiente aquático. Ações associadas ao uso do solo na área de entorno do corpo hídrico — como monoculturas intensivas (como a cana-de-açúcar), o uso crescente de defensivos agrícolas; o aumento da carga de esgoto sanitário e industrial lançado no corpo hídrico, sem um tratamento apropriado; e a crescente expansão de empreendimentos aquícolas ao longo do rio (pisciculturas intensivas em sistemas de tanque-rede) — podem vir a contribuir para a eutrofização do local.

Os maiores níveis registrados de microcistinas no seston estiveram associados com os picos de maiores densidades de *Microcystis* spp e *Anabaena* spp. Contudo, houve ocasiões com ausência da toxina nas amostras analisadas apesar da presença de cianobactérias produtoras no local. Essa condição de ausência das toxinas pode estar associada não apenas à composição de representantes (espécies/gêneros) potencialmente tóxicos, mas também à proporção relativa de linhagens tóxicas e não tóxicas de cianobactérias dentro de uma mesma população (PARK *et al.*, 1998; OZAWA *et al.*, 2003). Outro aspecto

relevante das variações encontradas pelo presente estudo é que a alta concentração de microcistinas pode ter ocorrido durante a fase exponencial de crescimento da floração (PARK & LWAMI, 1998)

Foi evidenciada uma correlação entre os valores de biomassa de *Microcystis* spp e *Anabaena* spp com as concentrações registradas de microcistinas nas amostras do seston nos pontos avaliados. Essa condição apresenta concordância ao padrão descrito por Zhang et al. (2009a), que apontaram as variações (espaciais e temporais) de microcistinas intracelulares na coluna de água como reflexo das alterações de biomassa dessas cianobactérias. A variabilidade na presença de microcistinas no ambiente de estudo demonstrou que a concentração dessa toxina no fitoplâncton foi altamente dinâmica, refletindo, em grande parte, uma condição de resposta às flutuações das abundâncias relativa e absoluta das cianobactérias (*Microcystis* spp e *Anabaena* spp) produtoras de toxinas no local (ZURAWELL et al., 1999; KOTAK, 2000).

As variações dos níveis presentes de microcistinas no mexilhão dourado revelam uma possível resposta às flutuações na composição de cianobactérias (tóxicas e não tóxicas), como também na capacidade desses moluscos em reterem e depurarem a hepatotoxina. Essa tendência foi verificada em períodos em que os níveis de microcistinas em *L. fortunei* coincidiram com suas altas concentrações no seston, o que pode ser explicado pela abundância encontrada de cianobactérias produtoras de toxinas (*Microcystis* spp e *Anabaena* spp) nos florescimentos. Um situação parecida foi descrita por Zurawell et al. (1999), que correlacionaram as concentrações de microcistinas – LR em três espécies de gastrópodes (*Lymnaea stagnalis*, *Physa gyrina*, e *Helisoma trivolvis*) coletados em um lago eutrófico-hipertrófico no Canadá aos níveis contidos da toxina no fitoplâncton.

Essa condição observada de sincronismo na ascensão e queda da toxina no seston e no mexilhão dourado indicam que a dinâmica da toxina nos bivalves foi impulsionada pelo conteúdo de microcistinas presentes nos florescimentos (ZHANG et al., 2009a) e por possíveis variações na presença de células de cianobactérias tóxicas e não tóxicas presentes na coluna de água (DIONISIO PIRES et al., 2004). Uma estudo realizado por Falconer et al. (1992) com o mexilhão *Mytilus edulis* em estuário, destacou que o aumento da hepatotoxicidade

no animal foi associado durante uma densa floração da cianobactéria (*Nodularia spumigena*) ocorrida no local, a qual diminuiu rapidamente sua toxidez após o término do florescimento. Torna-se importante também considerar a hipótese de possível oscilação na concentração de cianotoxinas contidas nas algas durante eventos de florescimentos. Chen & Xie (2007) constataram que três espécies de bivalves (*Cristaria plicata*, *Hyriopsis cumingii* e *Lamprotula leai*) apresentaram aumento e declínio nos níveis acumulados de microcistinas, em diferentes tecidos do corpo, que decorreram basicamente de variações substanciais de toxinas contidas em florescimentos de cianobactérias no Lago Taihu (China).

A presença de microcistina em *Limnoperna fortunei* em ocasiões de reduzidas densidades de cianobactérias e baixos valores detectáveis dessa hepatotoxina no seston pode estar diretamente associada a vestígios acumulados dessa cianotoxina de florescimentos anteriores ocorridos no local, como também de uma possível redução na atividade de desintoxicação da toxina ingerida pelos bivalves, configurando uma possível desintoxicação parcial (GÉRARD et al., 2009). É provável que os níveis presentes dessa toxina em *L. fortunei*, na circunstância considerada, seja uma resposta do vagaroso processo de desintoxicação do animal às toxinas absorvidas após ingestão das células tóxicas de cianobactérias, e do tempo que esses bivalves foram continuamente expostos aos florescimentos no local.

Normalmente os moluscos que habitam locais com alta contaminação por cianotoxinas estão mais predispostos a acumular as toxinas (GÉRARD et al., 2009). A ação prolongada de pastejo do mexilhão dourado sobre as florações de cianobactérias, com a filtragem de células (simples e colônias) de cianobactérias tóxicas na água, pode ter representado um fator de incremento dessa toxina acumulada no animal, como tem sido verificado em outros grupos de moluscos que acumulam microcistinas após longos períodos expostos a florescimentos de cianobactérias tóxicas (GÉRARD et al., 2009). Embora o presente estudo não tenha se detido a uma avaliação criteriosa dos aspectos do tempo de depuração de microcistinas em *L. fortunei* expostos aos florescimentos de cianobactérias, torna-se importante considerar tal perspectiva no âmbito de futuros trabalhos, tendo em vista as escassas informações sobre a

potencial capacidade dessa espécie de molusco em acumular cianotoxinas.

A presença do mexilhão dourado em ambientes impactados por florescimentos de cianobactérias sugere que esses bivalves invasores possuam estratégias de tolerância à exposição a cianobactérias tóxicas, permitindo, assim, reproduzir e sobreviver. Estudos em laboratório envolvendo a ingestão de células de *Microcystis* tóxicas por *L. fortunei* reforçam a ideia de um possível mecanismo de desintoxicação, garantindo, assim, sua tolerância às cianotoxinas mesmo após prolongada exposição (GAZULHA *et al.*, 2012; BOLTOVSKOY *et al.*, 2013). A literatura elucida que os bivalves marinhos e de águas doces representam o grupo dos moluscos mais resistentes às toxinas de cianobactérias e capazes de transferi-las ao longo da cadeia alimentar (MARTINS & VASCONCELOS, 2009). Há também indícios de que o sucesso dos bivalves em suportar elevados conteúdos de microcistinas durante período prolongado poderia estar associado à baixa absorção da toxina em seus tecidos ou mesmo uma rejeição seletiva (JUHEL *et al.*, 2006) e uma diminuição na filtração (VANDER-PLOEG *et al.*, 2001) de células de *Microcystis* e suas toxinas durante florescimentos.

Este estudo verificou que a microcistina contida no fitoplâncton e a composição da comunidade fitoplancônica (ou seja, a abundância de *Microcystis* spp e *Anabaena* spp.), influenciadas pela qualidade da água do ambiente, foram determinantes sobre as variações

encontradas da toxina em *Limnoperna fortunei*. Apesar do mexilhão dourado não representar uma fonte de alimento direta para o consumo humano, deve ser considerado seu risco na ingestão de organismos aquáticos (e.g., peixes) que incluam esse bivalve em sua dieta alimentar (CANTANHÊDE *et al.*, 2008; VERMULM JUNIOR & GIAMAS, 2008; PAOLUCCI *et al.*, 2010). A presença de microcistinas no mexilhão dourado evidencia o potencial desse bivalve invasor como vetor para a transferência das toxinas de cianobactérias para os níveis tróficos superiores, aumentando o risco de bioacumulação das cianotoxinas nos ecossistemas aquáticos. Nesse sentido, torna-se necessária uma avaliação dos riscos combinados da presença de florescimentos de cianobactérias tóxicas e da transferência de microcistinas em componentes da cadeia alimentar aquática decorrente do consumo do mexilhão dourado contaminado com essas toxinas.

Em razão da presença verificada de microcistinas em *Limnoperna fortunei* nas amostras analisadas, conclui-se que o ambiente em estudo oferece riscos associados à presença das florações de cianobactérias, bem como à possível bioacumulação de componentes da cadeia alimentar aquática por cianotoxinas. Esse fato requer uma maior atenção dos órgãos fiscalizadores e monitoramento ambiental quanto a uma maior rigidez nas ações de controle da eutrofização, a fim de minimizar o surgimento de florações de cianobactérias tóxicas e de reduzir a exposição dos organismos aquáticos e dos seres humanos às suas toxinas.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo suporte financeiro

para execução de pesquisa e pela concessão das bolsas de estudo (Processos: 2006/53502-0 e 2009/00412-1).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. R.; SPIANDORELLO, F. B.; GIROLDO, D.; YUNES, J. S. The effectiveness of conventional water treatment in removing *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans, *Microcystis* sp. and microcystins. *Water SA*, v. 42, n. 4, p. 606-611, 2016.
- AVELAR, W. E. P.; MARTIM, S. L.; VIANNA, M. P. A new occurrence of *Limnoperna fortunei* (Dunker 1856) (Bivalvia, Mytilidae) in the State of São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 64, n. 4, p. 739-742, 2004.
- AZEVEDO, S. M. F. O. & VASCONCELOS, V. M. Toxinas de cianobactérias: causas e consequências para saúde pública. In: ZAGATTO, P. A. & BERTOLETTI, E. (Eds.). *Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações*. São Carlos: RiMa, 2008. p. 433-452.

- BICUDO, C. E. M. & MENEZES, M. (Orgs.). *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições*. São Carlos: RiMa, 2006. 485 p.
- BOLTOVSKOY, D.; CORREA, N.; BORDET, F.; LEITES, V.; CATALDO, D. Toxic *Microcystis* (cyanobacteria) inhibit recruitment of the bloom-enhancing invasive bivalve *Limnoperna fortunei*. *Freshwater Biology*, v. 58, n. 9, p. 1968-1981, 2013.
- BOLTOVSKOY, D.; CORREA, N.; CATALDO, D. H.; SYLVESTER, F. Dispersion and ecological impact of invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei* in the Rio de la Plata watershed and beyond. *Biological Invasions*, v. 8, p. 947-963, 2006.
- BOLTOVSKOY, D.; SYLVESTER, F.; OTAEGUI, A.; LEITES, V.; CATALDO, D.H. Environmental modulation of reproductive activity of the invasive mussel *Limnoperna fortunei*: implications for antifouling strategies. *Austral Ecology*, v. 34, n. 7, p. 719-730, 2009.
- CANTANHÊDE, G.; HAHN, N. S.; GUBIANI, E. A.; FUGI, R. Invasive molluscs in the diet of *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1821) (Pisces, Doradidae) in the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Ecology of Freshwater Fish*, v. 17, n. 1, p. 47-53, 2008.
- CATALDO, D.; VINOCUR, A.; O'FARRELL, I.; PAOLUCCI, E.; LEITES, V.; BOLTOVSKOY, D. The introduced bivalve *Limnoperna fortunei* boosts *Microcystis* growth in Salto Grande reservoir (Argentina): evidence from mesocosm experiments. *Hydrobiologia*, v. 680, n. 1, p. 25-38, 2012
- CHEN, J. & XIE, P. Microcystin accumulation in freshwater bivalves from Lake Taihu, China, and the potential risk to human consumption. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 26, n. 5, p. 1066-1073, 2007.
- CHEN, J. & XIE, P. Seasonal dynamics of the hepatotoxic microcystins in various organs of four freshwater bivalves from the large eutrophic lake Taihu of subtropical China and the risk to human consumption. *Environmental Toxicology*, v. 20, n. 6, p. 572-584, 2005.
- CHORUS, I. (Ed.). *Cyanotoxins: occurrence, causes and consequences*. Berlin: Springer, 2001.
- CODD, G. A. Cyanobacterial toxins, the perception of water quality, and the periodization of eutrophication control. *Ecological Engineering*, v. 16, n. 1, p. 51-60, 2000.
- DARRIGRAN, C.; DAMBORENEA, C.; GRECO, N. An evaluation pattern for anti-macrofouling procedures: *Limnoperna fortunei* larvae study in hydroelectric power plant in South America. *Ambio*, v. 36, p. 575-579, 2007.
- DARRIGRAN, G. & ESCURRA DE DRAGO, I. Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. *Nautilus*, v. 114, n. 2, p. 69-73, 2000.
- DEBLOIS, C. P.; ARANDA-RODRIGUEZ, R.; GIANI, A.; BIRD, D. F. Microcystin accumulation in liver and muscle of tilapia in two large Brazilian hydroelectric reservoirs. *Toxicon*, v. 51, n. 3, p. 435-448, 2008.
- DIONISIO PIRES, L. M.; KARLSSON, K. M.; MERILUOTO, J. A.; KARDINAAL, E.; VISSER, P. M.; SIEWERTSEN, K.; VAN DONK, E.; IBELINGS, B. W. Assimilation and depuration of microcystin-LR by the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. *Aquatic Toxicology*, v. 69, n. 4, p. 385-396, 2004.
- FALCONER, I. R.; CHOICE, A.; HOSJA, W. Toxicity of edible mussels (*Mytilus edulis*) growing naturally in an estuary during a water bloom of the blue-green alga *Nodularia spumigena*. *Environmental Toxicology and Water Quality*, v. 7, n. 2, p. 119-123, 1992.
- FERRÃO-FILHO, A. S.; KOZLOWSKY-SUZUKI, B.; AZEVEDO, S. M. F. O. Accumulation of microcystins by a tropical zooplankton community. *Aquatic Toxicology*, v. 59, p. 201-208, 2002.

- GAZULHA, V.; MANSUR, M. C. D.; CYBIS, L. F.; AZEVEDO, S. M. F. O. Grazing impacts of the invasive bivalve *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) on single-celled, colonial and filamentous cyanobacteria. *Brazilian Journal of Biology*, v. 72, n. 1, p. 33-39, 2012.
- GÉRARD, C.; POUILLAIN, V.; LANCE, E.; ACOU, A.; BRIENT, L.; CARPENTIER, A. influence of toxic cyanobacteria on community structure and microcystin accumulation of freshwater molluscs. *Environmental Pollution*, v. 157, n. 2, p. 609-617, 2009.
- GKELIS, S.; LANARAS, T.; SIVONEN, K. The presence of microcystins and other cyanobacterial bioactive peptides in aquatic fauna collected from Greek freshwaters. *Aquatic Toxicology*, v. 78, n. 1, p. 32-41, 2006.
- IBELINGS, B. W. & CHORUS, I. Accumulation of cyanobacterial toxins in freshwater “seafood” and its consequences for public health: a review. *Environmental Pollution*, v. 150, n. 1, p. 177-192, 2007.
- JUHEL, G.; DAVENPORT, J.; O’HALLORAN, J.; CULLOTY, S.; RAMSAY, R.; JAMES, K.; FUREY, A.; ALLIS, O. Pseudodiarrhoea in zebra mussels *Dreissena polymorpha* (Pallas) exposed to microcystins. *Journal of Experimental Biology*, v. 209, p. 810-816, 2006.
- HUSZAR, V. L. M. & SILVA, L. H. S. A estrutura da comunidade fitoplanctônica no Brasil: cinco décadas de estudos. *Limnotemas*, n. 2, p. 1-22, 1999.
- HUSZAR, V. L. M.; SILVA, L. H. S.; MARINHO, M.; DOMINGOS, P.; SANT’ANA, C.L. Cyanoprokaryota assemblages in the eight productive tropical Brazilians waters. *Hydrobiologia*, v. 424, n. 1, p. 67-77, 2000.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. Süßwasserflora von Mitteleuropa: Band 19 (2): Cyanoprokaryota: Part 2: Oscillatoriales. Heidelberg: Elsevier/Spektrum, 2005. 759 p.
- KOTAK, B. G. Role of chemical and physical variables in regulating microcystin-LR concentration in phytoplankton of eutrophic lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 57, n. 8, p. 1584-1593, 2000.
- LEÃO, J. C.; GIORDANO, S. B.; YUNES, J. S. Microcystins uptake by the yellow clam *Mesodesma Mactroides* (Bivalvia, Mactroidea). *Atlântica*, v. 32, n. 1, p. 79-85, 2010.
- LINS, R. P. M.; BARBOSA, L. G.; MINILLO, A.; CEBALLOS, B. S. O. Cyanobacteria in a eutrophicated reservoir in a semi-arid region in Brazil: dominance and microcystin events of blooms. *Braz. J. Bot.*, v. 39, n. 2, p. 583-591, 2016.
- MARENGONI, N. G.; KLOSOWSKI, E. S.; OLIVEIRA, K. P.; CHAMBO, A. P. S.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. Bioacumulação de metais pesados e nutrientes no mexilhão dourado do reservatório da usina hidrelétrica de Itaipu Binacional. *Química Nova*, v. 36, n. 3, p. 359-363, 2013.
- MARTINS, J. C. & VASCONCELOS, V. M. Microcystin dynamics in aquatic organisms. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, v. 12, Part B, p. 65-82, 2009.
- MERILUOTO, J. & SPOOF, L. Solid phase extraction of microcystins in water samples. In: TOXIC European Project “Cyanobacterial Monitoring and Cyanotoxins Analysis”. Finland: Abo Akademi University, 2005.
- OLIVEIRA, M. D.; PELLEGRIN, L. A.; BARRETO, R. R.; XAVIER, I. G. *Área de ocorrência do mexilhão dourado (Limnoperna fortunei) na bacia do Alto Paraguai entre os anos de 1998 e 2004*. Corumbá: EMBRAPA, 2004. 19 p. Documento n. 64.
- OZAWA, K.; YOKOYAMA, A.; ISHIKAWA, K.; KUMAGAI, M.; WATANABE, M. F.; PARK, H. D. Accumulation and depuration of microcystin produced by the cyanobacterium *Microcystis* in a freshwater snail. *Limnology*, v. 4, p. 131-138, 2003.

- PACHECO, L. A.; KUNRATH, N.; COSTA, C. M.; COSTA, L. D. F.; FOES, G. K.; WASIELESKY, W.; YUNES, J. S. Identification of the toxic pentapeptide nodularin in a Cyanobacterial bloom in a shrimp farm in South American Atlantic Coast. *Pharmaceutica Analytica Acta*, v. 7, n. 5, p. 1-3, 2016.
- PAERL, H. W.; FULTON, R. S.; MOISANDER, P. H.; DYBLE, J. Harmful freshwater algal blooms, with an emphasis on cyanobacteria. *The Scientific World Journal*, v. 1, p. 76-113, 2001.
- PAOLUCCI, E. M.; THUESEN, E.; CATALDO, D. H.; BOLTOVSKOY, D. Veligers of an introduced bivalve, *Limnoperna fortunei*, are a new food resource that enhances growth of larval fish in the Paraná River (South America). *Freshwater Biology*, v. 55, v. 9, p. 1831-1844, 2010.
- PARESCHI, D. C.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; MEDEIROS, G. R.; LUZIA, A. P.; TUNDISI, J. G. First occurrence of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) in the Rio Tietê watershed (São Paulo State, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, v. 68, n. 4, p. 1107-1114, 2008.
- PARK, H. D. & LWAMI, C. Temporal variabilities of the concentrations of intra- and extracellular microcystin and toxic *Microcystis* species in a hypereutrophic lake, Lake Suwa, Japan (1991-1994). *Environmental Toxicology and Water Quality*, v. 13, n. 1, p. 61-72, 1998.
- PARK, H. D.; LWAMI, C.; WATANABE, M. F.; HARADA, K. I.; TOKIO, O.; HIDETAKE, H. Temporal variabilities of the concentration of intra- and extracellular microcystins and toxic microcystins species in a hypertrophic lake, Lake Suwa, Japan. *Environmental Toxicology and Water Quality*, v. 13, n. 1, p. 61-72, 1998.
- PASTORINO, G.; DARRIGRAN, G.; MARTÍN, S. M.; LUNASCHI, L. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor en aguas del Rio de la Plata. *Neotrópica*, v. 39, n. 101-102, p. 171-175, 1993.
- PESTANA, D.; OSTRENSKY, A.; TSCHÁ, M.K.; BOEGER, W.A. Prospecção do molusco invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) nos principais corpos hídricos do estado do Paraná, Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, v. 50, n. 34, p. 553-559, 2010.
- SANT'ANNA, C. L. & AZEVEDO, M. T. P. Contribution to the knowledge of potentially toxic cyanobacteria from Brazil. *Nova Hedwigia*, v.71, n.3/4, p. 359-385, 2000.
- SMITH, J. L. & HANEY, J. F. Foodweb transfer, accumulation, and depuration of microcystins, a cyanobacterial toxin, in pumpkinseed sun fish (*Lepomis gibbosus*). *Toxicon*, v. 48, n. 5, p. 580-589, 2006.
- TUNDISI, J. G. (Coord.). *Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. 76 p.
- UTHERMÖHL, H. Zur Vervalkammung des Quantitativen Phytoplankton: Methodik. Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie. *Mitteilung*, v. 9, p. 1-38, 1958.
- VANDERPLOEG, H. A.; LIEBIG, J. R.; CARMICHAEL, W. W.; AGY, M. A.; JOHNGEN, T. H.; FAHNENSTIEL, G. L.; NALEPA, T. F. Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) selective filtration promoted toxic *Microcystis* blooms in Saginaw Bay (Lake Huron) and Lake Erie. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 58, p. 1208-1221, 2001.
- VERMULM JUNIOR, H. & GIAMAS, M. T. D. Ocorrência do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca; Bivalvia; Mytilidae), no trato digestivo do "armal" *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1821) (Siluriformes; Doradidae), do rio Paraná, São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 175-179, 2008.
- VON RÜCKERT, G.; CAMPOS, M. C. S.; ROLLA, M. E. Alimentação de *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857): taxas de filtração com ênfase ao uso de Cyanobacteria. *Biological Sciences Acta Scientiarum*, v. 26, n. 4, p. 421-429, 2004.
- XIE, L. Q.; XIE, P.; GUO, L. G.; LI, L.; MIYAVARA, Y.; PARK, H. D. Organ distribution and bioaccumulation of microcystins in freshwater fish at different trophic levels from the eutrophic Lake Chaohu, China. *Environmental Toxicology*, v. 20, n. 3, p. 293-300, 2005.

- ZAGATTO, P. A. & BERTOLETTI, E. *Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações*. São Carlos: RiMa, 2008. 478 p.
- ZHANG, D.; XIE, P.; LIU, Y.; CHEN, J.; WEN, Z. Spatial and temporal variations of Microcystins in hepatopancreas of a freshwater snail from Lake Taihu. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 72, n. 2, p. 466-472, 2009a.
- ZHANG, D. W.; XIE, P.; LIU, Y. Q.; CHEN, J.; LIANG, G. D. Bioaccumulation of the hepatotoxic microcystins in various organs of a freshwater snail from a subtropical Chinese Lake, Taihu Lake with dense toxic *Microcystis* blooms. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 26, n. 1, p. 171-176, 2007.
- ZHANG, D.; XIE, P.; LIU, Y. L.; QIU, T. Transfer, distribution and bioaccumulation of microcystins in the aquatic food web in Lake Taihu, China, with potential risk to human health. *Science of the Total Environment*, v. 407, n. 7, 2191-2199, 2009b.
- ZURAWELL, R. W.; CHEN, H.; BURKE, J. M.; PREPAS, E. E. Hepatotoxic cyanobacteria: a review of the biological importance of microcystins in freshwater environments. *Journal of Toxicology Environmental Health, Part B*, v. 8, p. 1-37, 2005.
- ZURAWELL, R. W.; KOTAK, B. G.; PREPAS, E. E. Influence of lake trophic status on the occurrence of microcystin-LR in the tissue of pulmonate snails. *Freshwater Biology*, v. 42, n. 4, p. 707-718, 1999.

ORGANIZAÇÃO SOCIAL DE CATADORES DE RECICLÁVEIS E SEUS DESAFIOS

SOCIAL ORGANIZATION OF RECYCLABLE WASTE PICKERS AND THEIR CHALLENGERS

Neliane Robaldo Guedes Corrêa

Discente no Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), *Campus* de Aquidauana – Aquidauana (MS), Brasil.

Lucy Ribeiro Ayach

Docente no Programa de Pós-graduação em Geografia da UFMS, *Campus* de Aquidauana – Aquidauana (MS), Brasil.

Endereço para correspondência:

Neliane Robaldo Guedes Corrêa – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Campus de Aquidauana – Rua Oscar Trindade de Barros, 740 – Serraria – Aquidauana (MS), Brasil – E-mail: liaartedefazer@gmail.com

RESUMO

Existe uma vasta discussão teórica sobre a organização social de grupos de catadores de materiais recicláveis, mas poucos avanços são percebidos na prática. Muitos são os desafios a serem enfrentados para manter o grupo unido em torno de um projeto comum. O objetivo deste artigo é realizar uma abordagem da experiência vivenciada com o grupo de catadores de recicláveis da cidade de Aquidauana, Mato Grosso do Sul, e dos desafios enfrentados na tentativa de organização social desses trabalhadores, em um regime de economia solidária, traçando um paralelo com a literatura. A base metodológica utilizada foi a geografia humanística voltada à percepção. Como resultado do projeto, muitos benefícios foram percebidos pelos catadores, entretanto, não foram suficientes para diminuir a rotatividade desses profissionais no empreendimento. O tempo limitado de desenvolvimento do projeto-piloto, três anos, pode ter contribuído para que as mudanças sofressem tanta resistência por parte dos participantes.

Palavras-chave: coleta seletiva; catadores; economia solidária; percepção ambiental.

ABSTRACT

There is a vast theoretical discussion about the social organization of recyclable materials collectors groups, but few advances are perceived in practice. Many are the challenges to be faced to keep the group together around a common project. The objective of this article is to approach the experience lived with the group of recyclable materials collectors in the city of Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brazil, and the challenges faced in trying to have a social organization, in a solidarity economy system, drawing a parallel with the literature. The methodological basis used was the humanistic geography focused on perception. As a result of the project, many benefits were perceived by the collectors, however, they were not enough to reduce the turnover of collectors in the venture. The short period of the pilot project (3 years) may have contributed so that the changes suffered so much resistance from participants.

Keywords: selective collect; collectors; solidarity economy; environmental awareness.

INTRODUÇÃO

Existe uma vasta discussão teórica sobre a organização social de grupos de catadores de materiais recicláveis, mas poucos avanços são percebidos na prática. Poucos são os grupos que efetivamente têm conseguido se tornar minimamente sustentáveis em longo prazo. Qualquer grupo social precisa superar desafios para se manter unido em torno de um objetivo comum. O individualismo e a falta de solidariedade são alguns desses desafios.

Na organização social de catadores, outros desafios se destacam, como: discriminação e marginalização da sociedade; falta de recursos e apoio governamental; baixa escolaridade dos catadores; alta rotatividade dos catadores nos grupos; descontinuidade dos projetos e programas governamentais, entre outros.

Todos esses desafios causam impactos que influenciam o fator psicológico na percepção, refletindo na tomada de decisões dos catadores. Como resultado, a baixa autoestima é um dos obstáculos nos relacionamentos internos dentro do grupo, assim como o individualismo e a falta de estímulo para a solidariedade, que são determinantes no sucesso dos empreendimentos sociais de catadores.

Na busca de métodos que possam enfrentar esses desafios, apresenta-se o sistema de economia solidária, que tem sido largamente utilizado como ferramenta para viabilizar a organização social de trabalhadores excluídos e sem perspectivas, em curto prazo, como é o caso dos catadores de materiais recicláveis. A economia

solidária está baseada principalmente na solidariedade, e não no capital, na participação dos membros nas decisões internas e na divisão igualitária do trabalho e da renda (SINGER, 2001).

Existe, ainda, por parte dos catadores uma grande resistência ao sistema, devido, principalmente, ao seu caráter inovador. Habitados à figura do patrão, à obediência sem questionamentos, uma realidade vivenciada ao longo do tempo, a mudança tem sido conflitante para muitos grupos de catadores.

Conhecer os fatores que influenciam na percepção de si e do seu meio, e que levam as pessoas a tomarem uma decisão, pode ajudar no planejamento dos empreendimentos, favorecendo as chances de sucesso dos empreendimentos solidários de catadores.

O objetivo deste artigo é realizar uma abordagem da experiência vivenciada com o grupo de catadores de recicláveis da cidade de Aquidauana, Mato Grosso do Sul, e os desafios enfrentados na tentativa de organização social desses trabalhadores, traçando um paralelo com a literatura. A análise apresentada se refere ao período de maio de 2011 a março de 2013, no qual foi desenvolvido o projeto-piloto de coleta seletiva na cidade.

A base metodológica da pesquisa é a geografia humanística voltada à percepção. Além do levantamento bibliográfico relacionado ao tema, foram utilizados dados secundários do projeto desenvolvido no período de 2011 a 2013.

A COMPLEXIDADE DA MOTIVAÇÃO E DO COMPORTAMENTO DOS CATADORES

Na geografia humana, a dimensão psicológica é fator determinante para o estudo do comportamento das sociedades, não só a psicologia, como também a economia, a história, entre outras ciências, precisam ser utilizadas nos estudos da compreensão das motivações humanas. Desde a década de 1970, Tuan (1975) já demonstrava crescente interesse na dimensão psicológica das atitudes e dos valores em relação ao meio ambiente e ao espaço. Em seus estudos, tenta encontrar, pela natureza humana, os sentidos universais nas experiências particulares. “É a busca da autocompreensão, para entender, então, a humanidade e a nossa essência” (PÁDUA, 2013, p. 15).

A autocompreensão, por sua vez, envolve um trabalho complexo, pois cada indivíduo percebe, reage e responde diferentemente às ações sobre o ambiente em que vive, e suas atitudes estão baseadas em suas experiências vividas, sua percepção do presente, nas possibilidades e perspectivas futuras e nas expectativas baseadas em suas crenças e seus valores, por isso não existe previsibilidade na ação e reação das pessoas (TUAN, 1975; FERNANDES *et al.*, 2015).

A percepção é, portanto, particular e individualizada. Não é possível que duas pessoas tenham a mesma percepção, mesmo que sejam irmãos e tenham tido

uma infância juntos, cada um terá sido impactado pelo ambiente de forma individual e terá expectativas presentes e futuras diferentes, mesmo que suas crenças e seus valores sejam semelhantes. Essa é uma das dificuldades encontradas na organização social de qualquer grupo ou setor da sociedade. As crenças e os valores, no entanto, aproximam as pessoas, que tendem a ter motivações e comportamentos semelhantes. O conhecimento sobre essas crenças e esses valores possibilita o avanço no sentido de melhorar a interação do indivíduo com o mundo e a sua valorização enquanto pessoa.

As crenças e os valores surgem da possibilidade humana de se perceber, de ter consciência de si mesmo. Pádua (2013, p. 26) afirma que “o ambiente é um mundo inautêntico com o qual nos relacionamos ingenuamente por meio de coisas; o mundo, por sua vez, não é nem uma coisa nem um conjunto de coisas, é o reino de nossa experiência, onde encontramos as coisas, os outros e nós mesmos”. A liberdade existencial permite que nossa percepção e nossos pensamentos entrem no campo da imaginação nos projetando para o futuro. Cada indivíduo comanda seu mundo e reduz o outro a um objeto de seu mundo (TUAN, 1975).

É de extrema relevância observar os fatores que influenciam positivamente ou negativamente a percepção dos catadores, visto que suas motivações e decisões são totalmente influenciadas pelo que os trabalhadores pensam de si mesmos e do mundo. As iniciativas que objetivam a mudança dessa percepção encontram diversas barreiras. Segundo Pádua (2013, p. 29), é pela vivência que o homem se põe em contato com o mundo dos objetos exteriores, e esses “produzem e possuem uma geografia a partir de suas experiências de mundo, de suas noções de território e lugar, com foco na compreensão de como espaços se transformam em lugares”.

Ao analisarmos o que Pádua (2013) afirma, é possível perceber a dificuldade encontrada pelos catadores em criar expectativas a respeito da melhoria da sua condição de vida. Seu cotidiano em meio ao lixo, ano após ano, convivendo diariamente com o chorume e o odor que ele exala, em meio a uma paisagem sempre em desconstrução, não favorece que sua percepção e seus pensamentos sigam para o campo da imaginação, projetando-os para um futuro diferente daquele ao qual estão acostumados: feio, sujo e indesejável.

De forma geral, os catadores têm dificuldade de se projetar para um futuro diferente e melhor. Adiciona-se a isso a convivência rotineira com a discriminação e a marginalização; como Rodriguez (2002) aborda, falando a respeito do sofrimento experimentado com a rejeição social por seu contato permanente com o lixo, muitos são “confundidos” com os rejeitos. São vítimas do mais alto grau de exclusão e ficam relegados às zonas mais “selvagens” da cidade: as lixeiras, as ruas e os guetos, onde vendem seus produtos.

Frequentemente, esses setores não só estão à margem do sistema, mas são marginalizados ao serem responsabilizados pela sua própria exclusão, e por estarem na situação em que se encontram, por causa de sua instrução precária ou analfabetismo ou seus costumes primitivos.

Outro erro comum de interpretação é achar que esses setores estão impossibilitados e excluídos apenas do acesso ao consumo de bens. Mance (2005) afirma que cresce cotidianamente no mundo o número de excluídos, ao passo em que a concentração da riqueza é cada vez maior. Enquanto os 20% mais ricos da população mundial são responsáveis por 86,0% do total de gastos em consumo privado, os 20% mais pobres respondem apenas por 1,3%. São mais de um bilhão de pessoas privadas de satisfazer suas necessidades básicas de consumo. Porém, é um erro interpretar que é apenas do consumo que as pessoas estão excluídas. Esses erros de interpretação têm levado ao desenvolvimento de estratégias educativas “integradoras”, mas que resultam apenas em inclusão desses setores ao consumo dos bens materiais e culturais aos quais tinham acesso (BORDENAVE, 1994; SINGER, 2001; RODRIGUEZ, 2002).

A impossibilidade de acesso dos catadores não pode ser resumida ao aspecto do acesso ao consumo de bens, seu afastamento vai além do consumo e perpassa a possibilidade de participação nas decisões. Para Carrion (2003), a possibilidade de tomar decisões não quer dizer assumir um poder, mas ter, de alguma forma, uma proximidade com o poder, proximidade que se refere à participação em decisões de natureza técnica, organizacional e econômica.

O interesse das massas em participar nos processos decisórios tem se generalizado no Brasil nos últimos anos. A participação é o assunto do momento porque há um descontentamento geral do povo devido à sua

impossibilidade de participação sobre assuntos que dizem respeito a todos, mas que apenas poucos decidem (BORDENAVE, 1994).

A participação nas decisões pode ser considerada uma necessidade fundamental do ser humano, uma vez que lhe possibilita exprimir sua tendência inata de realizar, afirmar-se e dominar a natureza e o mundo, contemplando também necessidades importantes como a interação entre os indivíduos, o desenvolvimento do pensamento reflexivo, o prazer de criar e recriar as coisas, a valorização de si mesmo pelos outros.

Bordenave (1994) afirma que a participação proporciona um envolvimento do indivíduo com a causa, gerando um sentimento de pertencimento, produzindo, por sua vez, atitudes de solidariedade. Nesse sentido, a frustração decorrente da necessidade de participar constitui uma mutilação do homem social. A participação no processo decisório gera satisfação pessoal.

Esse mesmo autor afirma que a participação social é efetiva quando, como resultado da participação política, há uma correspondente participação nas decisões sobre os modos de produção, gestão e usufruto, com acesso universal, o que não ocorre na democracia liberal. No caso dos rituais eleitorais, por exemplo, a participação macrossocial é fictícia, pois os eleitores não

Economia solidária: um caminho ou desafio?

Para Singer (2001), nenhuma sociedade é isenta de competição ou de solidariedade, existe sempre um pouco de ambas, para que haja condições para a perpetuação da vida humana, ainda que uma se sobreponha à outra. Uma sociedade sem nenhum tipo de solidariedade, baseada unicamente na competição, pereceria em pouco tempo.

No sistema capitalista, as interações sociais acontecem de forma competitiva nas relações econômicas, políticas e lúdicas, e também de forma solidária nas relações familiares, de vizinhança, no trabalho, nos esportes. O equilíbrio competitivo pode ser obtido, no sistema capitalista, pela competição livre de oferta e demanda que regula naturalmente o mercado. Contudo, o uso do capital fixo por um pequeno grupo de empresas gigantes ou multiempresas transnacionais monopoliza a produção, a distribuição e a comunicação, manipula as leis de mercado, favorecendo uma pequena parcela da

possuem ou administram os meios de produção material e cultural. Sendo assim, a participação tem duas bases motivacionais complementares: a base afetiva, que gera prazer em fazer as coisas com outros, e a base instrumental, que torna mais eficaz e eficiente fazer as coisas com os outros do que sozinho.

Governos autoritários acreditavam que havia certa segurança no autoritarismo e que o povo se sentia aliviado por não ter de tomar decisões. Esse tipo de pensamento reforçou o cenário de competição feroz, que se instaurou entre os gigantes capitalistas no mercado financeiro e entre as gerências das empresas para maximizar lucros e minimizar custos. As decisões gerenciais não se preocuparam com a opinião, nem houve abertura para a participação dos operários. Criou-se um ambiente de competitividade feroz nas empresas, com objetivo de melhorar o desempenho conjunto, fomentando espírito de equipe, mas, ao mesmo tempo, ressaltando o desempenho individual, premiando com recompensas materiais ou morais (BORDENAVE, 1994).

Nesse ambiente capitalista, os indivíduos precisam adaptar-se a essa contradição: ser competitivo e individualista ou solidário, com “espírito de equipe”, de acordo com o que a situação exige. Singer (2001) afirma que há fortes indícios de que as atitudes competitivas tendem a prevalecer.

sociedade, forçando dezenas de milhões de consumidores a escolherem entre um número muito limitado de marcas que, em geral, oferecem produtos padronizados e com preços muito semelhantes (SINGER, 2001).

O que se observa na prática é a manipulação por parte de um pequeno grupo, que detém a posse do capital e conseqüentemente o poder, das leis de mercado em benefício próprio, sem a participação dos operários, em qualquer nível, nas decisões das empresas capitalistas. Como consequência, os operários menos preparados são excluídos das empresas.

Bordenave (1994) afirma que, se uma população apenas produz e não usufrui, ou usufrui mas não toma parte na gestão, não se sente integrante do processo. A inclusão e a participação nos processos decisórios não devem ter o contexto consumista, mas o de processo coletivo transformador, no sentido político, no

qual os setores marginalizados se incorporam à vida social por direito próprio, e não como convidados. Resulta assim a conquista da participação em todos os processos dos quais uma população faz parte, como o direito de decidir como produzir, distribuir, consumir, opinar na vida política e na criação cultural.

O objetivo final e ambicioso da participação é a “autogestão”, que representa uma relativa autonomia dos poderes do Estado e das classes dominantes, sem, contudo, caminhar para a anarquia, mas para o aumento da consciência política dos cidadãos.

O sistema atual de desenvolvimento não consegue absorver a totalidade da sociedade na produção de bens, excluindo alguns setores. É o que se observa em relação aos catadores de recicláveis que são relegados às margens do sistema produtivo formal, restando para eles unicamente a informalidade, e da informalidade as sobras, os restos, o lixo. Dedicam-se às atividades informais de subsistência, passam dias, meses e anos como desempregados, oferecendo seu trabalho, sem sucesso, na busca de ingressar no mercado formal, que para eles não existe.

Essa é a consequência do resultado lógico e natural desse modelo de desenvolvimento que é desigualmente repartido, provocando o superdesenvolvimento de uns, por meio do subdesenvolvimento de outros, ou seja, para que uns acumulem vastos patrimônios e riquezas, outros precisam ser explorados e sacrificados. Para concentrar o poder, a participação política da maioria da população precisa ser reduzida.

Santos (1996) acredita que a modernidade conseguiu resolver muitas questões que se propunha a resolver, mas outras ficaram sem respostas, agravando as discrepâncias sociais, tornando a distância entre ricos e pobres cada vez mais acentuada.

A globalização transformou os mercados mundiais e locais e causou vários efeitos que podem ser sentidos. É inegável o crescimento da produção com a abertura dos mercados, mas é inegável também o agravamento das desigualdades sociais em nível local e mundial, aumentando os setores que ficam na marginalidade desse crescimento sem precedentes.

A exclusão social é favorecida pelo desconhecimento das populações excluídas do que fazer para se evitá-la, ou rompê-la. Os movimentos sociais se mobilizam em

prol da inclusão e da participação de parte dessa população, propiciando o surgimento de empreendimentos baseados na solidariedade, no igualitarismo e na autogestão. Singer (2001) afirma que nas sociedades mais pobres, na percepção de fragilidade pela falta de segurança e esperança no futuro, as pessoas se tornam mais solidárias, na perspectiva de serem ajudadas quando tiverem necessidade (SINGER, 2001).

Como Singer (2001) afirma, nas organizações sociais e econômicas mantidas pelos pobres é compreensível que a lógica da solidariedade se sobressaia à competição social, com o fim de proporcionar a seus associados a possibilidade de participar do processo de produção negado pelo sistema capitalista, autoritário. No sistema capitalista, o único objetivo é o lucro, negando a participação da maior parcela da sociedade, mais pobre, que não possui capital para pagar por sua presença nas decisões de produção. O que caracteriza as empresas de economia solidária é a substituição do capital pela solidariedade e pelo autossacrifício.

No Brasil, assim como em outros países, as empresas de economia solidária são constituídas por indivíduos abandonados à própria sorte, excluídos socialmente, e que veem nessas empresas a possibilidade de participação social efetiva. Brito *et al.* (2008) observam que há alguns desafios nos empreendimentos solidários no que se refere à efetiva participação dos membros nos processos decisórios e em relação à viabilidade econômica da empresa.

As empresas de economia solidária propõem a organização e a promoção social de seus membros, mas têm a função de produzir bens e serviços dentro de certo grau relativo de eficiência financeira e econômica, assim como as empresas no sistema capitalista. Na dimensão política, a questão central se refere à circulação do poder como elemento condicionante do processo decisório e das ações administrativas dentro dessas entidades. O desafio seria, portanto, a propriedade de articular, dentro de uma mesma estrutura organizacional, estas duas dimensões — a política e a econômica — que conferem a tais organizações um caráter específico (BRITO *et al.*, 2008).

A questão da viabilidade econômica da empresa de economia solidária é que não existe um mercado diferenciado para que ela realize as suas transações mercantis. Apesar de sua forma diferenciada de ges-

tão, está sujeita às mesmas leis de mercado comuns às empresas privadas. O fato de serem solidárias não garante seu êxito. Para ultrapassar os tempos iniciais e permanecer em operação, é necessário muitas horas de dedicação, nem sempre remuneradas, e que os laços de solidariedade e confiança sejam firmados entre os associados.

Essa é uma das contradições na gestão dos empreendimentos solidários. De acordo com Brito *et al.* (2008), ao tentar se ajustar ao mercado, esses empreendimentos reproduzem as mesmas relações que se dão nos empreendimentos capitalistas, que competem em um mercado acirrado e precisam diminuir custos para aumentar a lucratividade, se descaracterizando como proposta concreta de superação das contradições e dos problemas sociais.

Valentim (2006) observa que, mesmo organizados em um empreendimento solidário, há o risco da manutenção de seus membros sob um regime de exclusão, visto que em muitos casos esses postos de trabalho são viáveis apenas se combinados com salários muito baixos.

Hellwig e Carrion (2007) também apontaram o problema na implantação dos processos democráticos participativos nos empreendimentos solidários, no que se refere à divisão entre o trabalho manual de produção e o de gestão, mais intelectual. Isso acontece porque os que produzem não se sentem preparados para se encarregar da gestão. A qualificação dos trabalhadores na esfera técnica, administrativa e gerencial é um desafio para a gestão democrática e participativa.

Outro desafio é a construção de uma nova percepção do ambiente de trabalho, diferente do ambiente marcado pela competição e pelo individualismo que habita o imaginário coletivo. Precisam ser estabelecidas novas relações entre capital e trabalho, baseadas na solidariedade. A dificuldade reside em construir uma nova ética baseada na cooperação, em uma empresa que está sujeita às mesmas leis de mercado, muitas vezes, selvagem e cruel (HELLWIG; CARRION, 2007).

Lixo, um problema mundial

A explosão demográfica tem sido um dos principais fatores das mudanças em nosso planeta. Um crescimento tão explosivo, aliado a um modelo de desenvolvimento não sustentável, tem causado

Por isso, a confiança entre os integrantes é de vital importância para superar a competição e o individualismo. Valentim (2006) afirma que a confiança possui relevância ímpar, pois tende a melhorar o desempenho da organização. A confiança, segundo Carrion (2003), gera atitudes pessoais levando em conta as ações futuras de outros, incertas, como se fossem certas em determinadas circunstâncias.

Uma possibilidade de atenuar o problema da participação efetiva dos membros de uma empresa, bem como incrementar a confiança entre os participantes, é a capacidade de articular seus interesses e objetivos, estabelecendo uma relação interna de forças sociais entre os grupos e as coalizões dentro do empreendimento (ALENCAR, 1997).

A participação em grupos oferece aos indivíduos a oportunidade de se tornarem políticos na busca de seus objetivos, com a possibilidade de influência até mesmo na estrutura organizacional. Os grupos de interesse imprimem esforços políticos, convencendo outros integrantes, fazendo coalizões ou resistindo às decisões tomadas.

Para ser bem-sucedido em seus objetivos, Brito *et al.* (2008) afirmam que o grupo, ou a coalizão, precisa eleger um líder qualificado e dinâmico para orientar, mobilizar e mediar os conflitos existentes. Muitas vezes, a escolha do líder é determinada pela existência, ou não, da confiança do grupo em relação a ele.

Outros fatores que podem influenciar as relações de poder dentro dos grupos são a escassez de recursos e a tentativa de controle dos recursos considerados críticos, que facilitaria o exercício do poder, permitindo influenciar no processo decisório. Entre esses recursos, podem ser citados dinheiro, prestígio, legitimidade, informações, conhecimento e capacidade de lidar com incertezas. A comunicação, formal ou informal, pode ser determinante para o sucesso dos grupos na manutenção do poder e no controle e na influência sobre os demais integrantes (VALENTIM, 2006).

sérios danos à água, ao ar, ao solo e aos recursos energéticos. Entre os problemas contemporâneos causados pelo aumento demográfico, um dos mais graves é o lixo (HESS, 1998).

O reaproveitamento e a reciclagem se tornaram mais relevantes após a Segunda Guerra, quando muitos países se viram em destroços, sem moradia, sem alimento, e seus habitantes, no espírito de sobrevivência, adotaram a reutilização ou a transformação de materiais (HEIDEN, 2008). A reciclagem se tornou de grande importância por dois grandes motivos, o primeiro é a conservação do meio ambiente. Não desperdiçando materiais, evita-se a poluição do solo, da água e do ar. Reciclar materiais descartáveis é evitar retirar mais recursos naturais por vezes não renováveis, como o petróleo. O segundo motivo é o custo da produção de matérias-primas e de energia, fornecidas pela natureza. Pode-se citar o exemplo do alumínio na sua produção a partir da bauxita, visto que mais da metade dos custos provém do uso da eletricidade. Reciclando latinhãs, economiza-se 95% da energia elétrica gasta com o minério (FARIA, 2010).

O volume dos resíduos gerados diariamente no Brasil é outra questão a ser discutida. São produzidas aproximadamente 230 mil t de lixo por dia, e cada brasileiro gera, em média, de 700 g a 1 kg de lixo por dia. Todo esse volume, quando descartado em lixões, se acumula e contamina o meio ambiente. Como solução, Lacerda (2006) acredita que se deve diminuir a geração de resíduos, além de incentivar a reutilização e a reciclagem dos materiais em desuso, para que os lixões e aterros sanitários tenham maior tempo de vida útil. O aterro sanitário é uma técnica ambientalmente segura para dispor os resíduos.

Com o crescente interesse popular pela conservação do meio ambiente, sendo para isso necessário um desenvolvimento sustentável, os governos passaram a realizar uma série de eventos na tentativa de acordo sobre quais seriam essas mudanças. O Protocolo de Quioto foi estabelecido como consequência de uma série de eventos iniciados com a *Toronto Conference on the Changing Atmosphere*, no Canadá (outubro de 1988), seguida pelo *IPCC's First Assessment Report em Sundsvall*, na Suécia (agosto de 1990) e pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (CQNUMC, ou UNFCCC em inglês).

O Protocolo de Quioto é um tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa. Discutido e negociado em Quioto, no Japão, em 1997, foi aberto para assinaturas em 11 de dezembro de 1997 e ratificado

em 15 de março de 1999, tendo poucos países ausentes, ou contrários a ele, com metas estabelecidas que cada nação, conforme suas condições geográficas, econômicas e políticas, deveria cumprir (ECO-92, 1992).

No Brasil, o movimento cresceu mais a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em junho de 1992. Em 2 de agosto de 2010, no Brasil, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010).

A política estabelece os princípios do poluidor-pagador e do protetor-recebido, da prevenção e da precaução. De acordo com Faria (2011), a lei determina diretrizes para o setor empresarial e os demais segmentos da sociedade para a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Os setores passam a ter obrigações que abrangem, entre outras determinações, o recolhimento dos produtos e dos resíduos remanescentes, após o consumo, e a destinação final ambientalmente adequada, de forma independente do serviço público.

A lei incentiva a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, municipal, estadual e federal, na gestão dos resíduos, para que a visão sistêmica considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública, e o desenvolvimento sustentável. Além disso, incentiva acordos setoriais e termos de compromisso entre o poder público e o setor empresarial, com a inclusão dos catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, tanto na logística reversa quanto na coleta seletiva, reconhecendo os resíduos sólidos como um bem econômico e de valor social (FARIA, 2011).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabeleceu o prazo para a extinção dos lixões a céu aberto para o ano de 2014. As prefeituras buscam estender esse prazo, visto que nada, ou muito pouco, se fez para resolver o problema dos lixões. O governo federal sancionou a lei, mas não destinou os recursos necessários para a implementação dos aterros sanitários. As prefeituras se justificam dizendo que seus poucos recursos não são suficientes para implementar um projeto de tamanho vulto.

Enquanto isso, o problema continua inalterado na maioria das cidades, salvo algumas exceções onde já existem programas de coleta seletiva, parcial ou total, ou projetos-piloto na tentativa de implantar a coleta seletiva, como foi o caso da cidade de Aquidauana, Mato Grosso do Sul.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROJETO-PILOTO DE COLETA SELETIVA EM AQUIDAUANA

Durante o período de maio de 2011 a junho de 2013, foi desenvolvido um projeto-piloto de coleta seletiva na cidade de Aquidauana, Estado do Mato Grosso do Sul, com o objetivo de organizar os catadores que atuavam de forma autônoma na região central da cidade em um empreendimento em regime de economia solidária. A cidade de Aquidauana possui uma população de 45,6 mil habitantes (IBGE, 2010), está situada a 139 km da capital e tem como principais atividades: indústria, serviços e agropecuária, que são a base da sua economia.

Catadores e a exclusão social em Aquidauana

Conforme dados do projeto, foram cadastrados 33 catadores (homens e mulheres); desses, 15 (44,4%) estavam trabalhando ativamente na catação do lixo, sendo essa sua única renda; 10 pessoas (30,5%) realizavam a catação como atividade complementar de renda; e 8 pessoas (25,0%) eram catadores, porém não estavam realizando a catação por algum motivo, tendo como fonte de renda apenas algum programa do governo para famílias mais humildes, mas declaravam que gostariam de voltar à atividade, caso houvesse melhoria das condições de trabalho e renda na atividade.

Os catadores de materiais recicláveis de Aquidauana são, em sua maioria, pantaneiros, alguns de origem indígena. Alguns são ex-funcionários de fazendas do Pantanal que se encontram desempregados e optaram pela atividade de catação por falta de emprego formal e por não possuírem nenhuma outra qualificação, não restando muitas opções. Muitos trabalham por mais de 10 horas e percorrem mais de 12 km/dia, chegando a ganhar entre R\$ 5,00 e R\$ 15,00 por dia. Alguns catadores realizam outro trabalho informal concomitante ao de catação, como a limpeza de terrenos, para aumentar a renda.

No início do projeto, nos meses de maio a junho de 2011, 33 catadores que trabalhavam individualmente no centro da cidade foram cadastrados e, em seguida, foram realizadas visitas às suas residências, para uma entrevista, na qual se verificou a renda e as condições de vida, oportunidade que também serviu para coletar informações para analisar a percepção de sua condição atual e suas perspectivas futuras, bem como convidá-los a fazer parte do projeto.

A cidade possui um aterro sanitário, inaugurado em 2004, mas não cumpriu as normas técnicas legais, como a localização próxima à bacia hidrográfica do córrego João Dias, o tamanho adequado da área, bem como a impermeabilização correta, desencadeando outros problemas de ordem social e ambiental. Atualmente funciona como lixão, sendo coberto por camada de terra regularmente, sem nenhum tipo de triagem ou tratamento dos resíduos.

Durante a entrevista, ficou evidente que a maioria dos catadores utilizava suas residências como depósito para os recicláveis, enquanto a quantidade era insuficiente para vender ao atravessador. Os materiais considerados “nobres”, como móveis velhos (fogões, armários, geladeiras), também ficavam nos quintais aguardando um comprador interessado, com os reciclados sem comércio em determinado momento (caixas de leite, papel branco, livros, entre outros).

Tanto os catadores como suas famílias, incluindo as crianças, ficavam em contato direto com os resíduos, sem nenhum tipo de equipamento de segurança ou proteção, sem contar os riscos de contrair doenças e de ocorrerem acidentes com materiais cortantes ou com os animais e vetores misturados ao lixo.

Nas visitas, verificou-se que a maioria não possuía energia elétrica. Apesar de ter a rede de energia nas suas residências, ela estava desligada por falta de recursos financeiros para pagar por ela. A maioria das residências possui tanto o fogão a gás como um botijão, mas também não possuía recursos financeiros para pagar pelo gás e para cozinhar os alimentos, improvisando um fogareiro a lenha.

As casas eram modestas, em sua maioria, sem piso, de chão batido, e em algumas não havia água encanada. Entre as mulheres cadastradas, três catadoras tinham filhos pequenos, que as acompanhavam no trabalho de catação pela cidade e também de separação dos resíduos nos depósitos. Ao serem questionadas sobre isso, disseram que não conseguiam vagas nas creches locais, para deixar os filhos em

segurança, e por isso eles acabavam acompanhando as mães.

Durante a entrevista, quando perguntado aos catadores qual a importância do trabalho que eles realizavam, a maioria disse que nenhuma. Eles não conseguiam ver o importante papel que realizavam. A maioria dos catadores não percebe nenhuma positividade vinda do lixo. Apenas três trabalhadores disseram que seu trabalho era importante porque recolhiam aquilo que ninguém mais queria, mas que alguém precisava dar um destino para os resíduos e eles faziam esse papel.

Quando perguntado aos catadores sobre sua perspectiva de futuro, a maioria disse que não tinha perspectivas, porque trabalhar com o lixo era “aquilo mesmo” e que já estavam acostumados, porque nada mudaria, alguns ainda citaram que “só se a prefeitura ajudasse”.

O trabalho realizado pelos catadores era de vital importância para a cidade; sem ele, a quantidade de resíduos que a cidade coletava em 2011, 25 t por dia, de acordo com o gerente da Secretaria de Meio Ambiente da cidade, seria ainda maior.

Pádua (2013) afirma que as pessoas percebem o mundo a partir das suas vivências e do contato com as coisas próximas a elas, assim, compreendem seus espaços e o transformam em seu lugar. A vivência diária dos catadores com o lixo e a falta de perspectiva dificultam sua imaginação para além do lixo e a percepção da importância que o seu trabalho representa para a cidade.

Vale lembrar, como foi dito por Bordenave (1994) e Singer (2001), que frequentemente esses trabalhadores são responsabilizados pela sua própria exclusão, por causa de sua instrução precária ou pelo analfabetismo e por entenderem que não possuem nenhuma outra capacitação para qualquer outra atividade produtiva, o que nem sempre corresponde à verdade. O que se vê é a incapacidade do sistema capitalista absorver o contingente de trabalhadores, que acaba selecionando

aqueles que se encontram mais qualificados. A maioria desses trabalhadores possui aptidão para atividades agrícolas, mas falta o capital para investir em qualquer tipo de atividade que não a de catador, que não exige nenhum tipo de investimento inicial.

Na cidade de Aquidauana já existia uma associação de catadores, que foi formalizada em 2004, denominada Associação de Separadores de Recicláveis (ASSEPAR). No início, contou como apoio e capacitação da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), porém, com os conflitos internos e desinteresse dos próprios catadores, o projeto terminou em 2006.

Quando o projeto-piloto de coleta seletiva se iniciou, em 2011, a associação estava com suas atividades praticamente paralisadas, contando com apenas quatro associados ativos e o presidente. Três associados coletavam recicláveis em algumas residências no município e vendiam o material ao presidente, que atuava como atravessador. A renda média desses associados era de R\$ 60,00 por mês. O quarto associado era contratado pelo presidente, para prensar o material comprado dos outros sócios e o papelão que a associação recebia como doação de um supermercado local. Pelo serviço de prensa, recebia R\$ 5,00 por fardo prensado, sendo que a renda média mensal era de R\$ 30,00. A comercialização dos materiais é realizada, informalmente, não pela associação, mas em nome do próprio residente.

O diagnóstico da associação evidencia que, apesar de ser um empreendimento legalmente constituído nos princípios solidários, atua como uma empresa capitalista, tendo no presidente a figura do patrão. Ele estabelece as relações de trabalho e determina o valor a ser pago por atividade desenvolvida; ainda que a matéria-prima seja fruto de doações para a associação, dela se apropria sem questionamentos por parte dos catadores. A participação dos catadores é inexistente e, talvez por isso, não há estímulo para continuar na associação, restando apenas 4 dos 60 catadores do início da associação, em 2004.

A economia solidária, uma possibilidade de mudança?

Os catadores cadastrados foram convidados a participar de três reuniões para a apresentação do projeto. Nas reuniões, foram expostas as vantagens do trabalho cooperativo, como a força para barganhar melhores preços, maior quantidade de materiais coletados

e possibilidade de enviar para lugares que ofereciam maiores lucros, entre outros. Foram apresentados os princípios para a implantação do empreendimento de economia solidária, que exigia comprometimento dos associados.

De acordo com Singer (2001), nas sociedades mais pobres, a solidariedade é mais difundida. Apesar de o individualismo ser uma tônica entre os catadores, que disputam os poucos recursos entre si, no momento em que foi apresentado o projeto foi possível observar que se sobressaiu o princípio de solidariedade, pois 33 catadores aderiram ao plano.

Com a implantação do projeto, foi formalizada uma parceria com a ASSEPAR, e os catadores autônomos passaram a incorporar a associação, que passou a ser a sede do projeto, na qual foram realizadas todas as atividades de separação, prensa e estocagem dos fardos de reciclados. Com o objetivo de se tornar um empreendimento de economia solidária, iniciou-se a capacitação dos associados, com a realização de oficinas de formação, conforme pode ser observado na Figura 1. Paralelamente à etapa de organização do trabalho e do espaço físico, aconteceram as oficinas sobre cooperativismo, economia solidária, resgate da autoestima e autogestão. As oficinas aconteceram durante cinco meses, toda

semana, às quartas-feiras, no período de junho a outubro de 2011.

Nas oficinas de formação, foram tratados temas como: importância do reaproveitamento e do trabalho dos catadores para a cidade e para o meio ambiente, com o objetivo de mostrar como o trabalho que desenvolvem é importante, pois diminui a quantidade de resíduos depositados nos aterros sanitários ou lixões. Mesmo que se sintam discriminados pela sociedade, quando confundidos com a matéria prima que trabalham, sendo sempre mantidos a distância, seu trabalho tem grande valor para a própria sociedade que os discrimina.

Questões de gênero também foram tema nas oficinas, mostrando que no sistema cooperativista cada pessoa representava um voto, todos eram iguais e tinham o mesmo peso. Até mesmo entre eles havia discriminação contra as mulheres, por causa das diferenças físicas e da impossibilidade da mulher despendar o mesmo



Figura 1 – Imagem das senhoras Maria das Dores e Maria Santos, durante a oficina de construção do conceito de solidariedade com os catadores, em junho de 2015, na sede da Associação de Separadores de Recicláveis (ASSEPAR), em Aquidauana, Mato Grosso do Sul.

esforço físico. Foi necessário mostrar que a mulher, apesar de ter menor força física, tem um raciocínio holístico e é multitarefas, diferente do homem.

Tuan (1975), ao estruturar suas ideias, costumava tratar os temas combinando-os ou comparando-os de forma binária. Utilizou-se essa estrutura para simplificar e proporcionar aos catadores a introspecção de conceitos básicos, mas ainda desconhecidos, como, por exemplo, individualismo e associativismo, ou economia solidária e capitalismo.

Os próprios catadores construíam o conceito de cada uma das palavras e do tema, identificando o que era melhor para o grupo. O objetivo nessas oficinas foi promover a participação de todos, estimulando e valorizando cada ideia. Por meio dessa atividade, os catadores começaram e exercitar a participação.

Além disso, a atividade promoveu: a percepção da possibilidade de valorização social do trabalho humano; a satisfação plena das necessidades de todos como eixo da criatividade tecnológica e da atividade econômica; o reconhecimento do lugar fundamental do homem em uma economia fundada na solidariedade; a busca de uma relação de intercâmbio respeitosa com a natureza; e os valores da cooperação e da solidariedade.

Foram utilizadas como ferramentas nas oficinas: teatro, jogos, brincadeiras e artesanato, produzidos de mate-

riais reciclados, envolvendo os catadores e sua família, o que favoreceu, tanto aos catadores como às suas famílias, o perceber-se em outras realidades, diferentes do seu cotidiano em meio ao lixo, ao feio, ao rejeito, possibilitando o despertar da criatividade.

As mãos calejadas e as juntas endurecidas pelo tempo, pelo manuseio do lixo e pelo esforço despendido para as atividades de catação, separação e prensagem representam uma das dificuldades enfrentadas pelos catadores para manusear delicadamente os materiais para criar um artesanato. Contudo, o resultado das expressões de contentamento, ao olhar para um objeto que era apenas lixo, feio e sujo, quando transformado em um objeto útil, bonito e até desejável, mostrou que valeu a pena o esforço, mesmo que o artesanato não seja tão apreciável esteticamente.

Tuan (1975) fala sobre a capacidade humana de se perceber separado das coisas, o que permite que o homem entre no campo da imaginação, projetando-se para o futuro, de acordo com as vivências de cada indivíduo. A vida difícil e misturada ao lixo, dos catadores, dificulta o despertar do imaginário para uma expectativa de vida diferente, por isso é tão importante proporcionar um ambiente de criatividade, para estimulá-lo a perceber a possibilidade de transformar coisas feias, sem valor, em coisas belas e úteis, até mesmo de mudar a própria vida, por meio da cooperação e da solidariedade.

Alguns resultados gerados pelas mudanças implantadas

Alguns resultados positivos foram percebidos logo após a implantação do projeto; com as mudanças na sede da associação, o espaço interno foi reorganizado para otimizar o aproveitamento do terreno. Os catadores foram treinados para realizar a triagem dos reciclados de acordo com a exigência dos depósitos, para valorização dos materiais, que por falta de triagem mais criteriosa perdiam valor na venda.

Com o início da coleta seletiva, foram feitas a divisão do trabalho e a implantação de controles de horas trabalhadas, de entrada, saída e venda de materiais, além disso, os catadores passaram a utilizar uniforme. Uma refeição diária passou a ser fornecida na associação, pois muitos deles se alimentavam apenas vez em casa. A tração humana foi substituída por coleta motorizada, com o auxílio de um caminhão disponibi-

lizado pela prefeitura, que arcou com as despesas do veículo (combustível e pessoal, motoristas e coletores). Entretanto, outras prioridades na gestão pública realocaram o veículo para outras tarefas, depois de seis meses de atividades da associação, obrigando os catadores a realizarem a coleta por tração humana por quatro meses.

A renda média dos catadores antes do projeto era de R\$ 30 a R\$ 60 mensais, mas apenas 4 trabalhadores estavam ativos na associação. Com o início do projeto, a renda média passou para R\$ 250 mensais, nos dois primeiros meses do projeto, para uma média de 20 catadores ativos na associação. No semestre seguinte, a renda média foi de R\$ 100 a R\$ 150 mensais para uma média de 20 catadores ativos na associação.

Alguns problemas, como a mudança da sede do projeto e a falta de prensa e de caminhão para a coleta seletiva, forçaram a paralisação das vendas por quatro meses, mas a coleta continuou a ser realizada com tração humana pelos catadores. Nesse período, a renda e o número de catadores diminuíram, porém, com a situação regularizada, em uma nova sede, com a instalação de outra prensa e o patrocínio de outro parceiro para seção de veículo para realização da coleta, no ano de 2012, a renda média saltou para R\$ 350,00 mensais nos dois primeiros trimestres e para R\$ 450,00 no segundo trimestre, beneficiando uma média de 12 catadores. O Gráfico 1 mostra a renda média trimestral dos catadores de maio de 2011 a janeiro 2013, bem como a quantidade de catadores beneficiados em cada período.

O projeto, além de ter beneficiado as famílias de catadores com a melhoria da renda, gerou benefícios para a conservação do Pantanal, tendo em vista a localização geográfica de Aquidauana e a proximidade com esse frágil e importante ecossistema. Todas as ações antrópicas na região têm influência direta no bioma pantaneiro. Muitas vezes, todo o lixo produzido na ci-

dade acaba sendo levado pelas enxurradas para as bacias hidrográficas do Rio Aquidauana e do Córrego João Dias, sendo transportado por quilômetros para dentro da vegetação pantaneira, causando diversos impactos para a biodiversidade ali existente.

No período de maio de 2011 a janeiro de 2013, deixaram de ser depositadas mais de 85 t de materiais reciclados no lixão de Aquidauana. Esses resíduos foram coletados nas residências e no comércio da cidade, e depois separados, prensados e vendidos, gerando renda para os catadores. No Gráfico 2 podemos observar a quantidade de resíduos coletados, no período de junho de 2011 a janeiro de 2013.

Foram firmadas diversas parcerias para a execução do projeto-piloto de coleta seletiva, como a Prefeitura Municipal de Aquidauana, que disponibilizou um caminhão, um motorista e dois funcionários para a coleta dos reciclados nas residências. Outras dez empresas comerciais da cidade firmaram parceria para a doação de todos os resíduos produzidos para a associação dos catadores, gerando um incremento de 60% na quantidade de material coletado.

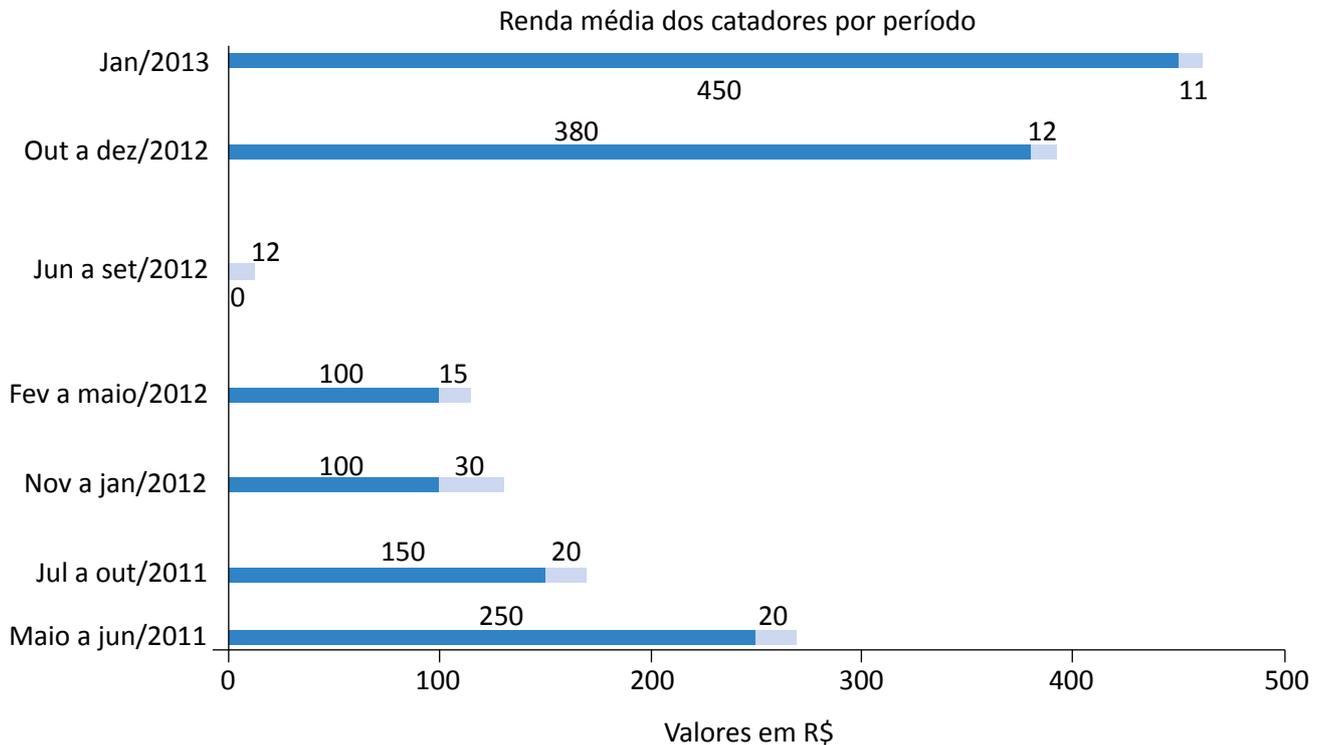


Gráfico 1 – Renda média dos catadores por trimestre, de maio de 2011 a janeiro de 2013.

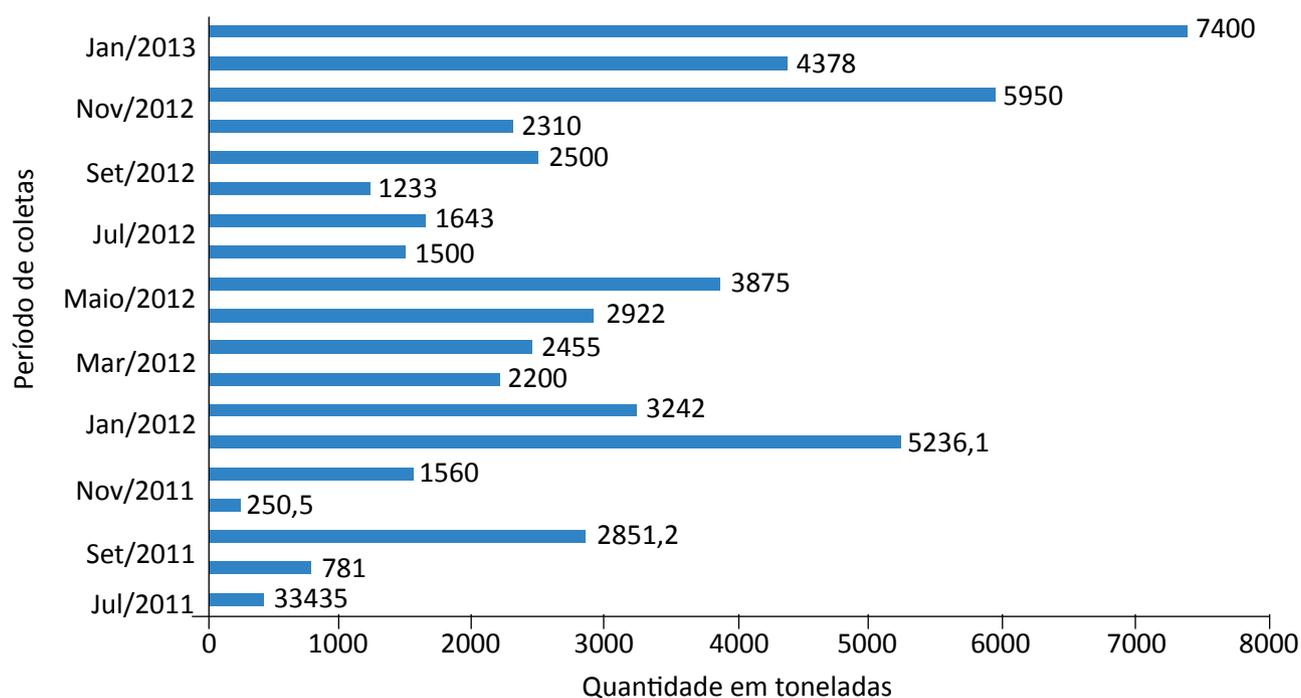


Gráfico 2 – Quantidade de resíduos coletados mensalmente no período de julho de 2011 a janeiro de 2013.

Conflitos internos e disputa de poder na organização dos catadores em Aquidauana

Vários são os desafios para o estabelecimento de um processo participativo de autogestão na organização dos catadores. O estudo da percepção ambiental aponta vários fatores que influenciam e motivam os indivíduos na tomada de decisões, mas, para efeitos deste estudo, passaremos a analisar apenas a questão relacionada à participação, à confiança, ao estabelecimento de forças internas e à figura do líder como fatores determinantes e limitantes na implantação da autogestão do projeto-piloto de coleta seletiva na cidade de Aquidauana.

A coleta seletiva foi implantada primeiro no bairro Santa Terezinha, escolhido devido à sua densidade populacional. Localizado na periferia de Aquidauana, mostrou-se insuficiente para gerar renda para todos os catadores cadastrados. Percebeu-se que seria imprescindível ampliar a coleta seletiva para a região central da cidade. Além disso, foram firmadas parcerias com as empresas comerciais da cidade, para a doação de todos os resíduos para a associação, o que aumentou a quantidade e a qualidade dos resíduos.

Apesar das medidas adotadas para aumentar a renda média dos catadores, e de o rendimento ser maior depois do projeto já implantado do que a média anterior ao plano, foi insuficiente para manter muitos catadores na associação, pois eles decidiam abandonar a associação, por considerarem que individualmente poderiam gerar renda maior, além de poder fazer outros serviços, como a limpeza de terreno, por exemplo.

A rotatividade foi um dos maiores entraves para a sustentabilidade do projeto em longo prazo. Mesmo mantendo um número de catadores entre 10 e 15 pessoas, os novos participantes precisavam ser capacitados, porém a necessidade de aumentar a produtividade não possibilitava a formação dos novos participantes na mesma velocidade com que a rotatividade acontecia.

Hellwig e Carrion (2007) afirmam que o elevado índice de rotatividade é outra barreira que se interpõe no processo participativo, o que, de certa forma, constitui um empecilho para a criação de um vínculo significativo não só com a associação, mas também com os de-

mais membros, dificultando o estabelecimento de uma relação de confiança entre os trabalhadores e impossibilitando que a capacitação seja eficaz. Os catadores, quando trabalham em coletividade, querem apenas coletar, porque entendem que separar e prensar o material não faz parte do seu trabalho, tampouco a preocupação com uma boa separação. Segundo os autores:

Há também um sentimento de não pertencer à associação como membro, com direitos e deveres, mas sim como trabalhadores que executam tarefas específicas. Essa percepção permite a representação de que se cada um fizer a “sua parte”, ou seja, desempenhar adequadamente sua função, a unidade de triagem vai funcionar sem nenhum problema e eles poderão ter o retorno financeiro esperado para seu sustento. Isso nos leva a concluir que os associados não percebem a unidade de triagem como uma organização de convivência e construção de cidadania, mas como uma forma de subsistência. Ou seja, não se vê a associação como um empreendimento social, mas, numa visão restrita, como uma atividade de geração de trabalho e renda. (HELLWIG; CARRION, 2007, p. 8)

Esse mesmo tipo de sentimento de não pertencimento foi observado durante o processo de desenvolvimento do projeto. Na fase inicial, quando foram indagados se já conheciam o sistema cooperativo de economia solidária, a maioria disse já ter ouvido falar, mas não sabia exatamente como funcionava. Mesmo depois de esclarecidos sobre como era um empreendimento de base solidária, a maioria se mostrou descrente no sucesso do empreendimento sendo administrado pelos próprios catadores.

Os catadores são acostumados a trabalhar de forma independente, solitários, competindo por recursos limitados; por isso, outro catador não é visto como companheiro de trabalho, mas como concorrente. Durante as oficinas de formação, um dos objetivos foi mostrar as vantagens do trabalho cooperativo, contudo a rotatividade causou fragmentação na formação e na fase final da formação.

Na fase final das oficinas de formação, quando foram trabalhados os temas “mudar ou continuar” e “eu na associação”, começaram a surgir conflitos mais intensos entre os catadores e a diretoria da associação, por causa das mudanças necessárias para a sustentabilidade do projeto e o novo modelo solidário. A diretoria, percebendo que perderia seus privilégios e que não poderia mais explorar a mão de obra dos catadores, visto que a

administração da associação, à época, não conseguiria manter os associados e não conseguiria promover crescimento, começou a criar um grupo de poder paralelo.

Aproveitando-se da confiança, da empatia e da comunicação dos catadores, a diretoria da associação buscou a adesão dos trabalhadores, fora do período em que estavam na associação, para convencê-los de que a melhor opção era continuar como estavam antes, visto que já estavam acostumados. Os membros da diretoria usou da empatia com os catadores e diziam aos demais associados que realmente sabiam das suas dificuldades, pois eram catadores também, e por isso sabiam cuidar e decidir da melhor forma por eles.

Para os participantes, a decisão ficou muito difícil, pois a mudança representava o novo e o desconhecido, e continuar da mesma forma representava a familiaridade que poderia ser traduzida na frase: “tá ruim, mas tá bom”, que uma das catadoras disse. Uma vida de exploração deixa marcas e não é fácil para esses trabalhadores entenderem o trabalho cooperativo e solidário.

Surgiram então dois grupos disputando o poder: a diretoria, apoiada pelos novos participantes que ainda não tinham sido formados nos princípios da economia solidária, e por isso facilmente manipulados; e o grupo mais consciente, que queria mudanças. Desse conflito resultou a mudança da sede do projeto para outro local e a ruptura da parceria com a ASSEPAR, que foi apropriada pelos antigos diretores e metade do número dos catadores.

A outra metade dos catadores foi para um novo local. No período de adaptação, a renda média caiu, porque a estrutura física e logística foi prejudicada, mas as perspectivas de melhorias futuras possibilitaram a permanência dos catadores nesse período. Romper as antigas estruturas mentais e a percepção ambiental exige um longo tempo.

Para Tuan (1975, p. 6), há muita ambiguidade na formação do pensamento humano:

[...] as pessoas não são máquinas de calcular, os seus desejos e atos, até mesmo as suas conclusões teóricas, são sempre confusas, causadas pelo resultado de três conjuntos principais de fatos ou condições: o meio ambiente complexo e repleto de estímulos; a busca da mente, pelos valores específicos situados no futuro; e a tendência à polarização dos sentimentos e ideias primitivas.

A mudança precisa ser vivenciada de diferentes formas, até que as novas estruturas mentais substituam as antigas, desde que as mudanças sejam consideradas superiores aos resultados antigos e algum tipo de vantagem possa ser percebido.

Um dos maiores desafios na organização dos catadores na cidade de Aquidauana ocorreu durante a etapa de qualificação técnica dos participantes. O baixo nível de escolaridade foi uma barreira para a compreensão de cálculos, como soma das horas trabalhadas ou a divisão dos recursos de forma equitativa, por exemplo.

Quando trabalha de forma independente, o catador coleta nas ruas, entrega o material para o atravessador — o dono do depósito —, recebe pelo material e volta para coletar, sem se preocupar em calcular nada. A autogestão não é um instrumento simples, pois exige elevado grau de envolvimento e conhecimento do processo, bem como o desenvolvimento de consciência crítica.

Na sua rotina de trabalho, os catadores aprenderam a priorizar a arrecadação de bens materiais escassos, em detrimento do bem-estar coletivo. Por isso a dificuldade de inserção na vivência associativista, como membros ativos, participativos e comprometidos com o trabalho e o futuro da instituição, que, aliás, carece

de compreensão. A baixa autoestima e a dificuldade de assumir responsabilidades e se adequar a regras são obstáculos para a participação política e social dos catadores. A formação dos catadores como cidadãos pelos motivos expostos é extremamente difícil, o que reforça a crença de que existem limites nos discursos democráticos.

O desafio aponta para a dificuldade interna em romper com a divisão do trabalho manual e intelectual e entre produção e gestão, na implementação de processos participativos nesses empreendimentos, já que aparecem hierarquias e privilégios nas relações entre os trabalhadores dos empreendimentos solidários.

Carrion (2003, p. 2) defende que “a autonomia é uma construção que vai além da posse dos meios de produção e da distribuição equitativa dos resultados”. A autonomia, na visão desses autores, exige também a qualificação dos trabalhadores tanto na esfera técnica como na administrativa e gerencial. A autogestão vai exigir a construção coletiva de uma nova ética do trabalho e de relações entre capital e trabalho, estruturadas em um modelo distinto daquele que habita o imaginário coletivo, que é marcado pela competição e pelo individualismo, em um sistema econômico de natureza capitalista como o nosso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso deste projeto-piloto de coleta seletiva na cidade de Aquidauana, Mato Grosso do Sul, demonstrou que a organização social dos catadores de recicláveis gerou diversos benefícios para os participantes, já a partir do início do projeto, tais como o aumento de mais de 100% da renda média, a melhoria da qualidade de vida e das condições de trabalho dos associados, e a garantia do direito de participação dos trabalhadores nas decisões do empreendimento.

Outros resultados obtidos foram: o aumento do faturamento da associação, que permitiu o aumento do número de catadores beneficiados; a melhoria da estrutura física e da organização interna do trabalho; e a diminuição dos riscos de acidentes e contaminação dos trabalhadores com o uso de equipamento de proteção individual (EPI). Houve participação da população e dos comerciantes locais no processo de separação do lixo e na destinação correta.

A cidade ficou mais limpa, pois a população dos bairros participantes do projeto, mais consciente dos problemas ambientais ocasionados pelos resíduos sólidos, passou a fazer o descarte de forma correta. A quantidade de resíduos descartados no lixão diminuiu, pois durante o projeto foram coletadas mais de 85 t de materiais recicláveis; e a melhoria dos processos de triagem dos reciclados fez com que eles tivessem um valor agregado.

Nas oficinas de formação em economia solidária, os catadores puderam experimentar ter voz e opinião, e valorizar sua participação nos processos decisórios. O processo de construção da participação possibilitou a melhoria da autoimagem dos catadores.

A diretoria da associação preferia não ter as mudanças na gestão, pois atuava como uma empresa privada, utilizando seu poder de liderança, persuasão e comunicação informal, influenciando parte dos trabalhadores; e

decidiu continuar com o modelo autocrático de gestão e baixo comprometimento dos associados.

Para os catadores, o trabalho é vivenciado como um meio de sobrevivência como outro qualquer. Já as relações entre os trabalhadores são pautadas pela desconfiança e pela competição, fatores que podem estar na origem do volume excessivo de trabalho e do baixo índice de produtividade constatados. Entre as conclusões deste estudo está o reconhecimento da complexidade em reconstruir o laço social. A solidariedade, apesar de existente, é suprimida pelo individualismo e pela competição pelo poder.

Todos esses resultados positivos, no entanto, não foram suficientes para diminuir a rotatividade dos catadores no empreendimento. A resistência a mudanças e o curto espaço de tempo de permanência dos catadores na associação não possibilitaram a percepção das mudanças como positivas. Após sair e voltar às condições anteriores de trabalho, não tiveram tempo hábil para retornar ao projeto, visto que o curto período de tempo de desenvolvimento do projeto-piloto, três anos, não permitiu que os trabalhadores tivessem tempo e vivência suficientes para perceber como as mudanças, apesar de drásticas e árduas, resultavam em muito mais benefícios do que a situação anterior.

O ideal para o projeto seria a implantação, pelo governo municipal, de um programa permanente de coleta seletiva na cidade, aproveitando o período de execução do projeto-piloto. Entretanto, a prefeitura municipal participou ativamente do projeto-piloto por apenas seis meses.

Outro fator contributivo para a rotatividade dos catadores na associação pode ser o recebimento de algum auxílio do governo, como Bolsa Família, Vale Renda, entre outros. Tais auxílios são percebidos pelos catadores como uma renda fixa garantida, o que possibilita que eles possam deixar a associação por ter esse “amparo”. Essa consideração não está julgando o mérito e a importância dos programas sociais, apenas leva em conta as atitudes dos catadores em relação à percepção de ser beneficiário.

Esta experiência demonstra que o processo de organização dos catadores e a implantação da coleta seletiva precisam de um período de tempo superior ao que foi utilizado. Outros benefícios deveriam ser oferecidos aos catadores no período inicial do projeto, como forma de evitar a rotatividade, tais como: cesta básica de alimentos ou remuneração fixa mensal, custeada pela prefeitura, que é a instituição responsável pela coleta nos municípios. Espera-se que os resultados aqui obtidos possam servir de subsídios para outras iniciativas semelhantes.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, E. M. L. S. O estímulo à criatividade no contexto universitário. *Psicologia Escolar e Educação*, Campinas, v. 1, n. 2-3, p. 29-37, 1997.
- BORDENAVE, J. E. D. *O que é participação*. 8. ed. São Paulo: Brasiliense, 1994.
- BRASIL. 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: Diário Oficial da União, 2010.
- BRITO, V. G. P. *et al.* A dinâmica política no espaço organizacional: um estudo das relações de poder em uma organização cooperativa. *Rac Eletrônica*, p. 141-154, 2008.
- CARRION, R. S. M. Alternativas econômicas de trabalho e produção: desafios à consolidação de empreendimentos populares nos moldes da economia popular e solidária. *In: COLÓQUIO INTERNACIONAL SOBRE PODER LOCAL*, 9., 2003. Salvador, BA. Anais... Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2003.
- ECO-92 – Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Agenda 21*. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/7706>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

- FARIA, C. R. S. M. *A política nacional de resíduos sólidos*. 2011. Disponível em: <<http://www12.senado.gov.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/outras-publicacoes/temas-e-agendas-para-o-desenvolvimento-sustentavel/a-politica-nacional-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 1.º fev. 2014.
- FARIA, H. M. *Uma discussão a respeito dos benefícios econômicos da gestão ambiental*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá, 2010.
- FERNANDES, R. et al. *Uso da percepção ambiental como instrumento de gestão em aplicações ligadas às áreas educacional, social e ambiental*. Disponível em: <http://www.redeceas.esalq.usp.br/noticias/Percepcao_Ambiental.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.
- HEIDEN, A. I. V. D. *Cooperativas de reciclagem de lixo e inclusão social: o caso do município de Itaúna, MG*. Dissertação (Mestrado em Educação, Cultura e Organizações Sociais) – Universidade do Estado de Minas Gerais, Divinópolis, 2008.
- HELLWIG, B. C.; CARRION, R. M. A participação no processo decisório: um estudo na economia solidária. *Revista de Gestão USP*, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 1-14, out./dez. 2007.
- HESS, S. *Nós no mundo: educação ambiental*. Campo Grande: Editora UFMS, 1998.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico*. 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=500110&search=mato-grosso-do-sul|aquidauana>>. Acesso em: 10 fev. 2014.
- LACERDA, L. D.; MARINS, R. V. Geoquímica de sedimentos e o monitoramento de metais na plataforma continental nordeste oriental do Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, v. 20, n. 1, p. 120-132, 2006.
- MANCE, E. A. *A revolução das redes de colaboração solidária*. 15 de junho de 2005. Disponível em: <http://solidarius.com.br/mance/biblioteca/A_Revolucao_das_Redes_de_Colaboracao_Solidaria.pdf>. Acesso em: 1.º dez. 2014.
- PÁDUA, L. C. T. *A geografia de Yi-Fu Tuan: essências e persistências*. 203 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- RODRIGUEZ, C. À procura de alternativas econômicas em tempos de globalização: caso das cooperativas de recicladores de lixo na Colômbia. In: SANTOS, B. S. (Org.). *Produzir para viver: os caminhos da produção não capitalista*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2002. p. 331-337.
- SANTOS, M. *A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção*. São Paulo: Hucitec, 1996.
- SINGER, P. Economia solidária versus economia capitalista. *Sociedade e Estado*, v. 16, n. 1-2, p. 100-112, dez. 2001.
- TUAN, Yi-Fu. Ambiguidades nas atitudes para com o meio-ambiente. *Boletim Geográfico*, Rio de Janeiro, v. 33, n. 245, p. 5-23, 1975.
- VALENTIM, I. V. L. *Confiança interpessoal: uma análise das relações em uma associação de reciclagem de resíduos sólidos*. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

PADRÕES HIDROBIOLÓGICOS COMO INDICADORES AMBIENTAIS EM ÁGUAS AFLUENTES E EFLUENTES DE VIVEIROS DE CARCINICULTURA MARINHA NO ESTADO DO CEARÁ

HYDROBIOLOGICAL STANDARDS AS ENVIRONMENTAL INDICATORS IN AFFLUENTS AND EFFLUENTS OF MARINE SHRIMP PONDS IN CEARÁ STATE

Márcio Alves Bezerra

Mestre e Professor Efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Fortaleza (CE), Brasil.

Daniel Clayton Pinheiro Lustosa

Engenheiro de pesca e consultor em aquicultura na Alimenta Representações e Consultoria Ltda. – Parnaíba (PI), Brasil.

Manuel Antônio de Andrade Furtado-Neto

Doutor e Professor Adjunto da Universidade Federal do Ceará (UFC) – Fortaleza (CE), Brasil.

Endereço para correspondência:

Márcio Alves Bezerra – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – 62580-000 – Fortaleza (CE), Brasil –
E-mail: mab.ifce@gmail.com

RESUMO

Uma das formas de verificar os impactos ambientais da criação de camarões (carcinicultura) é pela análise sistêmica das águas afluentes e efluentes de seus viveiros de produção. O objetivo deste trabalho foi caracterizar afluentes e efluentes da carcinicultura por meio de seus parâmetros físicos, químicos e biológicos e suas concentrações, adotando um regime temporal de coleta de amostras nas diferentes estações climáticas do ano. As metodologias e os padrões de referência na pesquisa estão respaldados pela legislação ambiental vigente. Os resultados indicaram que não houve diferenças significativas entre as concentrações dos parâmetros avaliados das águas afluentes e efluentes. Indicaram também a inaplicabilidade da legislação ambiental em vigor, que não considera nossas particularidades ambientais regionais, já que algumas concentrações dos parâmetros de qualidade de afluentes se encontram em desconformidade com essa legislação, o que tem causado dificuldades na avaliação ambiental dos órgãos licenciadores sobre a atividade no Ceará.

Palavras-chave: qualidade de água; indicadores; carcinicultura.

ABSTRACT

One of the ways to verify environmental impacts of shrimp farming is through the systemic analysis of influent and effluents waters ponds. The aim of this work was to characterize these variables through its physical, chemical and biological parameters and their concentrations, adopting a temporal scheme of samples collection in different climate stations of the year. Methodologies and reference standards in research are supported by current environmental legislation. Results showed that there were no significant differences between the concentrations of these parameters between the influent and effluent waters. They, furthermore, indicate a inapplicability of current environmental legislation in Brazil, which does not consider our regional environmental characteristics, because the quality of the affluent waters were already in disagreement with the Brazilian environmental legislation, which has caused conflicts of interpretation in the environmental assessment of the shrimp culture in Ceará, Brazil.

Keywords: water quality; indicators; shrimp culture.

INTRODUÇÃO

O cultivo de camarões marinhos da espécie *Litopenaeus vannamei* no Brasil tem aumentado nos últimos anos, impulsionado pela expansão da demanda doméstica e por melhorias na tecnologia de produção (NUNES & ROCHA, 2015). Apesar de ter passado por graves problemas que tiraram a competitividade do camarão brasileiro no mercado internacional, o setor produtivo apostou no aumento do consumo de camarão pelos brasileiros, a saída que precisava para voltar a crescer e produzir. No ano de 2014, aproximadamente 85.000 t de camarão dessa espécie foram produzidas no Brasil (ROCHA & MENDONÇA, 2015). Nesse mesmo, o Estado do Ceará ano foi o maior produtor de camarão do país, com cerca de 45.000 t de produto comercializadas no mercado doméstico brasileiro para cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador e Florianópolis (ROCHA, 2015).

O debate sobre as questões ambientais relativas aos impactos negativos e positivos dessa atividade econômica continua a ocorrer no Brasil e no mundo. Vários trabalhos tanto apontam possíveis impactos negativos sobre a qualidade ambiental em áreas onde a criação de camarões está inserida quanto exaltam externalidades positivas do ponto de vista econômico e social (HOPKINS *et al.*, 1995; PÁEZ-OSUNA, 2001).

Nesse cenário de discussão ambiental, a questão dos possíveis impactos dos efluentes das unidades de produção de camarões sobre os corpos hídricos receptores sempre esteve em pauta. O assunto é extremamente importante para os produtores, já que o monitoramento dos padrões hidrobiológicos é um procedimento

operacional de extrema importância para o sucesso dos cultivos (BOYD; HARGREAVES; CLAY, 2002).

Esse monitoramento deve se estender não só ao acompanhamento hidrobiológico das águas efluentes dos viveiros de camarões como também das águas afluentes que abastecem a unidade de produção (FERREIRA; BONETTI; SEIFFERT, 2011). Isso para que se possa ter com maior precisão técnica a diferença entre as concentrações dos parâmetros de qualidade das águas afluentes e efluentes após os processos de uso desses recursos hídricos pela atividade produtiva (JONES *et al.*, 2001), com vistas a mensurar as possíveis externalidades causadas pela atividade de carcinicultura sobre o meio ambiente.

No Brasil, a caracterização dos efluentes da atividade de carcinicultura é regulamentada pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) por meio das Resoluções nºs 312/2002, 357/2005 e 430/2011 (BRASIL, 2002; 2005; 2011), que indicam os protocolos e os padrões de referência para enquadramento de conformidade de efluentes em corpos hídricos receptores. Nesse contexto legal, os empreendimentos de carcinicultura são recomendados a medir as concentrações de alguns parâmetros expostos nas resoluções como condicionante para seu licenciamento ambiental.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi caracterizar os parâmetros físicos, químicos e biológicos de águas afluentes e efluentes de viveiros de produção de camarões em uma unidade no município de Acaraú, Estado do Ceará, Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local e período do estudo

O estudo foi realizado em uma unidade produtora de camarões marinhos no município de Acaraú, distante 245 km de Fortaleza (Figura 1A) e 8 km do centro de Acaraú (Figura 1B), que trabalha com sistema semi-intensivo de produção (densidade de estocagem: 35 camarões/m²; 2,5 ciclos por ano; baixa renovação de água; fertilização inorgânica; aeração artificial; ração artificial; utilização de bandejas) e tem uma área de produção (lâmina d'água) de 47 ha (Figura 1C), com captação oriunda de estuários dominados por marés.

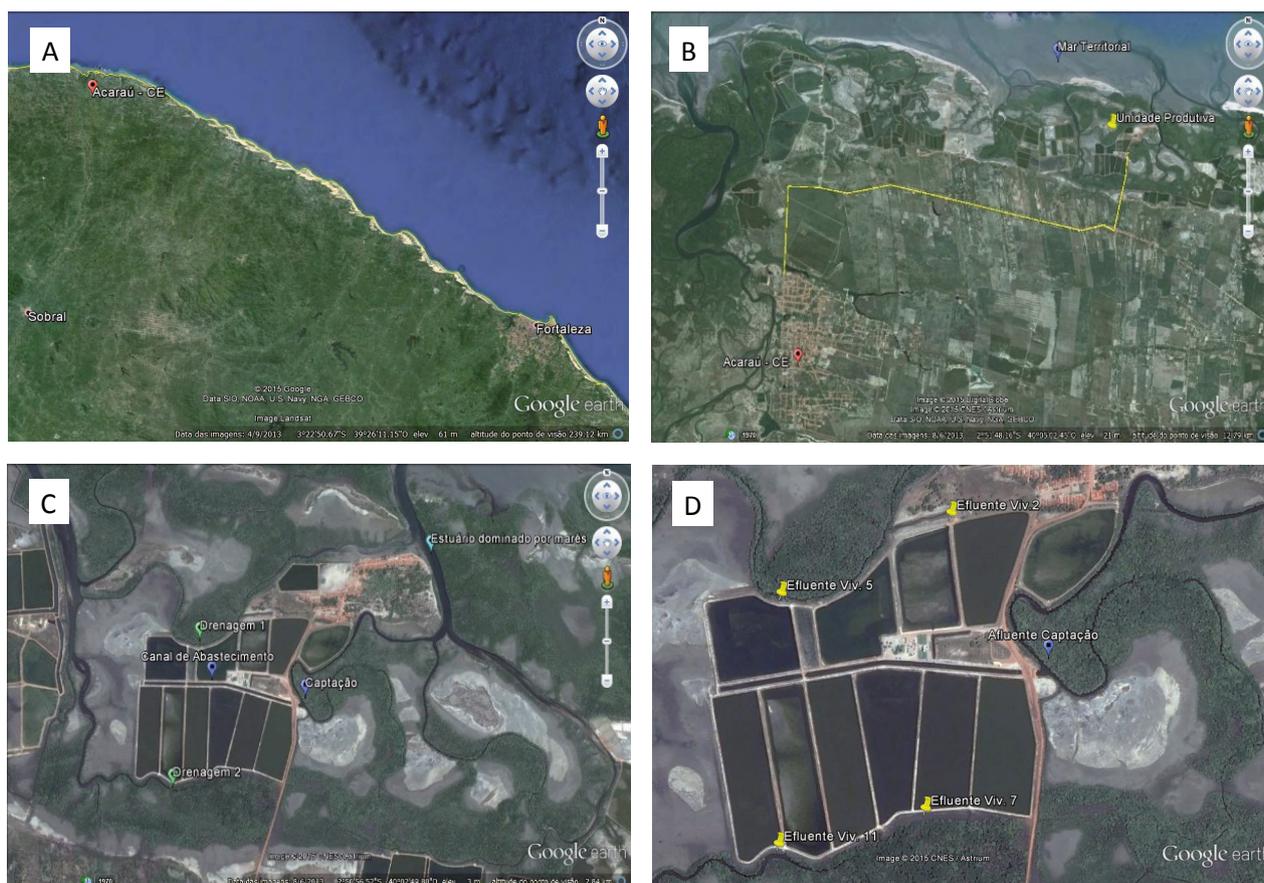
O período de amostragem nas estações de coleta da pesquisa (Figura 1D) compreendeu um ano de execução, de fevereiro de 2014 a janeiro de 2015, respeitando uma frequência trimestral, bem como os níveis de marés de quadratura e sizígia, que são disseminados por meio do boletim informativo da Direção de Hidrologia e Navegação (DHN) no Brasil, como também os dois períodos climáticos reconhecidos como seco e chuvoso no Estado do Ceará.

Metodologia de coletas

A definição das estações de coletas seguiu a recomendação da legislação ambiental vigente publicada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio da Resolução nº 312/2002 (BRASIL, 2002), que regulamenta os planos de monitoramento ambiental (PMAs) em empreendimentos de carcinicultura no Brasil e indica que os pontos de coleta devem ser a montante do local monitorado, ou seja, na captação das águas afluentes ao empreendimento, e a jusante da comporta de drenagem dos efluentes dos viveiros de produção.

As coletas das águas nas estações para as análises físico-químicas foram realizadas nos viveiros de produ-

ção, em uma profundidade de 0,50 m, e colocadas em garrafas plásticas de 200 mL, utilizadas exclusivamente para a coleta; para o transporte, foram acondicionadas em isopores com gelo para manutenção das características das amostras coletadas até a chegada ao laboratório de exames. Para as análises biológicas, foram obtidas amostras nas estações por meio de redes de arrasto cilíndrico-cônicas com diâmetro de boca de 30 cm e abertura de malha de 20 µm para a captura de espécies de plânctons. Tais amostras coletadas foram acondicionadas em frascos apropriados e fixados com formalina a 4% para as posteriores avaliações qualitativa e quantitativa.



Fonte: Google Earth (2015).

Figura 1 – Mapa de localização da área do estudo: (A) distância de 245 km entre Fortaleza e Acaraú, Ceará; (B) distância de 8 km entre o centro de Acaraú e a unidade produtora da pesquisa; (C) disposição entre afluentes e efluentes na unidade produtora da pesquisa; (D) estações de coleta.

Metodologia de análise das amostras

Para as análises físico-químicas, foram considerados os seguintes parâmetros e suas respectivas unidades: amônia total (mg.L^{-1}), clorofila "a" ($\mu\text{g.L}^{-1}$), coliformes totais (NMP/100 ml), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (mg.L^{-1}), fosfato total (mg.L^{-1}), sólidos totais em suspensão (STS) (mg.L^{-1}), nitrato (mg.L^{-1}), nitrito (mg.L^{-1}), oxigênio dissolvido (OD) (mg.L^{-1}), potencial hidrogeniônico (pH), salinidade (ppt), silicato (mg.L^{-1}) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

As referências técnicas para as metodologias de análise para cada um dos parâmetros anteriormente descritos foram baseadas nos padrões de análise de água e águas residuais da Associação Norte-Americana de Saúde Pública (APHA; AWWA; WEF, 2005).

Para as análises biológicas qualitativas, foram utilizadas metodologias de microscopia óptica para visualização dos gêneros de fitoplânctons e zooplânctons presentes nas amostras de água. Já para as análises quantitativas, foram aplicadas metodologias tradicionais de contagem, com o emprego de aparelhos como câmara de Neubauer e/ou câmara de Sedgewick-Rafter em consonância com cálculos volumétricos para quantificação dos grupos taxonômicos de microplânctons identificados nas amostras.

Os padrões de referência para determinar o enquadramento das águas, bem como a conformidade dos limites de concentrações de emissões de efluentes líquidos em corpos hídricos receptores, foram os publicados nas Resoluções CONAMA nº 357/05 e 430/11 (BRASIL, 2005; 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros físico-químicos

Os resultados expostos na Tabela 1 mostraram que o enquadramento das águas do empreendimento estudado está na Classe 1 (águas salinas) durante todo o ano. A proximidade do mar e a pouca influência fluvial sobre o estuário de captação do empreendimento contribuíram para essa estabilização do enquadramento durante todo o ano e no período da pesquisa.

Outra constatação é que não houve diferenças muito significativas nas concentrações da maioria dos parâmetros físico-químicos entre as águas afluentes e efluentes dos viveiros de produção.

Altas concentrações de amônia na água podem comprometer aspectos fisiológicos importantes nos camarões, como a ecdise e o consumo de oxigênio, e também causar a morte dos animais quando esse composto se encontra em sua forma tóxica (CHEN & KOU, 1992; CHEN & LIN, 1992). As concentrações encontradas na Tabela 1 para esse parâmetro indicam que, além de não haver diferença significativa entre as águas afluentes e efluentes dos viveiros de produção, elas se encontraram em conformidade com a legislação vigente durante todo o ano. A mesma constatação foi encontrada para os parâmetros clorofila "a" e coliformes totais.

As concentrações dos parâmetros relativos ao pH, à temperatura e à salinidade mostraram-se estáveis durante todo o ano, independentemente da estação climática dominante na região. A estabilidade conjunta desses parâmetros pode trazer benefícios tanto aos camarões cultivados quanto à qualidade da água a ser efluída no corpo hídrico receptor adjacente ao empreendimento, já que essa condição não inibe aspectos fisiológicos importantes dos organismos aquáticos, como metabolismo, imunidade, crescimento e osmorregulação (ALLAN; FRONEMAN; HODGSON, 2006; GUAN *et al.*, 2003; WYBAN; WALSH; GODIN, 1995; CHENG; WANG; CHEN, 2005).

As concentrações de componentes nitrogenados como nitrito e nitrato em águas efluentes de viveiros de carcinicultura são amplamente estudadas, dado os possíveis impactos que a atividade produtiva pode causar no ambiente externo caso haja acumulação de forma excessiva desses compostos durante o ciclo de produção (LACERDA, 2006; JACKSON *et al.*, 2011; BRIGGS & FUNGE-SMITH, 1994; SARAC *et al.*, 1993). Para as concentrações de nitrito encontradas, foi identificado não haver diferença significativa entre as concentrações dos parâmetros nas águas afluentes e efluentes dos viveiros de produção, bem como elas apresentaram conformidade com

Tabela 1 – Concentrações médias dos parâmetros físico-químicos das amostras.

Parâmetros	Trimestre 1 – 2014 (Fev/Mar/Abr)					Trimestre 2 – 2014 (Mai/Jun/Jul)				
	Afluentes	Efluentes				Afluentes	Efluentes			
	Captação	Viv. 02	Viv. 05	Viv. 07	Viv. 11	Captação	Viv. 02	Viv. 05	Viv. 07	Viv. 11
Amônia total	0,14	0,25	<u>0,10</u>	0,18	0,21	0,21	<u>0,20</u>	<u>0,16</u>	0,36	0,30
Clorofila "a"	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Coliformes totais	<300,00	<300,00	<300,00	<300,00	<300,00	<300,00	<300,00	<300,00	<300,00	<300,00
DBO	65,00	<u>45,00</u>	<u>22,00</u>	75,00	<u>62,00</u>	52,00	<u>35,00</u>	<u>45,00</u>	78,00	60,00
Fosfato total	0,74	0,81	0,95	<u>0,65</u>	0,80	0,95	<u>0,64</u>	<u>0,85</u>	<u>0,91</u>	<u>0,56</u>
STS	125,00	89,00	<u>110,00</u>	134,00	<u>93,00</u>	185,00	<u>135,00</u>	<u>146,00</u>	<u>95,00</u>	<u>173,00</u>
Nitrato	2,50	1,87	<u>1,42</u>	<u>1,11</u>	<u>2,1</u>	1,75	<u>1,34</u>	1,78	<u>1,32</u>	<u>0,87</u>
Nitrito	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
OD	4,60	3,70	<u>4,90</u>	3,90	4,10	3,8	<u>4,2</u>	<u>4,8</u>	<u>3,9</u>	<u>5,0</u>
pH	7,27	7,60	7,37	6,95	7,89	7,45	7,10	6,84	7,57	7,04
Salinidade	33,00	36,00	31,00	38,00	33,00	30,00	33,00	28,00	26,00	31,00
Temperatura	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
Parâmetros	Trimestre 3 – 2014 (Ago/Set/Out)					Trimestre 4 – 2014/2015 (Nov/Dez/Jan)				
	Afluentes	Efluentes				Afluentes	Efluentes			
	Captação	Viv. 02	Viv. 05	Viv. 07	Viv. 11	Captação	Viv. 02	Viv. 05	Viv. 07	Viv. 11
Amônia total	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Clorofila "a"	2,00	2,00	<u>1,00</u>	<1,00	2,00	4,0	4,0	<u>2,0</u>	<u>2,0</u>	<u>2,3</u>
Coliformes totais	<300,00	<300,00	<300,00	<300,00	<300,00	<300,00	<300,00	<300,00	<300,00	<300,00
DBO	45,00	<u>42,00</u>	48,00	52,00	<u>38,00</u>	56,00	<u>48,00</u>	<u>45,00</u>	<u>25,00</u>	<u>31,00</u>
Fosfato total	0,45	0,76	0,54	0,65	<u>0,32</u>	0,84	<u>0,65</u>	<u>0,47</u>	0,95	<u>0,54</u>
STS	94,00	102,00	110,00	<u>76,00</u>	<u>63,00</u>	112,00	145,00	<u>97,00</u>	<u>92,00</u>	<u>83,00</u>
Nitrato	1,67	<u>1,24</u>	1,78	<u>0,96</u>	<u>1,54</u>	2,15	<u>1,75</u>	<u>1,94</u>	<u>1,54</u>	<u>1,12</u>
Nitrito	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
OD	5,40	4,80	<u>6,10</u>	<u>5,70</u>	5,10	4,7	<u>5,3</u>	<u>5,5</u>	<u>6,1</u>	<u>3,8</u>
pH	7,10	6,34	7,40	7,20	7,10	7,54	7,23	7,82	7,77	7,12
Salinidade	45,00	48,00	43,00	45,00	48,00	48,00	46,00	42,00	52,00	48,00
Temperatura	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00

Legenda: Em azul escuro: conforme com a legislação ambiental vigente (Resoluções CONAMA no 357/05; 430/11); em azul claro: desconforme com a legislação ambiental vigente (Resoluções CONAMA no 357/05; 430/11); sublinhado: melhora da qualidade do efluente em relação ao afluente (referências: Resoluções CONAMA nos 357/05; 430/11); itálico: piora da qualidade do efluente em relação ao afluente (referências: Resoluções CONAMA nos 357/05; 430/11); bold: não houve alteração de qualidade do efluente para o afluente (referências: Resoluções CONAMA nos 357/05; 430/11); DBO: demanda bioquímica de oxigênio; STS: sólidos totais em suspensão; OD: oxigênio dissolvido; pH: potencial hidrogeniônico; Viv: viveiro.

a legislação ambiental vigente. As concentrações de nitrato não apresentaram a mesma constatação, já que a desconformidade legal atingiu tanto as águas afluentes quanto efluentes do empreendimento; entretanto, as concentrações de nitrato verificadas nos afluentes diminuíram em relação aos efluentes, o que demonstrou a ação dos processos de sedimentação e desnitrificação em viveiros de carcinicultura conforme pode ser visto em outros estudos mais completos (BUFFORD *et al.*, 2003). Estudos realizados por Lacerda e Sena (2005) apontam resultados similares com relação à desconformidade de águas estuarinas naturais que são afluentes de empreendimentos de carcinicultura. Essa é uma constatação já apontada por Bezerra, Lustosa e Vasconcelos (2013) em outros estuários cearenses, o que demonstra a necessidade de elaboração de um ato normativo estadual que defina padrões de referência para afluentes e efluentes da criação de camarões no Ceará respeitando suas características ambientais, já que a legislação vigente coloca os atuais gestores ambientais sem a realidade técnica de dados primários para fundamentar com eficiência seus atos competen-

Parâmetros biológicos

Apesar das limitações, o uso da biomassa de fitoplâncton como um indicador para avaliar os possíveis impactos causados por efluentes de viveiros de carcinicultura tem sido praticado e aperfeiçoado (CASÉ *et al.*, 2008). Estudos apontam que é importante identificar a composição de espécies de fitoplânctons e suas relações de dominância entre espécies, já que há uma dinâmica contínua de mudanças de fatores de crescimento, como luz, temperatura e concentrações de nutrientes, em um ambiente de cultivo (GOLDMAN & MANN, 1980; YUSOFF *et al.*, 2002).

A Tabela 2 mostra os resultados da determinação da densidade celular de todos os grupos de *microplankton* (fito e zooplâncton), assim como a composição de espécies para cada estação de coleta.

Para o grupo relativo aos fitoplânctons, podemos destacar o das algas bacillariophytas, de maior representação numérica, seguido pelo grupo das cyanophytas. Quanto à diversidade de espécies de algas, o grupo das bacillariophytas foi o que apresentou o maior número de espécies (*Navicula* sp., *Cymbella* sp. E *Pleurosigma* sp.), enquanto o grupo das cyanophytas foi represen-

tes fiscalizatórios sobre essa atividade e seus reais impactos sobre o meio ambiente.

A mesma constatação pode ser observada ao analisar as concentrações dos parâmetros relativos a DBO, fosfato total e STS, ou seja, apesar de observarmos, em geral, reduções das concentrações desses parâmetros entre afluentes e efluentes, seguem em desconformidade com a legislação ambiental vigente.

Os resultados ainda demonstram que houve, independentemente da conformidade ou não com a legislação ambiental vigente, alterações positivas e negativas na qualidade da água entre afluente e efluente. Isso indica que o monitoramento contínuo e sistêmico com esses indicadores é muito importante para que a unidade produtiva possa fazer as adequações necessárias no manejo operacional dos viveiros de produção e na sua qualidade de água a fim de evitar alterações significativas e descartes contínuos de efluentes desconformes ou com concentrações piores que as verificadas nas águas afluentes do empreendimento, com vistas a mitigar os impactos da atividade produtiva sobre o meio ambiente.

tado pela espécie *Oscillatoria* sp. Essa dominância de fitoplânctons por gêneros de bacillariophytas e cyanophytas é bem característica em viveiros de carcinicultura que absorvem o nitrogênio disponível não retido na biomassa de camarões (SANDERS *et al.*, 1987), como pode ser verificado em outros estudos com resultados similares (CASÉ *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2011; CHELLAPA; LIMA; CÂMARA, 2007).

A Tabela 3 mostra os resultados para o grupo relativo ao zooplâncton. Podemos destacar grande diversidade, sendo os grupos de espécies de copépodos (*Nauplio* sp., *Cyclopoidea* sp.), anelídeos (*Polychaeta* sp.) e protozoários do gênero *Euplotes* os de maior representatividade. Os resultados encontrados para dominância de gêneros de copépodos, anelídeos e protozoários em viveiros de carcinicultura são similares aos encontrados em outros estudos (GOSH *et al.*, 2011; ABUHENA & HISHAMUDDIN, 2014).

Com base nos perfis de *microplankton* (fito e zooplâncton) encontrados na pesquisa, não ficou constatada a presença excessiva de plânctons bioindicadores de má qualidade de água, bem como não ficaram evidenciadas

Tabela 2 – Caracterizações qualitativa e quantitativa de fitoplânctons nas amostras.

Fitoplânctons*	Trimestre 1 – 2014 (Fev/Mar/Abr)					Trimestre 2 – 2014 (Mai/Jun/Jul)				
	Afluentes	Efluentes				Afluentes	Efluentes			
	Captação	Viv. 02	Viv. 05	Viv. 07	Viv. 11	Captação	Viv. 02	Viv. 05	Viv. 07	Viv. 11
Bacillariophyta										
<i>Navicula sp.</i>	21,00	12,00	17,00	10,00	13,00	13,00	6,00	15,00	5,00	NI
<i>Cymbella sp.</i>	15,00	22,00	12,00	8,00	21,00	32,00	17,00	12,00	15,00	21,00
<i>Pleurosigma sp.</i>	18,00	7,00	4,00	12,00	2,00	12,00	22,00	18,00	15,00	8,00
<i>Diatoma sp.</i>	4,00	1,00	NI	NI	3,00	2,00	4,00	NI	2,00	4,00
<i>Nitzschia sp.</i>	2,00	1,00	NI	NI	NI	NI	1,00	NI	NI	NI
<i>Gyrosigma sp.</i>	5,00	1,00	3,00	2,00	NI	3,00	1,00	4,00	NI	NI
Chlorophyta										
<i>Chlorella sp.</i>	1,00	NI	NI	NI	NI	2,00	1,00	NI	1,00	NI
<i>Pediastrum sp.</i>	2,00	1,00	1,00	NI	NI	1,00	NI	NI	2,00	1,00
<i>Closterium sp.</i>	2,00	2,00	NI	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	NI	NI
Cyanophyta										
<i>Oscillatoria sp.</i>	15,00	18,00	25,00	12,00	15,00	25,00	12,00	32,00	17,00	12,00
<i>Limnothrix sp.</i>	1,00	NI	NI	NI	NI	3,00	NI	NI	NI	NI
<i>Anabaena sp.</i>	3,00	NI	2,00	7,00	8,00	9,00	1,00	3,00	5,00	2,00
Fitoplânctons*	Trimestre 3 – 2014 (Ago/Set/Out)					Trimestre 4 – 2014/2015 (Nov/Dez/Jan)				
	Afluentes	Efluentes				Afluentes	Efluentes			
	Captação	Viv. 02	Viv. 05	Viv. 07	Viv. 11	Captação	Viv. 02	Viv. 05	Viv. 07	Viv. 11
Bacillariophyta										
<i>Navicula sp.</i>	12,00	8,00	11,00	3,00	8,00	9,00	4,00	12,00	3,00	3,00
<i>Cymbella sp.</i>	21,00	17,00	10,00	18,00	23,00	15,00	7,00	18,00	25,00	8,00
<i>Pleurosigma sp.</i>	9,00	2,00	NI	NI	5,00	3,00	2,00	NI	NI	NI
<i>Diatoma sp.</i>	2,00	NI	NI	NI	NI	3,00	3,00	2,00	1,00	1,00
<i>Nitzschia sp.</i>	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
<i>Gyrosigma sp.</i>	7,00	2,00	2,00	5,00	1,00	2,00	5,00	3,00	2,00	3,00
Chlorophyta										
<i>Chlorella sp.</i>	3,00	1,00	1,00	1,00	5,00	2,00	1,00	3,00	1,00	2,00
<i>Pediastrum sp.</i>	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
<i>Closterium sp.</i>	2,00	1,00	1,00	1,00	NI	2,00	NI	1,00	2,00	NI
Cyanophyta										
<i>Oscillatoria sp.</i>	23,00	32,00	21,00	10,00	18,00	28,00	17,00	15,00	19,00	20,00
<i>Limnothrix sp.</i>	4,00	1,00	2,00	3,00	NI	3,00	1,00	NI	3,00	NI
<i>Anabaena sp.</i>	3,00	NI	2,00	1,00	5,00	12,00	4,00	8,00	14,00	6,00

*Unidade de medida: Células/mL; NI: Não identificado; Viv.: viveiro.

Tabela 3 – Caracterizações qualitativa e quantitativa de zooplânctons nas amostras.

Zooplânctons*	Trimestre 1 – 2014 (Fev/Mar/Abr)					Trimestre 2 – 2014 (Mai/Jun/Jul)				
	Afluentes	Efluentes				Afluentes	Efluentes			
	Captação	Viv. 02	Viv. 05	Viv. 07	Viv. 11	Captação	Viv. 02	Viv. 05	Viv. 07	Viv. 11
Copepoda										
<i>Náuplio sp.</i>	2,00	1,00	NI	1,00	1,00	6,00	4,00	7,00	3,00	2,00
<i>Harpacticóida sp.</i>	1,00	NI	1,00	1,00	NI	1,00	1,00	1,00	NI	NI
<i>Cyclopóida sp.</i>	4,00	1,00	1,00	1,00	2,00	8,00	10,00	5,00	3,00	6,00
<i>Calanóida sp.</i>	NI	1,00	1,00	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
Rotifera										
<i>Brachionus sp.</i>	1,00	1,00	NI	1,00	NI	1,00	6,00	2,00	5,00	2,00
<i>Keratella sp.</i>	NI	1,00	NI	NI	NI	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00
<i>Filinia sp.</i>	1,00	NI	NI	NI	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<i>Trichocerca sp.</i>	1,00	NI	1,00	1,00	NI	NI	1,00	1,00	1,00	NI
<i>Proales sp.</i>	1,00	NI	NI	NI	1,00	NI	NI	NI	NI	NI
Protozoa										
<i>Euplotes sp.</i>	1,00	NI	NI	NI	NI	8,00	8,00	6,00	2,00	5,00
<i>Paradileptus sp.</i>	NI	NI	NI	NI	NI	1,00	NI	1,00	1,00	NI
<i>Blepharisma sp.</i>	2,00	2,00	2,00	1,00	NI	12,00	9,00	5,00	3,00	4,00
<i>Cyclidium sp.</i>	NI	NI	NI	NI	1,00	2,00	2,00	NI	NI	1,00
<i>Vorticelasp</i>	NI	NI	NI	1,00	1,00	NI	NI	NI	NI	NI
Zooplânctons*	Trimestre 3 – 2014 (Ago/Set/Out)					Trimestre 4 – 2014/2015 (Nov/Dez/Jan)				
	Afluentes	Efluentes				Afluentes	Efluentes			
	Captação	Viv. 02	Viv. 05	Viv. 07	Viv. 11	Captação	Viv. 02	Viv. 05	Viv. 07	Viv. 11
Copepoda										
<i>Náuplio sp.</i>	8,00	3,00	2,00	5,00	1,00	6,00	3,00	3,00	2,00	5,00
<i>Harpacticóida sp.</i>	1,00	1,00	2,00	1,00	NI	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<i>Cyclopóida sp.</i>	6,00	2,00	4,00	1,00	5,00	5,00	3,00	2,00	3,00	1,00
<i>Calanóida sp.</i>	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
Rotifera										
<i>Brachionus sp.</i>	3,00	2,00	4,00	3,00	2,00	2,00	3,00	1,00	2,00	4,00
<i>Keratella sp.</i>	4,00	1,00	3,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	2,00	3,00
<i>Filinia sp.</i>	1,00	NI	NI	NI	NI	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00
<i>Trichocerca sp.</i>	1,00	1,00	1,00	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
<i>Proales sp.</i>	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
Protozoa										
<i>Euplotes sp.</i>	3,00	1,00	2,00	1,00	1,00	7,00	3,00	4,00	2,00	6,00
<i>Paradileptus sp.</i>	1,00	1,00	NI	NI	NI	1,00	1,00	1,00	1,00	NI
<i>Blepharisma sp.</i>	3,00	4,00	2,00	2,00	2,00	8,00	10,00	7,00	2,00	7,00
<i>Cyclidium sp.</i>	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00
<i>Vorticelasp</i>	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI

*Unidade de medida: Organismos/mL; NI: não identificado; Viv.: viveiro.

dos grupos taxonômicos de fito e zooplânctons significativamente diferentes entre as águas de captação

provenientes do ambiente externo e os efluentes dos viveiros de produção do empreendimento.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados descritos, é possível concluir que os padrões hidrobiológicos se apresentaram como bons indicadores ambientais para identificar com mais precisão os possíveis impactos ambientais causados por efluentes de carcinicultura em corpos hídricos receptores adjacentes ao empreendimento e que o monitoramento contínuo e sistêmico com esses indicadores é muito importante para que a unidade produtiva possa fazer as adequações necessárias com vistas a mitigar os impactos da atividade produtiva sobre o meio ambiente.

Analisando a diferença entre as concentrações de afluentes e efluentes, podemos considerar que os viveiros de carcinicultura podem descartar no corpo hídrico receptor um efluente com a mesma ou melhor característica físico-química e biológica do que a observada no afluente, já que os aportes de componentes nitrogenados e fosfatados no ambiente externo causado pelos efluentes podem ser controlados e monitorados nos processos de boas práticas de ma-

nejo utilizados pelo empreendimento durante o ciclo de produção dos camarões.

Outra constatação importante é que os indicadores ambientais apontaram que os padrões hidrobiológicos dos afluentes apresentam desconformidade com a legislação vigente, o que implicaria uma necessidade de elaboração de um ato normativo que definisse padrões de referência para afluentes e efluentes da criação de camarões no Ceará respeitando suas características ambientais, já que a legislação vigente coloca os atuais gestores ambientais sem a realidade técnica de dados primários para fundamentar com eficiência seus atos competentes fiscalizatórios sobre essa atividade e seus reais impactos sobre o meio ambiente.

Para concluir, é importante que outras variáveis sejam incluídas nesse tipo de avaliação ambiental, como questões ligadas a vazões de referência dos corpos hídricos receptores e seus graus de diluição em relação aos efluentes emitidos pela carcinicultura no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ABU HENA, M.K. & HISHAMUDDIN, O. Zooplankton community structure in the tiger shrimp (*Penaeus monodon*) culture pond at Malacca, Malaysia. *International Journal of Agriculture & Biology*, v. 16, p. 961-965, 2014.
- ALLAN, E.L.; FRONEMAN, P.W.; HODGSON, A.N. Effects of temperature and salinity on the standard metabolic rate (SMR) of the caridean shrimp *Palaemon peringueyi*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, n. 337, p. 103-108, 2006.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 2005. Ed. 21, New York.
- BEZERRA, M.A.; LUSTOSA, D.C.P.; VASCONCELOS, C.N. Aplicabilidade da legislação ambiental sobre a carcinicultura no estado do Ceará: o caso dos efluentes l dos viveiros de produção. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CARCINICULTURA, 13., Natal, 2013. *Anais...* Rio Grande do Norte: Associação Brasileira dos Criadores de Camarão (ABCC), 2013.
- BOYD, C.E.; HARGREAVES, J.A.; CLAY, J.W. *Codes of practice and conduct for marine shrimp aquaculture*. Reporte elaborado por Consórcio entre World Bank, NACA, WWF e FAO para discussão do Programa Shrimp Farming and Environmental. 2002. 31 p.

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº 312, de 10 de outubro de 2002. *Diário Oficial da União*, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res31202.html>>. Acesso em: 23 ago.2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. *Diário Oficial da União*, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 23 ago.2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. *Diário Oficial da União*, 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 23 ago.2013.
- BRIGGS, M.R.P. & FUNGE-SMITH, S.J. A nutrient budget of some intensive marine shrimp ponds in Thailand. *Aquaculture and Fisheries Management*, n. 25, p. 789-811, 1994.
- BURFORD, M.A.; COSTANZO, S.D.; DENNISON, W.C.; JACKSON, C.J.; JONES, A.B.; MCKINNON, A.D.; PRESTON, N.P.; TROTT, L.A. A synthesis of dominant ecological processes in intensive shrimp ponds and adjacent coastal environments in NE Australia. *Marine Pollution Bulletin*, n. 46, p. 1456-1469, 2003.
- CASÉ, M.; LEÇA, E. E.; LEITÃO, S.N.; SANT'ANNA, E.E.; SCHWAMBORN, R.; MORAES-JUNIOR, A.T. Plankton community as an indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds. *Marine Pollution Bulletin*, n. 56, p. 1343-1352, 2008.
- CHELLAPA, N.T.; LIMA, A.K.A.; CÂMARA, F.R.A. Riqueza de microalgas em viveiros de cultivo orgânico de camarão em Tibau do Sul, Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 120-122, jul. 2007.
- CHEN, J.C. & KOU, Y.Z. Effects of ammonia on growth and molting of *Penaeus japonicus* juveniles. *Aquaculture*, n. 104, p. 249-260, 1992.
- CHEN, J.C. & LIN, C.Y. Oxygen consumption and ammonia-N excretion of *Penaeus chinensis* juveniles exposed to ambient ammonia at different salinity levels. *Comparative Biochemistry and Physiology*, n. 102, p. 287-291, 1992.
- CHENG, W.; WANG, L.U.; CHEN, J.C. Effect of water temperature on the immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* to *Vibrio alginolyticus*. *Aquaculture*, n. 250, p. 592-601, 2005.
- FERREIRA, N.C.; BONETTI, C.; SEIFFERT, W.Q. Hydrological and water quality indices as management tools in marine shrimp culture. *Aquaculture*, n. 318, p.425-433, 2011.
- GOLDMAN, J.C. & MANN, R. Temperature-influenced variations in speciation and chemical composition of marine phytoplankton in outdoor mass culture. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, n. 46, p. 29-39, 1980.
- GOSH, A.K.; SAHA, S.K.; ISLAM, M.R.; RAHAMAN, S.M.B. Abundance and diversity of zooplankton in semi-intensive shrimp (*Penaeus monodon*) farm. *International Journal of Life Science*, v.5, n. 1, 2011.
- GUAN, Y.; YU, Z.; LI, C. The effects of temperature on white spot syndrome infections in *Marsupenaeus japonicus*. *Journal of Invertebrate Pathology*, n. 83, p. 257-260, 2003.
- HOPKINS, J.S.; SANDIFER, P.A.; DEVOE, M.R.; HOLLAND, A.F.; BROWDY, C.I. Environmental impacts of shrimp farming with special reference to the situation in the continental United States. *Estuaries*, n. 18, p. 25-42, 1995.
- JONES, A.B.; JONES, M.J.; DONOHUE, J.; DENNINSON, W.C. Assessing ecological impacts of shrimp and sewage effluent: biological indicators with Standard water quality analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, n. 52, p. 91-109, 2001.
- LACERDA, L.D. Inputs of nitrogen and phosphorus to estuaries of northeastern Brazil from intensive shrimp farming. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 10, n. 2, p. 13-27, 2006.

- LACERDA, L.D. & SENA, D.L. *Estimativas de cargas de nitrogênio, fósforo e metais pesados de interesse ambiental para as bacias inferiores do litoral do estado do Ceará*. Relatório elaborado por Governo do Estado do Ceará e Universidade Federal do Ceará para Zoneamento Ecológico e Econômico (ZEE) da Zona Costeira do Estado do Ceará. Fortaleza, 2005. 84 p.
- NUNES, A. J. P. & ROCHA, I. P. Overview and latest developments in shrimp and tilapia aquaculture in Northeast Brazil. *World Aquaculture*, v. 46, n. 2, p. 10-17, 2015.
- PÁEZ-OSUNA, F. The environmental impact of shrimp aquaculture: causes, effects, and mitigating alternatives. *Environmental Management*, n. 28, p.131-140, 2001.
- ROCHA, I.P. The Brazilian market for farmed shrimp. *Infofish International*, v. 4, p.36-38, jul./ago. 2015.
- ROCHA, I.P. & MENDONÇA, C. Domestic farmed of farmed shrimp in Brazil: Improved practices, rising demand alter industry. *The Global Aquaculture Advocate*, n. 2, p.44-46, mar./abr. 2015.
- SARAC, Z.; THAGGARD, H.; SAUNDERS, J.; GRAVEL, M.; NEILL, A.; COWAN, R.T. Observations on the chemical composition of some commercial prawn feeds and associated growth responses in *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, n. 115, p. 97-110, 1993.
- SANDERS, J.G.; CIBIK, S.J.; D'ELIA, C.F.; BOYNTN, W.R. Nutrient enrichment studies in a coastal plain estuary: Changes in phytoplankton species composition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, v. 44, p. 83-90, 1987.
- SILVA, R. S.; ARAÚJO, R. F.; SOUZA, A. S.; ROCHA, C.P.; MELO, N.F.A.C. Avaliação dos parâmetros abióticos e caracterização do mesozooplâncton em um viveiro de cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) em Curuçá, Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 502-508, out./dez. 2011.
- WYBAN, J.; WALSH, W.A.; GODIN, D.M. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*, n. 138, p. 267-279, 1995.
- YUSOFF, F.M.; ZUBAIDAH, M.S.; MATIAS, H.B.; KWAN, T.S. Phytoplankton succession in intensive marine shrimp culture ponds treated with a commercial bacterial product. *Aquaculture Research*, n. 33, p. 269-278, 2002.

ASPECTOS LEGAIS DA COLETA SELETIVA DE LIXO

LEGAL ASPECTS OF WASTE SELECTIVE COLLECTION

Marcio Barreto dos Santos Garcia

Mestre em Desenvolvimento Local pelo Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM). Pós-graduado em Gestão Pública pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Graduado em Direito pela Universidade Estácio de Sá – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Reis Friede

Doutor em Direito Político pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor permanente do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Local do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM). Professor conferencista da Escola da Magistratura do Estado do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

André Carlos Silva

Mestre em Desenvolvimento Local pelo Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Kátia Eliane Santos Avelar

Doutora em Ciências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professora Titular do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Local do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Maria Geralda de Miranda

Pós-doutora em Políticas Públicas e Formação Humana pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Professora do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Local do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Endereço para correspondência:

Maria Geralda de Miranda – Centro Universitário Augusto Motta – Avenida Paris, 72 – Bonsucesso – 21041-020 – Rio de Janeiro (RJ), Brasil –
E-mail: mariamiranda@globocom

RESUMO

O presente artigo tem como foco o estudo dos aspectos legais que regulam o tratamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil e, particularmente, no município do Rio de Janeiro. O estudo parte do disposto na Carta Magna, promulgada em 1988, buscando analisar o modo pelo qual o Estado brasileiro regula o tema. Verifica-se que a implantação de coleta seletiva é fator primordial para o funcionamento do Programa Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), uma vez que os resíduos gerados devem ser selecionados, reciclados e reintroduzidos na cadeia produtiva, poupando recursos naturais, gerando renda e, conseqüentemente, desenvolvimento. O estudo do arcabouço legislativo disponível e em vigor no país, estado e município, permite concluir que existe farta regulação do tema e consenso sobre a necessidade de se implantar programas de coleta seletiva.

Palavras-chave: legislação ambiental; resíduos sólidos; Programa Nacional de Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

The current paper has as its focus the study of the legal aspects that regulate the urban solid waste management in Brazil, and, particularly, in the municipality of Rio de Janeiro. The study is based on the Constitution, enacted in 1988, and try to analyze the way in which the Brazilian government regulates the subject. It verifies that the implementation of selective collection is a fundamental factor for the perfect development of the National Program of Solid Waste (PNRS – Programa Nacional de Resíduos Sólidos), given that the solid waste must be selected, recycled and reintroduced in the production chain, saving natural resources, generating income, and, consequently, development. The study of the national laws regarding the matter allows the conclusion that there is a strong regulation in what regards this subject, and everybody agrees about the necessity to implement programs of selective collection.

Keywords: environmental legislation; solid waste; National Program of Solid Waste.

INTRODUÇÃO

A conscientização do habitante/consumidor — em busca de uma qualidade de vida melhor — leva ao estabelecimento de novos valores e à necessidade de construção de novos padrões de conhecimento e, conseqüentemente, de legislações, visando regular a relação entre o homem e a natureza. Nos dizeres de Leff (2001), proporciona a produção de processos cognitivos em que a interdependência e o contínuo construir, desconstruir e reconstruir sejam levados em conta. Essa sinergia pode e deve impulsionar o processo criativo humano para superar os novos desafios ambientais, aliando os tecidos social, ambiental e tecnológico.

O efeito estufa, confirmado por cientistas, assim como outros problemas ecológicos de natureza global, entre eles o descarte dos resíduos sólidos, vêm

sendo enfocados por organismos de credibilidade internacional, como a Organização das Nações Unidas (ONU). A consciência ambiental aparece em tal organização como uma importantíssima ferramenta para fazer com que as pessoas, os governos, as empresas e as entidades assumam as suas responsabilidades com o meio ambiente.

Por mais que a geração de resíduos sólidos seja algo que acompanhe a humanidade desde os seus primórdios, não faz muitos anos que os problemas decorrentes da sua geração e do seu inadequado descarte começaram a ser enfrentados. Nesse sentido, a regulação das ações humanas por meio de normas jurídicas deve contribuir com o não agravamento dos problemas ambientais.

LEGISLAÇÃO FEDERAL

A Constituição Federal, no art. 23, VI, afirma ser competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios a tarefa de proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer uma de suas formas (BRASIL, 1988).

No art. 24, a Carta da República estabelece competência legislativa concorrente para a União, os Estados e o Distrito Federal. O inciso VI do mesmo artigo atribui a esses entes a competência para legislar sobre as florestas, a caça, a pesca, a fauna, a conservação da natureza, a defesa do solo e dos recursos naturais, a proteção do meio ambiente e o controle da poluição (BRASIL, 1988).

Percebe-se que aos municípios não foi atribuída a competência legislativa, mas isso não significa que não possam legislar sobre o meio ambiente. Por força do disposto no art. 30, II, da Lei Maior, cabe aos municípios suplementar as legislações federal e estadual, no que couber (BRASIL, 1988).

Ao regular a ordem econômica, a Constituição Federal, no art. 170, demonstra o objetivo de normatizar e regular as atividades econômicas. O legislador elencou alguns princípios que sugerem uma direção a ser seguida, sendo a defesa do meio ambiente listada como um deles, o que representa a importância dada ao tema pelo Constituinte. Assim, o Estado assume a responsabilidade pelo desenvolvimento de políticas públicas, vi-

sando ao uso consciente dos recursos naturais e à preservação ambiental, harmonizando os interesses dos atores econômicos com a utilização do meio ambiente (BRASIL, 1988).

Em outro momento, o legislador constituinte dedica um capítulo para regular a relação da sociedade com o meio ambiente. O Capítulo VI — no qual se inclui o art. 225 — garante a todos o direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, que deve ser preservado para esta e para futuras gerações. Em especial, cabe destacar a previsão do inciso VI do § 1º do referido artigo, por meio do qual o poder público é incumbido da responsabilidade de promover a educação ambiental e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente (BRASIL, 1988).

No plano infraconstitucional, entre a legislação federal, destaca-se a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu, após duas décadas de discussão no Congresso Nacional, a denominada Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010b).

Do mesmo modo, a Resolução nº 401 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), de 5 de novembro de 2008, determina que os fabricantes, os importadores, os distribuidores, os comerciantes e o poder público, de forma compartilhada, implementem programas de coleta seletiva para as pilhas e baterias (BRASIL, 2008).

POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS)

A PNRS dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos — incluindo os perigosos —, às responsabilidades dos geradores de resíduos e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis, e estende sua aplicação às pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos, e às que desenvolvem ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010b).

No art. 6º da Lei nº 12.305/2010, estão listados os princípios da PNRS, cabendo destacar o inciso VIII, que trata especificamente da reutilização e da reciclagem, declarando como princípio o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania (BRASIL, 2010b).

Já no art. 7º da mesma lei, ao enumerar os objetivos da PNRS, o legislador deixa evidente a sua preocupação com a reciclagem, adotando, assim, a Teoria dos três Rs — Redução, Reutilização e Reciclagem —, declarando como objetivo a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, e, ainda, orienta o incentivo à indústria da reciclagem, com o fomento ao uso de matérias-primas derivadas de materiais reciclados.

Entre os instrumentos da PNRS, conforme previstos no art. 8º da citada lei, aparece a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, bem como o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.

A Teoria dos três Rs foi devidamente destacada no art. 9º, que determinou a observância da seguinte or-

dem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

A leitura do art. 10 deixa evidente que cabe aos municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos, e que a responsabilidade por fiscalizar tal providência é dos órgãos federais e estaduais. Outra inovação trazida pela PNRS foi a criação do chamado Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), que deve ser organizado e mantido pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal e pelos Municípios.

Outro conceito adequadamente apresentado pela Lei nº 12.305/2010 é a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, que ensejou obrigações para os diversos agentes envolvidos na geração dos resíduos sólidos. No art. 36, a mencionada lei lista as obrigações do titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, que deverá adotar procedimentos para reaproveitar os que forem reutilizáveis e recicláveis; estabelecer sistema de coleta seletiva; articular com os agentes econômicos e sociais medidas para viabilizar o retorno ao ciclo produtivo dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis; realizar as atividades definidas por acordo setorial ou termo de compromisso, mediante a devida remuneração pelo setor empresarial; implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos; articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido; e dar disposição final ambientalmente adequada aos resíduos e rejeitos (BRASIL, 2010b).

Ainda no mesmo art. 36, a lei em questão define que o titular de serviços públicos de manejo de resíduos sólidos deve priorizar a organização e o funcionamento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, formadas por pessoas físicas de baixa renda, bem como sua contratação, com a garantia de dispensa de licitação (BRASIL, 2010b).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, as cooperativas e as associações de catadores

A PNRS também trouxe em seu art. 44, inciso II, a previsão de uma linha de financiamento para atender, entre outras ações, a implantação de infraestrutura física, a aquisição de equipamentos para cooperativas ou ou-

tras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, formadas por pessoas físicas de baixa renda, e a estruturação de sistemas de coleta seletiva e de logística reversa (BRASIL, 2010b).

A relação com cooperativas e associações de catadores é nitidamente incentivada, mais uma vez, pelo art. 44, momento em que a lei fomenta a concessão de incentivos fiscais, financeiros ou creditícios, a projetos relacionados à responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos, prioritariamente em parceria com cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda.

Com efeito, o município pode conceder isenções de projetos relacionados à responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos. À guisa de exemplo, uma empresa que mantém um projeto de coleta seletiva de resíduos sólidos poderia ficar isenta de impostos municipais.

A Lei nº 12.305/2010, que, como dito, instituiu a PNRS, foi regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Naturalmente, a coleta seletiva é fartamente abordada pela norma regulamentadora, razão pela qual, já no art. 6º, a norma cria a obrigação para os consumidores de, sempre que estabelecido um sistema de coleta seletiva pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, condicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados e disponibilizar corretamente os materiais reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução (BRASIL, 2010b).

Da mesma forma, o legislador reafirma a importância da coleta seletiva, declarando no corpo do art. 9º do referido Decreto que a implantação do sistema de coleta seletiva é instrumento essencial para se atingir a meta de disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, bem como a prioridade da participação das cooperativas ou de outras formas de associação de catadores no processo de seleção dos resíduos. Essa exigência deve ser regulada nos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), justamente os marcos regulatórios, que devem definir programas e ações com essa finalidade.

LEGISLAÇÃO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

O estudo do tema no Estado do Rio de Janeiro inicia-se com a Constituição Fluminense (RIO DE JANEIRO, 2000), que dedica o Capítulo VIII para definir regras relacionadas ao meio ambiente, estabelecendo como direito de todos o meio ambiente saudável e equilibrado, e atribuindo o dever de proteção a toda a sociedade, e em especial ao poder público. No inciso XXI do § 1º do

Cabe registrar, ainda, que o Decreto nº 7.404/2010 destinou especial atenção para os catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, agentes importantíssimos para o sistema de coleta seletiva. Assim, no art. 44, são listadas as exigências para as políticas públicas voltadas aos catadores, como a possibilidade de dispensa de licitação para a contratação de cooperativas ou associações, o estímulo à capacitação, à incubação e ao fortalecimento institucional de cooperativas, bem como à pesquisa voltada para sua integração nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a melhoria das condições de trabalho dos catadores, existindo também a possibilidade de um convênio direcionar a responsabilidade pela criação e pelo desenvolvimento das cooperativas para pessoas jurídicas de direito público ou privado (BRASIL, 2010a).

O referido Diploma Legal ainda dedica alguns dispositivos para definir regras sobre a educação ambiental. Define como objetivo da educação ambiental o aprimoramento do conhecimento, dos valores, dos comportamentos e do estilo de vida relacionados com a gestão e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

Outra medida de incentivo à elaboração dos planos de resíduos sólidos está prevista no art. 78 do Decreto nº 7.404/2010, que condiciona o acesso a recursos da União à elaboração dos planos de resíduos sólidos dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. O Decreto ainda prevê, no art. 81, a possibilidade de criação de linhas especiais de financiamento às cooperativas e associações de catadores, às atividades destinadas à reciclagem e ao reaproveitamento de resíduos sólidos, bem como as atividades de inovação e desenvolvimento relativas ao gerenciamento de tais resíduos, além do atendimento a projetos de investimento na gestão de resíduos sólidos (BRASIL, 2010a).

art. 261, é destacada a necessidade de implementação da coleta seletiva e reciclagem. Tal importância é reafirmada no art. 263 da Carta Estadual, que autorizou a criação do Fundo Estadual de Conservação Ambiental e Desenvolvimento Urbano (FECAM), cujos recursos do fundo podem ser aplicados em programas de coleta seletiva e reciclagem.

Ainda em 2003 é sancionada a Lei nº 4.191, que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), cujo texto estabelece normas referentes à geração, ao acondicionamento, ao armazenamento, à coleta, ao transporte, ao tratamento e à destinação final dos resíduos sólidos, visando o controle da poluição e da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais. O art. 12, inciso I, ao estabelecer os princípios relativos à matéria sob análise, definiu que a geração de resíduos sólidos deve ser minimizada com a adoção da reciclagem e, mais à frente, no inciso VIII do mesmo artigo, a responsabilidade pós-consumo do produtor, como o apoio a programas de coleta seletiva e educação ambiental (RIO DE JANEIRO, 2003).

O art. 13 da mesma lei define como objetivo da PERS o estímulo e a valorização da coleta seletiva de tais re-

síduos. No artigo seguinte, é listado, como diretriz, o incentivo às cooperativas de catadores e classificadores de resíduos sólidos, bem como aos programas que priorizem o catador como agente de limpeza e coleta seletiva (RIO DE JANEIRO, 2003).

A reciclagem e a coleta seletiva também encontram espaço na legislação municipal do Rio de Janeiro, a começar pela Lei Orgânica (PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, 1990), que, ao regular as políticas municipais, garantiu um capítulo destinado ao meio ambiente. Nesse capítulo, mais precisamente no art. 463, inciso V, determinou que é obrigação do poder público a execução de políticas setoriais, visando à coleta seletiva, ao transporte, ao tratamento e à disposição final de resíduos urbanos, patológicos e industriais, com ênfase nos processos que envolvam sua reciclagem.

GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Atualmente, metade da população mundial — 3,5 bilhões de pessoas — vive em regiões urbanas, sendo que até 2030 esse índice alcançará a marca de 60% da população do planeta (ONUBR, 2015). No Brasil, 84,4% da população vive em cidades (IBGE, 2010a). Conforme as cidades vão crescendo, seja em quantidade ou tamanho, vão se multiplicando os desafios para manutenção do equilíbrio ambiental e social. Ao permitir o crescimento desordenado da cidade, o que se dá pela ausência de planejamento, potencializam-se os danos ambientais provenientes da ocupação humana.

A materialização dessa ausência de planejamento fica comprovada no surgimento das favelas, locais caracterizados pelo intenso adensamento e pelas precárias condições de sobrevivência, espaços que concentram mais de 30% da população mundial, um valor estimado em mais de 828 milhões de pessoas (ONUBR, 2015). A porcentagem da população mundial que vive em favelas vem diminuindo, mas diminui em um ritmo menor do que o crescimento da população. Assim, apesar da diminuição da porcentagem, o valor absoluto de

Os municípios e a gestão dos resíduos sólidos

Conforme prevê a Lei nº 12.305/2010, os municípios deverão elaborar os respectivos PMGIRS, sendo esses uma condição para ter acesso aos recursos da União, destinados à gestão de resíduos e à limpeza urbana.

As pessoas que vivem em comunidades ainda está aumentando. Daí a relevância de políticas públicas voltadas exclusivamente para essa população.

Outra informação relevante é a compreensão sobre a composição dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. A seguir, é apresentada uma tabela com a composição gravimétrica média, conforme dados apresentados na Tabela 1 (IBGE, 2010b).

A tabela deixa evidente que mais de 30% dos resíduos gerados podem ser selecionados, reciclados e reintroduzidos na cadeia produtiva, poupando, assim, os recursos naturais, aumentando a vida útil dos aterros sanitários, gerando renda, e, conseqüentemente, desenvolvimento.

Depreende-se, portanto, que os planos de gestão são o ponto de partida para a implantação da PNRS, principalmente no plano local, mais próximo das questões relacionadas ao resíduo doméstico, e, também, por ser dos municípios a responsabilidade pela gestão de resíduos.

O documento deverá considerar especificidades locais e basear-se em diagnóstico capaz de retratar a situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, bem como conter todas as informações úteis, como

Tabela 1 – Composição gravimétrica dos resíduos sólidos.

Resíduos	Participação (%)	Quantidade (t/dia)
Material reciclável	31,9	58.527,40
Metais	2,9	5.293,50
Aço	2,3	4.213,70
Alumínio	0,6	1.079,90
Papel, papelão e tetrapak	13,1	23.997,40
Plástico total	13,5	24.847,90
Plástico filme	8,9	16.399,60
Plástico rígido	4,6	8.448,30
Vidro	2,4	4.388,60
Matéria orgânica	51,4	94.335,10
Outros	16,7	30.618,90
Total	100,0	183.481,50

Fonte: IBGE, 2010b.
t/dia: toneladas/dia.

origem, volume e caracterização, além das formas de destinação e disposição final deles. Ainda deverá definir suas próprias metas e elaborar programas para fomentar a gestão de resíduos de maneira mais sustentável (BRASIL, 2010b).

A forma como se trata os resíduos sólidos é um dos maiores desafios enfrentados pelas administrações públicas no Brasil e no mundo. Indubitavelmente, a adequada gestão dos resíduos sólidos afeta diretamente as condições de saúde, sociais, ambientais, econômicas e até culturais de uma comunidade. Assim, investir nessa gestão adequada transformou-se em um grande aliado do desenvolvimento sustentável, com benefícios de curto, médio e longo prazos para toda a comunidade.

A única forma de se atingir esse objetivo é elaborando um sistema integrado, participativo, com responsabilidade compartilhada, com a definição de metas e indicadores confiáveis que possam permitir o acompanhamento e a revisão periódica das estratégias implementadas, incentivando a não geração, a redução e a requalificação dos resíduos, como materiais para reutilização e reciclagem, para que, por fim, aquilo que

realmente não puder ser reaproveitado seja rejeitado e descartado de maneira ambientalmente adequada.

Com efeito, a implantação dos PMGIRS deve obedecer a três princípios básicos:

- devem ser retratadas a realidade local e as potencialidades do município, tudo por meio de um diagnóstico socioambiental;
- o plano deve ser construído de forma participativa, com indicadores e metas para as seguintes prioridades: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; e
- os indicadores e as metas precisam ser acompanhados e monitorados, de modo a permitir uma mudança na estratégia adotada.

Desse modo, a gestão dos resíduos sólidos compreende o planejamento de todo o processo. Deve-se realizar um diagnóstico situacional do município e o levantamento de suas potencialidades, com o envolvimento

dos vários setores da sociedade, principalmente os catadores, que devem estar cientes dos benefícios, mas também dos desafios que envolvem o gerenciamento de resíduos, pois o alcance das metas estabelecidas pressupõe um constante acompanhamento das etapas de todo o processo.

Para além da questão ambiental, a PNRS inovou em relação ao social, já que incluiu na gestão dos resíduos sólidos a absorção dos denominados catadores. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), que realizou um diagnóstico sobre catadores de resíduos sólidos em 2012, o número total deles varia de 400 a 600 mil indivíduos, quantidade essa estimada com base em diversas fontes (IPEA, 2012, p. 13).

Voltando a atenção para a gestão de resíduos sólidos, observa-se que a coleta seletiva e a reciclagem estão presentes em 40,1% dos 2.100 municípios participan-

tes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no ano de 2011, o que representa 38% do total de municípios do país, conforme pode ser visto na Figura 1.

Segundo os dados de 2012 apresentados pelo IPEA, a coleta seletiva de materiais recicláveis no Brasil abrange apenas 18% dos municípios. O IPEA ainda comparou a quantidade de resíduos reciclados no país com a quantidade recuperada por programas oficiais de coleta seletiva. Esse levantamento, demonstrado na Tabela 2, deixa evidente a deficiência de tais programas, bem como sugere que a reciclagem é mantida pela reciclagem pré-consumo e pela coleta pós-consumo informal (IPEA, 2012).

Vale destacar a relevância da Lei nº 4.969, de 3 de dezembro de 2008, que criou a obrigação da elaboração desse plano, bem como relacionou os objetivos,

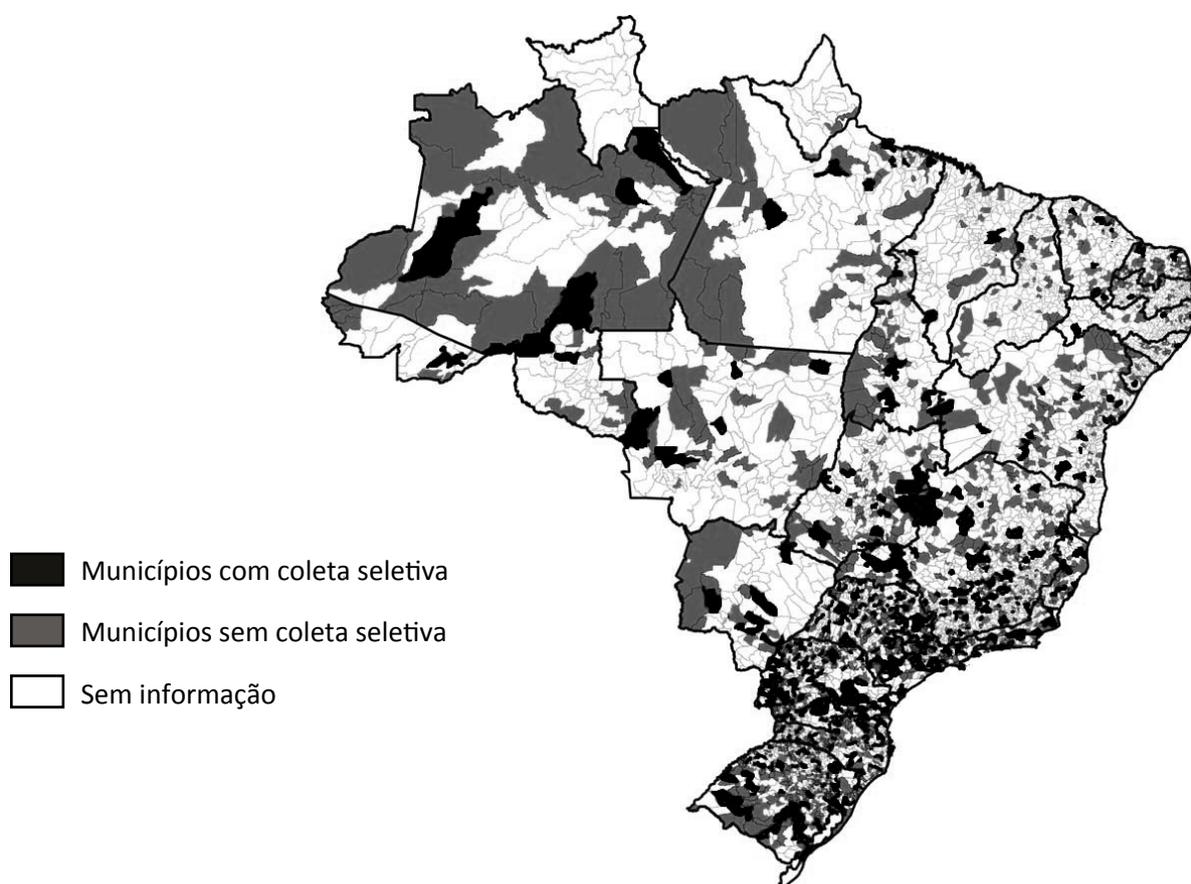


Figura 1 – Serviço de coleta seletiva de recicláveis secos (papel, plástico, vidro e metal) nos municípios participantes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, no Brasil, 2011.

Tabela 2 – Estimativa de participação dos programas de coleta seletiva formal.

Resíduos	Quantidade de resíduos reciclados no país (mil t/ano)	Quantidade recuperada por programas oficiais de coleta seletiva (mil t/ano)	Participação da coleta seletiva formal na reciclagem total (%)
Metais	9.817,80	72,30	0,70
Papel/papelão	3.827,90	285,50	7,50
Plástico	962,00*	170,30	17,70
Vidro	489,00	50,90	10,40

Fonte: IPEA, 2012.

mil t/ano: mil toneladas/ano; *Dados de 2007.

os instrumentos, os princípios e as diretrizes para a gestão integrada de resíduos sólidos (PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, 2008). Posteriormente, em 2009, o Decreto Municipal nº 31.416, de 30 de novembro de 2009, exigiu a necessidade de se considerar os objetivos de redução de emissões de gases de efeito estufa no Plano Municipal (PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, 2009). Por fim, a Lei Municipal nº 5.248, de 27 de janeiro de 2011, estabeleceu a meta de 8% de redução de emissões de gases do efeito estufa para 2012, de 16% para 2016 e 20% para 2020 (PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, 2011a).

O Plano Municipal deve prever metas de não geração, redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, entre outras, visando reduzir a quantidade de rejeitos a serem encaminhados para disposição final. Deve ser elaborado de forma participativa e transparente e seu conteúdo deve estar articulado com outras leis que se relacionam com os resíduos.

Outra exigência da PNRS é a instituição de indicadores de desempenho operacional e socioambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, da implementação dos sistemas de logística reversa, da coleta seletiva e dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos industriais, minerais, da construção civil e da saúde.

LEGISLAÇÃO DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

Semelhante preocupação com o meio ambiente é encontrada no Plano Diretor da cidade do Rio de Janeiro, instituído pela Lei Complementar nº 111, de 1º de fevereiro de 2011 (PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, 2011b). Em seu art. 162, fica determinado que a Política de Resíduos Sólidos do Município do Rio de Janeiro deverá instituir uma gestão integrada de resíduos sólidos, com vistas à prevenção e ao controle da poluição, à proteção e à recuperação da qualidade do meio ambiente, à inclusão social e à promoção da saúde pública, assegurando o uso adequado dos recursos ambientais. Em seguida, a lei mencionada garante a prioridade para a implantação da coleta seletiva em todo o território do município, que deverá ser realizada por associações ou cooperativas formadas exclusivamente por pessoas físicas de baixa renda contratadas pelo órgão ou pela entidade municipal competente.

O art. 191 da referida Lei Complementar antecipa a necessidade de uma relação entre os programas de educação ambiental e a coleta seletiva nas favelas para controlar o acúmulo de lixo no sistema de drenagem. A coleta seletiva e a reciclagem voltam a ter destaque no art. 220 da mesma lei complementar, quando são listadas como uma das diretrizes da política de saneamento e serviços públicos, inovando a lei ao relacionar as associações de bairros como alvos dessa política pública. A coleta seletiva também é apontada pela lei como ferramenta útil para a geração de composto orgânico por meio do programa de fomento à agricultura.

Em 3 de dezembro de 2008, promulgou-se a Lei nº 4.969, que definiu os objetivos, os instrumentos, os princípios e as diretrizes para a gestão integrada de resíduos sólidos, com vistas à prevenção e ao controle da poluição, à proteção e à recuperação da qualidade do

meio ambiente, à inclusão social e à promoção da saúde pública, assegurando o uso adequado dos recursos ambientais (PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, 2008).

Nessa lei, o incentivo à coleta seletiva, à reutilização e à reciclagem ganha status de objetivos da gestão integrada de resíduos sólidos. A lei ainda dedica um capítulo exclusivamente à coleta seletiva, no qual o legislador deixa evidente que sempre que os resíduos sólidos urbanos se encontrarem separados em recicláveis e não recicláveis caberá ao órgão gestor do sistema de limpeza pública a realização da coleta seletiva. Foram, ainda, apresentadas duas definições: a coleta diferenciada, que compreende a coleta seletiva, entendida como a coleta dos resíduos orgânicos e inorgânicos; e a coleta multisseletiva, compreendida como a coleta efetuada por diferentes tipologias de resíduos sólidos, normalmente aplicada nos casos em que os resultados de programas de coleta seletiva implementados tenham sido satisfatórios.

Outro documento legal que merece ser destacado para o estudo do tema é o Decreto nº 31.416, de 30 de novembro de 2009, que determinou que o PGIRS deve considerar como objetivo a redução das emissões de gases de efeito estufa na cidade do Rio de Janeiro, e, para tanto, definiu que a política de destinação e tratamento adequado dos resíduos terá entre seus objetivos o estímulo a práticas sustentáveis, como a coleta seletiva, a triagem e o beneficiamento de materiais recicláveis (PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, 2009).

A questão dos resíduos sólidos ainda encontra espaço na Lei nº 3.273, de 6 de setembro de 2001, que dispõe sobre a Gestão do Sistema de Limpeza Urbana do Município do Rio de Janeiro. Essa gestão cria a obrigação dos municípios de usarem corretamente os recipientes de coleta seletiva (art. 37), prevendo, inclusive, uma multa de R\$ 50,00 para quem descumpri-la (art. 108) (PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, 2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do arcabouço legislativo em vigor no país permite concluir que existe farta regulação do tema e há certo consenso sobre a necessidade de se implantar programas de coleta seletiva.

Fica evidente que a reciclagem de materiais reaproveitáveis, como matérias-primas em processos produtivos, ainda precisa avançar muito. Afinal, essa atividade contribui para a economia de energia e recursos naturais e para a geração de renda, com a criação de novas atividades econômicas.

A gestão dos resíduos no âmbito local deve ser feita por meio do PMGIRS, ponto de partida para o tratamento a ser dado aos mesmos. Esse deve ser construído com base no diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados e deve registrar a origem, o volume, a caracterização e as formas de destinação e disposição final adotadas.

O Plano Municipal deve prever metas de não geração, redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, entre outras, visando reduzir a quantidade de rejeitos a

serem encaminhados para disposição final. Devem ser elaborados de forma participativa e transparente e seu conteúdo deve estar articulado com outras leis que se relacionam com os resíduos.

Outra exigência da PNRS é a instituição de indicadores de desempenho operacional e socioambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, da implementação dos sistemas de logística reversa, da coleta seletiva e dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos industriais, minerais, da construção civil e da saúde.

No Plano Municipal do Rio de Janeiro, faltou a previsão de normas com o objetivo de conceder incentivos fiscais, financeiros ou creditícios a projetos relacionados à responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos, realizados preferencialmente com cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais recicláveis, além de outros mecanismos que motivem a participação da população nos programas de reciclagem.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama n.º 401, de 4 de novembro de 2008. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=589>>. Acesso em: 20 out. 2014.

_____. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília: Presidência da República, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 20 nov. 2013.

_____. *Decreto n.º 7.404, de 23 de dezembro de 2010*. Regulamenta a Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2010a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm>. Acesso em: 20 nov. 2013.

_____. *Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2010b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 12 mar. 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Atlas do censo demográfico*. 2010a. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/resultados>>. Acesso em: 30 set. 2014.

_____. *Sinopse do censo demográfico 2010*. Distribuição percentual da população no censos demográficos, segundo as grandes regiões, as unidades da federação e a situação do domicílio 1960/2010. 2010b. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=9&uf=00>>. Acesso em: 8 jun. 2016.

IPEA. Plano Nacional de Resíduos Sólidos: diagnóstico dos resíduos urbanos, agrosilvopastoris e a questão dos catadores. *Comunicados do Ipea*, n. 145, 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/120425_comunicadoipea0145.pdf>. Acesso em: 9 out. 2013.

LEFF, E. *Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder*. Petrópolis: Vozes, 2001.

ONUBR – Organização das Nações Unidas no Brasil. *Objetivos de desenvolvimento sustentável*. Objetivo 11: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/principais-fatos/>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. Câmara Municipal do Rio de Janeiro. *Lei Orgânica do município do Rio de Janeiro*. 1990. Disponível em: <http://www.camara.rj.gov.br/controle_atividade_parlamentar.php?m1=legislacao&m2=lei_organica&url=http://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/organica.nsf/leiorg?OpenForm&Start=1&Count=30&Collapse=1>. Acesso em: 20 nov. 2013.

_____. *Decreto n.º 31.416, de 30 de novembro de 2009*. Determina que o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos PGIRS Público considere os objetivos de redução de emissão de gases de efeito estufa na cidade do Rio de Janeiro. 2009. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/1712030/DLFE-238112.pdf/DECRETO.n.3.1..4.1.6.de3.0.denovembrode2.0.0.9..pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2013.

_____. *Lei n.º 3.273, de 6 de setembro de 2001*. Dispõe sobre a Gestão do Sistema de Limpeza Urbana do Município do Rio de Janeiro. 2001. Disponível em: <http://www.camara.rj.gov.br/controle_atividade_parlamentar.php?m1=legislacao&m2=leg_municipal&m3=leiord&url=http://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/contlei.nsf/LeiOrdIntsup?OpenForm>. Acesso em: 20 nov. 2013.

_____. *Lei n.º 4.969, de 3 de dezembro de 2008*. Dispõe sobre objetivos, instrumentos, princípios e diretrizes para a gestão integrada de resíduos sólidos no Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. 2008. Disponível em: <http://www.camara.rj.gov.br/controlatividadeparlamentar.php?m1=legislacao&m2=leg_municipal&m3=leiord&url=http://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/contlei.nsf/LeiOrdIntsup?OpenForm>. Acesso em: 20 nov. 2013.

_____. *Lei n.º 5.248, de 27 de janeiro de 2011*. Institui a Política Municipal sobre Mudança do Clima e Desenvolvimento Sustentável, dispõe sobre o estabelecimento de metas de redução de emissões antrópicas de gases de efeito estufa para o Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. 2011a. Disponível em: <http://www.camara.rj.gov.br/controlatividadeparlamentar.php?m1=legislacao&m2=leg_municipal&m3=leiord&url=http://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/contlei.nsf/LeiOrdIntsup?OpenForm>. Acesso em: 13 out. 2013.

_____. *Plano Diretor da Cidade*. Instituído pela Lei Complementar n.º 111, de 1.º de fevereiro de 2011. 2011b. Disponível em: <<http://www.camara.rj.gov.br/controlatividadeparlamentar.php?m1=legislacao&m2=plandircid&url=http://www.camara.rj.gov.br/planodiretor/indexplano.php>>. Acesso em: 27 out. 2013.

RIO DE JANEIRO. Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro (Alerj). *Constituição do Estado do Rio de Janeiro*. 2000. Disponível em: <http://www2.cbmerj.rj.gov.br/legislacoes/Constituicoes/Constituicao_%20do_%20Estado_do_%20Rio_de_Janeiro-2000.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2013.

_____. *Lei n.º 4.191, de 30 de setembro de 2003*. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Rio de Janeiro: Assembleia Legislativa, 2003. Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/b24a2da5a077847c032564f4005d4bf2/cf0ea9e43f8af64e83256db300647e83?OpenDocument>>. Acesso em: 20 nov. 2013.

O EFEITO DA INUNDAÇÃO SAZONAL SOBRE A REGENERAÇÃO NATURAL EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA Densa ALUVIAL NO ESTUÁRIO AMAZÔNICO

THE EFFECT OF SEASONAL FLOOD ON NATURAL REGENERATION
IN A DENSE ALLUVIAL RAINFOREST IN THE AMAZON ESTUARY

**Julie Andrews
de França e Silva**

Engenheira florestal. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Pará (UFPA) – Belém (PA), Brasil.

**Mário Augusto
Gonçalves Jardim**

Engenheiro florestal. Doutor em Ciências Biológicas. Pesquisador Titular III no Museu Paraense Emílio Goeldi – Belém (PA), Brasil.

Endereço para correspondência:

Mário Augusto Gonçalves Jardim – Avenida Perimetral, 1.901 – bairro Montese – Belém (PA), Brasil – E-mail: jardim@museu-goeldi.br

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da inundação sazonal na composição florística, na estrutura e na forma de vida da regeneração natural em uma floresta ombrófila densa aluvial no estuário amazônico, em dois períodos sazonais. Na Área de Proteção Ambiental (APA) Ilha do Combu, foram demarcadas quatro parcelas de 20 x 20 m, onde as espécies e respectivos indivíduos foram identificados, quantificados, agrupados em categorias de tamanho (CT) e classificados quanto ao tipo de forma de vida. Foram calculadas: densidade e frequência relativas; categoria de tamanho relativa; regeneração natural relativa; e diversidade. Os dados de inundação foram coletados diariamente em cinco varas de 1,5 m, em cada parcela. Não houve diferença significativa no número de espécies, indivíduos, diversidade e equabilidade entre os períodos analisados, os quais foram similares em ambos os períodos. A forma de vida dominante em espécies foi árvore; e em indivíduos, herbácea. A CT2 apresentou a maior quantidade de indivíduos e a CT1 a menor quantidade. Os níveis de maré não interferiram na composição florística, demonstrando que as espécies são capazes de sobreviver ao estresse hídrico, principalmente: *Pariana campestris*, *Anthurium sinuatum*, *Costus spicatus* e *Costus arabicus*.

Palavras-chave: Amazônia; nível de maré; composição florística.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of seasonal flooding in floristic composition, structure and forms life of the natural regeneration in a dense alluvial rainforest in the eastern Amazon. In the Environmental Protection Area (APA) Combu Island, four plots of 20 x 20 m were demarcated, where the species and their individuals were identified, quantified, grouped into size categories (CT) and classified according to life form. The relative density and frequency, the category of relative size, the relative natural regeneration and the diversity were calculated. The data of flood were collected daily in five sticks of 1.5 m in each plot. There was no significant difference in the number of species, individuals, diversity and evenness between the periods analyzed, which were similar in both periods. The dominant life form in species was tree; and in individuals, herbaceous. The CT2 had the highest number of individuals and the CT1 the lowest amount. The tide levels did not affect the floristic composition, showing that species are able to survive the water stress, especially: *Pariana campestris*, *Anthurium sinuatum*, *Costus spicatus* e *Costus arabicus*.

Keywords: Amazon; tidal level; floristic composition.

INTRODUÇÃO

A região amazônica abrange nove países da América do Sul e nove estados brasileiros, com destaque para dois ambientes: terra firme e áreas inundáveis. As áreas inundáveis, considerando *igapó* e *várzea*, são responsáveis pela ocupação de aproximadamente 8% do bioma amazônico (FERREIRA *et al.*, 2005). A floresta ombrófila densa aluvial, conhecida por *várzea*, é inundada por água branca e apresenta grande quantidade de sedimentos em suspensão originada dos Andes, em frequente erosão, enquanto que o *igapó* é formado por rios de água clara ou preta e permanece sempre inundado (BARBOSA; PIEDADE; KIRCHNER, 2008).

No estuário amazônico, o fluxo de maré eleva o nível da água entre 2 e 4 m, dependendo da época do ano, sobretudo no período mais chuvoso que atinge as cotas mais altas devido ao efeito aditivo do refluxo oceânico e da descarga hídrica no rio (ALMEIDA; AMARAL; SILVA, 2004). Os diferentes níveis de inundação na região são responsáveis pela formação de *habitats* aquáticos e terrestres, o que influencia a colonização por espécies nas áreas inundáveis (BARBOSA; PIEDADE; KIRCHNER, 2008).

O dinamismo hidrológico e geomorfológico dos rios pode distinguir as florestas de várzea em várias comunidades, diferentes em idade, fisionomia e composição das espécies (WITTMANN; JUNK, 2003). A energia cinética da descarga da água resulta em processos de erosão e sedimentação, servindo para a criação de canais, lagos e barragens florestais, cujas combinações implicam em uma alta produtividade e diversidade na região (HAUGAASEN; PERES, 2006). As inundações carregam grandes quantidades de material sedimentar, o que resulta na elevada fertilidade no ambiente (CARRIM; JARDIM; MEDEIROS, 2008).

A ocorrência e a distribuição de espécies na floresta de várzea podem estar relacionadas com a pedologia, com o regime hídrico, com o tipo de solo, com a topografia, e com as condições climáticas (KOREZA *et al.*, 2009). Os limites da várzea são distintos em decorrência do forte impacto dos períodos regulares das inundações nas estruturas e funções desse ambiente (PAROLIN *et al.*, 2004), onde as espécies estabeleceram diferentes níveis de adaptação e aclimação em am-

bientes com baixo teor de oxigênio e longos períodos de inundações de marés (PAROLIN; WITTMANN, 2010). Ao longo do gradiente de inundação, a composição e a estrutura das espécies arbóreas variam, o que resulta no estabelecimento de vegetações típicas e comunidades florestais conforme cada nível de inundação (WITTMANN; ANHUF; JUNK, 2002).

A regeneração natural é decorrente da interação de processos naturais de restabelecimento do ecossistema florestal; é a parte do ciclo de crescimento da floresta e suas fases iniciais de estabelecimento e desenvolvimento (GAMA; BOTELHO; BENTES-GAMA, 2002). Para o entendimento da dinâmica florestal, além do conhecimento da regeneração arbórea, é necessário conhecer a composição florística do estrato inferior, acrescentando as espécies herbáceas, arbustivas, epífitas e lianas (MAUÉS *et al.*, 2011).

Pesquisas recentes têm avaliado as florestas ombrófilas densas aluviais da Amazônia Oriental apenas do ponto de vista florístico. Somente Batista *et al.* (2013) trataram dos impactos da inundação sobre a dinâmica da regeneração natural em uma floresta de várzea, em Macapá, sem inundação diária e com pouca inundação. Eles constataram que a riqueza de espécies foi maior onde não houve inundação constante; e que espécies exclusivas ocorreram no ambiente com maior nível de inundação, indicando melhor adaptabilidade.

Nesse contexto, Assis e Wittmann (2011) investigaram, em duas florestas de várzea em estágios sucessionais na Amazônia Central, a composição de espécies arbóreas, a riqueza, a distribuição e a estrutura do sub-bosque em relação às alturas da inundação. Os autores mostram que a maior parte das espécies arbóreas do dossel não esteve presente no sub-bosque da várzea alta e baixa em virtude da hipoxia sazonal dos sítios, o que indica o grau de adaptação das espécies para tolerar os níveis de inundação.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da inundação sazonal na composição florística, na estrutura e na forma de vida da regeneração natural em uma floresta ombrófila densa aluvial na Amazônia Oriental, em dois períodos sazonais.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Área de Proteção Ambiental (APA) Ilha do Combu, no município de Belém (PA), na margem esquerda do rio Guamá, com uma área de aproximadamente 15 km² (Figura 1). A região apresenta floresta primária com estrutura e composição florística variada, composta por cipós, árvores, arbustos, lianas, espécies do sub-bosque e predomínio de palmeiras, sobretudo *Euterpe oleracea* Mart. (RODRIGUES *et al.*, 2006; LAU; JARDIM, 2013). O clima é do tipo tropical quente e úmido, segundo a classificação de Köppen, com pluviosidade média anual de 2.500 mm e temperatura média de 27°C. A estação chuvosa se concentra nos meses de janeiro a abril; e a estação menos chuvosa, de maio a dezembro. O tipo de solo é Glei Pouco

Húmido, com alta porcentagem de siltes e argila, e com baixa porcentagem de areia (JARDIM *et al.*, 2007; LAU; JARDIM, 2013).

A coleta de dados ocorreu em 2015, nos meses de fevereiro a abril (período mais chuvoso), e de maio a julho (período menos chuvoso). Foram demarcadas quatro parcelas de 20 x 20 m (400 m²) próximas à margem do rio Furo do Igarapé Combu, em um trecho de floresta não manejada, parcialmente sombreada e composta por espécies arbóreas, cipós e palmeiras, e solo pouco úmido. As parcelas foram dispostas paralelamente ao rio, com uma distância de aproximadamente 80 m entre si, e a 2 m da margem do rio. As subparcelas de 1 x

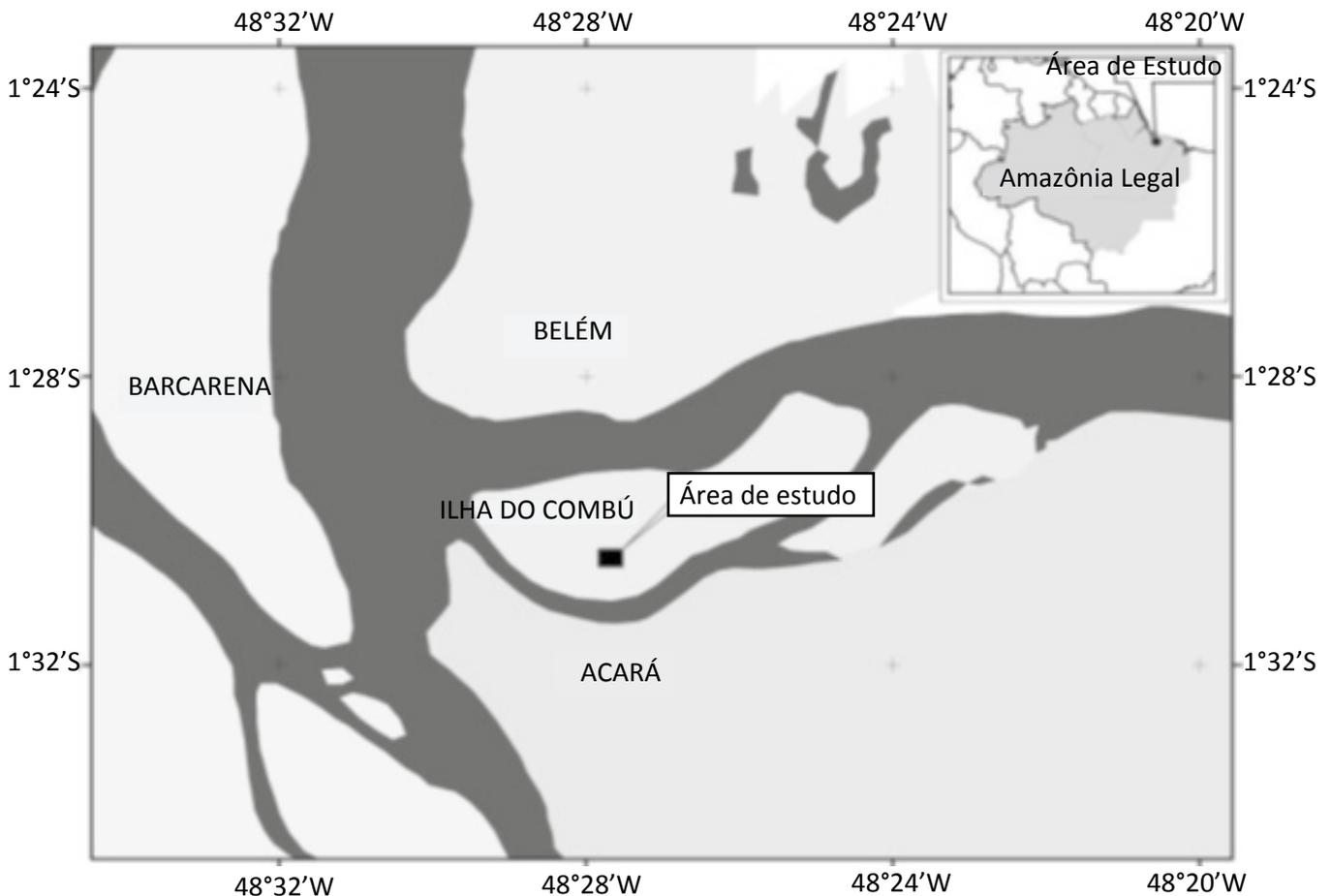


Figura 1 – Mapa de localização das parcelas na floresta ombrófila densa aluvial na área de estudo na Área de Proteção Ambiental, Ilha do Combu, Belém (PA), Brasil.

1 m foram confeccionadas com o auxílio de 4 tubos de PVC de 1 m cada e com diâmetro de 20 cm, unidos por encaixes (joelhos), formando um quadrado de acordo com Maués *et al.* (2011).

Para análise da composição florística e da estrutura da vegetação, o quadrado de PVC era lançado ordenadamente a partir do lado Sul da parcela, seguindo até o lado Norte em espaços de 20 cm entre as subparcelas para aumentar a área amostral. Foram demarcadas no mínimo seis linhas paralelas entre si para alocação das subparcelas em todas as parcelas. Todas as espécies foram identificadas e quantificadas. Dentro das subparcelas, as plantas foram identificadas em família, gênero e espécie com auxílio de um parabolânico do Museu Paraense Emílio Goeldi. A classificação das famílias foi feita pelo sistema de classificação do *Angiosperm Phylogeny Group* (APG III, 2009) para a angiosperma e de Smith *et al.* (2006) para samambaias. Os nomes das espécies, gêneros e famílias botânicas foram atualizados conforme o site *Missouri Botanical Garden* (MOBOT, 2015).

A análise da estrutura de cada subparcela foi obtida pela quantificação e estratificação dos indivíduos com o auxílio de uma vara de um 1 m de altura posicionada no centro da subparcela, nas seguintes categorias de tamanho (CT): CT1= altura ≤ 15,0 cm; CT2=15,1 cm ≤ altura ≤ 30,0 cm; CT3=30,1 cm ≤ altura ≤ 100,0 cm. Tais categorias foram baseadas em Maués *et al.* (2011). A análise da estrutura levou em consideração as categorias de tamanho, sendo feita pelo cálculo de categoria de tamanho relativa por espécie (CT%) (Equação 1), segundo Finol (1971):

$$CT\% = [(CT_{sp} / \Sigma CT) \times 100] \quad (1)$$

Sendo que:

$$CT_{sp} = [(n_1 N_1 + \dots + n_3 N_3) / N \times 100];$$

CT_{sp} = categoria de tamanho de cada espécie;

$n_{1..3}$ = número de indivíduos de cada espécie, nas categorias de tamanho de 1 a 3;

$N_{1..3}$ = número total de indivíduos nas categorias de tamanho 1 a 3;

N = número total de indivíduos da amostragem;

ΣCT = somatório da categoria de tamanho de todas as espécies.

A estrutura horizontal da regeneração foi avaliada pela Abundância e Frequências absoluta e relativa. O Índice de Shannon-Wiener (H') (MAGURRAN, 1988) e o Índice de Equabilidade (J') (PIELOU, 1977) para avaliar a diversidade florística da regeneração natural. A forma de vida das espécies foi classificada de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012) em: arbusto, árvore, epífita, hemiepífita, herbácea, liana e palmeira. As espécies foram classificadas conforme a importância em Regeneração Natural Relativa ($Rn\%$), obtida pela soma dos valores relativos de abundância, frequência e categoria de tamanho, de acordo com Finol (1971). Para relacionar com os resultados de nível de maré, foram selecionadas apenas as espécies que obtiveram $Rn\% \geq 5$ e as espécies exclusivas de cada parcela.

A similaridade dos dados foi realizada pelo Programa R 3.1.1 (*R Foundation for Statistical Computing*, 2014), a partir de uma matriz com os valores de abundância das espécies de cada parcela. Foi utilizado o Índice de Similaridade de Bray-Curtis, aplicando o pacote "vegan" e função "vegdist" (OKSANEN *et al.*, 2015). Os resultados obtidos foram destinados para a elaboração dos dendrogramas por meio do método de *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean* (UPGMA), com a execução do pacote "cluster" e função "hclust" (MAECHLER *et al.*, 2015), a fim de observar as similaridades e os possíveis agrupamentos (SOUTO; BOEGER, 2011). Para a validação do método de pareamento, foi aplicado o coeficiente de correlação cofenética (CCC).

Os dados de inundação foram coletados diariamente no período da manhã, às 7h00, de fevereiro a julho de 2015. Em cada parcela foram inseridas 5 varas de madeira de angelim com 1,5 m de altura, de cor branca e graduadas com giz de cera vermelho de 5 em 5 cm. Em seguida, quatro varas ficaram dispostas nos vértices e paralelas ao rio e uma no centro da parcela. Os níveis máximos de inundação foram obtidos pela marca da água em cada vara de maré.

A composição florística de cada período foi comparada por meio de um Teste t de Student com amostras independentes realizado com o Programa R 3.1.1 (*R Foundation for Statistical Computing*, 2014), utilizando o número de indivíduos, o número de espécies e os Índices de Shannon-Wiener e de Equabilidade de Pielou. Os dados foram normais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período chuvoso, a parcela 3 apresentou os maiores níveis de maré com média de 4,10 cm; seguida da parcela 1, com 2,71 cm; e as parcelas 4 e 2, com 2,39 cm e 2,30 cm, respectivamente. O mês de abril obteve o maior valor de inundação nas 4 parcelas, com média de 4,18 cm; seguido de março, com média de 2,48 cm. No período menos chuvoso, não houve registro de marcas d'água ocasionadas pela maré (Figura 2). Conforme os dados obtidos pelo Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), no Porto de Belém a média do período chuvoso foi de 1,86 cm, enquanto que nas parcelas foi de 2,88 cm; e no período menos chuvoso a média do Porto de Belém foi de 1,85 cm, acima do registrado no estudo.

Na Amazônia Central, na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, sem considerar a sazonalidade, Wittmann e Junk (2003) determinaram o nível de inundação em ambientes de várzea alta e várzea baixa. Nessa mesma reserva, o nível médio de inundação registrado foi de 0,32 m durante o período menos chuvoso (MARINHO; WITTMANN, 2012). Esses valores

médios de inundação são aproximadamente iguais às parcelas do presente estudo.

A parcela 1, com área amostral de 0,0133 ha, registrou no período chuvoso: 23 famílias, 34 gêneros, 37 espécies e 2.525 indivíduos. As espécies com valor de $Rn\% \geq 5$ foram: *Pariana campestris* (32,80%), *Anthurium sinuatum* (13,69%), *Costus arabicus* (8,09%), *Pterocarpus santalinoides* (7,75%) e *Inga laurina* (6,56%), correspondendo a 68,89% do total com 1.940 indivíduos. O índice de Shannon-Wiener (H') foi de 2,25 nat/ind. e o de Equabilidade (J') de 0,62 (Tabela 1). No período menos chuvoso, em 0,0108 ha, foram contabilizadas: 23 famílias, 36 gêneros, 40 espécies e 2.493 indivíduos. As espécies com os maiores valores de $Rn\%$ foram: *Pariana campestris* (43,10%), *Anthurium sinuatum* (12,02%), *Costus arabicus* (5,85%), *Pterocarpus santalinoides* (5,63%), equivalendo a 66,60% do total com 1.894 indivíduos. O índice de Shannon-Wiener (H') foi de 1,93 nat/ind. e o de Equabilidade (J') de 0,53 (Tabela 1).

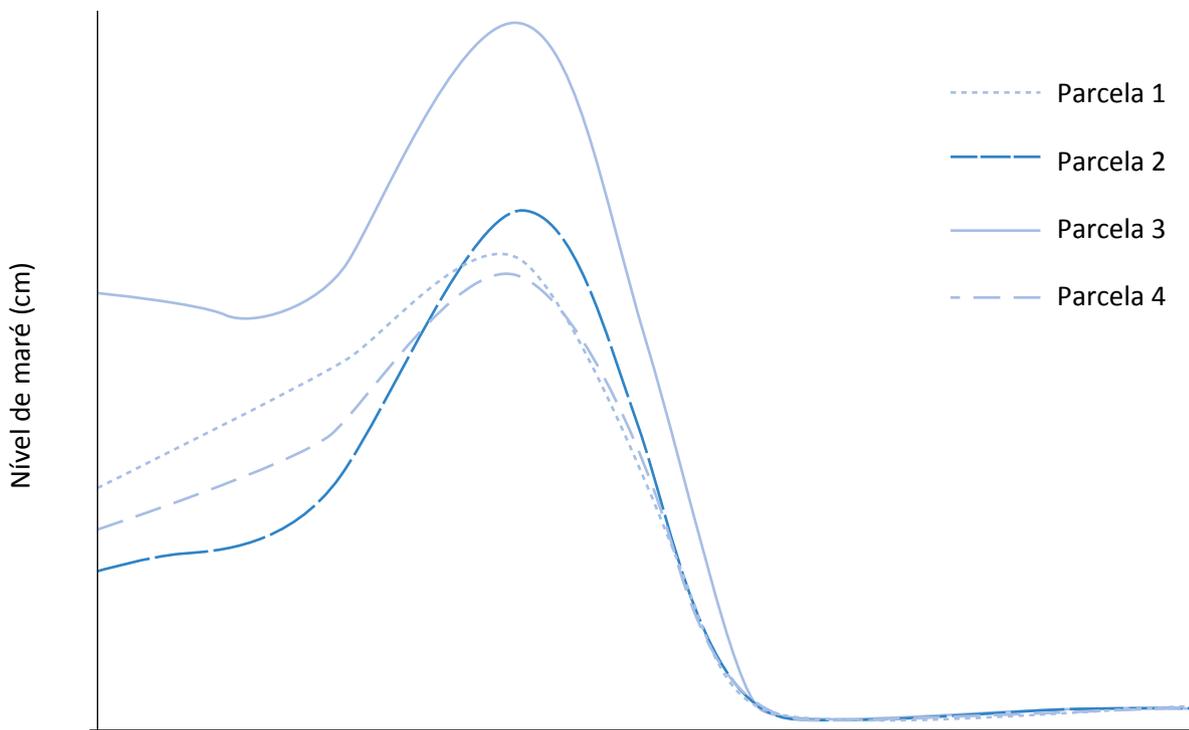


Figura 2 – Níveis de maré nos meses de fevereiro a julho de 2015 nas quatro parcelas na floresta ombrófila densa aluvial na Área de Proteção Ambiental Ilha do Combu, Belém (PA), Brasil.

Tabela 1 – Valores da inundação média nos períodos chuvoso (fevereiro, março e abril) e menos chuvoso (maio, junho e julho), composição florística e parâmetros fitossociológicos das espécies com valor de RN% ≥ 5 na floresta ombrófila densa aluvial na Área de Proteção Ambiental Ilha do Combu, Belém (PA), Brasil.

P	Im (cm)	Área (ha)	TF	TG	TE	NI	H'	J'	Nome científico	FV	NI	DR%	FR%	CT%	Rn%
<i>Período chuvoso</i>															
1	2,71	0,0133	23	34	37	2.525	2,25	0,62	<i>Pariana campestris</i> Aubl.	Herbácea	965	38,22	14,98	45,19	32,80
									<i>Anthurium sinuatum</i> Benth. ex Schott	Hemiepífita	383	15,17	13,98	11,92	13,69
									<i>Costus arabicus</i> L.	Herbácea	197	7,80	7,99	8,48	8,09
									<i>Pterocarpus santalinoides</i> L'Hér. Ex DC	Árvore	237	9,39	5,62	8,24	7,75
									<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Árvore	158	6,26	8,86	4,56	6,56
<i>Período menos chuvoso</i>															
1	0,00	0,0108	23	36	40	2.493	1,93	0,53	<i>Pariana campestris</i> Aubl.	Herbácea	1.278	51,26	16,45	61,60	43,10
									<i>Anthurium sinuatum</i> Benth. ex Schott	Hemiepífita	329	13,20	15,63	7,23	12,02
									<i>Costus arabicus</i> L.	Herbácea	129	5,17	7,00	5,36	5,85
									<i>Pterocarpus santalinoides</i> L'Hér.Ex DC	Árvore	158	6,38	4,23	6,31	5,63
<i>Período chuvoso</i>															
2	2,30	0,0129	18	27	36	2.706	2,48	0,69	<i>Anthurium sinuatum</i> Benth. ex Schott	Hemiepífita	887	32,78	15,75	38,14	28,89
									<i>Pariana campestris</i> Aubl.	Herbácea	303	11,20	6,44	10,36	9,33
									<i>Piper hispidum</i> Sw.	Arbusto	232	8,57	8,36	8,42	8,45
									<i>Costus spicatus</i> (Jacq.) Sw.	Herbácea	225	8,31	9,18	7,60	8,36
									<i>Inga edulis</i> Mart.	Árvore	133	4,20	8,08	5,15	6,05
<i>Período menos chuvoso</i>															
2	0,00	0,0108	17	26	32	2.717	2,57	0,74	<i>Anthurium sinuatum</i> Benth. ex Schott	Hemiepífita	705	25,95	13,11	29,99	23,02
									<i>Pariana campestris</i> Aubl.	Herbácea	319	11,74	7,44	11,88	10,36
									<i>Costus spicatus</i> (Jacq.) Sw.	Herbácea	248	9,13	8,90	8,69	8,91
									<i>Trichanthera gigantea</i> (Bonpl.) Nees	Árvore	232	8,54	10,19	7,80	8,84
									<i>Piper hispidum</i> Sw.	Arbusto	206	7,58	7,61	7,92	7,70
									<i>Heliconia psittacorum</i> L.f.	Herbácea	143	5,26	8,74	4,56	6,19
<i>Período chuvoso</i>															
3	4,10	0,0123	22	36	41	2.334	1,92	0,52	<i>Pariana campestris</i> Aubl.	Herbácea	1.155	49,49	18,20	55,14	40,94
									<i>Anthurium sinuatum</i> Benth. ex Schott	Hemiepífita	348	14,91	15,08	11,16	13,72
									<i>Costus arabicus</i> L.	Herbácea	230	9,85	12,29	10,59	10,91
									<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Árvore	170	7,28	7,54	4,81	6,54

Continua...

Tabela 1 – Continuação.

P	Im (cm)	Área (ha)	TF	TG	TE	NI	H'	J'	Nome científico	FV	NI	DR%	FR%	CT%	Rn%
Período menos chuvoso															
3	0,00	0,0108	22	33	35	2.180	1,88	0,53	<i>Pariana campestris</i> Aubl.	Herbácea	1.121	51,42	17,67	58,84	42,64
									<i>Anthurium sinuatum</i> Benth. ex Schott	Hemiepífita	351	16,10	16,25	10,65	14,33
									<i>Costus arabicus</i> L.	Herbácea	184	8,44	11,66	8,93	9,68
									<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Árvore	124	5,69	6,89	3,22	5,27
Período chuvoso															
4	2,39	0,0116	22	33	44	2.652	2,28	0,60	<i>Anthurium sinuatum</i> Benth. ex Schott.	Hemiepífita	594	22,40	14,68	25,62	20,90
									<i>Pariana campestris</i> Aubl.	Herbácea	659	24,85	15,02	21,89	20,58
									<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M.Perry	Árvore	509	19,19	6,66	19,94	15,26
									<i>Costus spicatus</i> (Jacq.) Sw.	Herbácea	252	9,50	10,58	8,50	9,53
Período menos chuvoso															
4	0,00	0,0108	19	28	33	2.734	2,33	0,67	<i>Pariana campestris</i> Aubl.	Herbácea	753	27,54	15,75	23,84	22,38
									<i>Anthurium sinuatum</i> Benth. ex Schott	Hemiepífita	626	22,90	14,65	27,21	21,59
									<i>Costus spicatus</i> (Jacq.) Sw.	Herbácea	302	11,05	10,81	10,02	10,63
									<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M.Perry	Árvore	269	9,84	4,40	10,72	8,32
									<i>Ischnosiphon obliquus</i> (Rudge) Körn.	Herbácea	165	6,04	6,04	6,18	6,09

P: parcela; Im: inundação média; TF: total de família; TG: total de gênero; TE: total de espécie; NI: número de indivíduos; H': Índice de Shannon-Wiener; J': Índice de Equabilidade de Pielou; FV: forma de vida; DR: densidade relativa; FR: frequência relativa; CT%: categoria de tamanho relativa; Rn%: regeneração natural relativa.

A parcela 2, com área amostral de 0,0129 ha, contabilizou no período chuvoso: 18 famílias, 27 gêneros, 36 espécies e 2.706 indivíduos. As espécies com valor de $Rn\% \geq 5$ foram: *Anthurium sinuatum* (28,89%), *Pariana campestris* (9,33%), *Piper hispidum* (8,45%), *Costus arabicus* (8,36%) e *Inga edulis* (6,05%) correspondente a 61,08% do total com 1.780 indivíduos. O índice de Shannon-Wiener (H') foi de 2,48 nat/ind. e o de Equabilidade (J') de 0,69 (Tabela 1). Durante o período menos chuvoso, a parcela 2 apresentou, em 0,0108 ha: 17 famílias, 26 gêneros, 32 espécies e 2.717 indivíduos. As espécies com $Rn\% \geq 5$ foram: *Anthurium sinuatum* (23,02%), *Pariana campestris* (10,36%), *Costus spicatus* (8,91%), *Trichanthera gigantea* (8,84%), *Piper hispidum* (7,70%) e *Heliconia psittacorum* (6,19%) sendo 65,02% do total com 1.853 indivíduos. O índice de Shannon-

-Wiener (H') foi de 2,57 nat/ind. e o de Equabilidade (J') de 0,74 (Tabela 1).

A parcela 3, com área amostral de 0,0123 ha, apresentou no período chuvoso: 22 famílias, 36 gêneros, 41 espécies e 2.334 indivíduos. As espécies com os maiores $Rn\%$ foram: *Pariana campestris* (40,94%), *Anthurium sinuatum* (13,72%), *Costus arabicus* (10,91%) e *Inga laurina* (6,54%), correspondendo a 72,11% do total com 1.903 indivíduos. O índice de Shannon-Wiener (H') foi de 2,25 nat/ind. e o de Equabilidade (J') de 0,62 (Tabela 1). No período menos chuvoso, em 0,0108 ha, foram registradas: 22 famílias, 33 gêneros, 35 espécies e 2.180 indivíduos. As espécies com $Rn\% \geq 5$ foram: *Pariana campestris* (42,64%), *Anthurium sinuatum* (14,33%), *Costus arabicus* (9,68%) e *Inga lauri-*

na (5,27%), representando 71,92% do total com 1.780 indivíduos. O índice de Shannon-Wiener (H') foi de 1,88 nat/ind. e o de Equabilidade (J') de 0,53 (Tabela 1).

Na parcela 4, com área amostral de 0,0116 ha, houve o registro de: 22 famílias, 33 gêneros, 44 espécies e 2.652 indivíduos. As espécies com valor de $Rn\% \geq 5$ foram: *Anthurium sinuatum* (20,90%), *Pariana campestris* (20,58%), *Syzygium malaccense* (15,26%) e *Costus spicatus* (9,53%), com 66,27% do total e 2.014 indivíduos. O índice de Shannon-Wiener (H') foi de 2,28 nat/ind. e o de Equabilidade (J') de 0,60 (Tabela 1). O período menos chuvoso, em 0,0108 ha, apresentou: 19 famílias, 28 gêneros, 33 espécies e 2.734 indivíduos. As espécies com $Rn\% \geq 5$ foram: *Pariana campestris* (22,38%), *Anthurium sinuatum* (21,59%), *Costus spicatus* (10,63%), *Syzygium malaccense* (8,32%) e *Ischnosiphon obliquus* (6,09%), equivalendo a 69,01% do total com 2.115 indivíduos. O índice de Shannon-Wiener (H') foi de 2,33 nat/ind. e o de Equabilidade (J') de 0,67 (Tabela 1).

Nos dois períodos (chuvoso e não chuvoso), as famílias com mais espécies foram: *Fabaceae*, *Arecaceae*, *Araceae* e *Euphorbiaceae*. Os gêneros mais representativos em número de indivíduos foram: *Pariana*, *Anthurium*, *Costus* e *Inga*. Em uma floresta de várzea na Ilha do Combu, Maués *et al.* (2011) avaliaram a composição florística do estrato inferior, obtendo *Fabaceae* e *Inga* entre as mais representativas. Dentre os estudos realizados em várzeas amazônicas, *Fabaceae* foi uma das famílias com os maiores valores de espécies e indivíduos, bem como *Arecaceae* (GAMA; BOTELHO; BENTES-GAMA, 2002; GAMA *et al.*, 2003; CARIM; JARDIM; MEDEIROS, 2008; ALMEIDA; JARDIM, 2011).

As parcelas, conjuntamente, apresentaram: 10.217 indivíduos, 30 famílias, 49 gêneros e 63 espécies para o período chuvoso; e 10.124 indivíduos, 29 famílias, 46 gêneros e 59 espécies para o período menos chuvoso. Espécies como *Pariana campestris*, *Anthurium sinuatum*, *Costus spicatus* e *Costus arabicus* foram abundantes em todos os meses, representando pelo menos 60,77% do total de indivíduos, o que demonstra serem adaptadas aos dois extremos — alto e baixo níveis de maré.

Do total das espécies, 79,41% (54 espécies) ocorreram nos 6 meses de coleta de dados; 13,24% (9 espécies), somente no período chuvoso; e 7,35% (5 espécies), no

período não chuvoso. Foram contabilizadas 20 espécies exclusivas em todas as parcelas, estando 40% delas presentes nos dois períodos, 40% apenas no período chuvoso e 20% no período menos chuvoso (Tabela 2).

As espécies mais representativas em ambos os períodos não foram compatíveis com as encontradas em trabalhos realizados na Amazônia Oriental que não consideraram o efeito da inundação na vegetação. As espécies mais representativas em ambos os períodos não foram compatíveis com aquelas encontradas em outras florestas alagadas na Amazônia Oriental, conforme citado por Maués *et al.* (2011), que registraram os maiores valores de $Rn\%$ para *Euterpe oleracea* e *Virola surinamensis*. No estrato superior, as mesmas espécies foram as mais importantes em número de indivíduos, frequência, dominância e Índice de Valor de Importância (IVI), juntamente com *Astrocaryum murumuru* (GAMA; BOTELHO; BENTES-GAMA, 2002; QUEIROZ *et al.*, 2005; CARIM; JARDIM; MEDEIROS, 2008; ALMEIDA; JARDIM, 2011; LAU; JARDIM, 2013).

Em uma floresta ombrófila densa aluvial, situada na Estação Científica Ferreira Penna em Caxiuanã, Ferreira *et al.* (2013) compararam a composição florística de florestas de igapó e várzea. Ressaltando os resultados de várzea, em 2 ha, encontraram no estrato superior 48 espécies com um Índice de Shannon-Wiener variando entre 2,25 e 2,27. A forma de vida predominante em número de indivíduos foi árvore. Relataram que a riqueza de espécies da floresta de várzea pode estar combinada com o ciclo de inundação anual, sendo provocado pela variação do nível das marés que são resultantes das chuvas nas cabeceiras dos rios e igarapés e do ciclo de inundação diário. Segundo Salomão *et al.* (2007), em função das condições hidrológicas, a várzea apresenta uma diversidade de espécies inferior, comparada com uma floresta de terra firme.

No presente estudo, foi possível observar que o período chuvoso com maior nível de inundação apresentou mais espécies e indivíduos, além de maiores valores dos parâmetros fitossociológicos. Wittmann, Junk e Piedade (2004), ao avaliarem a inundação e a geomorfologia em duas florestas de várzeas amazônica (várzea alta e várzea baixa), mostraram que houve maior inundação na várzea baixa (em torno de 6,5 m) e poucas espécies; enquanto, na várzea alta, houve a maior riqueza de espécies e baixo nível de inundação. Esses dados também estão de acordo com Assis e Wittmann (2011),

Tabela 2 – Parâmetros fitossociológicos das espécies exclusivas nas suas respectivas parcelas no período chuvoso e menos chuvoso na floresta ombrófila densa aluvial na APA Ilha do Combu, Belém (PA), Brasil.

Parcela	Nome científico	FV	NI	DR%	FR%	CT%	Rn%
1	<i>Período chuvoso</i>						
	<i>Sarcaulus brasiliensis</i> (A. DC.) Eyma	Árvore	14	0,55	1,62	0,46	0,88
	<i>Crudia oblonga</i> Benth.	Árvore	3	0,11	0,25	0,07	0,15
	<i>Mezilaurus mahuba</i> (A. Samp.) van der Werff	Árvore	2	0,08	0,25	0,10	0,14
	<i>Genipa americana</i> L.	Árvore	1	0,04	0,12	0,05	0,07
	<i>Período menos chuvoso</i>						
	<i>Sarcaulus brasiliensis</i> (A. DC.) Eyma	Árvore	2	0,08	0,16	0,03	0,09
	<i>Dioscorea laxiflora</i> Mart. ex Griseb.	Liana	1	0,04	0,16	0,02	0,07
	<i>Senna quinquangulata</i> (Rich.) H.S. Irwin & Barneby	Arbusto	1	0,04	0,16	0,02	0,07
2	<i>Período chuvoso</i>						
	<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	Palmeira	32	1,18	0,27	1,44	0,97
	<i>Hernandia guianensis</i> Aubl.	Árvore	2	0,07	0,14	0,03	0,08
	<i>Uncaria guianensis</i> (Aubl.) J.F. Gmel.	Liana	1	0,04	0,14	0,05	0,07
	<i>Período menos chuvoso</i>						
	<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	Palmeira	2	0,07	0,32	0,09	0,16
<i>Ficus insipida</i> Willd.	Árvore	1	0,04	0,16	0,04	0,08	
3	<i>Período chuvoso</i>						
	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Arbusto	32	1,37	2,95	1,56	1,96
	<i>Macrolobium angustifolium</i> (Benth.) R.S.Cowan	Árvore	11	0,47	1,15	0,42	0,68
	<i>Scleria gaertneri</i> Raddi	Herbácea	9	0,39	0,16	0,14	0,23
	<i>Manaosella cordifolia</i> (DC. A.H. Gentry)	Liana	1	0,04	0,16	0,05	0,09
	<i>Parinari excelsa</i> Sabine	Árvore	1	0,04	0,16	0,05	0,09
	<i>Período menos chuvoso</i>						
	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Arbusto	33	1,51	3,00	1,81	2,11
	<i>Macrolobium angustifolium</i> (Benth.) R.S.Cowan	Árvore	4	0,18	0,18	0,23	0,20
	<i>Scleria gaertneri</i> Raddi	Herbácea	3	0,14	0,35	0,09	0,19
<i>Parinari excelsa</i> Sabine	Árvore	2	0,09	0,35	0,06	0,17	

Continua...

Tabela 2 – Continuação.

Parcela	Nome científico	FV	NI	DR%	FR%	CT%	Rn%
4	<i>Período chuvoso</i>						
	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M.Perry	Árvore	509	19,19	6,66	19,94	15,26
	<i>Psychotria colorata</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) Müll. Arg.	Arbusto	3	0,11	0,17	0,08	0,12
	<i>Manihot tripartita</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Arbusto	2	0,08	0,17	0,56	0,10
	<i>Desmoncus polyacanthos</i> Mart.	Liana	1	0,04	0,17	0,05	0,08
	<i>Período menos chuvoso</i>						
	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M.Perry	Árvore	269	9,84	4,40	10,72	8,32
	<i>Dolioscarpus dentatus</i> (Aubl.) Standl.	Liana	5	0,18	0,18	0,22	0,20
	<i>Manihot tripartita</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Arbusto	1	0,04	0,18	0,02	0,08

FV: forma de vida; NI: número de indivíduos; DR: densidade relativa; FR: frequência relativa; CT%: categoria de tamanho relativa; Rn%: regeneração natural relativa.

Wittmann e Junk, (2003) e Wittmann, Anhuf e Junk (2000), cujos trabalhos indicam níveis baixos de inundação na várzea alta com maior riqueza em espécies.

Conforme o Teste *t* de Student, não houve diferença significativa entre os parâmetros analisados. O período chuvoso, com os níveis de inundação, apresentou as maiores médias de número de indivíduos (2554.25 indivíduos; $t=0.1516$; $df=5,102$; $p=0.8853$); de número de espécies (39.5 espécies; $t=1.7538$; $df=5.991$; $p=0.1301$); de Índice de Shannon-Wiener (2.31350; $t=0.7895$; $df=3.668$; $p=0.4777$); e de Equabilidade (0.6325; $t=0.2674$; $df=3.831$; $p=0.8029$), quando comparado às médias do período menos chuvoso (2531 indivíduos; 35 espécies; Índice de Shannon-Wiener 2.1775; e Equabilidade 0.6175).

Ao analisar somente a composição florística das quatro parcelas, houve separação em dois grupos distintos por maior similaridade, com o agrupamento das parcelas 1 e 3; e 2 e 4, nos dois períodos. No período chuvoso, a separação ocorreu a um grau menor que 45% de dissimilaridade, com a correlação cofenética de 0,93 e no período menos chuvoso, a um grau de 45% de dissimilaridade e com 0.96 de correlação cofenética (Figura 3). Foi possível observar a mesma similaridade florística das parcelas em ambos os períodos. Ao contrário do dendrograma realizado por meio dos dados de pre-

sença e ausência das espécies apresentado por Batista *et al.* (2013), em cinco transectos em uma floresta de várzea, situados em diferentes gradientes de inundação. Os transectos foram separados em dois grupos a uma similaridade de 30%, possibilitando observar que o transecto sem nenhuma influência de inundação foi o mais dissimilar e os transectos com pouca ou influência direta do rio foram agrupados.

Em todas as parcelas, a forma de vida mais abundante foi árvore (seguida de herbácea), que variou de 18 (parcela 1) a 13 (parcela 2) espécies no período chuvoso; no período menos chuvoso, a variação foi de 15 a 12 espécies nas mesmas parcelas. A forma de vida herbácea (seguida de hemiepífita) se destacou em números de indivíduos, com máximo de 1.945 indivíduos (parcela 3) e mínimo de 798 (parcela 2) no período chuvoso; e máximo de 1.416 (parcela 1) e mínimo de 882 (parcela 2) no período menos chuvoso. Nessas áreas existem registros de ocorrência para epífitas, linas e palmeiras apenas no estrato superior da floresta (MAUÉS *et al.*, 2011; LAU; JARDIM, 2013).

A ocorrência de espécies arbóreas em ambientes de várzea e igapó provavelmente é resultante da dispersão de diásporos, das adaptações ocorridas ao longo do processo evolutivo e da periodicidade da inundação (MARINHO *et al.*, 2013). A dominância de indivíduos

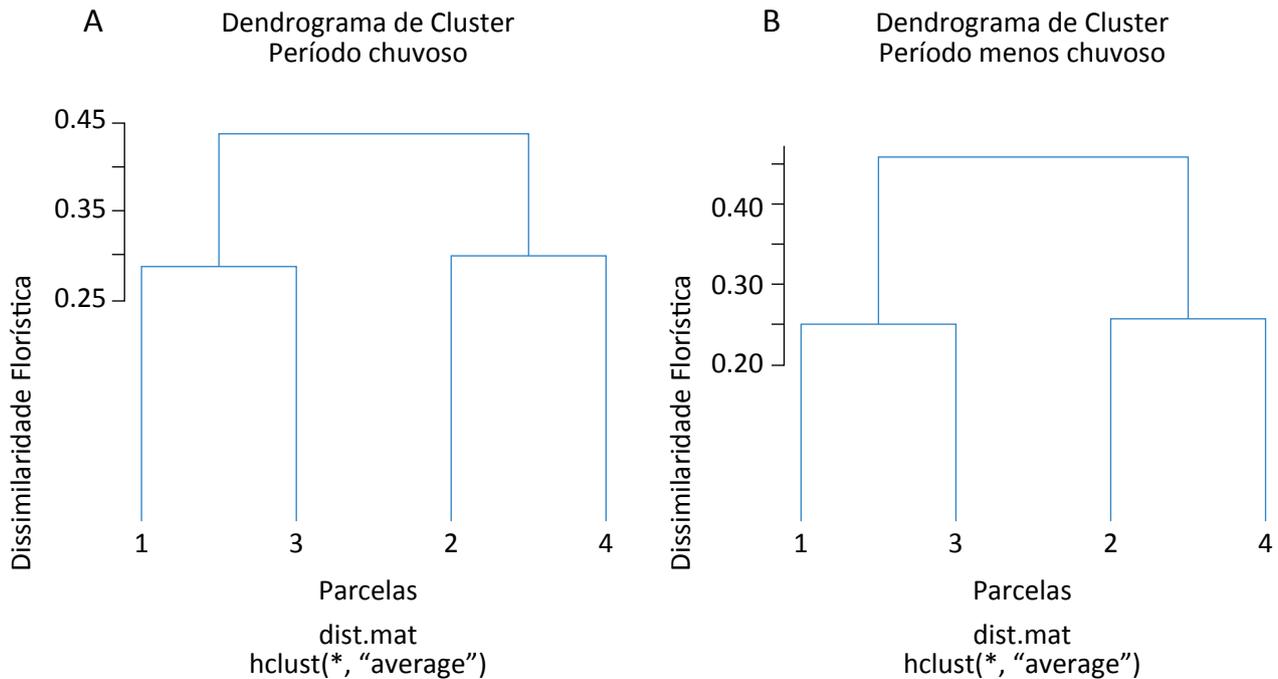


Figura 3 – Dendrograma de similaridade florística no período chuvoso (A) e no período menos chuvoso (B) obtido pelo método *Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages* (UPGMA), com base no índice de Bray-Curtis nas parcelas amostradas de uma floresta ombrófila densa aluvial na Área de Proteção Ambiental Ilha do Combu, Belém (PA), Brasil.

com a forma de vida herbácea é decorrente da altura e do período de inundação que interferem no aparecimento de espécies herbáceas, principalmente na vante da água e antes das inundações, quando ocorre uma maior proliferação dessa forma de vida (GAMA *et al.*, 2003).

As CT mais representativas em indivíduos, foram a CT2 com a parcela 2 (2.038 indivíduos) e parcela 4 (1.610); e a CT3 com as parcelas 1 e 3, com 1.413 e 1.361 indivíduos, nessa ordem, havendo aumento no número de indivíduos no período menos chuvoso. A CT1 foi a menos expressiva, variando de 55 a 195 indivíduos no período chuvoso, e de 15 a 107 indivíduos no menos chuvoso, o que demonstra que essa inferioridade de indivíduos pode ocorrer em virtude dos períodos de inundação e a altura da maré, visto que as espécies podem ter baixa adaptabilidade ao estresse hídrico.

Para Silva *et al.* (2007), a ausência de populações nas menores classes de altura pode ser decorrente das estratégias de ocupação. As espécies em todas as classes de altura são aquelas que exibem o maior potencial de

desenvolvimento e que poderão estar no futuro dossel. Segundo Salomão *et al.* (2007), o sub-bosque de uma floresta de várzea apresenta pouca regeneração das espécies do dossel, devido à mortalidade das mudas ocasionada pela inundação que diminui o número de indivíduos jovens. Para Bianchini *et al.* (2003), uma possível explicação para a grande quantidade de indivíduos de baixa estatura em áreas alagáveis é a relação entre a instabilidade do solo durante os períodos de inundação e a pequena profundidade dos sistemas de raízes com a superficialidade do lençol freático — por isso a maior quantidade de indivíduos em CT2 e CT3.

Em áreas alagáveis, os fatores fundamentais para a manutenção da biodiversidade são os processos físicos e biológicos, a sedimentação e, principalmente, os ciclos hidrológicos (FERREIRA *et al.*, 2005). Ao longo do gradiente de inundação, ocorre a variação da diversidade das espécies arbóreas e a estrutura das florestas de várzea, resultando no estabelecimento das vegetações típicas e comunidades florestais, que em um estágio secundário desse ambiente pode ser composto por mais espécies arbóreas com maiores áreas basais

(WITTMANN; ANHUF; JUNK, 2000; WITTMANN; JUNK; PIEDADE, 2004). Conforme a posição do gradiente de inundação, as plantas são reduzidas a um menor número de espécies e formas de vida, e nessa condição prevalecem as árvores (WITTMANN; JUNK, 2003). As árvores encontradas no sub-bosque são consideradas

melhores bioindicadores para as limitações do crescimento nas inundações do que as árvores maiores que estão acima do nível de inundação, refletindo no seu desenvolvimento a tolerância às condições anóxicas (ASSIS; WITTMANN, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variação no nível de maré entre os períodos chuvoso e menos chuvoso interferiu na quantidade de famílias, gêneros e espécies na região estudada. Ao contrário dos estudos realizados na Amazônia com a associação da inundação e da vegetação, as parcelas com maiores taxas de maré apresentaram uma composição florística superior. *Pariana campestris*, *Anthurium sinuatum*, *Costus spicatus* e *Costus arabicus* foram abundantes em todos os meses e com os maiores valores de regeneração natural relativa, podendo ser resultantes da adap-

tação aos extremos de inundação e estratégias de dispersão de sementes e reprodução, bem como de ações antrópicas e naturais. A quantidade inferior de indivíduos na CT1 deve ser decorrente do estresse hídrico ocorrido nas parcelas, diminuindo a quantidade dos indivíduos jovens. A compreensão ambiental entre o estrato inferior de uma floresta e o nível de inundação poderá favorecer a definição e o estabelecimento de cenários florísticos futuros nos ambientes amazônicos que constantemente recebem os pulsos de marés.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio

ao projeto de Bolsa de Produtividade “Palmeiras da Amazônia Oriental como indicadoras de conservação ambiental e qualidade de vida” (CNPq-Processo 305667/2013-0).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. F.; JARDIM, M. A. G. Florística e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta de várzea na Ilha de Sororoca, Ananindeua, Pará, Brasil. *Scientia Forestalis*, v. 39, n. 90, p. 191-198, 2011.
- ALMEIDA, S. S.; AMARAL, D. D.; SILVA, A. S. L. Análise florística e estrutura de florestas de várzea no estuário amazônico. *Acta Amazonica*, v. 34, n. 4, p. 513-524, 2004.
- APG III – Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the others and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 161, n. 2, p. 105-121, 2009.
- ASSIS, R. L.; WITTMANN, F. Forest structure and tree species composition of the understory of two central Amazonian várzea forests of contrasting flood heights. *Flora*, v. 206, n. 3, p. 251-260, 2011.
- BARBOSA, K. M. N.; PIEDADE, M. T. F.; KIRCHNER, F. F. Estudo temporal da vegetação herbácea da várzea da Amazônia Central. *Floresta*, v. 38, n. 1, p. 89-96, 2008.
- BATISTA, A. P. B. *et al.* Similaridade e gradientes de riqueza florística em uma floresta de várzea na cidade de Macapá. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 8, n. 4, p. 152-158, 2013.
- BIANCHINI, E. *et al.* Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do município de Londrina, Sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 17, n. 3, p. 405-419, 2003.

CARIM, M. J. V.; JARDIM, M. A. G.; MEDEIROS, T. D. S. Composição florística e estrutura de floresta de várzea no município de Mazagão, estado do Amapá, Brasil. *Scientia Forestalis*, v. 36, n. 79, p. 191-201, 2008.

FERREIRA, L. V. *et al.* Riqueza e composição de espécies da floresta de igapó e várzea da Estação Científica Ferreira Penna: subsídios para o plano de manejo da Floresta Nacional de Caxiuanã. *Pesquisas, Botânica*, n. 56, p. 103-116, 2005.

_____ *et al.* Variação da riqueza e composição de espécies da comunidade de plantas entre as florestas de igapós e várzeas na Estação Científica Ferreira Penna-Caxiuanã na Amazônia Oriental. *Pesquisas, Botânica*, n. 64, p. 175-195, 2013.

FINOL, U. H. Nuevos parâmetros a considerarse em el análisis estructural de las selva vírgenes tropicales. *Revista Florestal Venezolana*, v. 14, n. 21, p. 29-42, 1971.

GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. M. Composição florística e estrutura da regeneração natural de floresta secundária de várzea baixa no Estuário Amazônico. *Revista Árvore*, v. 26, n. 5, p. 559-566, 2002.

_____ *et al.* Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no Município de Afuá, Estado do Pará. *Ciência Florestal*, v. 13, n. 2, p. 71-82, 2003.

HAUGAASEN, T.; PERES, C. C. Floristic, edaphic and structural characteristics of flooded and unflooded forests in the lower Rio Purús region of central Amazonia, Brazil. *Acta Amazonica*, v. 36, n. 1, p. 25-36, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.

_____ *et al.* Diversidade e estrutura de palmeiras em floresta de várzea do estuário amazônico. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, v. 2, n. 4, p. 67-84, 2007.

KOREZA, C. *et al.* Composição florística de uma formação pioneira com influência fluvial em Balsa Nova, PR, Brasil. *Floresta*, v. 39, n. 2, p. 309-312, 2009.

LAU, A. V.; JARDIM, M. A. G. Florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta de várzea na Área de Proteção Ambiental, Ilha do Combu, Belém, Pará. *Biota Amazônia*, v. 3, n. 2, p. 88-93, 2013.

MAECHLER, M. *et al.* *Finding Groups in Data: Cluster Analysis Extended Rousseeuw et al.: Package “cluster”*. 2015. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/cluster/cluster.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2015.

MAGURRAN, A. E. *Ecological diversity and its measurement*. Nova Jersey: Princenton University Press, 1988. 179 p.

MARINHO, T. A. S.; WITTMANN, F. Distribuição de *Hura Crepitans* L. e *Ocotea Cymbarum* Kunth em um gradiente topográfico na floresta de várzea alta da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Amazônia Central. *Pesquisas, Botânica*, n. 63, p. 29-40, 2012.

_____ *et al.* Distribuição e crescimento de *Garcinia brasiliensis* Mart. e *Hevea spruceana* (Benth.) Müll. Arg. Em uma floresta inundável em Manaus, Amazonas. *Ciência Florestal*, v. 23, n. 1, p. 223-232, 2013.

MAUÉS, B. A. R. *et al.* Composição florística e estrutura do estrato inferior da floresta de várzea na Área de Proteção Ambiental Ilha do Combu, município de Belém, estado do Pará. *Árvore*, v. 35, n. 3, p. 669-677, 2011.

MOBOT. *Missouri Botanical Garden*. Disponível em: <<http://www.tropicos.org>>. Acesso em: 6 maio 2015.

OKSANEN, J. *et al.* *Community Ecology Package: Package “Vegan”*. 2015. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2015.

PAROLIN, P.; WITTMANN, F. Struggle in the flood: tree responses to flooding stress in four tropical floodplain systems. *AoB Plants*, v. 2010, plq003, p. 1-19, 2010.

_____. *et al.* Tree species distribution in várzea forests of Brazilian Amazônia. *Folia Geobotanica*, v. 39, p. 371-383, 2004.

PIELOU, E. C. *Mathematical ecology*. Nova York: Wiley, 1977. 165 p.

QUEIROZ, J. A. L. *et al.* Composição florística e estrutura de floresta de várzea alta estaurina amazônica. *Floresta*, v. 35, n. 1, p. 41-96, 2005.

R FOUNDATION. *The R Project for Statistical Computing*. Viena, 2014. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 6 maio 2015.

RODRIGUES, L. M. B. *et al.* Composição florística e usos das espécies vegetais de dois ambientes de floresta de várzea. *Revista Brasileira de Farmácia*, v. 87, n. 2, p. 45-48, 2006.

SALOMÃO, R. P. *et al.* As florestas de Belo Monte na grande curva do rio Xingu, Amazônia Oriental. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi Ciências Naturais*, v. 2, n. 3, p. 57-153, 2007.

SILVA, W. C. *et al.* Estudo da regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento de floresta ombrófila densa, Mata das Galinhas, no município de Catende, Zona da Mata Sul de Pernambuco. *Ciência Florestal*, v. 17, n. 4, p. 321-331, 2007.

SMITH, A. R. *et al.* A classification for extant ferns. *Taxon*, v. 55, n. 3, p. 705-731, 2006.

SOUTO, M. A. G.; BOEGER, M. R. T. Estrutura e composição do estrato de regeneração e vegetação associada de diferentes estádios sucessionais no leste do Paraná. *Ciência Florestal*, v. 21, n. 3, 2011.

WITTMANN, F.; ANHUF, D.; JUNK, W. Detection of different forest types in central Amazonian várzea by remote sensing techniques: preliminary results. In: NEOTROPICAL ECOSYSTEMS. *Proceedings of the German-Brazilian Workshop...*, p. 607-612. Hamburgo, 2000.

_____. Tree species distribution and community structure of central Amazonian várzea forests by remote-sensing techniques. *Journal of Tropical Ecology*, v. 18, p. 805-820, 2002.

WITTMANN, F.; JUNK, W. J. Sapling communities in Amazonian white-water forests. *Journal of Biogeography*, v. 30, p. 1533-1544, 2003.

WITTMANN, F.; JUNK, W. J.; PIEDEDE, M. T. F. The varzea forests in Amazonia: flooding and the highly dynamic geomorphology interact with natural forest succession. *Forest Ecology and Management*, v. 196, p. 199-212, 2004.

CHARACTERIZATION OF ENVIRONMENTAL ASPECTS AND IMPACTS OF FIVE UNIVERSITY RESTAURANTS AT A PUBLIC HIGHER EDUCATION INSTITUTION IN BRAZIL

CARACTERIZAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS EM 5 RESTAURANTES
UNIVERSITÁRIOS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR PÚBLICA NO BRASIL

Virgílio José Strasburg

Doutor em Qualidade Ambiental. Professor adjunto do Departamento de Nutrição da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); CESAN/HCPA – Porto Alegre (RS), Brasil.

Vanusca Dalosto Jahno

Doutora em Ciências da Saúde. Professora do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Feevale – Novo Hamburgo (RS), Brasil.

Endereço para correspondência:

Virgílio José Strasburg – Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Rua Ramiro Barcelos, 2.400 – Santa Cecília – 90035-003 – Porto Alegre (RS), Brasil –
E-mail: virgilio_nut@ufrgs.br

ABSTRACT

University Restaurants (URs) of *Universidade Federal do Rio Grande do Sul* (UFRGS) are distributed across four campi at Porto Alegre, the capital of the state of Rio Grande do Sul. More than 1.5 million meals were served in 2012. This paper describes a characterization study of the environmental aspects and impacts of the activities involved in producing meals at the five URs. Two checklists were developed to conduct the survey of the environmental aspects and impacts, and they were applied at the URs. A typology of the waste produced at the URs was compiled, identifying organic waste originating from the employed foodstuffs and recyclable waste from the packaging of a wide range of items. It was observed that the URs' waste separation practices were inadequate. As to the use of natural resources, we identified: the water supply outlets, and the equipment that use electricity and liquefied petroleum gas. The identification and understanding of the environmental aspects and impacts of providing meals is the first step in the direction of improving sustainability.

Keywords: meals; environmental administration; solid waste.

RESUMO

Os Restaurantes Universitários (RUs) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) estão localizados em quatro campi na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, e serviram em 2012 mais de 1,5 milhões de refeições. Esse trabalho tem como objetivo apresentar a caracterização dos aspectos e impactos ambientais referentes às atividades de produção de refeições nos RUs. Foram desenvolvidos dois formulários específicos para a caracterização dos aspectos e impactos ambientais que foram aplicados nos RUs. Quanto à tipologia de resíduos gerados nos processos identificaram-se os de natureza orgânica provenientes dos alimentos utilizados e os recicláveis das embalagens de diversos materiais. Constatou-se nos RUs a inadequação quanto à correta separação dos tipos de resíduos. Quanto ao uso de recursos naturais, foram quantificados: os pontos de água, e os equipamentos que utilizam energia elétrica e gás liquefeito de petróleo. A identificação e entendimento dos aspectos e impactos ambientais relacionados ao fornecimento de refeições é o primeiro passo no sentido de reforçar ações de sustentabilidade.

Palavras-chave: refeições; administração ambiental; resíduos sólidos.

INTRODUCTION

It is possible to determine the environmental aspects and impacts of any type of human production activity, whether the result is a product or a service. An environmental aspect is defined, in NBR ISO 14001 (ABNT, 2004), as an element of the activities, products or services of an organization that can interact with the environment, while an environmental impact is defined as any changes in the environment, whether adverse or beneficial, which is, entirely or partially, a result of the organization's environmental aspects (ABNT, 2004).

According to provision 4.3.1 of ISO 14001/2004, the identification of the environmental aspects of activities, products and services, and the determination of these aspects, so that they can be controlled or influenced, are the responsibility of the company or organization (ABNT, 2004).

Higher Education Institutions (HEI) can be compared to small urban centers. This is because, in addition to hosting teaching and research activities, they also have spaces in which activities relating to their operation take place, such as dining halls and communal spaces (TAUCHEN; BRANDLI, 2006; ALSHUWAIKHAT; ABUBAKAR, 2008).

Production, transformation, distribution and consumption of foodstuffs are essential activities for human

health and prosperity (VAN DER WERF *et al.*, 2014). The production of meals in communal settings involves a series of processes ranging from the selection and storage of raw materials to the preparation of the finished product (ABREU; SPINELLI; ZANARDI, 2009). According to the American Dietetic Association (ADA), these processes are part of a group of sectors related to sustainability in food systems (HARMON; GERALD, 2007).

Processes involved in producing and providing meals that affect sustainability include: waste generation; inadequate disposal of products and packaging; use of non-bio-degradable products; and wastage related to water and energy usage (VEIROS; PROENÇA, 2010; GRAU, 2014).

This study takes as its central question the environmental aspects and impacts of five University Restaurants (URs) at the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). This question will be considered through the investigation of the following subjects:

- the structural dimensions of the URs' physical spaces;
- a typology of the waste generated by meal production;
- separation and storage of this waste; and
- the resource usage needed to produce meals.

MATERIALS AND METHODS

Study characteristics

This is an observational, cross-sectional, descriptive study, with a quantitative analysis of variables (PRODANOV; FREITAS, 2013).

The UFRGS is a higher education institution with campi in the cities of Porto Alegre, Eldorado do Sul and Imbé, plus installations in some other towns. There are four campuses in the state capital, Porto Alegre. The institution runs 89 undergraduate courses, 81 masters programs and 69 doctorate programs. In 2013, UFRGS had 29,212 undergraduate students, 20,397 masters and doctoral students and 2,612 professors, in addition to the institution's service personnel and service providers (UFRGS, 2015).

The UFRGS Environmental Management System comprises four programs: Survey of Environmental Aspects and Impacts, Environmental Licensing, Environmental Certification and Environmental Education. The programs include

fifteen specific projects, which cover the environmental management of the student dining halls (UFRGS, 2012).

This study aims at the five UFRGS URs located in the four UFRGS campi in the city of Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil (Figure 1). The URs are one of the options for providing meals to the academic community of this HEI, and their mission is to provide good-quality balanced nutrition. The standard meal served at lunch and dinner in the URs consists of rice, beans, meat, garnish, salad and dessert (fruit). In 2012, the URs served more than 1.5 million meals (UFRGS, 2014).

Two specific checklists were developed to conduct the survey of environmental aspects and impacts. The items included on the checklists were selected after a review of the literature based on publications, reports, standards and scientific articles.

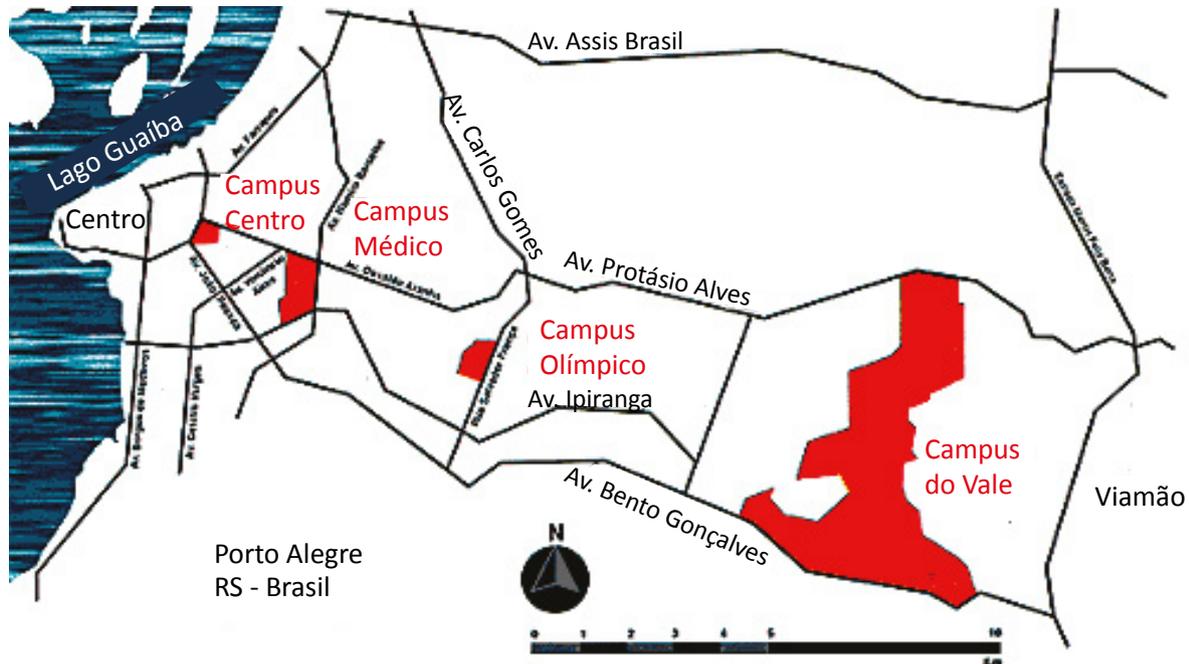


Figure 1 - Locations of UFRGS campuses.

Development of the data collection instrument

Checklist 1 was used to collect data related to all the different types of materials that contribute to the generation of solid waste during the production and distribution of meals, including reception of goods (perishable and nonperishable food items, products for hygiene and cleaning, and consumables) and processes involved in storage, preparation, distribution and cleaning. Additionally, checklist 1 also covers items related to energy use, atmospheric emissions, water consumption, consumption of (chemical) cleaning products and generation of effluents for each of the stages listed above.

The second checklist was used in order to conduct the survey with nominal description of the physical and

functional structure of the URs, plus the equipment used and their energy sources. This checklist covered items such as:

- separation, storage, collection and disposal of waste;
- whether or not there are systems for recording waste and left-over foodstuffs and the use of those systems; and
- whether there are systems for controlling and recording water, electricity and liquefied petroleum gas (LPG) consumption and the use of those systems.

Administration of data collection instrument

The data needed to complete the checklists were collected during visits to all of the URs, conducted in August 2013. Later, repeat visits were conducted in October of the same year to confirm the data collected during the first visit. Data collection was con-

ducted by two undergraduate scholarship students, with internships at the UFRGS foodservice department and environmental management office, who were monitored, supervised and instructed by the lead author.

Data analysis

All of the information collected was verified later on Microsoft Excel® spreadsheets. Results for quantitative variables

are expressed as absolute frequencies, and descriptive statistics were produced from the results for qualitative variables.

RESULTS AND DISCUSSION

Characteristics of physical spaces

One of the checklists was used in order to identify the initial aspects related to spatial characteristics of the URs. All of the UFRGS URs have differing physical spaces, both those dedicated to production activities and those available for consumption of the meals.

The URs physical areas included in the survey were storages, kitchens, service areas, changing rooms, washrooms, laundries, administrative areas, internal circulation areas and the restaurant areas. Their dimensions were taken from the floor plans for the URs — obtained from the Foodservice Department —, and were: 993.02 m², 876.06 m², 964.46 m², 144.81 m² and 330.04 m², respectively URs from 1 to 5, namely Central, Saúde, Vale, Agronomia and Escola Superior de Educação Física (ESEF).

In terms of seating capacity for customers, the URs have the following the number of places available: 464

(UR 1), 276 (UR 2), 1,060 (UR 3), 156 (UR 4) and 120 (UR 5). The numbers of employees also differ, with 50, 42, 71, 25 and 27 workers responsible for the daily tasks involved in the production and distribution of meals. Horng *et al.* (2013) discuss issues related to the physical aspects of the buildings used for URs, considering environmental pollution among other elements, and emphasizes the importance of efficient physical spaces and of working to achieve more sustainable buildings.

The core activity of a UR is to provide its customers with meals. Considering the mission of a restaurant — whether a commercial or an institutional one, and whether profitable or not —, should reveal the activities (aspects) that will impact the environment. This is because the activities of organizations that operate in the meal production industry revolve around two components: food production and service provision (LLACH *et al.*, 2013).

Characteristics of waste and waste management

Aspects directly related to food production occur during the stages of reception, storage, pre-preparation, preparation and division into portions. These are followed by distribution (for consumption by clients) and post-consumption (sanitation of utensils and cleaning of equipment and installations).

The results of application of the second checklist enabled the classification of the types of waste created by the different physical areas dedicated to specific activities. Chart 1 lists the major types of

waste generated, along with the respective types of products that are directly or indirectly employed in providing meals.

With regard to the waste types listed in Chart 1, it is worth noting that each is discarded during a different set of processing stages, depending on the nature of the product groups to which they are related. For example, plastic and card/cardboard packagings, used for the different types of meat, are discarded when the ingredients are used in pre-preparation stages (defrost-

Chart 1 - Typology of waste, classified by groups of products used at UFRGS university restaurants (2013).

Product groups	Types of waste				
	Organic/ Foods	Paper /card	Plastics	Cans	Wood
Meat (beef, pork, poultry, seafood)	X	X	X	-	-
Chilled foods (dairy/cold cuts)	-	X	X	-	-
FVG (fruit, vegetables and greens)	X	X	X	-	X
Non-perishable (dry goods)	X	X	X	X	
HC (hygiene and cleaning)	-	X	X	-	-

ing or seasoning), while food remnants are discarded during pre-preparation, division into portions and when clearing up after consumption by clients.

The most common materials were plastic and card packaging. Steel cans were only used for nonperishable goods (soy oil, peas and sweet corn). All of these types of packaging could be separated into recycling streams, as long as they are not soiled with fat or blood. Wooden cartons used to deliver certain types of fruit, vegetables and greens (FVG) were collected by suppliers during reception, since these foods were stored in plastic boxes.

Other waste types identified were cloth (cotton and disposable), sponges, steel wool and dirty and wet paper. Cloths and sponges were used in the majority of washing and cleaning activities, while steel wool was only used for cleaning pans. Dirty and wet papers were discarded when workers washed their hands, which they are required to do with frequency during food preparation activities.

Many processes involved in the production of meals cause environmental impacts (HARMON; GERALD, 2007). Waste is created when packaging is discarded, after being used for storage of many types of food and chemical products, which are used directly and indirectly in food preparation — such as paper, card, plastics, glass, cans and tetrapack packaging, very often not adequately separated (WANG, 2012; GRAU, 2014).

A paper published by Collares and Figueiredo (2012) was performed in order to evaluate and characterize the different types of solid waste in an institutional restaurant, in which the authors identified: food (organic), plastic, paper/cardboard, tin, wood, cloth and rubber. The relationship of these materials corroborates the information published by Zein, Wazner and Meylan (2008).

Left-overs of prepared foods were dealt with in two different ways at all of the URs. Foods that had been prepared, but had not been put on the buffet tables for serving, were stored in cold storage rooms and could be used on a later occasion. Left-over foods that remained in the buffet table wells after a sitting were discarded. It was found that, out of the five URs studied, two of the them recorded the quantities of dish remnants in the food wells; one of them recorded the weight of food not eaten (buffet left-overs) on a dedi-

cated spreadsheet and the other two did not have any control processes for these issues.

Wasting food also implies wasting the resources used to create food preparations, including water and energy (PIRANI; ARAFAT, 2014). Waste monitoring is an activity that should be included in programs for waste reduction. There are many possible monitoring methods, including simple tasks such as visual inspection and more sophisticated approaches by quantitative measurements of waste according to foods or food groups (STRASBURG; PASSOS, 2014; PIRANI; ARAFAT, 2014).

Collares and Figueiredo (2012) diagnosed in their study that food waste from pre-preparation waste, leftovers and debris accounted for 88.0% of the total generated in an institutional restaurant. The work of Peruchin *et al.* (2015) showed that food waste accounted for 49.0% of the total waste generated in hotel services during high season.

The survey also found that all sectors of the URs had waste collection facilities available. The number of waste containers per area varied from one to three, depending on the function. However, all inspections found evidence that some sectors were not correctly separating waste according to the UFRGS recycling collection process, rolled-out in 2008, and defines two waste streams (recyclable and non-recyclable). Recyclable waste is supposed to be collected in bins with blue plastic liners, whereas organic waste should be collected into bins with black plastic liners. Parts of ingredients that are not fit for consumption, removed during pre-preparation, and also food left by customers are put directly into 200 L plastic barrels. The same was observed with relation to disposal of used oil from fryers, also stored in duly labeled plastic barrels.

Pospishek, Spinelli and Matias (2014) reported in their study that 87.5% of 16 commercial restaurants in São Paulo held the selective collection of recyclable waste. However, within this percentage, only 18.8% use different colors containers for recyclables. The inadequacy for adequate separation of waste has been identified in the establishments inspected in the paper by Rossi, Bussolo and Proença (2010), which, however, measured the proper procedure for the collection and disposal of used cooking oil.

A thorough inventory of all waste created is the first step in implementing an integrated waste management system (DE VEGA; OJEDA-BENÍTEZ; BARRETO, 2008; SMYTH; FREDEEN; BOTH, 2010). De Vega, Ojeda-Benítez and Barreto (2008) conducted a waste study of a university campus in Mexico, finding that it produced 1 T of solid waste per day, and that 65% of it was potentially recyclable. Espinosa, Turpin and Polanco (2008) described the implementation with academic participation of an integrated solid waste management system, including recyclable waste separation in a Mexican HEI that was able to minimize waste creation. Iojă *et al.* (2012) identified — in their study in Romania — that 49% of 457 educational institutions do not perform the selective collection procedure, and the amount of waste generated was independent of the number of students. For Jibril *et al.* (2012), the use of a grounded waste management system in the 3Rs (reduce, reuse and recycle) for HEIs minimizes operating costs in the disposal and treatment of solid waste. At UFRGS, it is estimated that the organic material (remains of food and detritus from washrooms) accounts for 70% of the volume of waste (CAMPANI *et al.*, 2010). In the federal Brazilian institutions, there shall occur the correct separation of recyclable waste discarded, as stated in Presidential Decree No. 5940 of October 25, 2006.

The physical differences between the different UFRGS URs mean that the storage of waste is also conducted differently. Notwithstanding, all waste is allocated to external areas. The only university with a specific physical area, built specifically for this purpose, is at the Vale campus (UR 3). At the others URs, the plastic liners containing waste were stored in plastic barrels or containers with lids. At all sites, all materials are collected by Porto Alegre's Municipal Sanitation and Refuse Department (DMLU). The department has different teams to take waste to different destinations. Barrels containing remains of food are taken by one team to registered pig farms. The used oil from fryers is also collected by a third-party supplier, authorized to provide this service by the DMLU, and regular and recyclable waste is collected by the municipal teams and sent to sanitary landfills or registered recycling cooperatives. The frequency of collections varies according to the geographic location of each URs, ranging from every day to three times per week.

Spinelli and Cale (2009) observed that 87.8% of the total waste generated in the production of meals from a restaurant was sent to landfills and 12.2% was disposed for selective collection and recycling. As for the disposal of organic waste, the studies of Barthichoto *et al.* (2013) and Matias *et al.* (2013) described that the areas surveyed were sending them to landfills by the municipal collection service. Pospischek, Spinelli and Matias (2014) reported that the collection of waste in 16 commercial restaurants surveyed was held by the city (43.8%) or cooperatives (56.2%).

With regard to the regulatory aspects of waste management, the Brazilian National Sanitary Authority (ANVISA) has promulgated resolution RDC No. 216/2004, setting out best practices for food service (ANVISA, 2004) — including a specific provision covering waste management focused on the correct storage of waste. Additionally, article 7 of the Brazilian National Policy on Solid Waste covers prevention, reduction, reuse and recycling and the environmentally correct disposal of refuse (BRASIL, 2010). In a study of Feil, Strasburg and Naime (2015), the authors present a table with 17 Brazilian laws related to the environment in the period from 1967 to 2012. It should be noted that among the environmental legislation presented, Law 12305/2010 is the only specific one in relation to waste.

In the United States, the ADA has set out guidelines for professional nutritionists covering their professional responsibilities regarding aspects of waste management, including their responsibility to minimize wasted food, recycle cooking oil used for frying and provide for correct separation and recycling of materials such as glass, metal, plastics, card and cardboard, etc. (HARMON; GERALD, 2007).

Alshuwaikhat and Abubakar (2008) point out that HEIs have a double mission as environment is concerned. The first takes in reducing the environmental impact caused directly by their teaching, research and administrative activities and indirectly by activities related to the communal spaces for their academic community, as in the case of restaurants. The second mission is related to the responsibility that HEIs have to conduct research into sustainability and teach about it, resulting in the dissemination of this knowledge to society at large.

Use of resources

In order to provide meals, it is necessary to utilize natural resources in a wide range of different stages. As part of the survey, environmental aspects related to energy use, atmospheric emissions, water use, chemical cleaning products and generation of effluents were related to all of the activities that have been identified. Chart 2 lists the most important environmental impacts related to consumption of natural resources such as water, electricity and LPG.

It should be pointed out that the figure for number of water supply outlets at each UR relates to the entire physical structure. As such, in addition to the direct usage in processes conducted within kitchen and laundry facilities, water is also used in washrooms and changing rooms for employees and clients. Water is used to supply equipment such as the hot buffet tables, to run dishwashers and in water fountains used by customers. Water is used directly during food

pre-preparation and preparation stages. Finally, water is also used for washing and cleaning, in conjunction with chemical products, and therefore leading to the creation of effluents.

Electricity is used in all processes related to the core activity. Electricity is indispensable for preserving foodstuffs stored in a cold chain (refrigeration and freezing) and also to run equipment used to prepare food and to keep it hot or cold. Some of the equipment is of standard dimensions in all of the URs, such as food processors, pass throughs and hot/cold buffet tables. The other items of equipment, listed in Chart 2, have varying dimensions and capacities, depending on the requirements and size of each installation. In addition to the items listed in Chart 2, smaller items, specific to the situation and needs of each UR, were also observed — including items such as vegetable peelers, liquidizers/blenders and food processors.

Chart 2 - Environmental impacts of UFRGS university restaurants (2013).

Environmental impacts	University restaurants				
	UR 1	UR 2	UR 3	UR 4	UR 5
Water usage					
Faucets (water supply outlets for entire structure)	33	23	29	11	18
Electricity usage					
Balances	1	1	2	1	1
Cold storage rooms	2	2	2	0	0
Refrigerators / Freezers	5	4	4	4	4
Fryers	2	1	1	1	1
Extractor hoods	2	1	1	1	1
Pass through	2	4	2	4	0
Hot and cold buffet tables (*)	6	4	13	2	2
Food processors	1	1	1	0	1
Water fountains (*)	2	1	3	1	1
Dishwashers (*)	1	1	1	1	1
LPG USAGE					
Cookers/ranges	4	2	3	2	2
Combined ovens (**)	1	3	2	1	1
Steam boilers	3	3	6	0	0

(*) hot buffet tables, water fountains and dishwashers are all supplied with water; (**) also uses electricity; UR: University restaurants; LPG: liquefied petroleum gas.

Another energy source used at the URs is LPG, which is the fuel used for thermal preparation of foods during cooking processes, on six or eight-ring ranges, and to generate the steam in the 300 L or 500 L sterilization boilers used in the URs. As a result of this energy use, it was also found that atmospheric emissions of smoke and steam are caused by food preparation and distribution stages. Steam is also released in the laundries when washing machines are used.

With regards to the usage of natural resources, it was found that the only item that could be measured was LPG purchases, since the URs do not have dedicated electricity and water meters, which are shared by all buildings on each one of them.

On the subject of electricity consumption, a study published by Horovitz, in 2008 (*apud* CHOU; CHEN; WANG, 2012), highlighted the results of research conducted by Pacific Gas & Electric's Food Service Technology Center, showing that restaurants are the greatest consumers of electricity in the retail sector, using as much as five times more of it per m² than other commercial Enterprises.

Barthichoto *et al.* (2013) conducted a study of commercial restaurants in the city of São Paulo, finding that just 37.5% of establishments (n=12) conducted electricity consumption measurement procedures. These authors showed that electricity consumption per meal varied from 0.2 to 1.3 kW/h (BARTHICHOTO *et al.*, 2013). Stys (2008)

reported that restaurants in the United States consume large amounts to offer disposable products, water and energy and have annual gas and electricity costs of an average of \$161 per seat.

The ADA has published a series of recommendations related to meal production and aspects of energy and water usage. With regard to the issue of energy, guidelines exist on choosing more energy-efficient equipment, developing strategies to save energy and performing preventive maintenance on equipment. With regard to water usage, it is recommended that strategies for saving and re-utilizing water from the kitchen be implemented, that biodegradable cleaning products be employed and that the quantity of residues discharged in wastewater be minimized (HARMON; GERALD, 2007).

According to Blanco, Rey-Maqueiera and Lozano (2009), reductions in resource consumption and waste generation are the first incentive for implementing environmental practices in service sectors. Companies tend to adopt these types of environmental practices in order to save on consumption costs, since they do not demand significant investments, but can lead to immediate financial benefits (ZENG *et al.*, 2010). Alonso-Almeida, Rodríguez-Antón and Rubio-Andrada (2012) argue that reducing water waste and energy consumption are situations in which the fields of quality management and environmental management meet.

FINAL COMMENTS

In this study it was shown an overview of the operating reality of five URs of the Brazilian public higher institution education. There were identified, at first, singularities as to the operating aspects of URs and structural differences related to size, service capacity and number of workers.

About the environmental impact identification, generation and disposal of waste, the ones from organic origin were diagnosed in stages that comprised the receipt and pre-preparation (parts not usable); and later on, the food prepared and distributed that was not fully consumed (leftovers of vats and the users' leftovers). Despite the existence of collectors in URs, it was found that the correct separation between the organic and recyclable source (paper, cardboard, plastics and cans) does not occur properly. On the other hand, all the URs

have appropriate place for packaging waste to the collection and disposal carried out by the urban sanitation services in Porto Alegre city, Rio Grande do Sul.

The safety assurance of the food served depends on proper procedures in performing the tasks, as well as the availability and use of resources such as water, electricity and LPG. For this, the structural and description of the equipment used also identified the impacts of processes running in the URs.

The first step to reinforce the sustainability in URs of UFRGS is by identifying, characterizing and understanding the environmental aspects and impacts related to meal delivery processes. Similarly, studies of this nature should also have continuity in other models of customer services of food for collectivities.

REFERENCES

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001: sistemas de gestão ambiental – requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2004.
- ABREU, E. S.; SPINELLI, M. G. N.; ZANARDI, A. M. P. *Gestão de unidades de alimentação e nutrição: um modo de fazer*. 3. ed. São Paulo: Metha, 2009.
- ALONSO-ALMEIDA, M. M.; RODRÍGUEZ-ANTÓN, J. M.; RUBIO-ANDRADA, L. Reasons for implementing certified quality systems and impact on performance: an analysis of the hotel industry. *The Service Industries Journal*, v. 32, n. 5, p. 919-936, 2012.
- ALSHUWAIKHAT, H. M.; ABUBAKAR, I. An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. *Journal of Cleaner Production*, v. 16, p. 1777-1785, 2008.
- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Resolução RDC n.º 216, de 15 de setembro de 2004*. 2004. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAf4YIAH/resolucao-rdc-216-04-bpf-servicos-alimentacao>>. Acesso em: fev. 2015.
- BARTHICHOTO, M.; MATIAS, A. C. G.; SPINELLI, M. G. N.; ABREU, E. S. Responsabilidade ambiental: perfil das práticas de sustentabilidade desenvolvidas em unidades produtoras de refeições do bairro de Higienópolis, município de São Paulo. *Qualitas Revista Eletrônica*, v. 14, n. 1, p. 1-12, 2013.
- BLANCO, E.; REY-MAQUIEIRA, J.; LOZANO, J. Economic incentives for tourism firms to undertake voluntary environmental management. *Tourism Management*, v. 30, n. 1, p. 112-122, 2009.
- BRASIL. *Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso: jan. 2015.
- CAMPANI, D. B. *et al.* Gestão ambiental na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). In: DE CONTO, M. S. (Org.). *Gestão de resíduos em universidades*. Caxias do Sul: Educs, 2010. p. 87-114.
- CHOU, C. J.; CHEN, K-S.; WANG, Y-Y. Green practices in the restaurant industry from an innovation adoption perspective: evidence from Taiwan. *International Journal of Hospitality Management*, v. 31, n. 3, p. 703-711, 2012.
- COLLARES, L. G. T.; FIGUEIREDO, V. O. Gestão de resíduos sólidos gerados na produção de refeições. *Nutrição em Pauta*, v. 114, p. 19-24, 2012.
- DE VEGA, C. A.; OJEDA-BENÍTEZ, S.; BARRETO, M. E. R. Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. *Waste Management*, v. 28, n. 1, p. 21-26, 2008.
- ESPINOSA, R. M.; TURPIN, S.; POLANCO, G. Integral urban solid waste management program in a Mexican university. *Waste Management*, v. 28, n. 1, p. 27-32, 2008.
- FEIL, A. A.; STRASBURG, V. J.; NAIME, R. Meta-análise das publicações científicas de IES brasileiras com sistema de gestão ambiental. *Revista GUAL*, v. 8, n. 1, p. 214-235, 2015.
- GRAU – GREEN RESTAURANTS ASSOCIATION UNIVERSITY. *Green Restaurant Certification 4.0 Standards*. Disponível em: <<http://www.dinegreen.com/restaurants/standards.asp>>. Acesso em: dez. 2014.
- HARMON, A. H.; GERALD, B. L. Position of the American Dietetic Association: food and nutrition professionals can implement practices to conserve natural resources and support ecological sustainability. *Journal of the American Dietetic Association*, v. 107, n. 6, p. 1033-1043, 2007.
- HORNG, J-S. *et al.* Professional conceptions of creativity in restaurant space planning. *International Journal of Hospitality Management*, v. 34, p. 73-80, 2013.

- IOJĂ, C. I. *et al.* Waste management in public educational institutions of Bucharest city, Romania. *Procedia Environmental Sciences*, v. 14, p. 71-78, 2012.
- JIBRIL, D. J. *et al.* 3Rs critical success factor in solid waste management system for higher educational institutions. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, v. 65, p. 626-631, 2012.
- LLACH, J. *et al.* Joint impact of quality and environmental practices on firm performance in small service businesses: an empirical study of restaurants. *Journal of Cleaner Production*, v. 44, p. 96-104, 2013.
- MATIAS, A. C. G. *et al.* Avaliação de práticas sustentáveis na produção de refeições segundo o tipo de gestão. *Nutrição em Pauta*, v. 21, n. 122, p. 25-29, 2013.
- PERUCHIN, B.; FERRÃO, A. L. L. C.; GUIDONI, L. L. C.; CORRÊA, É. K.; CORRÊA, L. B. Estudo da geração dos resíduos sólidos em hotel. *Revista Turismo em Ação – Eletrônica*, v. 17, n. 2, p. 301-322, 2015. Disponível em: <<http://siaiap32.univali.br/seer/index.php/rtva/article/viewFile/7954/4520>>. Acesso em: 15 nov. 2015.
- PIRANI, S. I.; ARAFAT, H. A. Solid waste management in the hospitality industry: a review. *Journal of Environmental Management*, v. 146, p. 320-336, 2014.
- POSPISCHEK, V. S.; SPINELLI, M. G. N.; MATIAS, A. C. G. Avaliação de ações de sustentabilidade ambiental em restaurantes comerciais localizados no município de São Paulo. *Demetra*, v. 9, n. 2, p. 595-611, 2014.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <<https://www.feevale.br/cultura/editora-feevale/metodologia-do-trabalho-cientifico---2-edicao>>. Acesso: jan. 2015.
- ROSSI, C. E.; BUSSOLO, C.; PROENÇA, R. C. P. ISO 14000 no processo produtivo de refeições: implantação e avaliação de um sistema de gestão ambiental. *Nutrição em Pauta*, v. 101, p. 49-54, 2010.
- SMYTH, D. P.; FREDEEN, A. L.; BOTH, A. L. Reducing solid waste in higher education: the first step towards “greening” a university campus. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 54, n. 11, p. 1007-1016, 2010.
- SPINELLI, M. G. N.; CALE, L. R. Avaliação de resíduos sólidos em uma unidade de alimentação e nutrição. *Simbio-Logias*, v. 2, n. 1, p. 21-30, 2009.
- STRASBURG, V. J.; PASSOS, D. Avaliação do resto *per capita* de carnes e fatores associados em uma Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN). *Nutrição em Pauta*, v. 126, p. 46-50, 2014.
- STYS, B. Green restaurants: commercial kitchens face unique challenges as well as opportunities for saving energy and materials. *Environmental Design & Construction*, v. 11, n. 5, p. 64, 2008.
- TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. *Gestão & Produção*, v. 13, n. 3, p. 503-515, 2006.
- UFRGS – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. *A UFRGS*. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/proplan/servicos/ufrgs-em-numeros>>. Acesso em: jan. 2015.
- _____. *Assessoria de Gestão Ambiental*. 2012. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sga>>. Acesso em: dez. 2014.
- _____. *Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis*. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/prae/restaurante-universitario>>. Acesso em: dez. 2014.
- VAN DER WERF, H. M. G.; GARNETT, T.; CORSON, M. S.; HAYASHI, K. Towards eco-efficient agriculture and food systems: theory, praxis and future challenges. *Journal of Cleaner Production*, v. 73, p. 1-9, 2014.

VEIROS, M. B.; PROENÇA, R. P. C. Princípios de sustentabilidade na produção de refeições. *Nutrição em Pauta*, v. 102, p. 45-49, 2010.

WANG, R. Investigations of important and effective effects of green practices in restaurants. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, v. 40, p. 94-98, 2012.

ZEIN, K.; WAZNER, M. S.; MEYLAN, G. *Best environmental practices for the hotel industry*. Suíça: Sustainable Business Associates, 2008. Disponível em: <<http://www.sba-int.ch/spec/sba/download/bgh/sbabgehotellerieeng2008.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2015.

ZENG, S. X.; MENG, X. H.; YIN, H. T.; TAM, C. M.; SUN, L. Impact of cleaner production on business performance. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, n. 10-11, p. 975-983, 2010.

CATEGORIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA VERDE DO MUNICÍPIO DE SOROCABA (SP) PARA CRIAÇÃO DE UM SISTEMA MUNICIPAL INTEGRANDO ESPAÇOS LIVRES E ÁREAS PROTEGIDAS

CATEGORIZATION OF GREEN INFRASTRUCTURE IN THE CITY OF SOROCABA (SP)
TO CREATE A MUNICIPAL SYSTEM INTEGRATING OPEN SPACES AND PROTECTED AREAS

Maurício Tavares da Mota

Doutorando em Ciências Ambientais pelo Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Campus de Sorocaba, por meio do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA). Mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – Sorocaba (SP), Brasil.

Eliana Cardoso-Leite

Mestre e doutora em Biologia Vegetal pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Docente do Departamento de Ciências Ambientais (DCA) e do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental (PPGSGA), do Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade (CCTS), da UFSCar – Sorocaba (SP), Brasil.

Fernanda Sola

Doutora em Ciência Ambiental pelo Instituto de Eletrotécnica e Energia do Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM) da Universidade de São Paulo (USP). Pesquisadora da USP. Docente do Programa de Mestrado em Sustentabilidade e Gestão Ambiental da UFSCar – Campus Sorocaba – Sorocaba (SP), Brasil.

Kaline de Mello

Doutoranda em Engenharia de Biosistemas pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) da USP – Piracicaba (SP), Brasil.

Endereço para correspondência:

Maurício Tavares da Mota – Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Campus de Sorocaba – 18087-180 – Sorocaba (SP), Brasil – E-mail: mauricio.mota@posgrad.sorocaba.unesp.br

RESUMO

As áreas protegidas e os espaços livres no ambiente urbano podem proporcionar diversos serviços ecossistêmicos que contribuem para a melhoria da qualidade de vida. Entretanto, existe uma confusão de terminologia dessas áreas e a gestão delas muitas vezes não é feita de forma integrada. O presente trabalho propõe uma categorização dos elementos naturais no município de Sorocaba (SP) para a criação de um sistema municipal integrando espaços livres e áreas protegidas, com base em suas características físicas, bióticas e suas funções sociais. A metodologia de investigação foi dividida em três etapas: a primeira, revisão bibliográfica do conceito de “parque” utilizado no Brasil e no mundo; a segunda, análise documental e espacial dos espaços livres e áreas protegidas no município de Sorocaba; e a terceira, construção de um sistema municipal de espaços livres e áreas protegidas. A classificação final propõe a divisão dos espaços em categorias, entre elas: Unidades de Conservação, dividida em proteção integral (uso indireto) e uso sustentável (uso direto), Áreas de Interesse Ambiental e Espaços Livres de Uso Público de Interesse Social. Foram ainda traçadas metas de expansão dessas áreas com base em recomendações de órgãos ambientais e nas metas mundiais da Convenção da Diversidade Biológica.

Palavras-chave: gestão municipal; parques urbanos; unidades de conservação.

ABSTRACT

Protected and open green areas can provide many ecosystem services in the urban environment that contribute to the improvement of the quality of life. However, there is a confusion of terminology between these areas, and their management is often not performed integrally. This research proposes a categorization of natural elements in the city of Sorocaba, state of São Paulo, Brazil, to create a municipal system integrating open green spaces and protected areas, based on physical and biotic characteristics and social functions of these spaces. The methodology was divided into three steps: first, literature review of the concept of “park” which is used in Brazil and in the world; second, documentary and spatial analysis of open spaces and parks in Sorocaba; third, construction of a municipal system of open spaces and protected areas. The final classification proposes to divide the spaces into categories including: Protected Areas, subdivided into full protection areas (indirect use) and sustainable use (direct use), Environmental Interest Areas and Open Spaces for Public Use and Social Interest. We also proposed goals for the expansion of these areas based on the recommendations of environmental agencies and the global biodiversity targets of the Convention on Biological Diversity.

Keywords: municipal management; urban parks; protected areas.

INTRODUÇÃO

A incorporação de elementos naturais ao ambiente urbano é de extrema importância para a melhoria dos serviços ambientais e consequente qualidade de vida das pessoas. Segundo Boada e Sanchez (2012), o futuro de qualquer planejamento sustentável depende da maneira em que se configura e funciona a cidade – em especial no caso da América Latina, onde mais de 80% da população vive em ambientes urbanos, com estimativa de atingir 90% em 2050 (PAUCHARD & BARBOSA, 2013).

Os elementos naturais no ambiente urbano desempenham vários serviços ambientais, sociais e ecológicos, entre os quais: absorção e filtração de poluentes, regulação do microclima, redução de ruído, abrigo para fauna e flora. Ademais, proporcionam paisagem mais agradável esteticamente e oportunidades de recreação, esporte e pesquisa (KABISH & HAASE, 2013; SCHEWENIUS; MCPHEARSON; ELMQVIST, 2014; HANSMANN *et al.*, 2016). Além disso, os elementos naturais controlam o escoamento pluvial, contribuindo de forma significativa para redução de enchentes (LIU; CHEN; PENG, 2014); proporcionam conforto térmico, que se traduz em bem-estar psicológico (BROWN *et al.*, 2015; KLEMM *et al.*, 2015); assim como oferecem saúde mental à população (DE OLIVEIRA *et al.*, 2013; ALCOCK *et al.*, 2014). Tais serviços traduzem-se em melhoria direta da qualidade de vida e da saúde pública em geral (ERNSTSON, 2013; WOLCH; BYRNE; NEWELL, 2014; DE LIMA SOUSA *et al.*, 2015), sem mencionar os essenciais serviços prestados para dispersão de sementes, controle de pragas e polinização, inseridos em interações complexas nos sistemas sociais-ecológicos urbanos (ANDERSSON *et al.*, 2014).

Muitos são os benefícios da criação de áreas protegidas no ambiente urbano, entretanto, seu estabelecimento pode ser dificultado devido a conflitos de interesse entre a expansão imobiliária e o déficit de áreas verdes com tamanho suficiente para instituição de áreas protegidas (MANEA *et al.*, 2016).

A influência da infraestrutura verde urbana, seus efeitos sobre o conforto humano e sobre a conservação da biodiversidade bem como suas consequências econômicas ainda não estão claras e compreendidas. É possível que essa ausência de compreensão possa ocasionar valorização desses espaços aquém de sua real importância (WANG *et al.*, 2014).

Como consequência, sua gestão, organização e planejamento sempre ficaram relegados ao segundo plano –

fato que se confirma ao observar a confusão existente na terminologia desses espaços dotados de vegetação natural total ou parcialmente preservada no ambiente urbano (LIMA *et al.*, 1994). Vários são os termos empregados com o mesmo propósito de designar os espaços livres com vegetação intraurbana. Bargas e Matias (2011) apontam que a vegetação urbana recebe diferentes nomenclaturas, as quais são utilizadas indistintamente como sinônimos do termo para áreas verdes quando, na realidade, em muitos casos não o são.

Os primeiros indícios de reconhecimento da importância desses espaços surgiram no século XVI, com a criação de áreas protegidas intituladas “parques”, as quais se expandiram na Europa. Esses espaços passaram a ser valorizados, não só pela importância estética, mas também em função do potencial de promover o equilíbrio ambiental e a melhoria na qualidade de vida em ambientes urbanos (SEGAWA, 2010; HAQ, 2011). Entretanto, segundo Magnoli (2006), foi no século XVIII, também na Europa, que a concepção de utilidade desses espaços motivou a transformação dos parques privados de uso restrito para uso público (OLIVEIRA, 2008).

Desde então, a evolução conceitual dos parques públicos apresentou tendência para formação de parques contínuos e/ou interligados, com a valorização de meios para articulação de diferentes tipologias de espaços verdes urbanos (OLIVEIRA, 2008) que recriam a natureza no interior das cidades como forma de impedir a expansão contínua das edificações, por meio de diretrizes mais específicas que normatizam o uso e a ocupação do solo. Segundo Haase, Frantzeskaki e Elmquist (2014) e Wu (2014), no século XX surge a ecologia urbana como um subcampo da ecologia, em resposta a uma crescente consciência do impacto humano decorrente da urbanização sobre o meio ambiente natural.

No Brasil, a primeira Unidade de Conservação (UC) data de 1937 e foi inspirada na criação do primeiro Parque Nacional no mundo, em 1872, o Yellowstone National Park, nos Estados Unidos. Após algumas décadas de debates sobre um sistema que integrasse todas as categorias de UCs brasileiras, foi publicada, em 2000, a Lei Federal nº 9.985 (BRASIL, 2000), que trata do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). O SNUC define dois grupos de UCs: o grupo de proteção integral e o grupo de uso sustentável – o primeiro

com cinco e o segundo com sete categorias distintas. O próprio SNUC (Artigo 7º ao 21º) deixou aberta a possibilidade dos estados e municípios, quando necessário, para atender suas peculiaridades regionais ou locais, criarem categorias específicas, não previstas na Lei Federal, desde que essas possuíssem objetivos próprios e clara distinção das categorias federais já existentes.

Dessa forma, a grande maioria dos estados da federação optaram por seguir o SNUC (BRASIL, 2000) dentro de seus territórios. No entanto, alguns deles, como Rondônia, Tocantins, Amazonas, Mato Grosso e Maranhão, criaram seus sistemas estaduais (GOVERNO DO ESTADO DE RONDÔNIA, 2002; GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS, 2005; ESTADO DO AMAZONAS, 2007; GOVERNO DO ESTADO DO MATO GROSSO, 2011; GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO, 2011), prevendo algumas novas categorias como, por exemplo, Estrada Parque, no Mato Grosso, Amazonas e Tocantins, Rio Cênico no Amazonas e Tocantins, e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) de proteção integral no Amazonas. Alguns estados também suprimiram categorias, como Tocantins, que suprimiu a Reserva Biológica, e Rondônia, que suprimiu a Reserva de Desenvolvimento Sustentável. O estado de São Paulo, como a grande maioria, segue o SNUC, somente adaptando a terminologia para o nível adequado (exemplo: o termo Parque Nacional foi alterado para Parque Estadual).

A problemática no nível local (ou municipal) é maior devido à confusão nomenclatural entre áreas protegidas, cujo objetivo maior é a conservação da natureza, com Espaços Livres de Uso Público. As áreas protegidas, além de conterem amostras significativas dos ecossistemas que pretendem conservar, devem ser criadas pelo órgão ambiental competente, ter gestor devidamente nomeado e um Plano de Manejo elaborado no máximo cinco anos após sua criação (BRASIL, 2000). Já os Espaços Livres de Uso Público podem ou não ser recobertos por vegetação nativa e dispensam as obrigatoriedades descritas para as áreas protegidas. Portanto, um Parque Natural Municipal é uma UC prevista no SNUC (BRASIL,

2000) e uma área simplesmente denominada “parque” confunde gestores e usuários no que se refere às suas características, objetivos e serviços prestados.

Alguns municípios brasileiros optaram por criar seus sistemas municipais, como foi o caso dos municípios de João Pessoa (PB) (JOÃO PESSOA, 2011), Porto Alegre (RS) (PORTO ALEGRE, 2011) e Belo Horizonte (MG) (BELO HORIZONTE, 2015). Embora o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) (BRASIL, 2010) tenha elaborado o Roteiro para Criação de Unidades de Conservação Municipais, esse somente orienta os municípios, sem discutir a possibilidade de categorias diferentes nos mesmos ou a integração entre áreas protegidas e espaços livres públicos.

Em Porto Alegre, o Sistema Municipal apenas adapta as categorias federais para o nível municipal adequando as nomenclaturas e suprimindo as categorias Floresta Nacional e Reserva Extrativista. Em Belo Horizonte, o sistema recém-criado apenas registra seus princípios e objetivos, deixando a criação das categorias e adequação das áreas já existentes para regulamentação específica. Dos municípios já mencionados, apenas João Pessoa faz uma tentativa de integrar as áreas protegidas, denominadas de UCs com áreas não protegidas, denominadas de Parques Municipais (JOÃO PESSOA, 2011). No entanto, não foi utilizado nenhum critério científico baseado em atributos do meio natural ou físico para separação das áreas nesses dois grupos.

No município de Sorocaba (SP), autores como Mello *et al.* (2016) estudaram a distribuição e localização de fragmentos de vegetação nativa existentes. Mota, Cardoso-Leite e Sola (2014), utilizando parâmetros como tamanho e qualidade da vegetação, além de outros atributos físicos, propuseram uma distinção entre áreas com potencial para serem UCs e áreas sem esse potencial. No entanto, em Sorocaba, não existem registros de estudos em que áreas protegidas e espaços livres públicos foram analisados de forma conjunta para a proposição de um sistema municipal que possa integrá-los.

Objetivos

Este trabalho teve como objetivos:

- Documentar e classificar os espaços livres (recobertos ou não por elementos naturais) existentes no município de Sorocaba;
- Propor categorias de áreas protegidas e espaços livres para os mesmos;
- Elaborar uma proposta de sistema municipal para áreas protegidas e espaços livres.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Área

O município de Sorocaba localiza-se no sudoeste do estado de São Paulo, entre as coordenadas UTM: 236243 – 265122 m E, 7388590 – 7415800 m S (Figura 1). Segundo dados oficiais do IBGE (2015), o município possui população estimada de 644.919 habitantes, distribuídos em uma área de 448,989 km². Macedo *et al.* (2008) destacam a alta densidade populacional nas áreas urbanas consolidadas de Sorocaba e chamam a atenção para a prática da utilização de Áreas

Metodologia

A elaboração do estudo foi dividida em quatro etapas. A primeira etapa tratou da construção de um referencial teórico sobre as categorias de espaços livres e o conceito de “parques”; a segunda tratou da análise documental e espacial das áreas intituladas “parques” em Sorocaba;

Etapa 1: Referencial Teórico

Essa etapa consistiu na construção de um referencial teórico a partir de levantamento bibliográfico sobre os conceitos, de diversos autores em várias localidades do mundo, de espaços livres, áreas verdes, parques, áreas protegidas e/ou UCs. Para a realização desta pesquisa, foram utilizados artigos científicos, teses, revistas, livros, legislações e publicações disponíveis na internet e bibliotecas públicas. Para a busca na

Etapa 2: Análise Documental e Espacial dos Espaços Livres de Sorocaba

Essa fase consistiu em análise espacial em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e levantamento documental de dados relacionados aos espaços livres públicos instituídos como “parques” no município de Sorocaba. Para tanto, foi utilizado o banco de dados da Prefeitura Municipal de Sorocaba.

Para cada uma das áreas, levantou-se o instrumento legal de criação, o qual permitiu avaliar a localização, a identificação, a dimensão e a função original desses espaços. A análise espacial teve como base 66 fotografias aéreas georreferenciadas em escala 1:20.000, com resolução espacial de 0,4 metros, do ano de 2006, que compõem todo o território do município. Com base

de Preservação Permanente (APP) como espaços para instituição de parques.

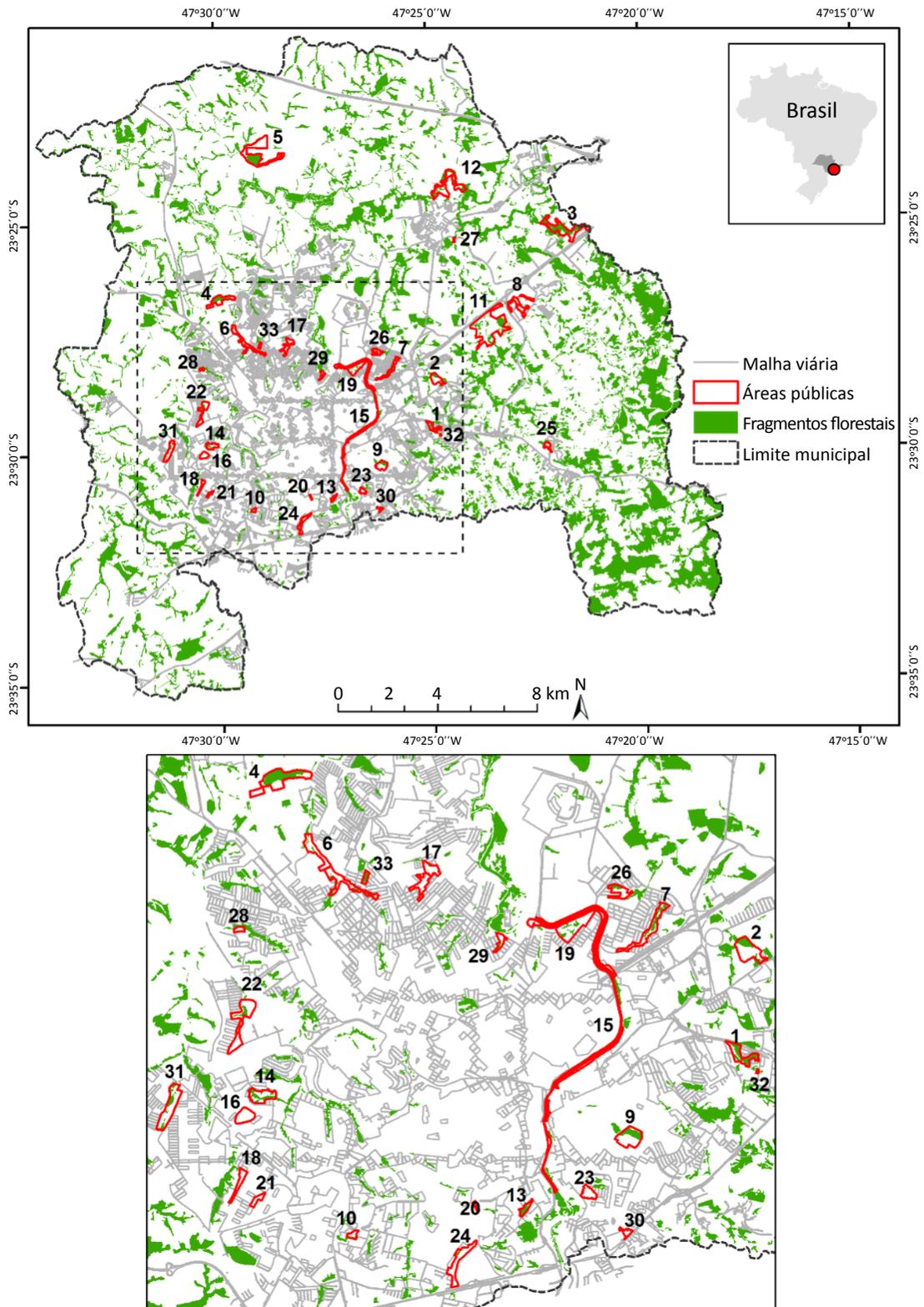
A região está na transição entre a Mata Atlântica e o cerrado, com cobertura florestal original de floresta estacional semidecídua (IBGE, 2015). Mello *et al.* (2014) enfatizam o alto grau de fragmentação da vegetação natural no município, com a existência de 2.537 fragmentos de vegetação remanescente, correspondentes a 16,68% do território. Dos fragmentos identificados pelos autores, 62% são menores que 1 ha.

ba; a terceira foi a elaboração de um sistema integrado para áreas livres e áreas protegidas para o município; e a quarta etapa consistiu na validação do modelo por meio de consulta pública a gestores, instituições e órgãos com ação direta ou indireta na gestão desses espaços.

internet, utilizaram-se as plataformas de busca Scielo, Periódicos Capes, Google Acadêmico e Web of Science com as seguintes palavras-chave: áreas verdes, espaços livres, áreas protegidas, UCs, parque, sistema municipal de áreas protegidas e sistema municipal de áreas verdes. Essa etapa foi fundamental para subsidiar as etapas seguintes.

nas imagens e nas informações estabelecidas na legislação, foram mapeados os limites das áreas públicas bem como o uso e a cobertura do solo com uso do programa ArcGIS 9.0. Com base na rede hidrográfica obtida pela vetorização de cartas topográficas do IGC (escala 1:10.000), foram mapeadas as Áreas de Preservação Permanente (APP). Esses mapas foram utilizados para o cálculo do tamanho da área e a porcentagem de cobertura vegetal.

Foram realizadas também visitas técnicas a todas as áreas públicas e, para cada uma, foi preenchida uma ficha de campo com as seguintes observações: características físicas (presença de recursos hídricos, erosão,



Fonte: Modificado de Mello *et al.* (2014).

Figura 1 – Município de Sorocaba evidenciando a malha viária e as áreas livres públicas.
A descrição de cada área numerada na figura corresponde à descrição existente na Tabela 3.

assoreamento, impermeabilização do solo e características do entorno), bióticas (identificação do estágio sucessional da vegetação), registro da presença de estruturas e equipamentos de uso público, além de conferência de atributos identificados nas imagens aéreas.

Etapa 3: Construção do Sistema Municipal Integrado de Áreas Livres e Áreas Protegidas

A partir das etapas 1 e 2, foi construído um sistema de classificação dos espaços públicos de Sorocaba, segundo os seguintes critérios: tamanho da área pública, percentual de cobertura florestal nativa da área, função social e função ecológica desses espaços no contexto municipal e análise da qualidade ambiental dessas áreas (MOTA; CARDOSO-LEITE; SOLA, 2014). Os parâmetros para cada critério (Tabela 1) foram definidos com base no SNUC, no levantamento dos remanescentes florestais abordados por Mello *et al.* (2014) e na literatura adotada na Etapa 1, com destaque para Bastén (2005), Leiria (2012) (Tabela 2) e no trabalho de Mota, Cardoso-Leite e Sola (2014).

Foram considerados UCs os espaços instituídos assim de acordo com o SNUC (BRASIL, 2000). Os critérios mínimos considerados para classificar uma área como UC foram: tamanho mínimo e presença de cobertura florestal nativa (Tabela 1). Além disso, essas áreas foram

Essa análise permitiu discutir o cenário atual dos Espaços Livres de Uso Público e das áreas protegidas (UC) e sua representatividade em relação aos remanescentes florestais de Sorocaba, identificados por Mello *et al.* (2014).

divididas em UC de Proteção Integral, cujo foco principal é a preservação da natureza e admitem apenas usos indiretos dos recursos naturais, e em UC de Uso Sustentável, que objetivam compatibilizar a conservação da natureza e o uso sustentável dos recursos naturais (Brasil, 2000).

As áreas dotadas de infraestrutura para uso público direto com presença de alguma vegetação nativa foram identificadas como Áreas de Transição (AT). Os parâmetros utilizados foram tamanho total da área e sua porcentagem de vegetação nativa (Tabela 1), além da presença de estruturas para uso público direto, como pistas de caminhada, quiosques, iluminação, banheiros, bancos, playground, entre outras estruturas que potencializam o uso desses espaços para lazer, recreação e convívio social. Para definição dos tamanhos mínimos, foi utilizado principalmente o trabalho de Liira, Lohmus e Tuisk (2012).

Tabela 1 – Tamanho e percentuais mínimos de cobertura florestal utilizados para identificação dos espaços.

Tamanho total da área (ha)	Percentual mínimo de cobertura florestal nativa (%)
Espaços com vocação para instituição de UC	
< 5	Exclui
5,1 a 10	mais de 70
10,1 a 50	60 a 69
50,1 a 100	50 a 59
Mais de 100,1	40 a 49
AT, posteriormente renomeadas como AIA	
2 a 5	mais de 50%
5,1 a 10	40 a 49%
10,1 a 50	30 a 39
Mais de 50,1	20 a 29

UC: Unidade de Conservação; AT: Área de Transição; AIA: Área de Interesse Ambiental.

Tabela 2 – Referencial teórico sobre o conceito de “parque” e sua relação com área, característica e função.

Autor/ Local	Denominação	Área (ha)	Característica principal
Kliass (1993) / São Paulo –BR	Pq. Vizinhança	10 – 28	Fácil acesso (raio 500 m) para recreação diária.
	Pq. De bairro	48 – 80	Raio de atendimento de 1 km.
	Pq. Setoriais	> 200	Raio de atendimento de 5 km, alguma cobertura vegetal.
SNUC (BRASIL, 2000)	Unid. Cons. Prot. Integral	Variável	Áreas naturais, objetivo preservação restrita.
	Unid. Cons. Uso Sustentável (Ex. ARIE)	Em geral pequenas	Áreas naturais com alguma alteração e uso direto de recursos.
Bellester-Olmos e Carrasco (2001)/ Espanha	Pq. Periurbano	≥ 10	Proteção de flora, fauna e especial beleza cênica.
	Bosques Periurbanos	≥ 25	Flora constituída por árvores, nativas ou mista.
	Pq. Centrais		
	Pq. Urbano	10 a 20	Mínimo 50% da área com vegetação.
Kit Campbell Associates (2001) /Escócia	Pq. Regional	400	Conservação e uso público.
	Pq. Metropolitano	60	Recreação e desporto.
	Pq. Distrital	20	Lazer e recreação
	Pq. Distrital	Até 8	Áreas abertas.
Diemer, Held e Hofmeister (2003)/ Londres – UK	Pq. Metropolitano	> 08	Áreas abertas com atributos naturais.
	Pq. Distrital	Até 08	Áreas abertas com atributos naturais.
Bastén (2005)/ Chile	Pq. Natural	> 100	Raio de influência 5 km
	Pq. Periurbano	> 10	Raio 1 a 2 km
	Pq. Urbano	05 -10	1000 a 2000 m
Dover District Council (2013)/ Dover - UK	Pq. Distrital	> 20	Áreas abertas dotadas de atributos naturais.
Brown (2008)/ Alaska	Reserva Natural	> 100	Recreação e conservação.
Souza (2010)/ Curitiba – BR	Pq. Urbano	10	Próximo a residências.
Flores-Xolocotzi e González-Guillén (2010) / México	Pq. Urbano	9,1	Áreas abertas com características naturais.
Byrne e Sipe (2010) / Austrália	Pq. Regional	25-500+	Recreação e desporto com paisagem natural.
	Pq. Nacional	25-1000+	Permite recreação, foco principal a conservação.
Falcón (2008)/ Barcelona – ES	Pq. Urbano	≥ 01	Áreas livres.
Leiria (2012)/ Portugal	Pq. Suburbano	≥ 80	Áreas abertas com atributos naturais.
	Pq. Da Cidade	≥ 30	Áreas abertas com atributos naturais.
	Pq. Urbano	≥ 3	Áreas abertas com atributos naturais.
Buccheri-Filho (2012)/Curitiba BR	Parque de Conservação	≥ 10	Áreas públicas para proteção dos recursos naturais.

ARIE: Áreas de Relevante Interesse Ecológico.

Os espaços com potencial predominante para lazer, recreação e paisagismo urbano, sem atributos ecológicos significantes (MOTA; CARDOSO-LEITE; SOLA, 2014), foram identificados como Infraestrutura Verde Urbana (IVU). Esses apresentam predominantemente árvores isoladas, muitas vezes, de espécies exóticas e, quando apresentam vegetação nativa, seu percentual corresponde a menos de 20% do total da área.

Etapa 4: Validação do Modelo

Depois de elaborado, o sistema foi submetido à consulta de diversos atores sociais locais envolvidos direta ou indiretamente na gestão desses espaços, dentre eles os secretários de Obras e Urbanismo e de Meio Ambiente de Sorocaba, a comunidade acadêmica e os representantes da sociedade civil. O sistema também foi apresentado em seminários nas universidades públicas do município (UFSCAR e UNESP), nas reuniões públicas do Conselho Municipal de Meio Ambiente (CONDEMA) e à Câmara de

Para análise da suficiência de áreas protegidas no município, foram consideradas as metas estabelecidas pela 11ª Meta do Plano Estratégico 2011-2020 acordadas durante a COP 10 da Convenção da Biodiversidade Biológica, conhecidas como Metas de Aichi (CDB, 2012). Essa convenção sugere que um percentual mínimo de 17% do território do município deve ser constituído por áreas protegidas.

Vereadores. Essas apresentações e discussões ocorreram ao longo dos anos de 2013 e 2014. Opiniões, considerações, críticas e sugestões foram registradas no processo de construção do modelo de classificação dos espaços livres e incorporadas ao sistema final. Como resultante desse processo, os grupos AT e IVU foram renomeados respectivamente para Áreas de Interesse Ambiental (AIA) e Espaços Livres de Uso Público de Interesse Social (ELUPIS), denominados nesses termos ora em diante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Etapa 1: Referencial Teórico

Os diversos autores analisados (Tabela 2) apontam critérios distintos de classificação dos espaços livres, seja com relação à função ou às características, como tamanho e percentual de cobertura vegetal. Porém, há um consenso de que espaços livres são áreas não edificadas, assim como as áreas verdes são uma subcategoria de espaço livre, na qual a vegetação desempenha papel relevante (LIMA *et al.*, 1994).

O termo “parque” por vezes é utilizado para se referir à área verde. Contudo, com definições distintas, variáveis de acordo com a localidade, “parque” denomina desde UCs extensas até pequenas áreas verdes presentes no ambiente urbano.

Muito autores sugerem critérios dos mais variados para propor um sistema de classificação dessas áreas protegidas. A exemplo, Lima *et al.* (1994) classificam Parque Urbano como área verde com função ecológica, estética e de lazer, mas diferenciam esse espaço de praças e jardins públicos pela dimensão. Para os autores, praças podem ser áreas verdes ou não dotadas de função de lazer, porém com dimensões inferiores aos parques urbanos. De forma semelhante, Kliass (1993)

classifica Parque Urbano como uma categoria de área verde pública com dimensões significativas e predominância de elementos naturais, principalmente cobertura vegetal, que contempla, além de função recreativa, normalmente, reconhecidas funções ecológica, estética e de educação (KLIASS, 1993).

Falcón (2008) utiliza o termo Parque Urbano para todo espaço verde urbano com superfície superior a um hectare, que disponha de equipamento básico de uso social. Com relação à vegetação, o autor considera que deva ser contínua à área total e com predomínio de vegetação com porte arbóreo constituindo um fragmento florestal. A Tabela 2 sumariza todas as definições de “parque” utilizadas pelos autores consultados.

Em 2001, foi desenvolvida pela Universidade de Valência uma proposta que permite sistematizar e classificar os diversos espaços verdes urbanos, intitulada “*Normas para la clasificación de los espacios verdes*” (BELLESTER-OLMOS; CARRASCO, 2001). Segundo esse sistema, os Parques Urbanos podem apresentar uma área variável entre 10 e 20 ha e devem servir a mais de um bairro ou a toda a cidade, com funções variadas,

entre as quais à prática esportiva, ao lazer, às atividades culturais e às funções ecológicas.

No Brasil, alguns exemplos destacam-se, entre os quais Curitiba (PR), que descreve como Parques Urbanos áreas com mais de 10 hectares (SOUZA, 2010). Buccheri-Filho (2012) propõe o termo Parques de Conservação, e indica que devem apresentar extensão mínima de 10 ha.

É possível concluir que, diante das distintas propostas e nomenclaturas, não existe um critério padrão ou consensual entre os autores para diferenciar espaços livres públicos de áreas protegidas e tampouco para diferenciar os espaços livres entre si. Alguns esforços foram feitos com o objetivo de sistematizar e propor

modelos de gestão desses espaços, a exemplo do que ocorreu na Europa, com o Projeto GreenKeys. Segundo Smaniotto Costa, Suklje Erjavec e Mathey (2008), esse projeto envolve 20 instituições de 12 cidades, além de 8 instituições de apoio dos países: Bulgária, Alemanha, Grécia, Hungria, Itália, Polônia e Eslovênia. Por meio de uma equipe interdisciplinar, o projeto objetivou desenvolver uma metodologia como ferramenta de apoio para gestão integrada do espaço verde urbano, baseada na troca de experiências por intermédio de uma rede transnacional. Como resultado, surgiram recomendações para prefeituras constituírem políticas públicas urbanas. Esse exemplo ilustra a relevância em construir-se ferramentas de gestão desses espaços.

Etapa 2: Análise Documental e Espacial dos Espaços Livres de Sorocaba

Foi identificado um total de 33 áreas públicas oficialmente instituídas no município de Sorocaba, em geral intituladas como “parques” (Tabela 3). São áreas verdes destinadas ao lazer, instituídas pela lei, quando da aprovação de projetos de parcelamento do solo (BRASIL, 1979). O percentual de reserva desses espaços era determinado pela Lei Federal nº 6.766/1979; entretanto, em emenda ocorrida em 1999, a definição dos percentuais foi transferida ao município. No caso específico de Sorocaba, a lei estabelece que 12% da gleba parcelada para empreendimentos seja conservada como área livre (SOROCABA, 2014).

Outros parques tiveram sua origem por desapropriações, compensação ambiental pelo impacto de empreendimentos ou doação de áreas à municipalidade. Devido a essas origens, em geral, esses espaços apresentam pequenas dimensões, muitas vezes englobando áreas de preservação permanentes definidas por lei (Lei Federal nº 12.651 — BRASIL, 2012), e sua localização é dispersa

no território do município (Figura 1). Embora todas elas tenham sido instituídas por instrumentos jurídicos, como leis ou decretos, por ausência de normas específicas no ato de sua criação, constam apenas sua localização, dimensão e denominação, sem pormenorização dos objetivos das mesmas, tampouco um plano de gestão.

Esses espaços apresentam maior potencial urbanístico do que de conservação. Esse fato se deve a intensa urbanização e conseqüente fragmentação dos remanescentes florestais; ou seja, são poucas as áreas que ainda apresentam potencial para conservação nos moldes de unidades de conservação. Segundo Lin *et al.* (2016) e Colding (2013), o aumento populacional e o crescimento das cidades são fatores responsáveis pela redução das áreas com potencial para conservação em tamanho e número. Essa situação é evidente no município de Sorocaba: o crescimento urbano e o grande desafio para o bem-estar nas cidades é uma ameaça grave para a biodiversidade (BOTZAT; FISCHER; KOWARIK, 2016).

Etapa 3: Construção do Sistema Municipal Integrado de Áreas Livres e Áreas Protegidas

Utilizando os critérios mínimos propostos (Tabela 1), associados às conclusões dos autores estudados (Tabela 2), além dos resultados da análise documental e espacial das áreas analisadas por Mota, Cardoso-Leite e Sola (2014), foi elaborado o sistema sintetizado na Figura 2. Sua classificação abrange as seguintes categorias:

- **Unidades de Conservação de uso indireto** - Com função de conservação e preservação, a área é defi-

nida de acordo com suas especificidades no SNUC, que especifica áreas contínuas de fragmentos florestais nativos. Com visita monitorada e controle das formas de uso, o objetivo dessas áreas é a preservação e a conservação de ambientes naturais, processos ecológicos e visitação pública;

- **Unidades de Conservação de uso direto** - Com função de promover o uso sustentável, trata-se de

Tabela 3 – Parques instituídos em Sorocaba e seu respectivo instrumento de criação, tamanho da área e cobertura vegetal.

	Parque / Instrumento legal de instituição	Área (ha)	Cobertura vegetal (%)
Categoria – UC			
1	Pq. Natural Dr. Braulio Guedes da Silva (Lei nº 4.934/95)	9,38	71,55
2	Pq. Natural Chico Mendes (Lei nº 3.034/89)	15,17	77,73
3	Pq. Municipal Mario Covas (Lei nº 6.416/01)	52,67	83,14
4	Pq. Pedro Paes de Almeida - Horto Municipal (Lei nº 2.815/88)	21,75	72,04
5	Pq. Natural Municipal Corredores da Biodiversidade (Lei nº 10.071/12)	62,42	50,00
Categoria – AIA			
6	Pq. Santi Pegoretti Maria Eugênia (Lei nº 7.807/06)	20,56	29,69
7	Pq. Yves Ota (Lei nº 7.405/06)	12,03	45,87
8	Pq. Raul de Moura Bittencourt (Lei nº 7.301/04)	20,58	31,06
9	Pq. Quinzinho de Barros - Zoológico (Lei nº 1.087/63)	13,15	32,7
10	Pq. João Cândio Pereira - Pq. Água Vermelha (Lei nº 3.403/90)	2,02	50,54
11	Parque da Cidade (Decretos n. 17.883/09 - 17.902/09)	120	28,14
12	Pq. Pirajibu (Decreto n. 16.432/09)	46,8	48,44
13	Pq. Da Biquinha	2,88	86,80
14	Pq. Ouro Fino	9,69	47,6
Categoria - ELUPIS			
15	Pq. Linear - Armando Pannunzio (Lei nº 8.521/08 - Decreto n. 19.518/11)	1074	0,5
16	Pq. Maestro Nilson Lombardi (Lei nº 8.449/08)	7,31	0,00
17	Pq. Flávio Trettel - Vila Formosa (Lei nº 8.446/08)	11,95	9,17
18	Pq. Natural Antônio Latorre (Lei nº 7.985/06)	4,45	19,10
19	Pq. Maria Barbosa Silva - (Lei nº 7.855/06 - Decreto n. 17.887/09)	16,39	2,98
20	Pq. Kasato Maru (Lei nº 7.845/06)	0,94	17,29
21	Pq. Natural João Pellegrini (Lei nº 7.665/06)	2,59	10,31
22	Pq. Natural da Cachoeira - Dr. Eduardo Alvarenga (Lei nº 7.379/05)	15,82	17,95
23	Pq. Dos Espanhóis (Lei nº 8.536/08)	4,74	9,17
24	Pq. Carlos Alberto de Souza (Decreto nº 14.418/05)	10,43	20,71
25	Pq. Brigadeiro Tobias (Decreto nº 19.372/11)	4,56	28,28
26	Pq. Jd. Botânico (Decreto nº 18.567/10)	6,51	18,43
27	Pq. Do Éden (Decreto nº 18.468/10)	0,81	7,40
28	Pq. Walter Grillo (Lei nº 8.506/08 - Decreto n. 18.287/10)	1,56	40,38
29	Pq. Antônio Amaro Mendes - Jd. Brasilândia (Lei nº 8.440/08)	3,35	22,08
30	Pq. Municipal Profa. Margarida L. Camargo (Lei nº 7.155/04)	1,91	11
31	Pq. Miguel Gregório de Oliveira (Lei nº 6.443/01)	15,25	26,69
32	Pq. Steven Paul Jobs (Lei nº 10.070/12)	0,28	96,42
33	Pq. Natural Juracy Antônio Boaro (Lei nº 7.940/06)	1,87	71,00

UC: Unidades de Conservação; AIA: Áreas de Interesse Ambiental; ELUPIS: Espaços Livres de Uso Público de Interesse Social.

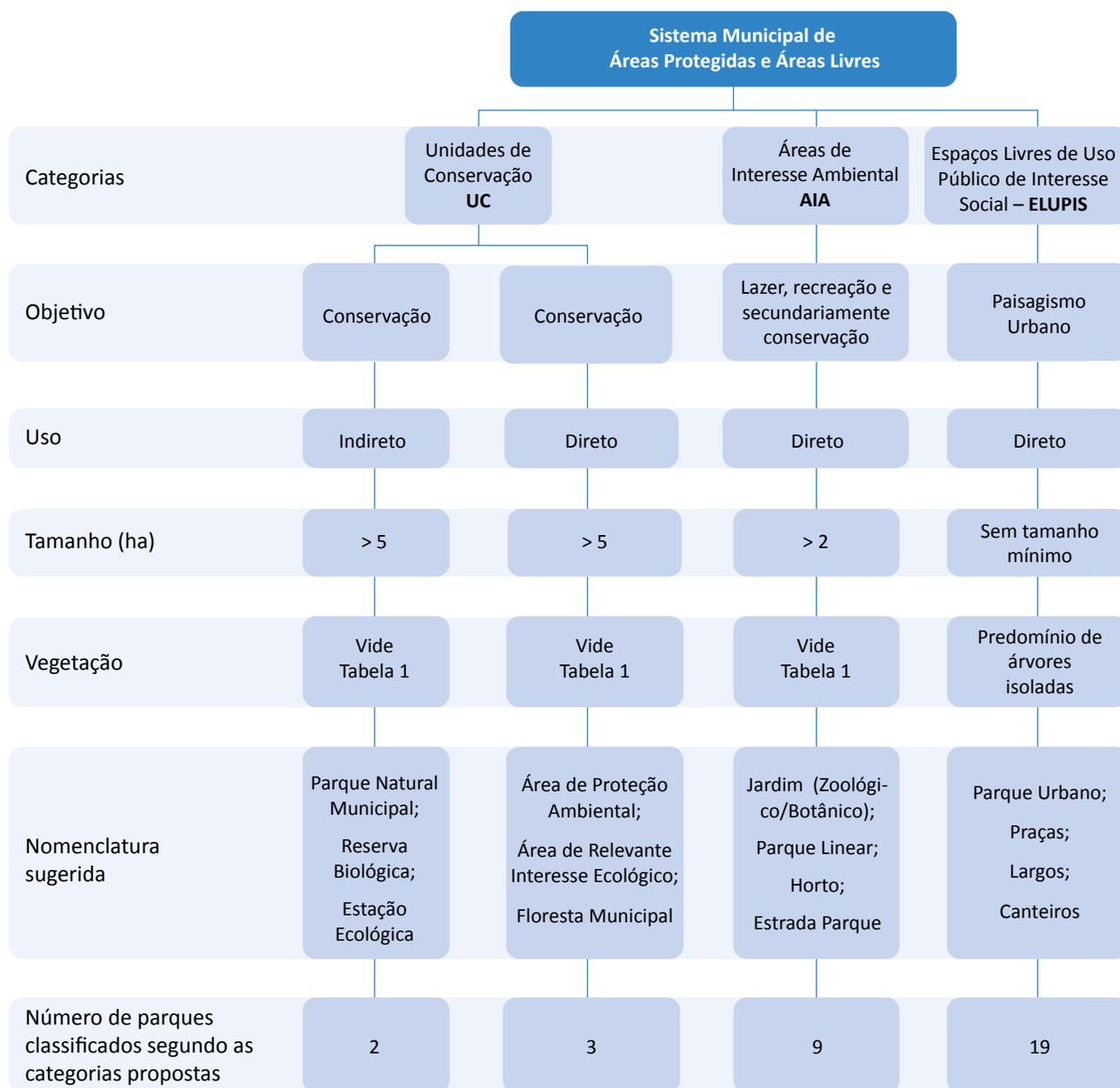


Figura 2 – Sistema integrando áreas livres e áreas protegidas no município de Sorocaba.

espaços com possibilidade de uso direto pela população com fins recreativos, de lazer, educacionais e função contemplativa. Dotados de fragmentos florestais nativos, não há controle no processo de visita. Esses espaços estão inseridos em meio altamente urbanizado;

- **Áreas de Interesse Ambiental** - Caracterizadas por espaços urbanos com valor ecológico onde há a pre-

sença de fragmentos florestais nativos, com percentual de ocupação variável de acordo com o tamanho da área, podendo conter elementos de conservação *ex-situ*;

- **Espaços livres de uso público de interesse social** - São áreas sem definição de tamanho, com predomínio de árvores isoladas ou vegetação ornamental. Em caso de presença de fragmentos florestais, es-

ses não atingem os percentuais mínimos das Áreas de Interesse Ambiental. São espaços livres encravados em meio urbanizado, com presença de vegetação ornamental e/ou vegetação arbórea isolada com objetivo paisagístico.

De um total de 33 áreas analisadas, 5 foram identificadas como UC, 9 como AIA e 19 como ELUPIS (Tabela 3). A distribuição em extensão territorial dos espaços livres apresentou predominância na categoria ELUPIS, com 74% do território das áreas analisadas, 16% na categoria AIA e apenas 10% na categoria UC.

As áreas “Corredores da Biodiversidade” e “Mário Covas”, devido ao potencial ecológico (MOTA; CARDOSO-LEITE; SOLA, 2014), foram enquadradas na categoria UC de proteção integral. A classificação dessas áreas como Parques Naturais Municipais é importante para que haja a padronização com a nomenclatura oficial do Brasil descrita no SNUC (BRASIL, 2000) e, assim, seguir as diretrizes de gestão estabelecidas pelo SNUC.

As áreas “Chico Mendes”, “Horto” e “Braúlio Guedes”, por estarem inseridas em meio altamente urbanizado com forte potencial para uso direto, porém com potencial ecológico importante (MOTA; CARDOSO-LEITE; SOLA, 2014), foram classificadas como UC de uso sustentável, podendo ser reclassificadas como Florestas Municipais (FLOMA) ou Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), para enquadrarem-se no SNUC (BRASIL, 2000). Vale ressaltar que essas áreas (Figura 1) estão todas localizadas na porção N e NE do município de Sorocaba, sendo que na porção S e SE existem fragmentos de vegetação nativa com tamanhos relativamente grandes (> 50 ha) (MELLO *et al.*, 2016) que não estão protegidos por lei pois, na sua grande maioria, são áreas de posse particular.

Os espaços identificados como AIA possuem características urbanísticas como estrutura para recreação, lazer e paisagística, e educação ambiental; entretanto, apresentam alguns atributos naturais. Já os espaços identificados como ELUPIS não apresentam atributos naturais significativos. Em geral, são pequenos e/ou possuem a maior parte de sua extensão pavimentada e ocupada por infraestrutura urbana (calçada, equipamentos públicos, ciclovias e pista de caminhada).

Os espaços identificados como AIAs podem mudar para a categoria de UC, se houver a implantação de projetos de restauração, como, por exemplo, no Parque Ouro Fino (área 14, Tabela 3), que possui fragmento florestal remanescente e áreas de plantio de árvores nativas para recomposição florestal. Isso vale também para outras áreas, como sugerido pelo gestor das áreas protegidas da Secretaria Municipal do Meio Ambiente em uma das consultas públicas realizadas, que acredita que as áreas que possuem projetos de recuperação em andamento podem ser incluídas nas categorias mais restritivas. Outro exemplo desse caso é o Pirajibu (área 12, Tabela 3) que, por não obter mais de 50% de cobertura nativa, foi classificado como AIA. Nesse caso, essa área é muito importante para a conservação do Rio Pirajibu, pois envolve suas matas ciliares. Sendo assim, programas de restauração ecológica nessa área podem contribuir para a conservação da zona ripária e para a reclassificação da mesma em UC.

Em geral, é comum que haja nas áreas urbanas áreas protegidas vinculadas a faixas de preservação permanente de rios e córregos, dada a necessidade dos cidadãos de aproximarem-se dos cursos d'água. Essas são as razões do surgimento de uma grande quantidade de parques lineares e corredores verdes – fato também comum nas cidades ibéricas (FRANCO *et al.*, 2014).

As áreas identificadas com potencial para criação de UC podem exercer papel fundamental para a manutenção de serviços ambientais e para a biodiversidade do município quando associadas aos corredores de mata ciliar presentes nas APP conservadas do município. Segundo Mello *et al.* (2014), as APP dotadas de vegetação nativa representam mais da metade dos remanescentes florestais existentes no município, equivalente a 3.799 hectares. Essas áreas somadas às áreas dos parques identificados como UC representariam um total de 3.960 hectares.

Esse diagnóstico permite concluir que, para se atingir as metas propostas pela CDB (2012), que sugere como ideal pelo menos 17% do território mantido em áreas protegidas, o município de Sorocaba deveria ter 7.653 ha em áreas protegidas legalmente, o que resulta num déficit atual de 3.693 ha. Uma vez que as áreas de APP sem vegetação, excluídas as áreas urbanizadas e consolidadas identificadas por Mello *et al.* (2014), equivalem a 3.800 hectares, apenas a restauração das APP do

município seria suficiente para a superação dessa meta internacional, sem a necessidade premente da instituição de novos parques no município. Entretanto, como a restauração ecológica dessas áreas apresenta um custo econômico bastante elevado, mesmo considerando o custo de desapropriações, a criação de novas UC pode ser uma alternativa mais interessante para a gestão municipal, uma vez que o município possui ainda 3.710 ha de vegetação nativa fora da faixa de APP (MELLO *et al.*, 2014).

Essas metas podem parecer ousadas, mas diversos casos pelo mundo demonstram que a expansão das áreas verdes é possível. Como exemplo, Mc Phearson *et al.* (2013) comprovam que Nova Iorque contém mais parques do que qualquer outra cidade dos EUA e tem 21% do solo coberto por árvores, o que deverá aumentar, segundo os autores, nas próximas décadas. Considerando o alto valor do metro quadrado em Nova Iorque, conquistar espaços protegidos é reflexo do reconhecimento de sua importância.

Uma estratégia para a promoção da expansão de áreas protegidas e áreas verdes é a integração com a implantação de corredores ecológicos. Segundo Maes *et al.* (2015), a conexão de áreas protegidas urbanas por meio de um modelo integrado é essencial para a manutenção da biodiversidade e de serviços fundamentais do ecossistema. Os autores destacam ainda que a IVU das cidades está vinculada à saúde humana por meio dos serviços ecossistêmicos que são prestados por parques urbanos, cinturões verdes periurbanos, ou florestas e áreas semi-naturais que cercam as cidades. Tais benefícios para a saúde estão associados à melhor qualidade do ar, à regulação do microclima por meio dos efeitos de resfriamento de vegetação, à recreação, à saúde psicológica e ao bem-estar mental. Barbati *et al.* (2013) citam que as áreas protegidas são essenciais para a conservação da biodiversidade e demonstram que, além de áreas com extensões maiores, as pequenas vias (ruas) podem ser elementos importantes para conexão e integração dos espaços verdes, por meio da implantação de projetos de arborização. Nesse contexto, Newell *et al.* (2013), demonstraram o efeito positivo da arborização de vias para integração dos espaços verdes em cidades e aumento de seu potencial benéfico. Portanto, é evidente que todas as áreas verdes são essenciais, independentemente de seu tamanho, fun-

ção e característica, visto que exercem serviços ecossistêmicos de extrema relevância.

Laforteza *et al.* (2013) destacam que, além dos benefícios citados, a existência de áreas protegidas e espaços verdes pode potencializar o envolvimento das pessoas com o ambiente natural e propiciar um aumento na expectativa de vida, além de estimular a prática de atividades físicas e promover ligações culturais, ecológicas e psicológicas com o ambiente. Segundo Daniel *et al.* (2012), embora reconhecidas, essas relações culturais têm sido menos estudadas entre os diferentes tipos de serviços ecossistêmicos, em parte porque a maioria dos serviços culturais são intangíveis e não materiais.

Além da importância das relações culturais, Andersson *et al.* (2014) destacam que, apesar das inúmeras conclusões acerca dos benefícios, ainda estamos começando a compreender a importância das áreas verdes urbanas, portanto, temos uma compreensão limitada dos mecanismos por trás da geração de serviços de ecossistemas urbanos.

Kabisch, Qureshi e Haase (2015) corroboram essa ideia ao afirmar que ainda é incompleta a compreensão geral das questões de interação humano-ambiente contemporâneo no espaço verde urbano, e que falta orientação para os planejadores urbanos. No entanto, Baró *et al.* (2014) destacam que, em pesquisa na cidade de Barcelona, Espanha, cidade em que é significativa a contribuição dos serviços ambientais prestados pelas florestas urbanas na promoção da qualidade de vida, esses serviços raramente são explicitamente considerados nas metas de política ambiental.

Valorar a importância dos espaços protegidos no ambiente urbano é essencial, porém a falta de reconhecimento não é exclusiva ao Brasil. Na Europa, Hansmann *et al.* (2016) e Lennon (2015) também concluíram como essencial a conquista do reconhecimento por parte de políticos e do público a fim de atingir o sucesso na gestão da infraestrutura verde urbana. Em geral, os benefícios para o bem estar, a qualidade de vida e o ambiente não são bem compreendidos pelo público.

Essa falta de compreensão afeta diretamente a gestão desses espaços, afinal o cumprimento efetivo de tais benefícios depende de uma governança eficaz. Não basta a instituição de um sistema teórico; esse deve ser colocado em prática e aprimorado de acordo

com as necessidades identificadas. Esse é o principal desafio observado neste estudo e corrobora com as conclusões de Andersson *et al.* (2014).

Segundo Cardoso *et al.* (2015), no âmbito urbano, a governança é compreendida como desconcentração do Estado como entidade jurídica soberana nas ações pertinentes à esfera municipal. Envolve a articulação e a coordenação de políticas públicas entre órgãos governamentais e instituições sociais, com mudanças na execução de políticas públicas urbanas até então centradas em entidades municipais para uma gestão compartilhada. Mas, para sua efetivação, é necessária a

Etapa 4: Validação do Modelo

A categorização das áreas municipais é importante para facilitar sua gestão de forma integrada, a fim de que todas essas áreas façam parte de um único sistema que incorpore tanto a preocupação ambiental como a melhoria da qualidade de vida da população no ambiente urbano.

O resultado desse estudo, constituído por meio de uma minuta de projeto de lei, foi apresentado e submetido a discussões junto ao CONDEMA, a gestores locais, à Câmara Municipal de Sorocaba e à sociedade como um

correta compreensão das interações homem-ambiente. O processo de criação e gestão de territórios dedicados à conservação de atributos naturais representa um fenômeno de grande complexidade, pois envolve, além de aspectos associados à conservação de atributos naturais, aspectos socioculturais, políticos e econômicos (SANCHO & DE DEUS, 2015).

Tal complexidade exige instrumentos eficazes de planejamento e organização, elementos fundamentais para efetivação do paradigma da sustentabilidade urbana (AHERN, 2013; CUMMING *et al.*, 2013; SWAFFIELD, 2013; XIANG, 2013).

todo. As devidas sugestões, considerações e alterações foram acatadas e um texto final foi submetido à Câmara Municipal de Sorocaba para apreciação, com a finalidade de constituir um projeto de lei. A proposta foi aceita por membro do poder legislativo municipal, que converteu a minuta no Projeto de Lei nº 116/2014. O Projeto obteve aprovação e foi sancionado em Lei Municipal (SOROCABA, 2015 – Lei Municipal nº 11.073 de 31 de março de 2015), que institui o Sistema Municipal de Áreas Protegidas, Parques e Espaços Livres de Uso Público, que seguiu a proposta apresentada nesse estudo.

CONCLUSÃO

Os espaços livres e áreas protegidas foram classificados e documentados de acordo com seus atributos (tamanho e percentual de vegetação). As características dessas áreas permitiram identificar padrões de tamanho e percentual de vegetação específicos para o município de Sorocaba. Esses referenciais possibilitaram propor sua organização em três categorias: Unidades de Conservação, Áreas de Interesse Ambiental e Espaços Livres de Uso Público de Interesse Social, modelo que incorpora áreas com vocação para conservação, espaços de lazer e recreação e espaços urbanos que podem ser geridos de forma sistêmica com objetivo de atingir interconexões desses espaços. Entre as áreas já instituídas, foi possível concluir que há predomínio de áreas com potencial urbanístico, tanto em número como extensão territorial – reflexo do alto grau de urbanização do município.

O sistema proposto permite construir uma concepção holística dos espaços existentes e possibilita uma

gestão que vislumbre a conexão dos mais diversos espaços livres e áreas protegidas, com possibilidade de atingir metas de expansão em consonância com os parâmetros sugeridos para conservação da biodiversidade e promoção da qualidade de vida urbana. O modelo construído nesse trabalho pode ser uma ferramenta importante para orientar a gestão compartilhada dos espaços livres e áreas protegidas, inclusive em outros municípios brasileiros, com necessidade de revisão periódica e participativa. Porém deve ser adaptado à realidade de cada localidade.

Embora os resultados desta pesquisa tenham servido de base para a elaboração e sanção da Lei Municipal nº 11.073 de 31 de março de 2015, desde sua vigência, o processo de adequação das áreas existentes ao sistema ocorreu de forma tímida, principalmente por escassez de recursos. É essencial que novas pesquisas apontem diretrizes para a evolução do modelo, principalmente com ênfase na integração das categorias,

por meio da formação de pseudocorredores verdes conectados.

Esse modelo é recomendado por diversos autores na Europa e reconhecido como um desafio a ser atingido. Entretanto, o desafio maior consiste em conquistar o

reconhecimento do público e de autoridades responsáveis por sua gestão assim como e conseguir que políticos e o público em geral compreendam a importância dos espaços protegidos no ambiente urbano, fundamental para atingir o sucesso na gestão da infraestrutura verde urbana.

REFERÊNCIAS

- AHERN, J. Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. *Landscape Ecology*, v. 28, p. 1203-1212, 2013.
- ALCOCK, I.; WHITE, M.P., WHEELER, B.W.; FLEMING, L.E.; DEPLEDGE, M.H. Longitudinal effects on mental health of moving to greener and less green urban areas. *Environmental Science & Technology*, v. 48, n. 2, p. 1247-1255, 2014.
- ANDERSSON, E.; BARTHEL, S.; BORGSTRÖM, S.; COLDING, J.; ELMQVIST, T.; FOLKE, C.; GREN, Å. Reconnecting cities to the biosphere: Stewardship of green infrastructure and urban ecosystem services. *Ambio*, v. 43, n. 4, p. 445-453, 2014.
- BARBATI, A.; CORONA, P.; SALVATI, L.; GASPARELLA, L. Natural forest expansion into suburban countryside: Gained ground for a green infrastructure? *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 12, n. 1, p. 36-43, 2013.
- BARGOS, D.C. & MATIAS, L.F. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. *REVSBAU*, Piracicaba, v. 6, n. 3, p. 172-188, 2011.
- BARÓ, F.; CHAPARRO, L.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; LANGEMEYER, J.; NOWAK, D.J.; TERRADAS, J. Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: the case of urban forests in Barcelona, Spain. *Ambio*, v. 43, n. 4, p. 466-479, 2014.
- BASTÉN, V.G. Sobre sistemas, tipologias y estándares de áreas verdes em el planeamiento urbano. *Revista Electrónica Diseño Urbano y Paisaje*, v. 2, n. 6, 2005.
- BELLESTER-OLMOS, J. & CARRASCO, A.A. *Normas para la clasificación de los espacios verdes*. Valência: Universidade Politécnica de Valência, 2001. 187p.
- BELO HORIZONTE. Lei n.º 10.879, de 27 de novembro de 2015. Institui o Sistema Municipal de Áreas Protegidas de Belo Horizonte e dá outras providências. *Diário Oficial do Município*, Belo Horizonte, 2015.
- BOADA, M. & SANCHEZ, S. Naturaleza y cultura, biodiversidad urbana. In: OMETO, A.R.; PERES, R.B.; SAADEVRA, Y.M.B (Orgs.). *EcoInovação para a melhoria de produtos e serviços: experiências espanholas e brasileiras nos setores industrial, urbano e agrícola*. São Carlos. Diagrama, 2012.
- BOTZAT, A.; FISCHER, L.K.; KOWARIK, I. Unexploited opportunities in understanding liveable and biodiverse cities. A review on urban biodiversity perception and valuation. *Global Environmental Change*, v. 39, p. 220-233, 2016.
- BRASIL. Lei n.º 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 1979.
- BRASIL. Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. *Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil*, Brasília, v. 149, n. 102, p. 1-8, 28 maio 2012.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Roteiro para criação de unidades de conservação municipais*. João Carlos Costa Oliveira/José Henrique Cerqueira Barbosa. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010. 68p.

- BRASIL. SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Lei Federal n.º 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1.º, incisos, I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e dá outras providências. *Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil*, Brasília, 2000.
- BROWN, G. A theory of urban park geophaphy. *Journal of Leisure Research*, v. 40, n. 4, p. 589-607, 2008. Disponível em: <www.landscapemap2.org/publications/JLR_Brown.pdf>. Acesso em: 1.º abr. 2015.
- BROWN, R.D.; VANOS, J.; KENNY, N.; LENZHOLZER, S. Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change. *Landscape and Urban Planning*, v. 138, p. 118-131, 2015.
- BUCCHERI-FILHO, A.T. O planejamento dos parques no município de Curitiba, PR: planejamento sistemático ou planejamento baseado em um modelo oportunista? *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 13, n. 41, p. 206-222, 2012.
- BYRNE, J. & SIPE, N. Green and open space planning for urban consolidation: a review of the literature and best practice. *Urban Research Program*, n. 11, 2010. Disponível em: <http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/handle/10072/34502/62968_1.pdf?sequence=1>. Acesso em: 1.º abr. 2015.
- CARDOSO, S.L.C.; VASCONCELLOS SOBRINHO, M.; VASCONCELLOS, A.M.A. Gestão ambiental de parques urbanos: o caso do Parque Ecológico do Município de Belém Gunnar Vingren. *urbe*, v. 7, n. 1, p. 74-90, 2015.
- CDB – CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. *Aichi biodiversity targets*. 2012. Disponível em: <<http://www.cbd.int/sp/targets>>. Acesso em: 1.º abr. 2015.
- COLDING, J. Local assessment of Stockholm: Revisiting the Stockholm Urban Assessment. In: ELMQVIST, T.; FRAGKIAS, M.; GOODNESS, J.; GÜNERALP, B.; MARCOTULLIO, P.J.; MCDONALD, R.I.; PARNELL, S.; SCHEWENIUS, M., SENDSTAD, M.; SETO, K.C.; WILKINSON, C. (Eds.). *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities*. [S.l.]: Springer, 2013. p. 313-335.
- CUMMING, G.S.; OLSSON, P.; CHAPIN, F.S., III; HOLLING, C.S. Resilience, experimentation, and scale mismatches in social-ecological landscapes. *Landscape Ecology*, v. 28, p. 1139-1150, 2013.
- DANIEL, T.C.; MUHAR, A.; ARNBERGER, A.; AZNAR, O.; BOYD, J.W.; CHAN, K.M.A. Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 109, p. 8812-8819, 2012.
- DE LIMA SOUSA, A.; DE SOUZA MEDEIROS, J.; DA SILVA ALBUQUERQUE, D.; HIGUCHI, M.I.G. Parque Verde Urbano como Espaço de Desenvolvimento Psicossocial e Sensibilização Socioambiental. *Psico*, v. 46, n. 3, p. 301-310, 2015.
- DE OLIVEIRA, E.S.; ASPINALL, P.; BRIGGS, A.; CUMMINS, S.; LEYLAND, A.H.; MITCHELL, R.; THOMPSON, C.W. How effective is the Forestry Commission Scotland’s woodland improvement programme — ‘Woods In and Around Towns’ (WIAT) — at improving psychological well-being in deprived urban communities? A quasi-experimental study. *BMJ Open*, v. 3, n. 8, p. 3648, 2013.
- DIEMER, M.; HELD, M.H.; HOFMEISTER, S. (Orgs). Urban Wilderness in Central Europe – Rewilding at the Urban Fringe. *International Journal of Wilderness*, v. 9, n. 3, 2003. Disponível em: <http://www.wilderness.net/library/documents/IJWDec03_DiemerHeldHofmeister.pdf>. Acesso em: 1.º mar. 2015.
- DOVER DISTRICT COUNCIL. *Parks and Amenity Open Space Strategy*. 2013. Disponível em: <<http://www.dover.gov.uk/Leisure-Culture-Tourism/Leisure-Facilities/PDF/Parks-and-Amenity-Open-Space-Strategy.pdf>>. Acesso em: 1.º abr. 2015.
- ERNSTSON, H. The social production of ecosystem services: a framework for studying environmental justice and ecological complexity in urbanized landscapes. *Landscape and Urban Planning*, v. 109, n. 1, p. 7-17, 2013.

ESTADO DO AMAZONAS. Lei Complementar n. 53, de 5 de junho de 2007. Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação. Assembleia Legislativa, 2007.

FALCÓN, A. Espacios Verdes para una ciudad Sostenible. *IV Jornada Planificación y Gestión Sostenible del Paisaje Urbana*. 2008. Disponível em: <http://www.dphuesca.es/pub/documentos/documentos_ESPACIOS_VERDES_PARA_UNA_CIUADAD_SOSTENIBLE_Sr_Antoni_Falcon_Consejero_Delegado_de_Materia_Verda_3217bfb5.pdf>. Acesso em: 24 maio 2012.

FLORES-XOLOCOTZI, R.; GONZÁLEZ-GUILLÉN, M.J. Planificación de sistemas de áreas verdes y parques públicos de algunas ciudades del mundo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, v. 1, n. 1, 2010.

FRANCO, M.D.A.R.; CASTAÑER, C.M.; DA CRUZ, R. Infraestrutura verde e resiliência urbana para as mudanças climáticas na Península Ibérica: estudos de caso. *Revista LABVERDE*, v. 9, p. 128-163, 2014.

GOVERNO DO ESTADO DE RONDÔNIA. Decreto-lei n.º 1.144 de 12 de dezembro de 2002. Dispõe sobre o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza de Rondônia – SEUC/RO e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*, 2002.

GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO. Lei n.º 9.413, de 13 de julho de 2011. Regulamenta o art. 241 da Constituição do Estado do Maranhão, o Capítulo III, Seção VII da Lei Estadual n.º 5.405, de 8 de abril de 1992, o Capítulo II, Seção VIII do Decreto Estadual n.º 13.494, de 12 de novembro de 1993, e institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza do Maranhão e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*, 2011.

GOVERNO DO ESTADO DO MATO GROSSO. Lei n.º 9.502, de 14 de janeiro de 2011. Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação – SEUC, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*, Ano CXX, n.º 25.497, 2011.

GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTIS. Lei n.º 1.560, de 5 de abril de 2005. Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza – SEUC, e adota outras providências. *Diário Oficial do Estado*, n. 1.896, 2005.

HAASE, D.; FRANTZESKAKI, N.; ELMQVIST, T. Ecosystem services in urban landscapes: practical applications and governance implications. *Ambio*, v. 43, n. 4, p. 407-412, 2014.

HANSMANN, R.; WHITEHEAD, I.; KRAJTER OSTOIĆ, S.; ŽIVOJINOVIĆ, I.; STOJANOVSKA, M.; JONES, N.; BARSTAD, J. Partnerships for urban forestry and green infrastructure delivering services to people and the environment: a review on what they are and aim to achieve. *SEEFOR*, v. 7, n. 1, p. 9-19, 2016.

HAQ, S.M.A. Urban Green Spaces and an Integrative Approach to Sustainable Environment. *Journal of Environmental Protection*, v. 2, n. 5, p. 601-608, 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades*. 2015. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=355220>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

JOÃO PESSOA. Lei n.º 12.101, de 30 de junho de 2011. Institui o Sistema Municipal de Áreas Protegidas de João Pessoa e dá outras providências. *Diário Oficial do Município*, João Pessoa, 2011.

KABISCH, N.; QURESHI, S.; HAASE, D. Human–environment interactions in urban green spaces: a systematic review of contemporary issues and prospects for future research. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 50, p. 25-34, 2015.

KABISH, N. & HAASE, D. Green spaces of European cities revisited for 1990-2006. *Landscape and Urban Planning*, v. 110, p. 113-122, 2013.

KIT CAMPBELL ASSOCIATES. *Rethinking open Space*: Open Space provision and management: a Way forward. 2001. Disponível em: <<http://www.scotland.gov.uk/Resource/Doc/156814/0042172.pdf>>. Acesso em: 1.º abr. 2015.

KLEMM, W.; HEUSINKVELD, B.G.; LENZHOLZER, S.; JACOBS, M.H.; VAN HOVE, B. Psychological and physical impact of urban green spaces on outdoor thermal comfort during summertime in The Netherlands. *Building and Environment*, v. 83, p. 120-128, 2015.

KLIASS, R.G. *Parques urbanos de São Paulo*. São Paulo: Pini, 1993. 212 p.

LAFORTEZZA, R.; DAVIES, C.; SANESI, G.; KONIJNENDIJK, C. Green infrastructure as a tool to support spatial planning in European urban regions. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, v. 6, n. 3, p. 102-108, 2013.

LEIRIA. Câmara Municipal de Leiria. Departamento de Planejamento e Ordenamento. *Programação de equipamentos coletivos para a cidade de Leiria – espaços exteriores urbanos*. 26 p. 2012. Disponível em: <https://www.academia.edu/12093142/Programa%20de_Equipamentos_Coletivos_Para_A_Cidade_de_Leiria_Espa%20os_Exteriores_Urbanos>. Acesso em: 1.º abr. 2015.

LENNON, M. Green infrastructure and planning policy: a critical assessment. *Local Environment*, v. 20, n. 8, p. 957-980, 2015.

LIIRA, F.; LOHMUS, K.; TUISK, E. Old manor parks as potential habitats for Forest flora in agricultural landscapes of Estonia. *Biological Conservation*, v. 146, n. 1, p. 144-154, 2012.

LIMA, A.M.L.P.; CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J.C.; SOUZA, M.A.B.; FIALHO, N.O.; DEL PICCHIA, P.C.D. Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlates. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2., São Luís. *Anais da SBAU...* 1994. p. 539-549.

LIN, B.B.; MEYERS, J.; BEATY, R.M.; BARNETT, G.B. Urban Green Infrastructure Impacts on Climate Regulation Services in Sydney, Australia. *Sustainability*, v. 8, n. 8, p. 788, 2016.

LIU, W.; CHEN, W.; PENG, C. Assessing the effectiveness of green infrastructures on urban flooding reduction: a community scale study. *Ecological Modelling*, v. 291, p. 6-14, 2014.

MACEDO, S.S.; CUSTÓDIO, V.; GALENDER, F.C.; QUEIROGA, E.; ROBBA, F. Os sistemas de espaços livres e a construção da esfera pública contemporânea no Brasil: uma rede de pesquisa em âmbito nacional. *Paisagem e Ambiente*, v. 23, p. 286-297, 2008.

MAES, J.; BARBOSA, A.; BARANZELLI, C.; ZULIAN, G.; SILVA, F.B.; VANDECASTEELE, I.; JACOBS-CRISIONI, C. More green infrastructure is required to maintain ecosystem services under current trends in land-use change in Europe. *Landscape Ecology*, v. 30, n. 3, p. 517-534, 2015.

MAGNOLI, M. O Parque no Desenho Urbano. *Paisagem Ambiente: Ensaios*, São Paulo, n. 21, p. 199-214, 2006.

MANEA, G.; MATEI, E.; VIJULIE, J.; TIRLĂ, L.; CUCULICI, R.; COCOS, O.; TISCOVSCHI, A. Arguments for Integrative Management of Protected Areas in the Cities – Case study in Bucharest City. *Procedia Environmental Sciences*, v. 32, p. 80-96, 2016.

MCPHEARSON, T.; MADDOX, D.; GUNTHER, B.; BRAGDON, D. Local assessment of New York City: biodiversity, green space, and ecosystem services. In: ELMQVIST, T.; FRAGKIAS, M.; GOODNESS, J.; GÜNERALP, B.; MARCOTULLIO, P.J.; MCDONALD, R.I.; PARNELL, S.; SCHEWENIUS, M.; SENDSTAD, M.; SETO, K.C.; WILKINSON, C. (Eds.). *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities*. [S.l.]: Springer, 2013. p. 313-335.

MELLO, K.; PETRI, L.; CARDOSO-LEITE, E.; TOPPA, R.H. Cenários ambientais para o ordenamento territorial de áreas de preservação permanente no município de Sorocaba, SP. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 309-317, 2014.

MELLO, K.; TOPPA, R.H.; CARDOSO-LEITE, E. Priority areas for forest conservation in an urban landscape at the transition between Atlantic forest and cerrado. *CERNE*, v. 22, p. 277-288, 2016.

MOTA, M.T.; CARDOSO-LEITE, E.; SOLA, F. “Parques” em paisagem urbana e seu potencial para implantação de áreas protegidas – estudo de caso no sudeste do Brasil. *REVSBAU*, Piracicaba, v. 9, n. 1, p. 59-77, 2014.

NEWELL, J.P.; SEYMOUR, M.; YEE, T.; RENTERIA, J.; LONGCORE, T.; WOLCH, J.R.; SHISHKOVSKY, A. Green Alley Programs: Planning for a sustainable urban infrastructure? *Cities*, v. 31, p. 144-155, 2013.

OLIVEIRA, F.L. Modelos Urbanísticos Modernos e Parques Urbanos: as relações entre urbanismo e paisagismo em São Paulo na primeira metade do século XX. 82p. Dissertação (Doutorado) – Universidade Politécnica de Catalunha, Barcelona, Espanha, 2008.

PAUCHARD, A. & BARBOSA, O. Regional assessment of Latin America: rapid development and social economic inequity threaten biodiversity hotspots. In: ELMQVIST, T.; FRAGKIAS, M.; GOODNESS, J.; GÜNERALP, B.; MARCOTULLIO, P.J.; MCDONALD, R.I.; PARNELL, S.; SCHEWENIUS, M., SENDSTAD, M.; SETO, K.C.; WILKINSON, C. (Eds.). *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities*. Springer, 2013. p. 589-608.

PORTO ALEGRE. Lei Complementar n.º 679, de 26 de agosto de 2011. Institui o Sistema Municipal de Unidades de Conservação da Natureza de Porto Alegre (SMUC – POA) e dá outras providências. *Diário Oficial do Município*, 2011.

SANCHO, A. & DE DEUS, J.A.S. Áreas protegidas e ambientes urbanos: novos significados e transformações associados ao fenômeno da urbanização extensiva. *Sociedade & Natureza*, v. 27, n. 2, 2015.

SCHEWENIUS, M.; MCPHEARSON, T.; ELMQVIST, T. Opportunities for Increasing Resilience and Sustainability of Urban Social–Ecological Systems: Insights from the URBES and the Cities and Biodiversity Outlook Projects. *Ambio*, v. 43, n. 4, p. 434-444, 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs13280-014-0505-z>>. Acesso em: 16 jan. 2017.

SEGAWA, H. Arquitetura Paisagística até 1930. In: FARAH, I.; SCHELEE, M.B.; TARDIN, R. (Orgs.). *Arquitetura paisagística contemporânea no Brasil*. São Paulo: Ed. SENAC, 2010. 227p.

SMANIOTTO COSTA, C.; SUKLJE ERJAVEC, I.; MATHEY, J. Green spaces – a key resources for urban sustainability. The GreenKeys approach for developing green spaces. *Urbani Izziv*, v. 19, n. 2, p. 199-211, 2008.

SOROCABA. Lei Municipal n.º 11.022, 16, de dezembro de 2014. Lei Ordinária. Ementa: Revisão da Lei n.º 7.122 de 04/6/2004, Dispõe sobre a revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Físico Territorial do município de Sorocaba e dá outras providências. *Semanário Oficial*, ano 24, n.º 1.666, 2014.

SOROCABA. Lei n.º 11.073, de 31 de março de 2015. Institui o Sistema Municipal de Áreas Protegidas, Parques e Espaços Livres de Uso Público e dá outras providências. *Diário Oficial do Município*, 2015.

SOUZA, P.C.A. *Funções Sociais e Ambientais de Parque Urbano Instituído como Unidade de Conservação: percepção dos usuários do Parque Natural Municipal Barigui em Curitiba, Paraná*. 146p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Gestão Urbana Do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2010.

SWAFFIELD, S. Empowering landscape ecology – connecting science to governance through design values. *Landscape Ecology*, v. 28, p. 1193-1201, 2013.

WANG, Y.; BAKKER, F.; DE GROOT, R.; WÖRTCHE, H. Effect of ecosystem services provided by urban green infrastructure on indoor environment: a literature review. *Building and Environment*, v. 77, p. 88-100, 2014.

WOLCH, J.R.; BYRNE, J.; NEWELL, J.P. Urban green space, public health, and environmental justice: the challenge of making cities “just green enough”. *Landscape and Urban Planning*, v. 125, p. 234-244, 2014.

WU, J. Urban ecology and sustainability: the state-of-the-science and future directions. *Landscape and Urban Planning*, v. 125, p. 209-221, 2014.

XIANG, W.N. Working with wicked problems in socio-ecological systems: awareness, acceptance, and adaptation. *Landscape and Urban Planning*, v. 110, p. 1-4, 2013.