BRAZILIAN JOURNAL OF ECOLOGY
REVISTA BRASILEIRA DE ECOLOGIA

Publication of the Ecology Society of Brazil

Editor: Waldir Mantovani

EDITORIAL BOARD

Albert van Oostrom (NZ)
Angélica Maria P.M. Dias (BR)
Ângelo A. Agostini (BR)
Brian Shutes (UK)
Fábio Poggiani (BR)
Felisberto Cavaleiro (BR) (in memorian)
Francisco A. Esteves
Gema Anzola Gonzáles (ES)
Galba Maria de Takaki (BR)
Ilse Walker (BR)
João Vasconcelos (BR)
José Eduardo dos Santos (BR)
José Salatiel R. Pires
Juan José Neiff (AR)
Lezilda Carvalho Torgan (BR)
Maria Christina L. Ramos (BR)
Maria Inês Pagani (BR)
Miguel Petrele Jr. (BR)
Nivar Gobbi (BR)
Odete Rocha (BR)
Reinaldo Monteiro (BR)
Sidnei Mangela Thomaz (BR)
Sigrid Neumann Leitão (BR)
Waldir Mantovani (BR)
Wellington B.C. Delliti (BR)

Mailing Adress
Departamento de Ecologia
Rua do Matão, Travessa 14 no. 321. CEP.: 05508-900.
Cidade Universitária – São Paulo, SP.
Phone: (11) 3091 7600
e-mail: contato@seb-ecologia.org.br
site: www.seb-ecologia.org.br

Revista SEB Ano 10-2.indd 1 5/7/2007 11:20:41

FICHA CATOLOGRÁFICA

Brazilian Journal of Ecology
Revista Brasileira de Ecologia
Vol. 07 Ano 10 – 2006
São Paulo, SP. Ecology Society of Brazil
(Sociedade de Ecologia do Brasil).
V/:il; 27cm

Anual
2003 – 2006, 1

II. Ecologia I. Sociedade de Ecologia do Brasil

Revista SEB Ano 10-2.indd 2 5/7/2007 11:20:41

BRAZILIAN JOURNAL OF ECOLOGY

A publication on the

ECOLOGY SOCIETY OF BRAZIL
SOCIEDADE DE ECOLOGIA DO BRASIL

BOARD

PRESIDENT
Waldir Mantovani
Departamento de Ecologia
Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo
Rua do Matão, Travessa 14 no. 321
05508-900 Cidade Universitária
São Paulo – SP.

VICE PRESIDENT
Marisa Domingos
Instituto de Botânica
Divisão do Jardim Botânico
de São Paulo
Av. Miguel Stefano 3687
01061-970 - Água Funda
São Paulo - SP

1ST SECRETARY
José Carlos Motta Junior
Departamento de Ecologia
Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo
Rua do Matão, Travessa 14 no. 321
05508-900 Cidade Universitária
São Paulo – SP.

2ST SECRETARY
Marcelo Roberto Costa Martins
Departamento de Ecologia
Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo
Rua do Matão, Travessa 14 no. 321
05508-900 Cidade Universitária
São Paulo – SP.

1ST TREASURER
Ana Lúcia Brandimarte
Departamento de Ecologia
Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo
Rua do Matão, Travessa 14 no. 321
05508-900 Cidade Universitária
São Paulo – SP.

2ST TREASURER
Silvana Buzato
Departamento de Ecologia
Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo
Rua do Matão, Travessa 14 no. 321
05508-900 Cidade Universitária
São Paulo – SP.

Sociedade de Ecologia do Brasil
Departamento de Ecologia - Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo
Rua do Matão Travessa 14 no. 321. CEP 05508-900
Phone: (11) 3091-7600 – Cidade Universitária
e-mail: contato@seb-ecologia.org.br
site: www.seb-ecologia.org.br

CONSELHO FISCAL

Maria Luiza Porto (UFRGS)
José Eduardo dos Santos (UFSCAR)
Helena Castanheira de Morais (UnB)
Marcos Vinícius de Castro (UFRJ)
Francisca Soares de Araújo (UFCE)
Maria Lenise Guedes (UFBA)

CONSELHO CONSULTIVO

Júlio César Voltolini (UNITAU)
Josanídia Santana Lima (UFBA)
Sandra Maria Hatz (UFRGS)
José Salatiel Rodrigues Pires (UFSCAR)
Carla Soraia Soares de Castro (UFRN)
Ana Beatriz Barros de Moraes (UFSM)

ASSESSORES

Edisa Nascimento (IB/USP)
Gisela Yuka Shimizu (IB/USP)
Jean Paul Metzger (IB/USP)
Renata Pardini (IB/USP)
Sérgio Rosso (IB/USP)
Waldir Mantovani (IB/USP)

BRAZILIAN JOURNAL OF ECOLOGY
REVISTA BRASILEIRA DE ECOLOGIA

Volune 7 – Ano 10 - 2006

Growth rate of *Salvinia molesta* Mitchell in an urban lake of the karstic plateau of Lagoa Santa – Minas Gerais State, southeast Brazil.
Taxa de crescimento *Salvinia molesta* Mitchell no lago urbano do planalto cárstico de lagoa Santa, Minas Gerais, Sudeste do Brasil.
Afonso Pelli & Francisco A. R. Barbosa

Diet and feeding behavior of Marmorset, *Callithrix* jacchus.
Dieta e comportamento alimentar do sagüi, ***Callithrix jacchus*.**
Carla Soraia Soares de Castro & Arrilton Araújo

Diversidade de espécies e influência de fatores estocásticos na regulação da ictiofauna em lagos de meandros na bacia do Rio das Mortes - Mato Grosso, Brasil.
Species diversity and the influence of estocastic factors in regulating ictiofauna in lakes formed by winding rivers in the Rio das Mortes basin - Mato Grosso Brazil.
Cesar E. Melo & Jane D. Lima

Efeito de perturbações antrópicas sobre as comunidades de macrófitas e de macroinvertebrados associados (lagoa Imboassica, RJ).
The effects from anthrotopic disturbance associated on macrophyte and macroinvertebrate communities (Imboassica Lake, RJ)
Cleber Palma-Silva; Edélti Faria Albertoni & Francisco de Assis Esteves

Does changes occur in the phytal community of *Centroceras clavulatum*, during a low-tide period in Cigarras beach, São Sebastião (SP, Brazil)
Ocorreram mudanças na comunidade fital de *Centroceras clavulatum,* durante um período de maré-baixa na Praia da Cigarra, São Sebastião, São Paulo, Brasil.
Edisa. F.I. Nascimento & Sérgio Rosso

Fauna Associada à Macroalgas Marinhas Bentônicas (Rhodophyta e Phaeophyta) da Região de São Sebastião, São Paulo.
The fauna associated to marine benthonic macroalgae (Rhodophyta e Phaeophyta) from the São Sebastião Region, São Paulo.
Edisa F.I Nacimento. & Sérgio Rosso.

Estudos sobre comunidades de abelhas no sul do Brasil e proposta para avaliação rápida da apifauna subtropical.
Studies on bee colonies in the South of Brazil proposal for quick evaluation of the subtropical apifauna.
Isabel Alves-dos-Santos

An association between *Constrictotermes cyphergaster* nests (Isoptera, Termitidae) and tree species in Serra de Caldas Novas – State of Goias, Brazil.
Uma associação entre ninhos de *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae) e espécies arborícolas na Serra de Caldas Novas, Goias, Brasil.
Lucivânio Oliveira Silva, Hélida Ferreira Cunha, Diogo Andrade Costa, Kleber do Espírito-Santo Filho & Divino Brandão

Similaridade entre espécies brasileiras do gênero *Tillandsia L.* (Bromeliaceae) com base em dimensões foliares.
Similarity among brazilian species of the genus *Tillandsia L.* (Bromeliaceae) based on leaf dimensions.
Patrícia Gabarra Mendonça, Maria Esmeralda Soares Payão Demattê*, Antonio Sergio Ferraudo & Fabíola Vitti Môro.

Interações entre Microfitobentos, Meiofauna e Macrofauna (Praia Comprida, Santa Catarina)
Interaction among microphytobenthic life, Meiofauna e Macrofauna (Comprida Beach, Santa Catarina).
Sérgio A. Netto, Paulo R. Pagliosa, Alessandra L. O. Fonseca, Fabiane Gallucci, Gustavo. F. C. Fonseca & Ricardo S. Souza.

Uso da Terra na Amazônia e as mudanças climáticas globais
Land-use in the Amazon and global climatic changes.
Philip M. Fearnside

Density-dependent mortality: a limitation to the use of *Schefflera angustissima* (Araliaceae) in restoration of Brazilian southeastern degraded forest fragments.
Mortalidade densidade dependente um limitação no uso de *Schefflera angustissima* (Araliaceae) na restauração de fragmentos florestais degradados no Brasil sudeste.
Renato Soares Armelin & Waldir Mantovani

Revista SEB Ano 10-2.indd 8 5/7/2007 11:20:41

GROWTH RATE OF *SALVINIA MOLESTA* MITCHELL IN AN URBAN LAKE OF THE KARSTIC PLATEAU OF LAGOA SANTA – MINAS GERAIS STATE, SOUTHEAST BRAZIL.

Afonso Pelli [(1)] & Francisco A. R. Barbosa [(2)]

[1] UFTM – DCB – Rua Frei Paulino, 30 - Uberaba/MG CEP 38025-180 / Brazil apelli.oikos@dcb.uftm.edu.br.
[2] UFMG – ICB, P.O. Box 486 – CEP 30161-970, Belo Horizonte/MG, Brazil barbosa@icb.ufmg.br

ABSTRACT

Growth rate of *Salvinia molesta* Mitchell in an urban lake of the karstic plateau of Lagoa Santa – Minas Gerais State, southeast Brazil. A new area of occurrence for *Salvinia molesta* is reported together with data on its growth rate measured *in situ* in an impacted urban lake of the karstic plateau of Lagoa Santa, south-east Brazil. A physical and chemical characterization of the water in which this occurrence was recorded is also reported and a model to describe the growth of these macrophytes proposed. The work is aimed at to contributing to for the conservation of the aquatic environment.

Key words: *Salvinia molesta*, growth rates of macrophytes

INTRODUCTION

In South America seven species of the *Salvinia* genus are naturally occurring, including *Salvinia molesta* which, because of its high growth rate, has become a well known exotic invasive outside South America (5). In a study of this spread from South America Room (1990) describes that after its introduction to Sri Lanka in 1939, it spread rapidly throughout Africa, India and Australia causing environmental perturbations, mostly associated with a reduction in water quality (9).

In an expedition to South America, Forno & Harley (1979) reported the occurrence of *Salvinia molesta* only at altitudes of lower than 500m and only south of the Tropic of Capricorn.

This study describes for the first time an occurrence of *Salvinia molesta* outside of that described range, i.e. in the state of Minas Gerais. It also describes the physical and chemical characteristics of the waterbody in which this population of *Salvinia molesta* occurs and sets out to measure its growth rate and develop a model to explain this.

MATERIAL AND METHODS

Study Site

Olhos d'Água Lake is located on the Lagoa Santa karstic plateau in Minas Gerais district at coordinates 19°44'-33' S; 44°50' - 43°50' W as shown in Figure 1. This system of lakes is one of the main systems of karstic lakes of Brazil. It presents maximum width of 110m and 520m of length, with a maximum depth of 3,5 meters (Fig. 01).

As all next water body situated near agglomerations human, has been suffering considerable impacts mainly as a result of accelerated urbanization, eutrophication and siltation that constitutes the consequences most direct.

The occupational rate of *Salvinia molesta* in the lake can be considered low with 20% of the surface, when compared to other environments (2).

Field Work

Samples were collected at a fixed sampling station between February 1991 and March 1992

Revista SEB Ano 10-2.indd 9 5/7/2007 11:20:41

and at a interval of circa every 10 days. Estimates of both net and gross growth of *Salvinia molesta* were performed, together with measurements of water temperature, transparency and dissolved oxygen. Conductivity, pH, total alkalinity, nitrite-nitrogen, nitrate-nitrogen, ammonium-nitrogen, total nitrogen, soluble reactive phosphate, and total phosphorous were all measured at monthly intervals. All measurements and samplings were completed during the morning period and water samples were collected at the water surface.

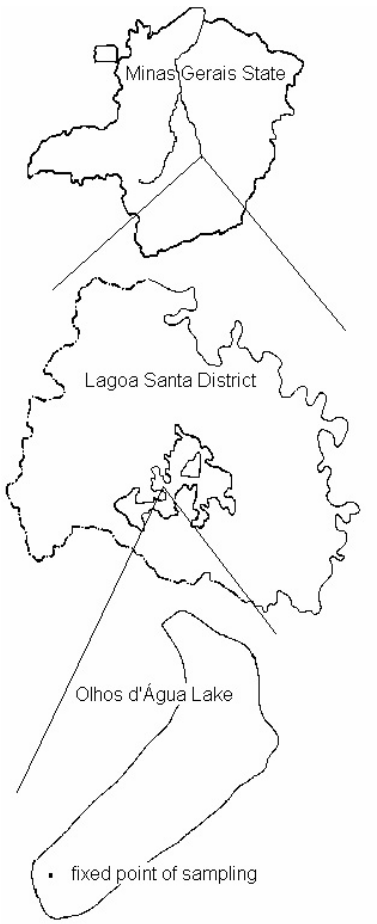

Figure 1. Location of Olhos d'Água lake, showing fixed site of water and macrophyte sampling.

Physical, chemical, and climatic parameters:

Climatic data for the period 1961-1970 was obtained from the meteorological station situated at Lagoa Santa municipality were provided by the 5th District of Meteorology. Temperature was measured in the shade with a manual thermometer of 0.2°C precision. Water transparency was measured with Secchi disk assuming with Cole (1975). Dissolved oxygen was measured through the Winkler technique, modified by Pomery & Kirchman (1945) and percentage saturation calculated according to Mackereth *et al.,* (1978). The pH measurements were done *in situ* using a portable pHmeter and total alkalinity was measured by potentiometric titration (pH 4.35), using sulphuric acid 0,01N. The conductivity was measured with a portable conductivity meter and nutrient concentrations according to the techniques described in Golterman *et al*., (1978) and Mackereth *et al.,* (1978).

Growth rate of *Salvinia molesta*

Individuals of *Salvinia molesta* possessing at least six leaves (three ramets) were tied to a nylon thread and stocked to a fixed point (plants or wooden debris) within the littoral region. The number of open leaves was counted and then marked with a needle and a thread. All the procedure was done trying not to cause a significant damage to the plant in order of not affect its growth rate. Three measurements of the net growth rate were done (number of produced leaves by each leaf per day minus the number of lost leaves per day) as well as the gross growth rate (number of produced leaves by each leaf per day).

Multiple stepwise regressions analysis were made, taking as explanatory variables the recorded physical and chemical parameters and the climatologically data.

The stepwise analyses were done according to Draper & Smith (1981), through the MINITAB program.

RESULTS

The insolation obtained by radiometer and the average air temperature showed typical seasonal pattern with lowest values recorded in June and July (Fig. 2).

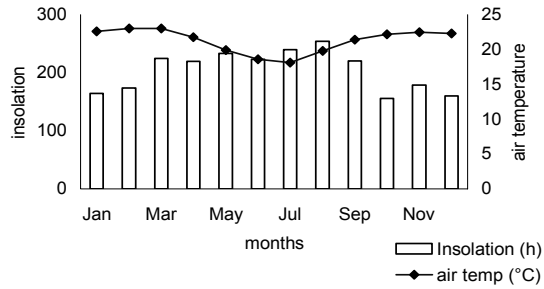

Figure 2. Seasonal variation of the air temperature and insolation, in the Lagoa Santa/MG from 1961 to 1970.

Revista SEB Ano 10-2.indd 10 5/7/2007 11:20:41

The water transparency oscillated between 0.60 and 1.40m, with the highest values in May and June.

The water temperature values oscillated from 19°C to 30°C, with the lowest temperatures registered in August. The lake is a classical warm-monomictic with stratification period extending from September to March/April and exhibiting isothermal conditions from May to August. This thermal behaviour will affect most of the chemical features within the lake resulting in seasonal differences for the majority of the chemical variables.

The oxygen's saturation values oscillated between 54% and 115%, although seasonal differences were not evident (Fig 3).

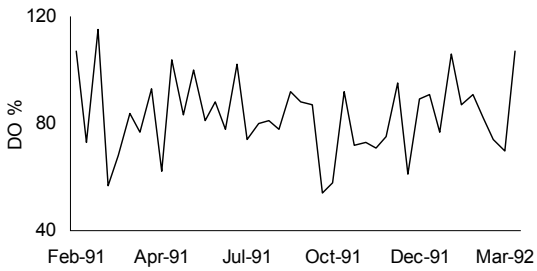

Figure 3. Seasonal variation of the oxygen's saturation in the Lagoa Santa/MG from February of 1991 to march of 1992.

On the other hand, conductivity, pH and total alkalinity values suggested seasonal variations, as follow: conductivity oscillated between 27.5 µS/cm and 52,1 µs/cm, with the lowest value recorded in August; pH was slightly acid, oscillating between 6.3 and 7.18, with the highest values in November and February, and total alkalinity with values oscillating between 0.031 and 0.074 meq CO_2 /l (Figs. 4 and 5).

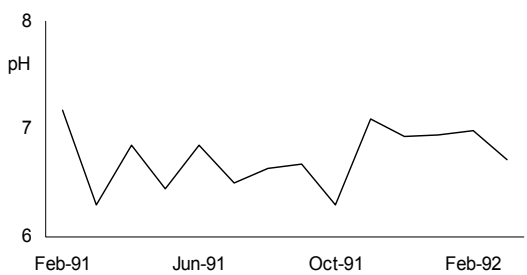

Figure 4. Seasonal variation of the pH in the Lagoa Santa/MG from February of 1991 to march of 1992.

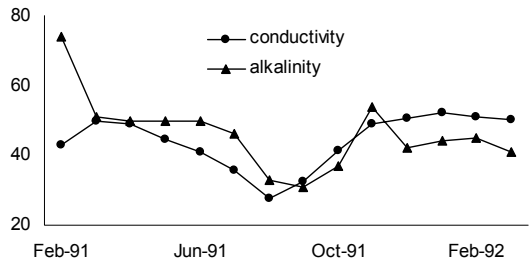

Figure 5. Seasonal variation of the total alkalinity and conductivity in the Lagoa Santa/MG from February of 1991 to march of 1992.

Among the analysed chemical species of dissolved nitrogen, only N-NH_4 showed values above those of the detection limits (11 µg/L) with concentrations between 12 and 86 µg /l and the highest values recorded in October, probably reflecting allochthonous contributions, when the highest concentrations of total nitrogen were also recorded (311- 414 µg/l). Similar patterns were recorded for soluble reactive phosphorus (Fig. 6) and total phosphorus concentrations, which values ranged between 3 and 11 µg/l and between 22 and 55 µg/l, respectively.

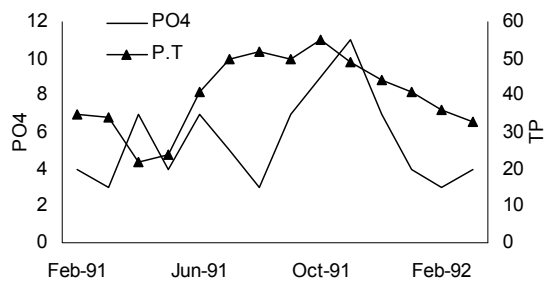

Figure 6. Seasonal variation of the soluble reactive phosphorus and total phosphorus total in the Lagoa Santa/MG from February of 1991 to march of 1992.

Salvinia molesta net and gross growth rates are presented in Figure 7.

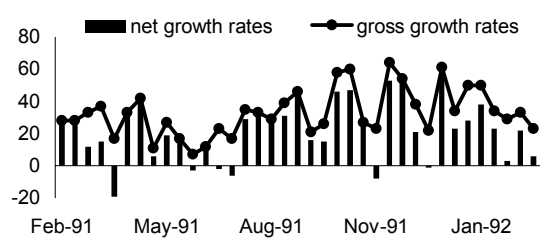

Figure 7. Seasonal variation of the net and gross growth rates of *Salvinia molesta* in the Lagoa Santa/MG from February of 1991 to march of 1992.

Revista SEB Ano 10-2.indd 11 5/7/2007 11:20:42

The minimum and maximum growth rates were, respectively, -0.019 and 0.061 for the net growth and 0.007 and 0.064 produced leaves per leaf per day for the gross growth rate. The monthly average for net and gross growth rates are presented in Figure 8.

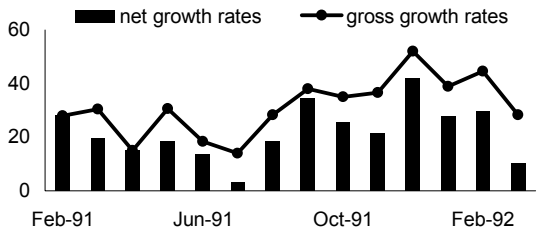

Figure 8. Seasonal variation of the monthly average for net and gross growth rates of Salvinia molesta in the Lagoa Santa/MG from February of 1991 to march of 1992.

Similarly as observed by Room & Thomas (1986), the lowest growth rates occurred during the coldest period of the year, also demonstrating a seasonal effect.

In order to explain the observed temporal variations the recorded results were analysed through the stepwise technique and the following models were obtained, considering 5% level:

i) Net growth of *S. molesta* x 10^{-3} = -95,38 + 3,6 x H_2O temp. + 4,3 x soluble reactive phosphorus concentration (µg/l).

N = 12 R^2 = 56.34%

ii) Net growth of *S. molesta* x 10^{-3} = 63,4 - 0,204 x insolation

N = 14 R^2 = 45,88%

On the first equation water temperature and soluble reactive phosphorus concentrations explained 56% of the variation on the net growth rate of *S. molesta*, as already appointed by Mitchell *et al*. (1980); while on the second equation, insolation determines 45% of the recorded variation.

iii) Gross growth rate of *S. molesta* x 10^{-3} = 25 + 1,24 x average air temperature (°C)

N = 14 R^2 = 47.78

For the gross growth rates of *Salvinia molesta*, this model explains 50% of the recorded variations.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

As stated before, the water temperature showed a marked seasonal pattern according to which the lake stratifies from September to March and destratifies from end of April/beginning of May, thus exhibiting a classical warm-monomictic pattern.

The concentrations of the different forms of nutrients follow this pattern and frequently present a clear relation to the dry and wet periods, with the highest concentrations during the former. This pattern was clearly exhibited by the distribution of ammonium-nitrogen, total nitrogen, and total phosphorous concentrations, not being so clear with the distribution of soluble reactive phosphorus concentrations. Moreover, the other physical and chemical parameters did not show any relation to the growth rates of *S. molesta*.

The net and gross growth rates of *S. molesta* presented a clear seasonal variation, with the lowest values occurring in July 1991, similarly as recorded by Room & Thomas (1986) and Miller & Wilson (1989).

Considering the models proposed in this study, there is a large number of variables influencing both net and gross growth rates, such as water temperature, concentration of soluble reactive phosphate, insolation, and the average air temperature, already been referred to in the literature as important factors in determining *S. molesta*'s growth rates. Particularly for the case of lake Olhos d'Água and comparing the presented models the growth rates of *S. molesta* are mainly determined by the concentration of soluble reactive phosphorus combined with the seasonal differences in water temperature and insolation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors express their thanks to Dr. de la Sota for the identification of *Salvinia molesta*, to Dr. Taylor for the comments in the manuscript and to Fundação Biodiversitas for financing the project.

RESUMO

Taxas de crescimento de *Salvinia molesta* Mitchell em um lago urbano do Planalto kárstico de Lagoa Santa – Estado de Minas Gerais, no sudeste do Brasil. Uma nova área de ocorrência

Revista SEB Ano 10-2.indd 12 5/7/2007 11:20:42

para *Salvinia molesta* é relatada juntamente com as taxas de crescimento mensuradas *in situ*, em um lago urbano impactado no planalto kárstico de Lagoa Santa, sudeste do Brasil. Uma caracterização física e química da água foi registrada e relatada. Um modelo para descrever as taxas de crescimento desta macrófita foi proposto. O trabalho visa contribuir para a conservação de ambientes aquáticos.

Palavras chave: *Salvinia molesta*, taxas de crescimento de macrófitas

REFERENCES

1. Cole, G. A.. 1975. Textbook of Limnology, 1º Edition, *The C. V.Mosby Company*, Saint Louis, 283 pp.
2. Doeleman, J. A.. 1990. *Economic assessment series 1. Biological control of salvinia.* Ed. ACIAR - Australian Centre for International Agricultural Research.
3. Draper, N. R. & Smith, H.. 1981. *Applied Regression Analysis*. Second Edition. Ed. John Wiley & Sons, Inc.. USA.
4. Forno, I. W. & Harley, K. L. S.. 1979. The occurrence of *Salvinia molesta* in Brazil. Aquatic Botany, 6: 185-187.
5. Forno, I. W. & Bourne, A. S.. 1984. Studies in South America of arthropods on the *Salvinia auriculata* complex of floating ferns and their effects on *S. molesta*. *Bull. ent. Res.*, 74: 609-621.
6. Golterman, H. L., Clymo, R. S., Ohnstad, M. A. M. 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. 2nd. edition, Blackwell Scientific, IBP Handbook No 8, London, 213p.
7. MacKereth, F. J. H.; Heron, J. & Talling, J. F.. 1978. *Water analysis: some revised methods for limnologists*, 1º ed. F. B. A. Scientific Publication nº 36, Titus Wilson & Son Ltd, Kendal 117 pp.
8. Miller, I. L. & Wilson, C. G.. 1989. Management of salvinia in the Northern territory. *J. Aquat. Plant Manage*, 27: 40-46.
9. Mitchell, D. S.; Petr, T. & Viner, A. B.. 1980. The water-fern *Salvinia molesta* in the Sepik River, Papua New Guinea. *Environmental Conservation,* 7(2): 115-122
10. Pomeroy, R. & Kirschman, H. D.. 1945. Determination of dissolved oxygen: proposed modification of the Winkler method. *Industr. Eng. Chem*., (Anal). 17(11): 715-716.
11. Room, P. M. & Thomas, P. A.. 1986. Population growth of the floating weed *Salvinia molesta*: field observations and a global model based on temperature and nitogen. *J. of Applied Ecology,* 23: 1013-1028.
12. Room, P. M.. 1990. Ecology of a simple plant-herbivore system: biological control of *Salvinia*. *Tree*, 5(3): 74-79.

Revista SEB Ano 10-2.indd 13 5/7/2007 11:20:42

DIET AND FEEDING BEHAVIOR OF MARMOSET, *CALLITHRIX JACCHUS*

Carla Soraia Soares de Castro*[1] & Arrilton Araújo[2]

[1] Faculdade de Ciências, Cultura e Extensão do Rio Grande do Norte - FACEX
[1] Rua Orlando Silva, 2897, Natal - RN - Cep 59080-020, e-mail: ccastro@facex.com.br
[2] Departamento de Fisiologia , Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
[2]Av Senador Salgado Filho s/n. Campus Universitário, Cep 59072-970, Natal – RN, Brasil, Telephone number: 0(xx)84-2153441; fax number: 0(xx)84-2119205

ABSTRACT

Diet and Feeding Behavior of Marmoset, *Callithrix jacchus.* Marmoset (*Callithrix jacchus*) feeds on fruits, gums, invertebrates, and small vertebrates. The abundance of these items have a strong influence over diet and feeding behavior. We described the diet and feeding behavior of common marmoset and discussed the strategy adopted faced variation in the abundance of food items. We observed tree groups of marmosets from October/1996 to January/1998 at National Forestry Station (FLONA), in Nísia Floresta, northeast of Brazil (6^0 5'S, 35^0 12'W). We collected feeding behavior data by instantaneous scan sampling and we record feeding on fruits, gums or invertebrates by study groups every five minutes intervals. We compared the number of records for each food item between dry and wet months using the Wilcoxon test as well as the relative invertebrate abundances using t-test. The availability of fruits accompanied the phenological fluctuations and invertebrates were more abundant in wet months. We find a negative relation between gums and fruits ingestion. Feeding on gums increased when fruits were scarce, but we did not found this relation to invertebrate ingestion, suggesting that the ingestion of this food item depended also on the ability of marmoset to capture invertebrates than just its abundance. Our results showed that *Callithrix jacchus* adjusted its feed behavior to maximize the ingestion of those food items such as fruits that were available for a short time. This revealed a behavioral plasticity, allowing that this species occupy wide types of habitat.

Key words: Marmoset, *Callithrix jacchus*, diet, feeding behavior

INTRODUCTION

Primates that belong to Callitrichidae family are included into two main categories of diet: frugivore-insectivores and gummivore-insectivores. The genera *Cebuella* and *Callithrix* (*Callithrix jacchus* and *C. penicillata*) are considered as exudativore or gummivore-insectivores, while other species from genera *Callithrix* as well as the genera *Saguinus* and *Leontopithecus* are described as frugivore-insectivores (16).

Although all genera regularly include gums in their diet, *Callithrix* and *Cebuella* are the only genera that gouge holes in the bark of trees to elicit gum flow. The shape of the lower mandibles, the relatively large lower incisors and intestinal morphology are adapted for tree-gouging and gum-feeding behaviors (5). *Saguinus* and *Leontopithecus* do not have these adaptations. The use of gums by these genera is opportunistic (8, 13).

Callithrix jacchus is described as exudativore or gummivore-insectivores due the

Revista SEB Ano 10-2.indd 14 5/7/2007 11:20:42

proportion of gums included in their diet. Their ability and adaptations to exploit gums allows that it inhabit areas with permanent or seasonal shortage of fruits, been found in the Atlantic forest as well as in the semi-arid scrub of northeast of Brazil (15).

The environmental seasonality and variation in food resources have a strong influence over diet and feeding behavior. In this perspective, we described the diet and feeding behavior of three groups of *Callithrix jacchus* and discussed the strategy adopted faced variation in the abundance of food items.

MATERIAL AND METHODS

The study was carried out at National Forestry Station (FLONA), in Nísia Floresta, northeast of Brazil (6^0 5'S, 35^0 12'W). That station covers 170 ha: 70 ha of secondary Atlantic forest, 50 ha of Tabuleiro vegetation and 50 ha of plantations of commercial fruit and timber species. The FLONA has distinct dry months from September to February and wet months from March to August.

We study three groups of marmosets called PL (from October 1996 to July 1997), QT (from October 1996 to September 1997), and PB (from February 1997 to January 1998). Groups PL and QT inhabited plantations, while group PB lived in the area surrounding off the forestry station and visited the edge of the secondary Atlantic forest. All areas were divided into the alfa-numeric quadrant trail system (25 x 25 m quadrants).

We marked with flagging tape and numbered all trees used for feeding on fruits and/or gums by study groups. A total of 231 trees in 26 quadrants were identified and monitored. We carried out, monthly, a phonological study.

We estimated monthly invertebrate abundance using hand-crafted traps with wheat bran inside to attract the insects. We buried these hand-crafted traps at the same level of the soil and distributed at the home range of study groups. We left these traps there for 48 hours and after we removed the material, and identified the invertebrates, when possible, to the species level. We used also the Malaise trap (18). We compared invertebrates find in traps and those caught by marmosets throughout feeding behavior observations.

We collected feeding behavior data by instantaneous scan sampling (2) once a week throughout the activity period of marmosets (from 5:30 a.m to 5:30 p.m.). We recorded every five minutes intervals, all marmosets feeding on fruits, gums or invertebrates. We compared the number of records for each food item between dry and wet months by Wilcoxon test, as well as, the relative invertebrate abundances by t- test.

RESULTS AND DISCUSSION

Sixteen plant species belong to thirteen genera and eight families were used for feeding on fruits and/or gums by the study groups (Table I). From a total of 231 trees used by marmosets as fruits and gums sources, 189 were located in 14 quadrants in plantations, 33 were located in 9 quadrants in the edge of secondary Atlantic forest, and 9 were located in 3 quadrants in the area surrounding off the forestry station. The density of trees used as food sources was higher in plantations than that in the edge of secondary Atlantic forest and in area surrounding off the forestry station.

Group PL, that lived in the plantations, exploited 11 plant species which 6 of them were used as source of fruits, 2 of them were used as source of gums, and 3 were sources of fruits and gums (Table I). Group QT that lived in the same area, exploited 10 plant species, 6 of them as source of fruits, 3 of them as source of gums, and only 1 species of them as sources of fruits and gums (Table I). Finally, group PB, that lived in the area surrounding off the forestry station and visited the edge of secondary Atlantic forest, exploited 3 species (located in area surrounding off the forestry station) which 1 of them as sources of fruits, and 1 of them as source of gums, and 1 of them as source of fruits/and gums. This group also used 3 plant species (located in the edge of secondary Atlantic forest) where 2 species of them were exploited as source of fruits, and 1 species as source of fruits/and gums (Table I).

Feeding trees located in the home range of group PL had overlapping fruiting periods. Fruits were available during almost the whole study period with peaks of fruiting from November to April. In the home range of group QT, four fruiting peaks

Revista SEB Ano 10-2.indd 15 5/7/2007 11:20:42

were recorded in December, January, April, and July. In the home range of group PB, two fruiting peaks were observed, one in April and one in December (Figures 1a, 1b, and 1c).

The study groups consumed invertebrates such as grasshoppers (Orthoptera: Acrididae and Tettigoniidae), crickets (Gryllidae), and Coleoptera (Chrysomelidae). These food items were more abundant in wet months (t-test $p<0.05$).

Table I. Plant species used by study groups as sources of fruits and/or gums

Families	Genera/species	Groups/Sources
Anacardiaceae	*Anacardium occidentale*	PL, (fruits and gums), QT (gums), and PB (fruits and gums – surrounding off area)
	Mangifera indica	PL, QT, and PB (fruits - surrounding off area)
	Tapirira guianensis	PL, QT, and PB (fruits and gums –Atlantic forest)
	Spondias purpurea	PL and QT (fruits)
	Spondias dulcis	PL (fruits and gums) and QT (fruits)
Myrtaceae	*Syzygium jambolanum*	PL (fruits)
	Psidium guayara	PL and QT (fruits)
	Psidium oligospermum	PL (fruits)
Anonaceae	*Anona muricata*	PL (fruits)
Combretaceae	*Terminalia catappa*	PL (gums)
Mimosoideae	*Enterolobium contortisiliquum*	PL and QT (gums)
	Mimosa caesalpiniaefolia	QT (gums)
Moraceae	*Artocarpus communis*	QT (fruits)
	Artocarpus integrifolia	PB (gums - surrounding off area)
Cecropiaceae	*Cecropia adenopus*	QT (fruits) and PB (fruits - Atlantic forest)
Sapindaceae	*Allophylus puberalus*	PB (fruits - Atlantic forest)

The ingestion of different dietary items by study groups accompanied the fluctuations in food sources. In wet months group PL ate fruits significantly more than gums (N=17; T=29.5; $p<0.05$) and invertebrates (N=17; T=0.00; $p<0.05$), while in the dry months was not found significant differences between fruits and gums ingestion, but fruits was more consumed than invertebrates (N=17; T=0.03; $p<0.05$) (Figure 2a). Species such as *Anacardium occidentale*, *Mangifera indica*, *Anona muricata, Spondias dulcis* and *Spondias purpurea* were the primary food sources from October to January, whereas *Syzygium jambolanum*, *Psidium oligospermum*, *Tapirira guianensis* and *Psidium guayara* were used from February to April.

In wet months group QT ate more fruits than invertebrates (N=22; T=17.8; $p<0.05$), and in dry months ate more gums only than invertebrates (N=20; T=14.5; $p<0.05$) (Figure 2b). Species such as *Mangifera indica*, *Cecropia adenopus* and *Spondias purpurea* were consumed in December and January, but other species such as *Tapirira guianensis*, *Psidium guayara* and *Spondias dulcis* were consumed from April to August, while *Artocarpus communis* was consumed in September.

In the wet months group PB ate gums significantly more than fruits (N=18; T=23; $p<0.05$) and invertebrates (N=18; T= 10.5;

Revista SEB Ano 10-2.indd 16 5/7/2007 11:20:42

p<0.05). No significant difference was found in dry months (Figure 2c). *Anacardium occidentale* and *Mangifera indica* were consumed in December, *Allophylus puberalis*, and *Cecropia adenopus* were consumed in February, and *Tapirira guianensis* was consumed in April.

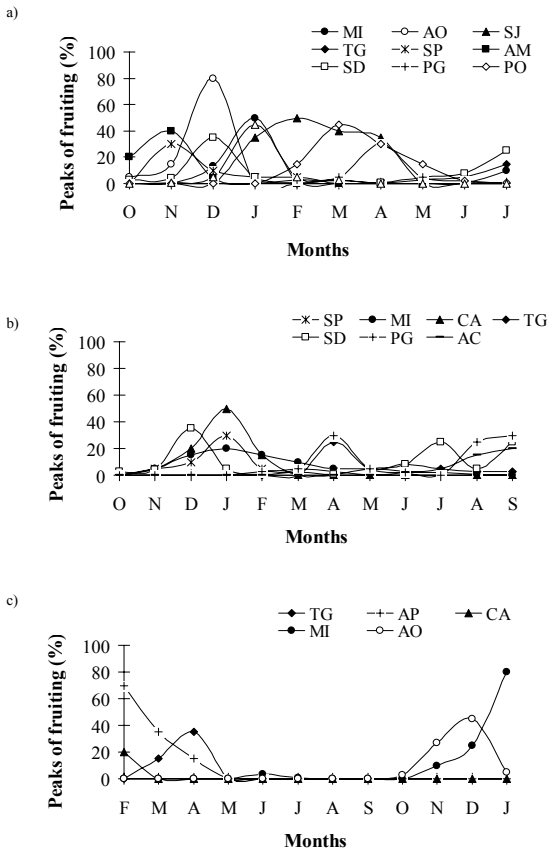

Figure 1 – Monthly profiles of fruiting in plant species used by groups PL (a), QT (b) and PB (c) as sources of fruits. **MI** = *Mangifera indica*; **AO** = *Anacardium occidentale*; **SJ** = *Syzygium jambolanum*; **TG** = *Tapirira guianensis*; **SP** = *Spondias purpurea*; **AM** = *Anona muricata*; **SD** = *Spondias dulcis*; **PG** = *Psidium guayara*; **PO** = *Psidium oligospermum*; **CA** = *Cecropia adenopus*; **AC** = *Artocarpus communis*; **AP** = *Allophylus puberalis*.

The diet of *Callithrix jacchus* reported here, as in other species of *Callitrix*, is composed mainly of fruits, gums, and invertebrates (15). Similar to find in our study, long-term studies with *Callithrix humeralifer*, (14) in Amazon forest, *Callithrix jacchus* (1), and *Callithrix geoffroy* (12) in Atlantic forest showed an increase in gums ingestion in dry season, while in wet season fruits were more consumed. This have a relation with variation in fruits sources in both environments (10, 17).

Fruits availability was a key to feeding behavior of *Callithrix jacchus*. Different of gums that were available whole year, fruits have a strong seasonality. As both provide mostly carbohydrates (3, 4) and the exploitation of gums is an energetically costly activity, because marmosets need gouge holes in the bark of trees to elicit gums flow, fruits will be preferred when they are available.

Studies with *Callithrix aurita* and *Callithrix flaviceps* showed no significant difference in invertebrate ingestion between seasons, but successful capture decreased in the dry season when invertebrates were less abundant (7). We also did not found significant difference in invertebrate ingestion. Considering that invertebrates shows elaborate anti-predator adaptations such as camouflage or crypsis, including mimicry of leaves, twigs, bark, and lichens (11), we suggest that invertebrate ingestion depended also on the individual ability of marmosets to capture them, as reported to *Leontopithecus rosalia* which captures mobile prey exposed on the foliage or flying insects were rare. In contrast, embedded and often cryptic prey items comprised 98% of 317 observed capture (6).

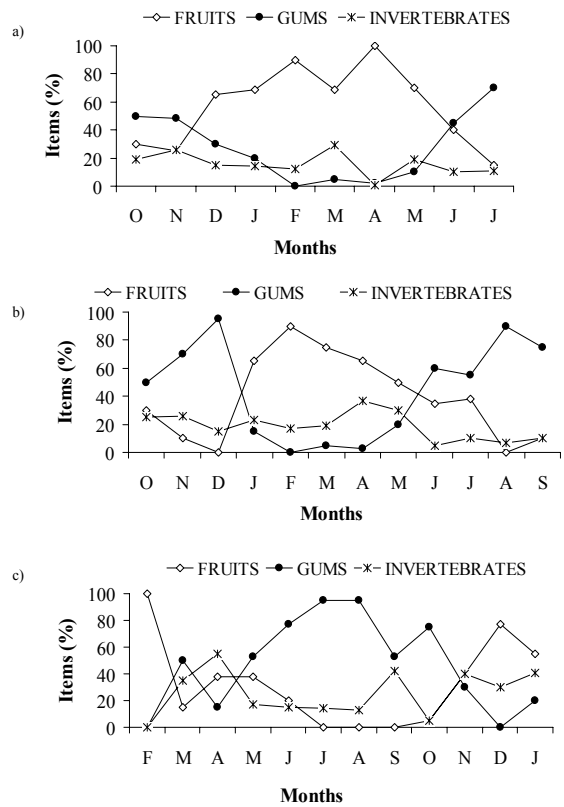

Figure 2 –Monthly record of feeding on fruits, gums and invertebrates by groups PL (a), QT (b), and PB (c). From September to February – dry months. From March to August – wet months.

Callithrix jacchus can be considered as omnivores, because it feeding on fruits, gums, and invertebrates. These items showed variation in its abundance and each of them has different nutritional values. Fruits and gums are rich in carbohydrates (3, 4), whereas invertebrates are the principal source of protein (9). *Callithrix jacchus* has a high metabolic requirements and low fat reserves, adjusting its

Revista SEB Ano 10-2.indd 17 5/7/2007 11:20:43

feeding behavior to maximize the ingestion of those food items that were available for a short time, such as fruits. Our results revealed a behavioral plasticity of *Callithrix jacchus*, allowing that this species occupy wide types of habitat.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the Brazilian Institute for the Environment (IBAMA–RN) for permission to work at the National Forestry Station (FLONA– RN), CNPq for financial support and Dr. Nelson Marques for text revision.

RESUMO

Dieta e comportamento alimentar do sagüi, *Callithrix jacchus*. O sagüi (*Callithrix jacchus*) se alimenta de frutos, goma, invertebrados e vertebrados pequenos. A abundância destes itens alimentares influencia a dieta e o comportamento alimentar. Este trabalho descreve a dieta e o comportamento alimentar do sagüi e discute a estratégia adotada diante das variações na abundância dos itens alimentares. Três grupos de sagüis foram observados de outubro/1996 a janeiro/1998 na Floresta Nacional (FLONA), em Nísia Floresta, no nordeste brasileiro (6^0 5'S, 35^0 12'W). Os dados de comportamento alimentar foram coletados utilizando o método de observação de "varredura instantânea" com registros de comer frutos, goma e invertebrados a intervalos de 5 minutos. O número de registros de cada item alimentar nos meses secos e chuvosos foi comparado pelo teste de Wilcoxon e a abundância dos invertebrados pelo teste-t. A disponibilidade de frutos acompanhou as flutuações fenológicas e os invertebrados foram mais abundantes nos meses chuvosos. A ingestão de goma e frutos apresentou uma relação negativa, ocorrendo um aumento no consumo de goma frente à escassez de frutos. Tal relação não foi verificada na ingestão de invertebrados, sugerindo que o consumo deste item depende também da habilidade do sagüi em capturar a presa do que, apenas, a sua abundância. Os resultados mostraram que o *Callithrix jacchus* ajustou o seu comportamento alimentar para otimizar a ingestão daqueles itens que estão disponíveis por um curto período, tais como frutos. Isto revela a plasticidade comportamental desta espécie de primata, permitindo-o utilizar diversos hábitats.

Palavras chave: Sagüi, *Callithrix jacchus*, dieta, comportamento alimentar.

REFERENCES

1. Alonso, C.; Langguth, A. Ecologia e comportamento de *Callithrix jacchus* (Primates: Callitrichidae) numa ilha de floresta Atlântica. *Rev. Nord. Biol.*, 6: 105-137, 1989.
2. Altmann, J. Observational study of behavior: sample methods. *Behaviour*, 49: 227-267, 1974
3. Bearder, S.K.; Martin, R.D. Acacia gums and its use by bushbabies *Galago senegalensis* (Primates, Lorisidae). *Inter. J. Primatol.*, 1: 103-128, 1980.
4. Coimbra-Filho, A.F.; Mittermeier, R.A. Exudate-eating and tree gouging in marmosets. *Nature London*, 262: 630-632, 1976.
5. Coimbra-Filho, A. F.; Rocha, N. C.; Pissinati, A. Morfofisiologia do ceco e sua correlação com o tipo odontológico em Callitrichidae (Platyrrhini, Primates). *Rev. Bras. Biol.*, 41: 141-147, 1980.
6. Dietz, J. M.; Peres, C. A.; Pinder, L. Foraging ecology and use of space in wild gold lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*). *Amer. J. Primatol.*, 41: 289-305, 1997.
7. Ferrari, S. F.; Corrêa, H. K. M.; Coutinho, P. E. G. In: Norconk, M. A.; Rosenberger, A. L.; Garber, P. A. (eds). *Adaptative Radiation of Neotropical Primates*. Plenum Press, New York, 1996, p.157-171.
8. Garber, P. A. Proposed nutritional importance of plant exudates in diet of the Panamanian tamarin, *Saguinus Oedipus geoffroyi*. *Int. J. Primatol.*, 5: 1-15, 1984.
9. Martin, R. D.; Rivers, J. R. W.; Coygill, U. M. Culturing mealyworms as food for animals in captive. *Inter. Zoo Year Book*, 16: 63-70, 1976.
10. Morellato, L. P. C. (1987). Estudo Comparativo e Dinâmico de Duas Formações Florestais na Serra do Japi, Jundiaí, SP. Ms. Instituto de Biologia, Campinas, SP, Unicamp, 1987, 232 p.
11. Nicle, D. A.; Castner, J. L. Strategies utilized by katydids (Orthoptera: Tettigoniidae) against diurnal predators in rainforest of northeast Peru. *J. Orth. Res.*, 5: 75-88, 1995.

Revista SEB Ano 10-2.indd 18 5/7/2007 11:20:43

12. Passamani, M.; Rylands, A. B. Feeding behavior of Geoffroys marmoset (*Callithrix geoffroyi*) in an Atlantic forest fragment of south-eastern Brazil. *Primates*, 41: 29-40, 2000.
13. Passos, F. C. Dieta de um grupo de micos-leões-pretos, *Leontopithecus chrysopygus* (Mikan) (Mammalia, Callitrichidae), na Estação Ecológica dos Caetetus, São Paulo. *Rev. Bras*. Zool., 16 (1): 269-278, 1999.
14. Rylands, A. B. Ranging behaviour and habitat preference of a wild marmoset group, *Callithrix humeralifer* (Callitrichidae, Primates). *J. Zool. London*., 210: 489-514, 1986.
15. Rylands, A. B.; Faria, D.S. In: Rylands, A. B. (ed). *Marmosets and Tamarins (Systematics, Behaviour, and Ecology)*. Oxford University Press, New York, 1993, p.262-272.
16. Sussman, R. W.; Kinzey, W. G. The ecological role of the Callitrichidae: A review. *Am. J. Physiol. Anthropol.,* 64: 419-449, 1984.
17. Terborg, J. *Five New World Primates: A Study in Comparative Ecology*. Princeton University Press, Princeton, 1983, 304p.
18. Townes, H. A light-weight malaise trap. *Ent. News*, 83: 239-247, 1972.

Revista SEB Ano 10-2.indd 19 5/7/2007 11:20:43

DIVERSIDADE DE ESPÉCIES E INFLUÊNCIA DE FATORES ESTOCÁSTICOS NA REGULAÇÃO DA ICTIOFAUNA EM LAGOS DE MEANDROS NA BACIA DO RIO DAS MORTES - MATO GROSSO, BRASIL.

Cesar E. Melo[1*] & Jane D. Lima[1,2]

[1] Laboratório de Ictiologia e Limnologia, DCB - Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT – BR 158 km 148 – CEP 78.690-000, Nova Xavantina-MT.
[2] PPGERN - UFSCar - *Fone/Fax: (66) 3438-1224 - e-mail: meloce@yahoo.com

RESUMO

Diversidade de espécies e influência de fatores estocásticos na regulação da ictiofauna em lagos de meandros na bacia do Rio das Mortes - Mato Grosso Brasil. Este trabalho discute a diversidade de espécies e a influência de fatores estocásticos na regulação da ictiofauna em cinco lagos de meandros, com áreas entre 1.0 e 3.0 ha, associados ao Rio das Mortes e três tributários do seu curso médio, no Cerrado do Brasil Central. As coletas foram realizadas durante 24 horas consecutivas em cada um dos lagos, entre agosto/98 e julho/99, com o auxílio de redes de emalhar padronizadas para todos os locais. Foram coletados 1439 espécimes, distribuídos em 84 espécies. A riqueza variou de 23 a 35 espécies por local. A distância entre os lagos não foi significativamente correlacionada com a similaridade entre ambientes. Mesmo lagos muito próximos apresentaram ictiofaunas distintas. A diversidade de espécies foi alta em quatro dos cinco lagos (H' entre 3,961 e 4,558 bits p/indivíduo). A dominância de forma geral foi baixa e negativamente correlacionada com a diversidade (r^2 = 0,9931 e p=0,0002). As altas diversidades específicas associadas às baixas similaridades sugerem um padrão estocástico da organização da comunidade, influenciado pela acentuada sazonalidade do cerrado, que provoca rápida diminuição das águas no período de seca e isola as ictiofaunas de forma aleatória nestes lagos de pequeno porte.

Palavras chave: Cerrado, lagos de meandros, rio Araguaia, diversidade de peixes, Brasil Central.

INTRODUÇÃO

Estudos realizados nas últimas décadas demonstram que o cerrado do Brasil Central detém uma das maiores biodiversidades do mundo e, em função do alto nível de degradação a que está submetido deve receber atenção especial (1, 7, 8, 9).

Entre os organismos superiores que compõem esta biodiversidade, os peixes são pouco estudados e altamente suscetíveis às alterações, já que ambientes aquáticos sofrem grande impacto devido à atividade agropecuária (10).

A estrutura das comunidades de peixes, incluindo sua biodiversidade, é regulada por fatores abióticos como clima e geomorfologia e bióticos como alimento e predação (15, 16). Em ambientes aquáticos com pequeno volume de água, as comunidades estão submetidas a maior interferência abiótica (14). Estes locais, sujeitos a eventos imprevisíveis, tendem a gerar comunidades estocásticas (17). Naqueles mais volumosos, geralmente prevalecem as condições bióticas (14) e organização determinística.

Lowe-McConnell (4) e Goulding *et al.,* (2) sugerem que ambientes aquáticos tropicais influenciados por grandes alterações sazonais possuem comunidades de peixes estocásticas. Rodrigues & Lewis-Jr (11) apresentam dados

Revista SEB Ano 10-2.indd 20 5/7/2007 11:20:43

contrastantes com este ponto de vista. Estudos realizados por estes autores em 20 lagos na bacia do rio Orinoco demonstraram que fatores determinísticos foram mais importantes na regulação das comunidades. Goulding *et al.*, (2) também sugere que a similaridade entre hábitats relacionada com a distância entre estes, em um gradiente linear ao longo dos rios, é um forte indicativo se a comunidade de peixes está sendo submetida a pressões estocásticas ou determinísticas.

Assim, este trabalho tem como objetivo discutir a diversidade de espécies e a influência de fatores estocásticos ou determinísticos na regulação de comunidades de peixes em pequenos lagos de meandros na bacia do médio Rio das Mortes, o principal afluente do rio Araguaia.

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas foram realizadas entre agosto/98 e julho/99 em cinco lagos de meandros (Figura 1), com áreas entre 1 e 3 ha: Lago dos Patos e Rosico, associados ao rio Areões; Lago Diadomã ao Rio das Mortes; lago Harmonia ao rio Pindaíba e lago Corrente ao rio Corrente. Todos os rios são tributários diretos ou indiretos do Rio das Mortes, principal afluente do rio Araguaia.

Os peixes foram capturados com redes de emalhar com malhas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14 e 18 cm entre nós opostos, por 1,5 m de altura e 10 m de comprimento, dispostas durante 24 horas consecutivas e revisadas a cada 4 horas. Todo o material coletado está depositado na coleção ictiológica do Laboratório de Ictiologia e Limnologia do DCB- UNEMAT, Campus de Nova Xavantina-MT.

A diversidade de espécies foi calculada pelo índice de Shannon-Wiener em bits por indivíduo (3) e a similaridade pelo índice quantitativo de Morisita-Horn (6). A dominância foi determinada pela frequência relativa da espécie mais abundante. As correlações foram calculadas pelo índice de correlação de Pearson, com auxílio do programa Statistica for Windows.

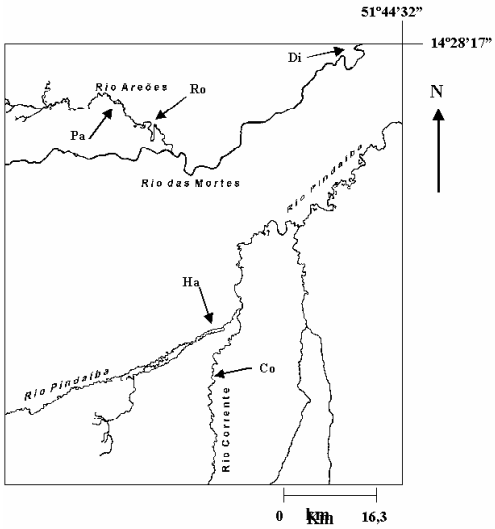

Figura 1 – Localização dos cinco lagos estudados, indicados por setas. Ro - Rosico, Pa – Patos, Di - Diadomã, Ha – Harmonia e Co – Corrente.

RESULTADOS

Nos cinco lagos foram coletados 1439 exemplares de 84 espécies (Tabela 1). A maior abundância, com 592 indivíduos, ocorreu no lago dos Patos e a menor, com 83 indivíduos capturados, no lago Harmonia. Apenas uma espécie foi comum a todos os ambientes e 9 espécies ocorreram em 4 dos cinco lagos.

Os índices de similaridade, de forma geral, foram baixos entre os cinco lagos (Tabela 2), com média 0,222. A maior similaridade (0,568) ocorreu entre os lagos Rosico e Corrente, que distam entre si 260 km por meio aquático. A menor similaridade (0,000) foi entre os lagos Patos e Harmonia distantes um do outro 250 km.

Os lagos de maior proximidade foram: Patos e Rosico (6,5 km), com similaridade 0,210 e Harmonia e Corrente (35,0 km) e similaridade 0,025. A análise de correlação entre similaridade da ictiofauna e distâncias entre lagos não foi significativa. A ausência de efeito da similaridade da ictiofauna dos lagos em função da distância também é demonstrada pela análise de cluster (Figura 2), cujos agrupamentos não apresentam nenhuma correlação significativa com a distância entre ambientes.

A diversidade de espécies (Tabela 3) foi alta para quatro dos cinco lagos, variando entre H'=3,961 no lago Corrente e H'=4,558 no

Revista SEB Ano 10-2.indd 21 5/7/2007 11:20:43

lago Harmonia. O único lago a apresentar baixa diversidade foi o lago dos Patos (H'= 1,914).

Nos lagos Rosico, Harmonia, Diadomã e Corrente a dominância, expressa pela frequência relativa, foi baixa e a espécie mais abundante em cada um dos lagos representou menos de 30% do total coletado. Apenas no lago dos Patos a dominância foi elevada, influenciada pelo grande número de *M. dichroura* que representou 66,21% (Tabela 3, Figura 2). Dominância e diversidade apresentaram correlação negativa significativa, (r^2 =0,9931 e p=0,0002).

Tabela 1 – Espécies e respectivos números de indivíduos coletados nos cinco lagos amostrados. PA, Patos; HA, Harmonia; CO, Corrente; RO, Rosico e DI, Diadomã.

Espécie	PA	HA	CO	RO	DI	Espécie	PA	HA	CO	RO	DI
Acestrorhynchus lacustris	3					*Hypostomus* sp.	5		2	3	1
A. microlepis	6		4		2	*Hypostomus* sp. 2	5				
Ageneiosus inermis		3				*Laemolyta taeniata*			18		4
Ageneiosus sp.		3				*Laemolyta fernandezi*					7
Anodus elongates		3				*Leporinus affinis*				1	
Anostomoides sp.	1					*L. friderici*			1	2	
Argonectes robertsi			1			*Lycengraulis batesii*		1			1
Auchenipterichthys coracoideus			6			*Megalodoras irwini*				1	
Auchenipterus nuchalis	9			7	10	*Moenkhausia dichroura*	392		3	3	
Bivibranchia velox		4				*M. sanctae-filomenae*			2		
Boulengerella cuvieri		1	1			*Moenkhausia* sp. 2		1		3	
Brycon falcatus					7	*Myleus* sp.		3	1		
Bryconops sp.	2					*Myleus torquatus*			1		
Bryconops sp.3	1					*Odontostilbe* sp.				2	
Caenotropus labyrinticus			2	6	2	*Pellona castelnaeana*		1			
Caenotropus sp.					11	*Pimelodus blochii*	12		10	4	7
Chaetobranchus flavescens			1			*Plagioscion squamosissimus*				1	
Chalceus epakros		1	5		3	*Pristigaster cayana*		3		12	2
Cichla ocellaris	2		5	1		*Prochilodus nigricans*	4		1	7	28
Cichlassoma sp.			2			*Pseudopimelodus zungaro*		1			
Cochliodon sp.	1					*Pseudoplatystoma fasciatum*		1			
Crenicichla lugubris			1			*Pygocentrus nattereri*	2	2	1	2	5
Curimata amazônica	95		46	44	24	*Rhaphiodon vulpinus*		5		3	1
Steindachnerina sp.	5					*Rineloricaria* sp.	1		1		
Cyphocharax notatus			12			*Roeboexodon* sp.		2			
Cyphocharax spiluropsis			12	1		*Roeboides* sp.					3
Cyphocharax stilbolepis			31		6	*Satanoperca jurupari*			3	1	
Curimata cyprinoides			2			*Satanoperca pappaterra*	2				
Cyphocharax leucosticus		2	2	7	56	*Schizodon vittatum*	22		7	2	79
Steindachnerina sp. 4					2	*Semaprochilodus brama*			4		35
Cynodon gibbus					14	*Serrasalmus spilopleura*					2
Galeocharax sp.		3				*Serrasalmus eigenmanni*		1			
Geophagus surinamensis				4	3	*Serrasalmus gibbus*		1			
Hemigrammus sp.				2		*Serrasalmus rhombeus*	2	2		1	1
Hemiodus argenteus	1		40	1	5	*Sorubim lima*				3	1
Hemiodus amazonun	1					*Tayeria* sp.		2			
Hemiodus unimaculatus		5	1	10	1	*Tetragonopterus* sp.					1
Hemisorubim platyrhynchus				2	4	*Tetragonopterus* sp. 3		2			
Hoplias malabaricus	18		3	1	5	*Thoracocharax stellatus*				1	
Hydrolycus armatus		6	3	2	4	*Triportheus albus*		1			1
Hypoptopoma sp.		6				*Triportheus trifurcatus*		11		14	37
Squaliforma emarginata		2				*Triportheus auritus*		4			
TOTAL							592	83	235	154	375

Revista SEB Ano 10-2.indd 22 5/7/2007 11:20:43

Tabela 2 – Matriz de similaridade e distâncias em Km (entre parêntesis), entre os lagos amostrados. PA, Patos; HA, Harmonia; CO, Corrente; RO, Rosico e DI, Diadomã.

	HA	CO	RO	DI
PA	0,000 (250)	0,150 (260)	0,210 (6,5)	0,070 (71)
HA		0,025 (35)	0,273 (245)	0,240 (180)
CO			0,568 (260)	0,283 (195)
RO				0,409 (65)

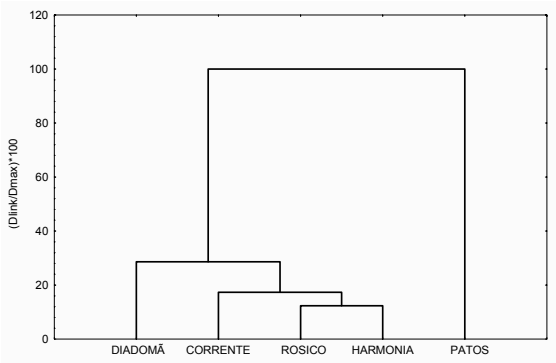

Figura 2 – Agrupamento dos ambientes amostrados em função da ictiofauna presente. Análise UPGA, com base nas distâncias Euclidianas.

Tabela 3 – Índices de diversidade de espécies (H') em bits p/ indivíduo, dominância (DO%), riqueza (S) e número de indivíduos coletados por lago (N).

Lagos	H'	DO%	S	N
Patos	1,914	66,21	23	592
Rosico	4,033	28,57	32	154
Harmonia	4,558	13,25	30	83
Diadomã	3,958	21,06	35	375
Corrente	3,961	19,57	34	235
TOTAL	4,351	------	84	1439

DISCUSSÃO

Estudos conduzidos por vários autores na Amazônia e nos Llanos Venezuelanos (4, 2, 15) demonstraram que a organização das comunidades de peixes, em ambientes mais restritos, pode ser determinada por fatores estocásticos. No entanto, outros autores (11) apontam fatores determinísticos como os principais reguladores da ictiofauna em 20 lagos na bacia do rio Orinoco.

A ausência de correlação significativa entre distância e similaridade para os ambientes amostrados indica o predomínio do padrão estocástico na organização da ictiofauna, como sugerido por outros autores (2, 4). A sazonalidade acentuada no cerrado provoca alterações muito rápidas nas áreas de inundação dos rios, principalmente nos cursos médios e superiores.

Esta condição ambiental atua como importante pressão seletiva, privilegiando características oportunistas na ictiofauna. A maioria das espécies destes ambientes tem alta mobilidade, o que permite a entrada e saída destas áreas em curto espaço de tempo. No entanto, no período de seca, grande número de peixes ficam isolados nesses pequenos lagos, de forma aleatória, provavelmente por não ter tempo suficiente para deixar estes lagos antes que se isolassem. Esta é uma característica importante do modelo de regulação estocástica em ambientes aquáticos Sul Americanos (5).

Na cheia, com a maior disponibilidade de recursos em função da inundação lateral, os peixes migram para estas áreas a procura de alimento. Tanto em uma condição ambiental como em outra estas áreas podem comportar aglomerações de peixes que não constituem necessariamente uma comunidade bem estruturada. Isto pode diminuir a importância de fatores determinísticos, como predação e competição no processo de ocupação do hábitat, predominando o modelo estocástico.

A morfologia do ambiente também é importante para o estabelecimento dos modelos de regulação estocástico ou determinístico na organização da comunidade. Neste processo, um dos fatores mais importantes é o tempo de inundação das margens e refluxo das águas, que pode variar muito entre sistemas. De forma geral, lagos menores se enchem, extravasam e permitem o refluxo da água mais rápido, diminuindo o tempo de conexão com o rio e aumentando a imprevisibilidade das espécies que serão encontradas nestes locais.

Em lagos pequenos da bacia do médio Rio das Mortes este período é curto, geralmente não ultrapassando 3 meses entre o início da inundação das margens e o isolamento do lago. Este fator é determinante na distribuição da ictiofauna nestes ambientes.

Em lagos maiores, como verificados na bacia do rio Orinoco (11), o período de fluxo e refluxo das águas é muito maior e portanto mais previsível. Em ambientes mais tamponados como estes predomina o modelo de regulação determinístico.

Outro fator determinante na composição da comunidade local é a estrutura do habitat (4, 15). Ambientes relativamente homogêneos ou com gradientes suaves podem ser mais previsíveis (14), enquanto que ambientes mais complexos em forma de mosaicos intrincados são pouco previsíveis e se enquadram melhor em modelos estocásticos (2). Essa

Revista SEB Ano 10-2.indd 23 5/7/2007 11:20:43

variabilidade na estrutura do hábitat pode provocar grandes alterações na composição da comunidade de peixes, mesmo entre ambientes próximos, tornando mais baixas as similaridades entre habitats. Assim, nestes ambientes muito complexos os biótopos podem ter maior influência sobre a distribuição da ictiofauna que gradientes longitudinais, como verificado no arquipélago de Anavilhanas (2).

Na região do médio Rio das Mortes a relação entre áreas de inundação, meandros e cursos mais encaixados produz um mosaico ambiental, cujas características das partes dificilmente se repetem de um local para outro, mesmo quando muito próximos.

Nos cinco lagos amostrados a ausência de correlação significativa entre similaridade e distância entre os ambientes, além de baixas similaridades entre ambientes muito próximos, demonstra que o gradiente longitudinal não explica a distribuição da ictiofauna nesta região. Embora a área de coleta seja bastante restrita, com distância máxima de 260 km entre os pontos extremos, apenas uma espécie, *Pygocentrus nattereri*, foi comum a todos os lagos e as espécies dominantes se alternaram entre um ambiente e outro. A análise de cluster agrupou os lagos, em função da diversidade e riqueza de espécies. Essa análise também não demonstra nenhuma relação entre as ictiofaunas desses lagos e a distância, em quilômetros, entre os mesmos.

A diversidade de peixes em quatro dos cinco lagos analisados estão entre as maiores já verificadas para ambientes aquáticos amazônicos (2, 12). Embora a riqueza não seja muito alta, entre 30 e 35 espécies neste quatro lagos, a alta uniformidade, conseqüência da baixa dominância eleva consideravelmente os índices de diversidade.

Esta baixa dominância é comum em ecossistemas tropicais, onde as espécies estão distribuídas uniformemente, geralmente, com baixo número relativo de exemplares. Estudos conduzidos na Amazônia (12) demonstram que a frequência relativa da maioria das espécies está abaixo de 1% e as espécies dominantes representam entre 15% e 30% dos indivíduos da comunidade. Estes dados coincidem com os valores de dominância obtidos para quatro dos cinco lagos estudados.

A acentuada sazonalidade do cerrado pode ter grande influência nesta relação entre dominância e diversidade. A rápida diminuição no nível das águas e conseqüente isolamento dos lagos provocam um distúrbio ambiental (13) que pode impedir espécies dominantes de se estabelecerem, aumentando a diversidade (17).

A grande variabilidade de espécies entre ambientes e a alta diversidade nos lagos de meandros sugerem que estes são responsáveis pela manutenção de boa parte da biodiversidade dos ambientes aquáticos no cerrado. No entanto, sua conservação passa por um período crítico, onde o avanço da fronteira agrícola tem provocado ampla devastação de áreas inundáveis nativas.

Diante deste quadro, torna-se urgente a necessidade de estudos que viabilizem programas de conservação, sob o risco de se perder um valioso patrimônio biológico pouco conhecido.

ABSTRACT

Species diversity and the influence of estocastic factors in regulating ictiofauna in lakes formed by winding rivers in the Rio das Mortes basin - Mato Grosso Brazil. This paper discuss the influence of stochastic factors in the regulation of fish fauna in five oxbow lakes, with areas around 1.0 and 3.0 ha, associated to the Rio das Mortes and three tributaries of its middle course, in the Central Brazil savannah. Samples were conducted during 24 consecutive hours in each lake, using standardized gillnets. A total of 1439 specimens distributed in 84 species were collected. Species richness varied from 23 to 35 species. The distance between lakes was not significantly correlated to similarity between them. Even very near lakes presented distinct fish faunas. Species diversity was high in four of the five lakes (H' between 3,961 and 4,558 bits p/individual). In general, dominance was low and it was negatively correlated to diversity (r^2 = 0,9931 and p = 0,0002). The high values of specific diversity associated to low values of similarity suggest a stochastic pattern of community organization, influenced by the marked seasonality in the savannah which causes rapid fall in water levels in the dry season, isolating fish fauna at random in this small-sized lakes.

Key words: savannah, oxbow lakes, Araguaia river,

Revista SEB Ano 10-2.indd 24 5/7/2007 11:20:43

fish diversity, Central Brazil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dias, B. F. S. Conservação da natureza no cerrado brasileiro. In: Novaes-Pinto, M. (Org.). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. 2a Ed. UnB, Brasília, 1993, p. 469-492.
2. Goulding, M.; Carvalho, M.L., Ferreira, E. G. *Rio Negro, rich life in poor water.* SPB Academic Publishing, Netherlands 1988, 200p.
3. Krebs, C.J. *Ecological Methodology.* Harper & Row, New York, 1989, 654 p.
4. Lowe-McConnell, R. H. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge University Press, Cambridge, 1987, 382p.
5. Lowe-McConnell, R. H. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes*. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999, 535p.
6. Magurran, A. E. *Measuring Biological Diversity.* Blackwell Publishing, Oxford, 2004, 256p.
7. Melo, C. E. ; Lima, J. D.; Melo, T. L. ; Pinto-Silva, V. Peixes do Rio das Mortes: identificação e ecologia das espécies mais comuns. Central de Texto e UNEMAT Editora, Cuiabá, 2005, 147p.
8. Mittermeier, R. A., Myers, N., Gil, P. R., Mittermeier, C. G. *Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrials ecoregions.* Cemex, Mexico, 1999, 430p.
9. Primack, R. B., Rodrigues, E. *Biologia da conservação.* E. Rodrigues, Londrina, 2001, 328p.
10. Rocha, A. J. A. Caracterização limnológica do Distrito Federal. In: Novaes-Pinto, M. (Org.). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. 2a Ed. UnB, Brasília, 1993, p. 469-492.
11. Rodrigues, M.A., Lewis-Jr, W.M. Regulation and stability in fish assemblages of neotropical flooplain lakes. *Oecologia*, 99: 166-180, 1994.
12. Santos, G. M., Ferreira, E. J. G. Peixes da Bacia Amazônica. In: Lowe-McConnell, R. H. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999, p.345-373.
13. Val, A.L., Almeida-Val, V.M.F. *Fishes of the Amazon and their environment*. Berlin, Springer-Verlag, 1995, 224p.
14. Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., Cushing, C. E. The river continuum concept. *Can. J. Fish Aquat. Sci*., 37: 130-137, 1980.
15. Winemiller, K. O. Dynamic diversity in fish assemblages of tropical rivers. In: Cody, M. L.; Smallwood, J. A. (eds). *Long-Term studies of vertebrate communities*. Academic Press, Orlando, 1996, p.99-134.
16. Winemiller, K. O., Jepsen, D. B. Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *Journal of Biology*, 53(suplement A): 267-296, 1998.
17. Wootton, R. J. *Ecology of Teleost Fishes*. Chapman and Hall, New York, 1990, 404p.

Revista SEB Ano 10-2.indd 25 5/7/2007 11:20:44

EFEITO DE PERTUBAÇÕES ANTRÓPICAS SOBRE AS COMUNIDADES DE MACRÓFITAS E DE MACROINVERTEBRADOS ASSOCIADOS (LAGOA IMBOASSICA, RJ)

Cleber Palma-Silva [1]; Edélti Faria Albertoni[1] & Francisco de Assis Esteves[2]

[1] Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Depto. Ciências Morfo-Biológicas, Lab. de Limnologia
e-mail: dmbcps@furg.br
[2] Universidade Federal do Rio de Janeiro, Depto de Ecologia, Lab. de Limnologia

RESUMO

Efeito de pertubações antrópicas sobre as comunidades de macrófitas e de macroinvertebrados associados (Lagoa Imboassica, RJ). A lagoa Imboassica, Macaé, RJ, Brasil (22°50' S; 44°42' W), vem sofrendo vários impactos antrópicos, destacando-se o lançamento de esgotos domésticos *in natura* e a abertura artificial da barra de areia que a separa do oceano. O primeiro contribui para acelerar o processo de eutrofização, e o segundo provoca drásticas alterações no nível de água, com conseqüências sobre o metabolismo do corpo de água e sobre as comunidades. Ao longo do período de 4 anos de estudo, ocorreram 5 aberturas da barra de areia e seus efeitos foram acompanhados sobre as espécies de macrófitas aquáticas dominantes, e também sobre a fauna de invertebrados associadas às carófitas. Os resultados demonstraram que após a primeira abertura os estandes de *Typha domingensis* aumentaram, porém que a freqüente variação de nível d'água foi um fator favorável para o aumento da distribuição de *Eleocharis mutata* e prejudicial para o crescimento de *T. domingensis*. As carófitas sofrem um grande impacto logo após as aberturas, mas apresentam uma rápida recuperação, com grande produção de biomassa, o que garante a manutenção de águas claras através da incorporação de uma grande quantidade de nutrientes, porém com tendência a apresentar diferentes concentrações de nutrientes em distintos locais da lagoa e a desaparecerem com o surgimento de blooms de fitoplâncton após um período longo sem aberturas. A macrofauna associada às carófitas apresenta sua densidade correlacionada positivamente com o aumento da biomassa das plantas, sendo que o maior número de taxa foi encontrado nos pontos mais enriquecidos e com maior influência marinha. Esta comunidade representa o principal componente da alimentação das espécies de camarão encontrados na lagoa. Estas observações permitem construir um modelo conceitual dos efeitos destas perturbações e assim discutir alguns cenários futuros para a lagoa e que deverão ser testado oportunamente.

Palavras chave: Macrófitas aquáticas, Macroinvertebrados, Impactos, Poluição.

INTRODUÇÃO

As lagoas costeiras são ambientes comuns nas planícies costeiras mundiais, e têm contribuído significativamente para o desenvolvimento das atividades humanas (20). A formação das lagoas costeiras é atribuída a três fatores principais (32): o histórico do nível do mar, a hidrodinâmica da costa e a amplitude de marés, que influem na formação de barreiras. No Brasil, os estados do Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro são os mais significativamente dotados de corpos costeiros lagunares (47).

O litoral norte-nordeste do Estado do Rio de Janeiro caracteriza-se por apresentar regiões de planície costeira geologicamente recentes, formadas por sucessivas oscilações no nível do mar e datando

Revista SEB Ano 10-2.indd 26 5/7/2007 11:20:44

de aproximadamente 5000 anos (31), compreendendo várias lagoas costeiras. São ecossistemas frágeis, sujeitos a alterações e com tendência ao assoreamento e poluição (12, 29), com um cordão arenoso de 50 a 100 m de largura separando-as do mar.

A lagoa Imboassica, localizada no município de Macaé (RJ), (22º24' S e 42º42' W), apresenta profundidade média de 1,09m, máxima de 2,0m, e 3,26 Km^2 de área (44). Este ecossistema vem sofrendo vários tipos de impactos humanos, que podem ser sumarizados por duas formas principais: a entrada de nutriente orgânico a partir de área residencial e a abertura artificial da barra de areia (17).

Potencialmente estes dois impactos sobre o sistema podem provocar mudanças drásticas nas comunidades, alterando padrões de produtividade e abundância dos principais grupos, destacando-se as macrófitas aquáticas e a comunidade de macroinvertebrados associada às mesmas. Nesta pesquisa foram avaliados os efeitos destes impactos sobre os padrões de produção e crescimento das espécies de macrófitas aquáticas dominantes, duas emergentes *Typha domingensis* Pers. (Pandanales: Typhaceae) e *Eleocharis mutata* (L.) Roem. et Schult. (Cyperales: Cyperaceae), e a comunidade de carófitas submersas. A distribuição e abundância da fitofauna foram avaliadas em relação à comunidade de carófitas e o efeito dos impactos humanos. Estes impactos são discutidos através de um modelo conceitual considerando as alterações da estrutura das comunidades presentes na lagoa, que podem conduzir a uma alteração dos padrões metabólicos, na paisagem, e nos tipos de usos da água.

MATERIAL E MÉTODOS

Durante o período entre 1995 à 1998 ocorreram na lagoa 5 aberturas artificiais de barra provocando seu esvaziamento temporário, e o lançamento de efluentes domésticos foi contínuo durante todo o trabalho. O monitoramento das comunidades de macrófitas ocorreu durante um período de 4 anos (37, 38, 39, 40, 41, 42, 43), com etapas de pesquisa específicas para os diferentes objetivos pretendidos. O efeito das aberturas sobre as macrófitas emergentes (*E. mutata e T. domingensis*) foi determinado pela estimativa da produção primária, produção de inflorescências, crescimento vegetativo e expansão do estande, utilizando-se técnicas de quadrados fixos e também de coleta destrutiva (37, 38, 41). Os efeitos dos impactos sobre a comunidade de carófitas foram estimados pela produção primária em incubações "in situ" e por variação de biomassa, nutrientes (C:N:P) e energia em locais com diferentes graus de enriquecimento (42,38). O efeito humano também foi avaliado sobre a comunidade de macroinvertebrados associada às carófitas em diferentes regiões da lagoa e também em relação à ocorrência de aberturas (8, 9, 10, 11). Esta comunidade foi avaliada como fonte alimentar para as principais espécies de camarões comerciais da lagoa (11). Os resultados obtidos são avaliados e discutidos em relação a outras informações sobre a lagoa e apresenta-se um modelo conceitual geral para analisar e discutir alguns cenários futuros para a lagoa Imboassica, o que permite sugerir possíveis intervenções e acompanhamento no sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As lagoas costeiras são reflexo dos ambientes físico e químico, sendo considerados sistemas abertos e dinâmicos, controlados por processos físicos (18). Pela sua posição entre os sistemas terrestres e marinhos, estão sujeitas às influências dos dois sistemas, o que as torna altamente dinâmicas. As maioria das lagoas costeiras se encontram entre os ecossistemas naturais de mais alta produtividade primária e secundária (16, 26, 21). Encontram-se normalmente em estado de eutrofização natural, sendo, portanto, vulneráveis à qualquer aumento no aporte de nutrientes ou material orgânico (25), e por serem ambientes rasos, tornam-se favoráveis ao desenvolvimento de extensas comunidades de macrófitas aquáticas.

Como pesquisas realizadas até o momento têm encontrado no aporte de poluição orgânica e nos processos de abertura artificial da barra, os principais impactos atuais sobre a lagoa Imboassica, a figura 1 apresenta um modelo conceitual de alterações relacionadas a estes impactos e dada a complexidade do sistema são enfatizadas somente as principais interações entre os compartimentos.

A entrada constante de poluição orgânica (interação 2), e suas conseqüências são bem explicadas na literatura limnológica. Em situações

Revista SEB Ano 10-2.indd 27 5/7/2007 11:20:44

de alta concentração de nutrientes, a alteração na estrutura das comunidades e a ocorrência de "blooms" de fitoplâncton são considerados as principais conseqüências negativas relacionadas a este processo de eutrofização cultural (21, 22).

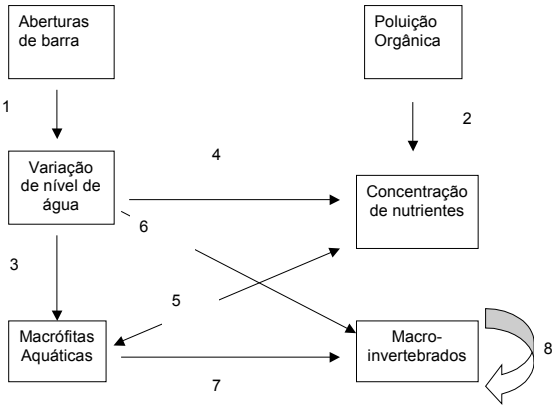

Figura 1 – Modelo conceitual do efeito dos impactos humanos na lagoa Imboassica.

Porém, as diferentes estratégias de utilização dos nutrientes disponíveis na coluna de água pelas diferentes comunidades de produtores, macrófitas ou fitoplâncton, apresentará conseqüências marcantes sobre o sistema. Quando estabelecidas (interação 5), as macrófitas aquáticas têm um efeito positivo na transparência da água através de muitos mecanismos tampões (48). Entre estes estão a provisão de habitats para macroinvertebrados associados e refúgio para cladóceros, que pastam sobre epífitas e fitoplâncton (49).

O crescimento das macrófitas submersas na lagoa Imboassica apresenta um papel importante como compartimento de nutrientes e energia, estando sua presença associada a manutenção de águas claras (42, 40), e quanto maior a biomassa da macrófita maior a quantidade de macroinvertebrados associados (interação 7) que formam a dieta alimentar das espécies de camarões comerciais (interação 8) (9, 11). Dada a possibilidade de utilização da lagoa para cultivo extensivo de camarões (2, 3), estas interações devem ser consideradas, visto que um aumento na concentração de nutrientes na coluna de água leva ao desaparecimento das macrófitas submersas com conseqüências negativas sobre a produção de camarões.

Por outro lado, o maior crescimento de *T. domingensis* em regiões próximas aos canais de entrada de nutrientes orgânicos (37), demonstra que, pelo menos até uma certa concentração de nutrientes, esta macrófita tende a crescer mais rapidamente e ocupar uma maior área da lagoa, transformando grandes áreas em regiões de banhado e com isso alterando os tipos de uso da lagoa.

A interação 1 representa a alteração drástica provocada no nível de água da lagoa pela abertura da barra de areia, e apresenta conseqüências diretas e indiretas sobre as interações 3, 4, 5, 6, 7 e 8. Aberturas nas barras de lagoas costeiras são processos que raramente ocorrem de forma natural através de uma conjunção de fatores que alia altas marés com elevado nível d'água nas mesmas (22). De maneira artificial, este processo há tempos vem sendo registrado para várias lagoas costeiras do litoral fluminense (34, 35, 36). Na lagoa Imboassica a barra geralmente permanece aberta entre 7 e 20 dias aproximadamente, sendo que durante este período a coluna de água diminui, aumenta muito a salinidade e a concentração de nutrientes, porém as marés provavelmente alteram a morfologia do sedimento, redistribuem propágulos de macrófitas e atuam como um escoadouro do excesso de nutrientes presentes na coluna de água.

As macrófitas emersas pesquisadas demonstraram respostas diferentes a variação do nível de água (Interação 3). *Typha domingensis* demonstrou que, após um impacto de abertura, apresenta capacidade de expandir sua área, como conseqüência da emissão vigorosa de novos rametes nas regiões marginais dos estantes (37).

No período de maior freqüência de aberturas, *T. domingensis* apresenta crescimento diferenciado entre as áreas de um mesmo estande, sendo que nas regiões internas a biomassa morta domina, aumentando o risco de incêndios. Embora as áreas mais externas dos estandes de *T.domingensis* apresentem alguma produção de novos rametes, *Eleocharis mutata* demonstrou ter potencial de substituir *T. domingensis* e com isso alterar profundamente a paisagem (38, 39, 43). Observações em Junho de 1999 confirmam a importância das aberturas de barra para estas espécies, pois após um ano e meio da última abertura, ocorreu uma regressão acentuada na distribuição de *E. mutata*, enquanto *T. domingensis* neste mesmo período, passou a recuperar sua área de distribuição nos estandes de *E. mutata* (43).

Revista SEB Ano 10-2.indd 28 5/7/2007 11:20:44

Os resultados obtidos a partir dos estudos da comunidade de carófitas revelaram uma dinâmica complexa, que necessita de grandes detalhamentos. No período inicial da pesquisa, estas macroalgas estavam ausentes em toda área da lagoa; após as duas primeiras aberturas a colonização foi relativamente lenta, porém após a terceira abertura, houve um crescimento muito rápido com a biomassa absorvendo uma grande quantidade de nutrientes. Os períodos marcados pela presença desta macrófita foram caracterizados pela predominância de grande transparência da coluna de água, sugerindo que sua presença dificulte o crescimento vigoroso de fitoplâncton (40).

As condições de alta transparência, baixa profundidade e altos valores de alcalinidade favorecem o desenvolvimento de espécies de *Chara* nesta lagoa (40, 41). A presença desta macrófita tem sido associada à manutenção de águas claras, porém alterações de um estado de águas claras para túrbidas têm sido associadas a eutrofização do meio (13, 14, 15, 19, 24, 28, 30, 33, 45, 46), entre outros.

As carófitas podem diminuir a disponibilidade de fósforo da coluna de água, pois podem utilizá-lo diretamente do sedimento, e seu conteúdo na biomassa pode ser várias vezes o conteúdo na água. Na lagoa Imboassica foram encontrados resultados semelhantes (40), e o fitoplâncton e o bacterioplâncton são limitados por disponibilidade de nutrientes e pressão de herbivoria (27), o que sugere a grande importância que um compartimento biológico que retenha grande quantidade de nutriente pode ter na estrutura deste sistema, como no caso as carófitas.

Além disto, o alimento e habitat provido pelas plantas suportam diversas populações de peixes, incluindo piscívoros que predam pequenos peixes planctívoros, reduzindo assim a pressão de predação sobre o zooplâncton (48). Na lagoa Imboassica a presença de zooplâncton pastador (27), associada à não dominância de peixes planctívoros (1), também contribuem para o controle das populações de fitoplâncton.

Estas observações sobre a presença das carófitas tornam-se mais importantes, visto que a ausência de aberturas de barra em um ano e meio, aliada à entrada contínua de nutrientes (interação 5), mostra uma alteração nas características da coluna de água, com a lagoa apresentando pequena transparência e com ocorrência de florações de cianobactérias.

Ocorrem três espécies de camarões de interesse pesqueiro na lagoa, e as aberturas da barra provocam efeitos diferenciados sobre esta comunidade de macroinvertebrados (Interações 6 e 8). *Macrobrachium acanthurus* é uma espécie de origem continental que se beneficia, após as aberturas pelas condições mesohalinas resultantes do ingresso de água marinha para desovar e passar seus primeiros estágios larvais. Porém a ocorrência de aberturas freqüentes leva a uma gradativa diminuição da freqüência de captura pois durante as aberturas os adultos são facilmente capturados nas poças, e a reposição fica dependente das populações do rio que deságua na lagoa (7, 8).

Outras duas espécies são de origem marinha, *Farfantepenaeus brasiliensis* e *F. paulensis*, cujas larvas entram na lagoa para crescimento nos períodos em que a barra está aberta (2, 3, 4, 5, 10), os quais são pescados intensivamente após 3 a 4 meses do fechamento da barra.

Desta forma, um manejo para abertura de barra da lagoa deve ser controlada no sentido de evitar coincidir com a época de reprodução de *M. acanthurus* e devendo coincidir com a disponibilidade de larvas de peneídeos a serem recrutadas do oceano para a lagoa, principalmente nos meses de outono e final da primavera (2, 3, 4, 5). Além da época, as freqüências com que as aberturas são realizadas também devem ser controladas, pois se verificou para *M. acanthurus* uma diminuição em sua fecundidade potencial (7), além de alterações na comunidade associada as macrófitas aquáticas que representam itens de importância no espectro alimentar das três espécies (6).

CONCLUSÕES

O manejo de lagoas costeiras deve estar embasado em diversos estudos do impacto humano sobre as principais comunidades biológicas. No caso específico da lagoa Imboassica, embasado nas pesquisas já desenvolvidas, é possível traçar um modelo conceitual para explicar as principais interações entre alguns de seus compartimentos. As comunidades de macrófitas e macroinvertebrados podem ser utilizadas como indicadores de

Revista SEB Ano 10-2.indd 29 5/7/2007 11:20:44

alterações no sistema, porém são necessárias ainda mais observações em campo e laboratório para desenvolver um plano de manejo para a lagoa.

AGRADECIMENTOS

A todos que de alguma forma auxiliaram nas diferentes etapas deste trabalho, em especial ao Dr. Reinaldo L. Bozelli, Dr. Pedro Galetti, Dra. Christina W.C. Branco, Dr. Sidinei M. Thomaz, Dra. Yocie Y. Valentin, Dr. Fabio R. Scarano, Dr. Bias M. de Faria, Dra. Erica P. Caramaschi, e ao MSc. Cláudio C. Marinho. A PETROBRAS, CNPq e CAPES pelo suporte financeiro.

ABSTRACT

The effects from anthrotopic disturbance associated on macrophyte and macroinvertebrate communities (Imboassica Lake, RJ). Imboassica lagoon, Macaé, RJ, Brazil (22º 50' S; 44º 42'W) has been suffered many human impacts, mainly the dumping of domestic sewage and breachings of sandbar that separates it from the ocean. The first ones accelerates the artificial eutrophication and the second ones causes drastic drop in the water level and sea water entrances, with many changes in water metabolism and communities. During four years occurred five sandbar openings and were accomplished their effects over dominant aquatic macrophytes and macroinvertebrate community associated with charophytes. The results showed that after the first breaching *Typha domingensis* had increase, but the frequent water level variation favored *Eleocharis mutata* and causes damage to *T. domingensis*. Charophytes had fast recuperation after breachings, increasing their biomass and help to maintain clear waters through nutrient incorporation, but disappear with phytoplankton blooms after a long period without sandbar breachings. The occurrence and density of macroinvertebrate community associated with *Chara* was correlated with their biomass increase, and was greater in eutrophic and ocean-influence points. This community represents the main dietary items for shrimp species of the lagoon. This observations allows to construct a conceptual model of this perturbations effects and discuss some future points for the management of this system.

Key words: Aquatic macrophytes, macroinvertebrates, impacts, pollution

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Aguiaro, T., Caramaschi, E.P. Trophic guilds in fish assemblages in three coastal lagoons of the Rio de Janeiro State (Brazil). *Verh. Internat. Verein. Limnol. 26*: 2166-2169, 1998.
2. Albertoni, E.F. Camarões da lagoa Imboassica: dados preliminares e perspectivas de manejo. In: Esteves, F.A.(ed.). *Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ).* NUPEM/UFRJ. Rio de Janeiro, 1998, p.359-371.
3. Albertoni, E.F. Ocorrência de camarões Peneídeos e Paleomonídeos nas lagoas Imboassica, Cabiúnas, Comprida e carapebus. In: Esteves, F.A.(ed.) *Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ).* NUPEM/UFRJ. Rio de Janeiro, 1998b, p.351-358.
4. Albertoni, E.F. Aspectos do crescimento, reprodução e alimentação de Peneídeos e paleomonídeos em lagoas costeiras do norte do Estado do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, PPG-Ecologia, Rio de janeiro, RJ, UFRJ, 1999, 200p. Tese.
5. Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., Esteves, F.A. Larvae and post-larvae of Penaeidae and Palaemonidae in coastal lagoons of the north of Rio de Janeiro (Macaé, RJ). *Rev. Bras. Biol.*, 59(1): 409-422. 1999.
6. Albertoni, E.F. , Palma-Silva, C., Esteves, F.A. Macroinvertebrates associated with Chara in a tropical coastal lagoon, Rio de Janeiro, Brazil. *Hidrobiologia, 457:* 215-224, 2001.
7. Albertoni, E.F. , Palma-Silva, C., Esteves, F.A. Fecundity of *Macrobrachium acanthurus* Wiegmann, 1836 (Decapoda: Palaemonidae) in a tropical coastal lagoon subjected to human impacts (Macaé, Brazil). *Acta Limnol. Brasil., 14(1)*: 71-80, 2002
8. Albertoni, E.F. , Palma-Silva, C., Esteves, F.A. Distribution and growth in adults of *Macrobrachium acanthurus* Wiegmann, (Decapoda, Palaemonidae) in a tropical coastal lagoon, Brazil. *Rev. Bras. Zool. 19*: 61-70, 2002.

Revista SEB Ano 10-2.indd 30 5/7/2007 11:20:44

9. Albertoni, E.F. , Palma-Silva, C., Esteves, F.A. Overlap of dietary niche of three shrimp species (Crustácea, Decapoda) in a tropical coastal lagoon (Rio de Janeiro, Brazil). *Rev. Bras. Zool. 20*: 135-140, 2003.
10. Albertoni, E.F. , Palma-Silva, C., Esteves, F.A. Crescimento e fator de condição na fase juvenil de *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille) e *F. paulensis* (Pérez-Farfante) (Crustácea, Decapoda, Penaeidae) em uma lagoa costeira tropical do Rio de Janeiro, Brasil. *Rev. Bras. Zool. 20*: 409-418, 2003
11. Albertoni, E.F. , Palma-Silva, C., Esteves, F.A. Natural diet of three species of shrimp in a tropical coastal lagoon. *Arch. Tec. Par.46*: 395-403
12. Amador, E.S. Lagunas Fluminenses: Classificação com base na origem, idade e processos da evolução. *An. Acad. Brasil. Cienc.* 57: 526-527, 1985.
13. Blindow, I. Decline of charophytes during eutrophication: comparison with angiosperms. *Freshwat. Biol. 28*: 9-14, 1992a.
14. Blindow, I. Long- and short-term dynamics of submerged macrophytes in two shallow eutrophic lakes. *Freshwat. Biol. 28*: 15-27, 1992b.
15. Blindow, I., Andersson, G., Hargeby, A., Johansson, S. Long-term pattern of alternative stable states in two shallow eutrophic lakes. *Freswat. Biol. 30*: 159-167, 1993.
16. Borrego, S.A. Secondary productivity in coastal lagoons. In: Kjerfve, B. (ed.). *Coastal Lagoon Processes*, Elsevier Oceanography Series, 60. Amsterdam, 1994, p.287-310.
17. Branco, C.W.C, Attayde, J.L., Kozlowsky-Suzuki, B. Zooplankton community of a costal lagoon subjected to anthropogenic influences (Lagoa Imboacica, Macaé, R.J., Brazil). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 1426-1429, 1998.
18. Castel, J., Caumette, P., Herbert, R. Eutrophication gradients in coastal lagoons as exemplified by the Bassin d'Arcachon and the Étang du Prévost. *Hydrobiologia, 329*: ix- xxviii, 1996.
19. Crawford, S.A. Chemical, physical and biological changes associated with *Chara* succession in farm ponds. *Hydrobiologia 55*: 209-217, 1977.
20. Day, J.W.Jr. & Yáñez-Arancíbia, A. Coastal lagoons and estuaries, ecosystem approach. *Cienc. Inter., 22(1-2)*: 11-26, 1982.
21. Esteves, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro, Interciência. 1998a, 575p.
22. Esteves, F.A. Lagoas costeiras: origem, funcionamento e possibilidades de manejo. In: Esteves, F.A.(ed.). *Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. NUPEM/UFRJ. Rio de Janeiro, 1998b, p.63-87.
23. Esteves, F.A. Lagoa Imboassica: impactos antrópicos, propostas mitigadoras e sua importância para a pesquisa ecológica. In: Esteves, F.A.(ed.) *Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. NUPEM/UFRJ. Rio de Janeiro, 1998c, p.402-429.
24. Jupp, B.P., Spence, D.H.N. Limitations on macrophytes in a eutrophic lake, Loch Leven. I. Effects of phytoplankton. *J. Ecol. 65*: 175-186, 1977.
25. Kjerfve, B. Coastal lagoon processes. In: Kjerfve, B. (ed). *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Oceanography Series n. 60. Amsterdam, 1994, p.1-8.
26. Knoppers, K. Aquatic primary production in coastal lagoons. In: Kjerfve, B. (Ed). *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Oceanography Series n. 60. Amsterdam, 1994, p.243-286.
27. Kozlowsky-Suzuki, B. O efeito do enriquecimento artificial e das aberturas de barra sobre a dinâmica das variáveis abióticas e sobre a estrutura da comunidade zooplnactônica na lagoa Imboassica, macaé, RJ. Dissertação de mestrado. PPG – Ecologia, Rio de Janeiro, RJ, UFRJ. 1998, 94p.
28. Kufel, I., Kufel, L. Eutrophication processes in a shallow, macrophyte-dominated lake- nutrient loading to and flow through lake Luknajno (Poland). *Hydrobiologia 342/343*: 387-394, 1997.
29. Lacerda, L.D. Biogeochemistry of heavy metals in coastal lagoons. In: Kjerfve, B. (ed). *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Oceanography Series n. 60. Amsterdam, 1994, p.221-241.
30. Lachavanne, J.B.; R. Juge & J. Perfetta. The consequences of water oligotrophication on macrophytic vegetation of Swiss lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol. 24*: 943-948, 1991.
31. Lamego, A. R. *O Homem e a Restinga* . 2ª ed. Lidador, Rio de Janeiro. 1974. 307p.

Revista SEB Ano 10-2.indd 31 5/7/2007 11:20:44

32. Martin, L., Dominguez, J.M.L.. Geological history of coastal lagoons. In: Kjerfve, B. (Ed.). *Coastal Lagoon Processes*, Elsevier Oceanography Series, 60. Amsterdam, 1994, p.41-68.
33. Moss, B. Engineering and biological approaches to the restoration from eutrophication of shallow lakes in which aquatic plant communities are important components. *Hydrobiologia 200/201:* 367-377, 1990.
34. Oliveira, L.P.H. de. Estudo Hidrobiológico das Lagoas de Piratininga e Itaipú. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz 46(4*):673-718, 1948.
35. Oliveira, L.P.H. de & Krau, L. Observações Biogeográficas Durante a Abertura da Barra da Lagoa de Saquarema. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz 53(2,3 e 4):*435-449, 1955.
36. Oliveira, L.P.H. de; Nascimento, R.; Krau, L., Miranda, A. Observações Biogeográficas e Hidrobiológicas sobre a Lagoa de Maricá. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz 53(2,3 e 4):*171-227, 1955.
37. Palma-Silva, C. Crescimento e produção de *Typha domingensis* Pers. na lagoa Imboassica. In: Esteves, F.A.(ed.) *Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ).* NUPEM/UFRJ. Rio de Janeiro. 1998, p.205-220.
38. Palma-Silva, C. Ecologia de macrófitas aquáticas em uma lagoa costeira sujeita a impactos antrópicos *(Lagoa Imboassica, Macaé, RJ).* Tese de Doutorado, PPG-Ecologia, Rio de Janeio, RJ, UFRJ, 1999, 153p.
39. Palma-Silva, C, Albertoni, E.F, Esteves, F.A. *Eleocharis mutata* L. Roem. et Schult. Subject to drawdowns in a tropical coastal lagoon, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Plant Ecology*, 148:157-164, 2000.
40. Palma-Silva, C, Albertoni, E.F, Esteves, F.A. Clear water associated with biomass and nutrients variation during the growth of a Charophyte stand, after a drawdown in a tropical coastal lagoon. *Hydrobiologia 482*: 79-87, 2002.
41. Palma-Silva, C, Albertoni, E.F, Esteves, F.A. The role of Charophytes primary production in a coastal lagoon subjected to human impacts (RJ, Brazil). *Acta Limnol. Bras,. 14(1)*: 59-69, 2002
42. Palma-Silva, C, Albertoni, E.F, Esteves, F.A. Charophytes as a nutrient and energy reservoir in a tropical coastal lagoon impacted by humans (RJ, Brazil). *Braz. J. Biol.,64(3A)*: 479-487, 2004
43. Palma-Silva, C, Albertoni, E.F, Esteves, F.A. Clonal growth of *Typha domingensis* Pers., subject to drawdowns and interference of *Eleocharis mutata* (L.) Roem. et Schult. in a tropical coastal lagoon (Brazil). *Wet. Ecol. Managem.,13*: 191-198, 2005
44. Panosso, R.F., Attayde, J.L., Muehe, D. Morfometria das lagoas Imboassica, Cabiúnas, Comprida e Carapebus: Implicações para seu funcionamento e manejo. In: Esteves, F.A. (ed.). *Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ).* NUPEM/UFRJ. Rio de Janeiro. 1998, p.91-108.
45. Portielje, R., Roijackers, R.M.M. Primary succession of aquatic macrophytes in experimental ditches in relation to nutrient input. *Aquat. Bot. 50*: 127-140, 1995.
46. Scheffer, M., Redelijkheid, M.R., Noppert, F. Distribution and dynamics of submerged vegetation in a chain of shallow eutriphic lakes. *Aquat. Bot. 47*: 199-216, 1992.
47. Schwarzbold, A., Schafer, A. Gênese e Morfologia das Lagoas Costeiras do Rio Grande do Sul - Brasil. *Amazoniana, 9*: 87-104, 1984.
48. Stephen, D., Moss, B., Phillips, G. The relative importance of top-down and bottom-up control of phytoplankton in a shallow macrophyte-dominated lake. *Freshw. Biol.* 39:699-713, 1998.
49. Timms, R.M. & B. Moss. Prevention of growth of potentially dense phytoplankton populations by zooplankton grazing in the presence of zooplanktivorous fish in a shallow wetland ecosystem. *Limnol. Oceanogr. 29*: 472-486, 1984.

Revista SEB Ano 10-2.indd 32 5/7/2007 11:20:44

DOES CHANGES OCCUR IN THE PHYTAL COMMUNITY OF *CENTROCERAS CLAVULATUM*, DURING A LOW-TIDE PERIOD IN CIGARRAS BEACH, SÃO SEBASTIÃO (SP, BRAZIL) ?

Edisa F.I. Nascimento[1] & Sérgio Rosso[1].

[1]Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia,
Rua do Matão, Travessa 14 nº 321, Cidade Universitária, 05508-900, São Paulo, Brazil.
Phone number: 55 11 3091 7529 – edisa@ib.usp.br

ABSTRACT

Does changes occur in the phytal community of *Centroceras clavulatum*, during a low-tide period in cigarras beach, São Sebastião (SP, Brazil) ? Amongst the abiotic factors that affect the communities that live on the rocky shore can tides, ascent and periodic drop of sea level can be outstanding, in one determined time interval this is important in many animal biological rhythms, as for feeding and the reproductive processes. The aim of this work was to verify if changes in the fital community structure of *Centroceras clavulatum* horizon occur on the Cigarras Beach, São Sebastião area (SP) during a low tide period, as much from a qualitative point of view (great groups) as quantitative (number of individuals). Collections were carried out through March, 11, 2003. Samples were collected at 9:00, 10:00, 11:00 and 12:00 hours. Employed technique was rock shore scraping. Linear and log data Multivariate analyses of ordinance distribution free (NMDS) was done, always on the Bray Curtis distance index basis. Abundance differences between 3 levels of bolt factor, 4 levels of the hourly factor (meiofauna) and 4 levels of the hourly factor (macrofauna), were tested with Variance Distribution free Multivariate Analysis - NPMANOVA (Anderson, 2000) and also with Factorial ANOVA with rank-transformed data (SPSS). In the last case the comparisons were a posteriori done with the of Tukey HSD test. Previously changing data for log (x+1), to minimize large numerical discrepancies. Macrofauna 1,674 individuals and meiofauna 22,972 individuals were found in 20 samples set. In all the samples, in macrofauna average lots, the larger individuals percentage groups that dominated were Polychaeta and Bivalvia. In the meiofauna some Bivalvia, Nauplii, Nematoda, Copepoda Polychaeta groups at different schedules were found. The *Centroceras clavulatum* aggregates an architecture that is greatly differentiated, and a considerable accumulation of base sediment in the filaments can be related with Polychaeta and Bivalvia predominance, since these groups were found in great sediment concentrations. In the case of macrofauna the exploration analysis of ordinance (NMDS) showed, with much clarity the difference in community structure between the first and the second halves of the studied period. In the case of macrofauna, a different observation was undertaken. The ordinance showed a distinction trend between the sample collected in a period of (10:00h and 11:00h) against the extremities, by its similar side by itself. As the results showed, a variation in the *Centroceras clavulatum* structure community was confirmed, mainly because of a certain faunistic groups that was presented in the beginning and the end of the exposition period.

Key words: Community structure, Seaweed, Tidal.

INTRODUCTION

Among marine environments, the rocky shores present an exuberant richness of life, where we can find members of almost all animal phyla. One of the outstanding characteristics of the rocky shores is zonation, which is influenced by both biotic as well as abiotic factors. Amongst abiotic factors,

Revista SEB Ano 10-2.indd 33 5/7/2007 11:20:45

tides are outstanding: the periodic rise and fall of sea level, in a defined time interval. The tides are markedly important in biological rhythm of many animals, as well as in feeding and in reproductive processes.

The most important effect of tides on intertidal organisms and communities is the periodic exposure to air. In order to survive in these environments, phytal organisms must possess adaptations to minimize the lethal or at least limiting stress provoked by this exposure. Among these adaptations, there could be some migration during the lowering tide. The organisms may migrate 1) to the moister parts of algae stems, 2) to lower levels of the intertidal zone, 3) to the sediment frequently accumulated among the algae appressoria and 4) to the pelagial. Any of these migrations can easily produce changes in the community structure.

In the literature, we did not find any title on short-term variations in phytal structure. This was surprising, considering the relevance of this issue when sampling is performed entirely within one low tide period. In phytal field studies, it is important to know the range of variations occurring in a time scale close to the one of the sampling work itself. If this range is large, then temporal variations, for instance in a homogeneous set of sampling stations, could be misunderstood as spatial variations among stations sequentially sampled along a homogeneous period during a single tidal cycle.

This paper enlightens this question dealing with short-term dynamics of these communities, thus giving an important contribution to field research in this area.

The benthic fauna is classified by individual size. The macrofauna is retained by a 0.5mm sieve mesh, the meiofauna, including animals from almost all the marine taxa, pass through the 0.5 mm mesh but is retained by a 0,06mm one. The meiofauna includes small larvae and juveniles of macrofaunal species (03).

In phytal communities, the total meiofaunal number of individuals exceeds the macrofaunal one; considering biomass, the macrofauna exceeds the meiofauna (02).

The most abundant taxa in the phytal macrofauna are generally Amphipoda, Isopoda, Mollusca and Polychaeta. In the meiofauna, the predominant organisms are Copepoda, Nematoda, Ostracoda and Acari, comprising around 98% of the community (03).

The aim of this paper is to describe, from qualitative (large groups) and quantitative points of view, the changes of the structure of ***Centroceras clavulatum*** phytal community, in Cigarras Beach, São Sebastião (SP), during one low-tide period.

MATERIAL AND METHODS

Field Collections

Collections were made on 11/03/2001, on the northern rocky shore of Cigarras Beach, during the low-tide period. All samples were collected at same level in the intertidal zone, at 9:00, 10:00, 11:00 AM and 12:00 PM (5 replicates at each time). This time interval included the full exposure time of the algae at the mentioned intertidal level. The employed technique was complete scraping in a delimited rocky substrate area. Each sample was taken placing a 120 ml pot with a 3.2cm diameter opening (facing down) at the desired level on the *Centroceras clavulatum* bed, and the area corresponding to the pot opening was scraped with a spatula. Formaldehyde 4% was promptly added to the contents in order to fill the pot.

Processing of the collected material

Once in the laboratory, each sample was washed in a series of buckets with a solution of formaldehyde in seawater. Each bucket was emptied on a 0.063mm mesh sieve, in order to concentrate the already preserved fauna.

Material from each sample was classified in a series of four sieves (0.50, 0.25, 0.12 and 0.06 mm) to separate the fauna in different size categories (04). The material retained in each one was preserved in formaldehyde 4% and dyed with Bengal Rose.

The macrofauna and meiofauna were sorted (the 0.06mm sieve mesh material was sub-sampled to ease counting). All counts for the main taxonomic groups were made with a stereomicroscope, at 20x to 100x.

The numbers of individuals were standardized per mg dry weight of the algal fraction of the corresponding sample; samples were dried in an oven, at 100 ^{o}C for 24 hours.

Revista SEB Ano 10-2.indd 34 5/7/2007 11:20:45

Data processing

At first, exploratory multivariate non-parametric ordination analyses (NMDS) were done with raw as well as with log-transformed data, always based on Bray Curtis distance index.

Then, differences in the abundances of large groups, among 3 levels of the factor "sieve" and 4 levels of the factor "time" (for meiofauna), and among 4 levels of the factor "time" (for macrofauna), were tested using non-parametric multivariate variance analysis NPMANOVA (Anderson, 2000) on log-transformed data, and also using Factorial ANOVA on rank-transformed data (SPSS). The "a posteriori" comparisons were made using the Tukey-HSD test.

RESULTS AND DISCUSSION

1674 specimens of the macrofauna and 22.972 of meiofauna, were found in the set of 20 samples. In fact, according to data from literature, the meiofauna surpasses the macrofauna as to number of specimens.

For all schedules, the averaged specific proportions showed that the dominant groups were Polychaeta (72.6% at 9:00 AM; 87.22% at 10:00 AM, 56.7 % at 11:00 AM, 45.22% at 12:00 PM) and Bivalvia (16.66% at 9:00 AM, 3.88% at 10:00 AM, 21.77% at 11:00 AM, 29.04% at 12:00 PM).

As to the meiofauna, the percentages of several groups were more evenly balanced. At 9:00 AM, the main groups were Bivalvia (54.23%), Nauplii (16.03%), Nematoda (10.76%), Copepoda (10.09%) and Polychaeta (6.37%); at 10:00 AM, they were Bivalvia (46.09%), Polychaeta (16.03%), Nematoda (14.44%), Copepoda (13.81%) and Nauplii (6.29%); at 11:00 AM, they were Bivalvia (58.92%), Copepoda (10.97%), Nematoda (10.46%), Polychaeta (8.52%) and Nauplii (7.16%); and finally, at 12:00 PM, the main groups were Bivalvia (66.85%), Nematoda (9.3%), Nauplii (9.38%), Copepoda (8.5%) and Polychaeta (4.04%).

The results presented differ from those commonly found in the phytal of other algae, where generally Amphipoda dominates the macrofauna and Copepoda dominates the meiofauna. The architectural structure of *Centroceras clavulatum* aggregates is quite different from that of other species of algae from which the phytals have already been described (i.e. some species of *Sargassum* and *Amphiroa).* In the case of *Centroceras clavulatum* the considerable accumulation of sediment on the base of the bundle of filaments could be related to the predominance of Polychaeta and Bivalvia, given that these groups were found in high concentration in the sediment. A study of stratification throughout the low-tide period would clarify whether it is a case of migration to the aggregate base during the period of exposure to the air, or whether these organisms are strictly sediment colonizers.

In the case of macrofauna, the exploratory ordination analysis (NMDS) showed very clearly the difference between the first and the second halves of the studied period.

Statistical analysis showed at least one significant difference among samples collected at different times during the morning. By the NPMANOVA, there was no distinction between the 9:00 AM and 10:00 AM samples (p=0,2854); those of 11:00 AM and 12:00 PM were distinct (p=0,0474); all differences between each pair of samples, one from the first half of the studied period and other from the second, were highly significant (0,0075<p<0,0081) Fig. 1.

"Post-hoc" tests employed after processing by ANOVA on ranks indicated Nematoda, Bivalvia and Amphipoda as taxonomic groups which changed their abundances from the first to the second half of the studied period. Gastropoda showed distinct abundance only at 11:00 AM. The remaining groups presented no significant difference throughout the low-tide period.

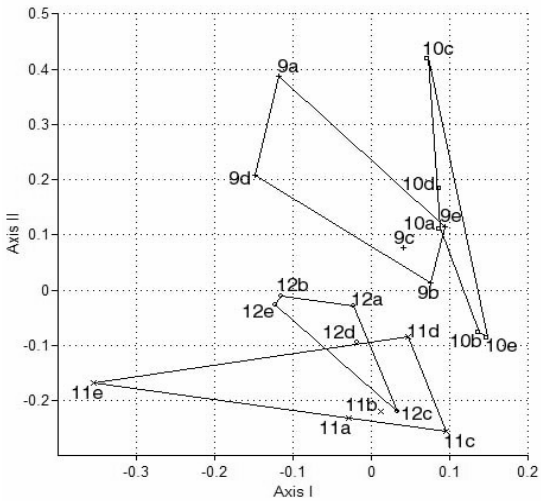

Fig.1- Exploratory ordination analysis (NMDS) showed difference between the first and the second halves of the studied period for Macrofauna of the Cigarras Beach, São Sebastião, SP

Revista SEB Ano 10-2.indd 35 5/7/2007 11:20:45

As to the meiofauna, the ordination analysis showed a tendency towards distinction between the middle of the observation period (10:00 AM and 11:00 AM) and the extremes, these latter being similar amongst themselves. Statistically, by NPMANOVA, there was noted at least one significant difference between hours (p=0,0099) and also among the sieve meshes (p=0,00005), with no significant interaction at the 0.05 level (even though the error probability of rejection of the null hypothesis in this case was not to be disregarded: p=0,1494) Fig. 2.

The corresponding "a posteriori" tests, however, did not reveal any significant differences when hours were compared as pairs.

By Factorial ANOVA on ranks, both schedules as well as sieve meshes revealed some significant differences (p= 0,0005). Some faunistic groups (Copepoda, Polychaeta, Turbellaria and Acari) segregated the schedules 9:00 AM / 12:00 PM on one side, and 10:00 AM / 11:00 AM on the other, in agreement with the multivariate result of NMDS. Bivalvia separated the first half from the second half of the period (as observed in macrofaunal groups) Fig.3.

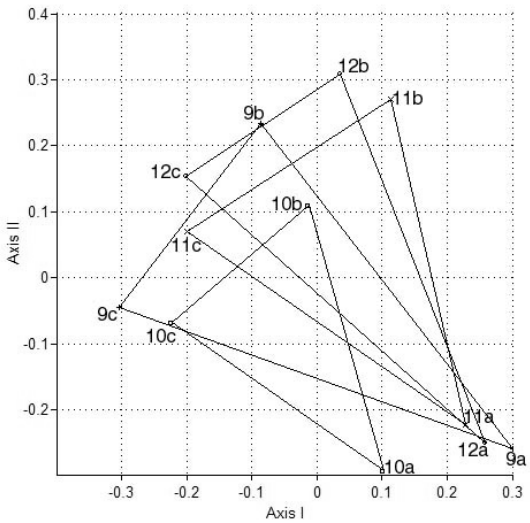

Fig. 2 - Exploratory ordination analysis (NMDS) showed Meiofauna meshes 0,25mm (a), 0,12mm (b), 0,06mm (c), of the Cigarras Beach, São Sebastião, SP

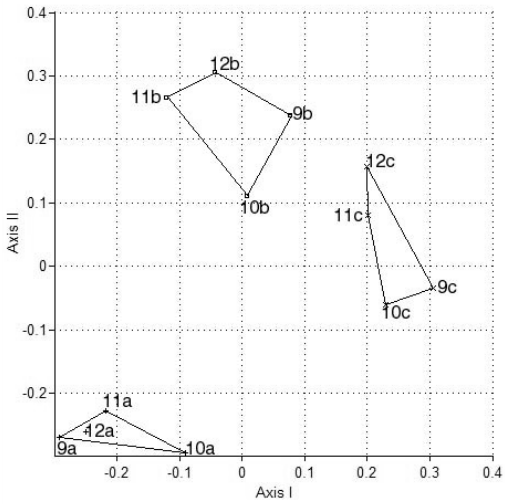

Fig.3 – Exploratory ordination analysis (NMDS) showed Meiofauna time (9h; 10h, 11h, and 12h) of the Cigarras Beach, São Sebastião, SP.

It was shown that the temporal variation in the structure of the phytal macrofaunal community of ***Centroceras clavulatum*** is mainly due to certain faunistic groups, which appear with different abundances at the beginning and at the end of the exposure period. Although in a different temporal pattern, the meiofauna also presented abundance variation in some groups: in these cases, almost as a rule, a change in abundance at extreme low-tide was apparent, the initial and final phases of the period of exposure to air being similar, suggesting that the abundance change at the beginning of a single exposure period is reversed before it's end.

The response of the macrofauna to exposure seems to be slower and changes are not reversed in the same exposure period.

ACKNOWLEDGEMENTS

This paper is part of study of macrofauna and maiofauna of São Paulo University, Ecology Department. A special thanks to CEBIMar and CAPES for financial the project.

RESUMO

Ocorre mudança na comunidade phytal de *Centroceras clavulatum*, durante um período de maré baixa na praia das Cigarras, São Sebastião

Revista SEB Ano 10-2.indd 36 5/7/2007 11:20:45

(SP, Brasil) ? Dentre os fatores abióticos que afetam as comunidades que vivem nos costões rochosos podemos destacar as marés, subida e descida periódica do nível do mar, num determinado intervalo de tempo que é importante no ritmo biológico de muitos animais, tanto para alimentação como para processos reprodutivos. O efeito mais importante das marés sobre os organismos e comunidades da região entre-marés é a exposição periódica ao ar. Para sobreviverem nestes locais os organismos precisam estar adaptados, no caso dos organismos do fital, essa adaptação é fugir do stress hídrico migrando para partes mais úmidas dos talos das algas, ou então para níveis mais inferiores do estirâncio, ou para o sedimento que freqüentemente se acumula entre os apressórios, ou ainda poderiam escapar para o pelagial – alterando-se desta forma a estrutura da comunidade num certo ponto. O objetivo deste trabalho foi verificar se ocorrem mudanças na estrutura da comunidade fital de um horizonte de *Centroceras clavulatum* da praia das Cigarras, São Sebastião (SP) durante um período de baixa-mar, tanto do ponto de vista qualitativo (grandes grupos) como quantitativo (número de indivíduos). As coletas foram realizadas em 11 de março de 2003. As amostras foram coletadas às 9:00, 10:00, 11:00 e 12:00 horas (5 réplicas em cada horário). A técnica empregada foi a da raspagem do costão. Colocou-se um pote de 120 ml com 3,2cm de diâmetro de abertura sobre o tapete de *Centroceras clavulatum,* e o referente à abertura do pote foi raspado com uma espátula. Adicionou-se formol 4% ao conteúdo do pote e este foi transportado para o laboratório. Foram feitas análises multivariadas de ordenação não paramétrica (NMDS) com dados diretos e também com dados log-transformados, sempre com base no índice de distância de Bray Curtis. Diferenças quanto às abundâncias, entre 3 níveis de fator peneira e os 4 níveis do fator horário (meiofauna) e entre os 4 níveis do fator horário (macrofauna), foram testadas por Análise de Variância Multivariada Não Paramétrica – NPMANOVA (Anderson, 2000) e também por ANOVA Fatorial sobre dados *rank*-transformados (SPSS). Neste último caso as comparações a *posteriori* foram feitas pelo teste de Tukey HSD. Previamente transformando-se os dados para log (x+1), para diminuir as grandes discrepâncias numéricas. Foram encontrados 1.674 indivíduos da macrofauna e 22.972 indivíduos da meiofauna no conjunto das 20 amostras. Em todos os horários, na média dos lotes de macrofauna, os grupos que dominaram com maior porcentagem de indivíduos foram Polychaeta e Bivalvia . No caso da meiofauna, foram vários grupos Bivalvia ,Nauplii, Nematoda, Copepoda Polychaeta em diferentes horários. A arrquitetura dos agregados de *Centroceras clavulatum* é bastante diferenciada e o considerável acúmulo de sedimento na base do dos filamentos pode estar relacionada com a predominância de Polychaeta e Bivalvia já que esses grupos foram encontrados em grandes concentrações no sedimento. No caso da macrofauna, a análise exploratória de ordenação (NMDS) mostrou com muita clareza a diferença na estrutura da comunidade entre a primeira e a segunda metades do período estudado. Quanto a meiofauna, o que se revelou foi um tanto diferente. A ordenação mostrou uma tendência à distinção entre o meio do período de observação (10:00h e 11:00h) e os extremos, por seu lado similar entre si. Pelos resultados ficou comprovada a variação na estrutura da comunidade da macrofauna do fital de *Centroceras clavulatum* devido principalmente a certos grupos faunísticos que se fazem representar diferentemente no início e no fim do período de exposição.

Palavras chave: Macroalgas, marés, estrutura da comunidade.

REFERENCES

1 Anderson, M.J. 2000. NPMANOVA: a FORTRAN computer program for non-parametic Multivariat Analisis of variance (for any two factor design) using permutation tests. *Department of Statics.University of Auckland. In press.*

2 Gibbons, M.J. & Griffths, C.L. 1986. A comparison of macrofauna and meiofauna distribution and standing stock across a rocky shore, with an estimate of their productivities. *Mar. Biol*., **93**: 181-188.

3 Hicks, G.R.F. 1985. Meiofauna associated with rocky shore algae. *In:* Moore, P.G. & Seed R., (eds). *The ecology Of rocky coasts*. London, Hodder & Stoughton, p. 36-56.

4 Pfannkuche, O. & Thiel, H. 1988. Sample processing. *In* R.P. Higgns & Thiel eds: *Introduction to the study of meiofauna*. Washington Smithsonian Institution Press. P. 134-135.

Revista SEB Ano 10-2.indd 37 5/7/2007 11:20:45

FAUNA ASSOCIADA À MACROALGAS MARINHAS BENTÔNICAS (RHODOPHYTA E PHAEOPHYTA) DA REGIÃO DE SÃO SEBASTIÃO, SÃO PAULO.

Edisa F.I. Nascimento[1] & Sérgio Rosso[1].

[1]Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia,
Rua do Matão, Travessa 14 nº 321, Cidade Universitária, 05508-900, São Paulo, Brazil.
Phone number: 55 11 3091 7529 – edisa@ib.usp.br

RESUMO

Fauna associada à macroalgas marinhas bentônicas (Rhodophyta e Phaeophyta) da região de São Sebastião, São Paulo. O fital é um habitat do ambiente marinho no qual a composição e a distribuição das plantas e animais diferem de qualquer outro. Nas comunidades fitais geralmente podem-se encontrar organismos pertencentes à macrofauna e à meiofauna. A macrofauna pode ser definida como organismos que ficam retidos na malha de 0,50mm, e a meiofauna, como o conjunto de animais que passam por peneira de malha 0,50mm e ficam retidos em malha de 0,06mm, incluindo representantes de quase todos os táxons marinhos. Também larvas e jovens da macrofauna incluem-se nesta categoria de tamanho e são assim considerados como meiofauna temporária. Este estudo visou avaliar quantitativamente e qualitativamente, em nível de grupos taxonômicos superiores, a macrofauna e a meiofauna associada a 14 espécies de macroalgas das Divisões Rhodophyta e Phaeophyta. Analisamos também, a estruturação das comunidades associadas às macroalgas, em termos de diversidade e dominância. Foram coletadas 5 réplicas de 14 macroalgas marinhas no Costão da praia das Cigarras em São Sebastião. As algas e sua fauna foram identificadas e os testes estatísticos foram realizados através do programs PERMANOVA, SPSS (Correlações não paramétricas entre a Dimensão fractal das imagens dos talos das macroalgas e os atributos da comunidade). Foram encontrados nas duas estações do ano (Janeiro e Julho) um total de 58.590 organismos pertencentes a 21 táxons marinhos. A meiofauna fez-se representar por 18 taxóns e a macrofauna por 19, sendo 39.795 indivíduos no verão e 18.795 indivíduos no inverno. No verão 9.478 são organismos da macrofauna e 30.047 da meiofauna. No inverno a macrofauna foi representada por 4.809 indivíduos e a meiofauna por 13.986 indivíduos. Faz-se necessário ressaltar que 3 espécies de macroalgas *(Bostrychia radicans, Hypnea musciformis e Gracilaria caudata)* não foram encontradas no inverno. As análises estatísticas (PERMANOVA) mostram que a maioria das comunidades presentes, nas 14 macroalgas da Praia das Cigarras de São Sebastião, são diferentes dentro e entre os grupos de cada espécie, como também entre as estações do ano. Médias altas das diferenças, para a Macrofauna, para o fator alga, foram resgistradas pelas algas *Aglaothamnion uruguayense, Bostrychia tenella* e *Hypnea musciformis*, com maior freqüência. Nas correlações, par a par, na interação com o fator alga e estação do ano, para o fator alga, as diferenças diminuem, mas ainda é alta e há diferença na estrutura das comunidades de muitas delas. A maior média das diferenças entre os grupos foi para a alga *Aglaothamnion felipponei.* É alta a diferença para o fator estação do ano. As maiores médias das diferenças são para as algas: *Bostrychia radicans, Gracilaria caudata e Hypnea musciformis.* Para a Meiofauna, a estrutura se repetiu. As maiores médias das diferenças, para o fator alga, foi também da alga *Aglaothamnion felipponei, Bostrychia tenella e Hypnea musciformis.* Nas correlações, para a par, para o fator alga, também as maiores médias das diferenças são para *Aglaothamnion felipponei.* E para o fator estação: *Aglaothamnion felipponei, Bostrychia tenella e Hypnea musciformis.*

Palavras chave: Fital, Macroalgas, Complexidade, Comunidade.

Revista SEB Ano 10-2.indd 38 5/7/2007 11:20:45

INTRODUÇÃO

O termo fital foi proposto por Remane em 1940, derivado do grego "phyton" que quer dizer planta, para designar um habitat marinho dominado por macrófitas, onde coexistem animais e plantas epífitas. Segundo Remane, no ambiente marinho litoral, ao lado do pelagial e do bental, há um terceiro habitat, o fital, este contém não somente vegetais mais também uma fauna séssil e vágil cuja composição e distribuição diferem das do sedimento.

O termo Fital foi elevado à Ecossistema Fital por McRoy e Helfferich (1977) e Massunari e Forneris (1980). Embora estes autores conceituem o termo fital como Ecossistema, neste trabalho consideramos o termo como Comunidade Fital, por acharmos que assim seja melhor representado.

Podemos definir o fital como o conjunto de organismos que colonizam o macrofitobentos. As macrófitas atuam como substrato alojando diversificada flora e fauna.

Neste estudo trabalhamos somente com as macroalgas. Os organismos encontrados no fital podem ser classificados em: Megafauna (animais com comprimento acima de 5 cm), Macrofauna (organismos que são retidos na malha de 0,5mm), Meiofauna (organismos que passam através da malha de 0,5mm e são retidos na malha de 0,06mm) e Microfauna (organismos que passam pela malha de 0,06mm) tanto vágeis como sésseis. Trabalhamos com a macrofauna e a meiofauna vagéis, dando maior ênfase aos organismos da meiofauna vágil.

A importância do fital está intimamente ligada às macrófitas pois elas criam um ambiente mais ameno contra o embate de ondas, são um recurso espacial, são locais de crescimento para muitas espécies de animais de estoques comerciais, além de serem berçários para outras espécies de organismos.

Os principais fatores que interferem na comunidade fital são: luz, hidrodinamismo, temperatura, nível batimétrico, quantidade de sedimento retido nas frondes, cor, textura, arquitetura e compostos químicos das macrófitas, além do perifíton e algas epífitas.

Os táxons da macrofauna mais abundantes no fital são Amphipoda, Isopoda, Mollusca, Polychaeta, e outros. Para a meiofauna, os organismos predominantes são Copepoda, Nematoda, Ostracoda e Acari, além de Turbellaria, Oligochaeta, Rotifera, Tardigrada, Archiannelida, Kinorhyncha e Gnathostomulide (36).

Os Copepoda Harpacticoida ocorrem em maior densidade em ambientes de fital e em sedimentos arenosos e lodosos, são o grupo com maior biomassa e o segundo grupo mais abundante, são superados apenas pelos Nematoda quando há presença de muita matéria orgânica e silte. Variações na distribuição de copepoda são comuns, devido a parâmetros ambientais ou biológicos. (37). As espécies da região entre-marés são encontradas em grande número, mas poucas espécies estão representadas. Com a profundidade o número tende a diminuir e a diversidade de espécie aumenta (26). A abundância e a diversidade de espécies apresentam flutuações sazonais. Essas alterações podem estar relacionadas à mudança de temperatura, quantidade de oxigênio e fatores biológicos (101).

Os objetivos deste trabalho foram o de conhecer, descrever e comparar a comunidade fital de uma variedade de espécies de Rhodophyta e Phaeophyta, comparando sua composição com a complexidade do habitat das algas, ou seja, estabelecer relações entre as características arquitetônicas das macroalgas com a abundância e diversidade da meiofauna do costão da praia das Cigarras em São Sebastião, SP; e reconhecer os grandes grupos da meiofauna.

MATERIAL E MÉTODOS

A fauna foi retirada das macroalgas, as quais foram coletadas na praia das Cigarras durante a baixa-mar nos meses de janeiro/2001 e julho/2001. As algas foram ensacadas e transportadas para o laboratório, onde foram lavadas em uma série de baldes com formol a 4%. No laboratório, as amostras foram lavadas em uma série de baldes com solução de água do mar filtrada com formol. A água dos baldes foi passada por peneira de 63µm para concentrar a fauna já fixada. O material de cada amostra foi lavado e peneirado através de uma série de quatro peneiras (0,50, 0,25, 0,12 e 0,06mm), a fim de separar a fauna em diferentes categorias de tamanho (83). O material retido em cada uma foi preservado em formol 4% corado com Rosa de

Revista SEB Ano 10-2.indd 39 5/7/2007 11:20:45

Bengala. A macrofauna e a meiofauna foram triadas e para a malha de 0,06mm foi empregado o método de quarteamento das amostras. As contagens foram feitas sob estereomicroscópio, em aumento de 20 a 100 vezes, identificando-se os grandes grupos.

Comparamos as comunidades associadas às algas dentro dos grupos e entre os grupos. Para o cálculo das diferenças entre as amostras usamos o programa PERMANOVA (2) Programa para análise de dados multivariados com base na medida de distância de acordo com modelo de ANOVA linear. Dois fatores foram usados, alga e estação do ano. Para as algas foram usados 14 (quatorze) níveis; e para as estações do ano 2 (dois) níveis. No total, foram 140 observações para algas e 19 para as variáveis (espécies) da macrofauna e 18 variáveis para a meiofauna. Foram utilizados dados brutos sem transformação ou estandardização e as diferenças entre grupos foram baseadas na dissimilaridade de Bray-Curtis. Os dados foram testados tanto para a macrofauna como para a meiofauna.

RESULTADOS

Fauna Associada

Os grupos taxonômicos da MEIOFAUNA e da MACROFAUNA encontrados em associação com os talos das macroalgas da Praia das Cigarras em São Sebastião, segundo classificação por Brusca e Brusca (1991), são:

Filo Phatyhelminthes: Classe Turbellaria
Filo Nemertea
Filo Gastrotricha
Filo Kinorhyncha
Filo Nematoda
Filo Sipuncula
Filo Annelida: Classe Polychaeta
Filo Artropoda: Subfilo Chelicerata: Ordem Acarina
Classe Pycnogonida
Classe Insecta
Sub Filo Crustacea
Classe Malacostraca: Ordem Decapoda: Família Majidae
Ordem Harpacticoida
Classe Malacostraca
Superordem Peracarida
Ordem Amphipoda
Ordem Tanaidacea
Subordem Caprellidea
Filo Tardigrada
Filo Mollusca: Classe Bivalvia; Classe Gastropoda
Filo Equinodermata: Sub classe Stelleroidea; Sub classe Ophiuroidea

Organismos do Fital

Foram encontrados nas duas estações do ano (Janeiro e Julho) um total de 58.590 organismos pertencentes a 21 táxons marinhos. A meiofauna fez-se representar por 18 táxons e a macrofauna por 19 (39.795 indivíduos no verão e 18.795 indivíduos no inverno). No verão, 9.478 foram organismos da macrofauna e 30.047 da meiofauna. No inverno a macrofauna foi representada por 4.809 indivíduos e a meiofauna por 13.986 indivíduos. Faz-se necessário ressaltar que 3 espécies de macroalgas *(Bostrychia radicans, Hypnea musciformis e Gracilaria caudata)* não foram encontradas no inverno. Foram coletadas 5 réplicas de 14 macroalgas em cada uma das duas estações do ano.

Macrofauna:

Os resultados da Análise de variância multivariada foram altamente significativos ($p=0.0001$) para alga e para estação do ano (tabela 1).

Considerando a significância das interações foram feitas comparações entre algas para cada estação e entre estações para cada espécie de alga. Comparações *à posteriori* foram testadas, par a par, para o fator alga e o resultado foi significativo para a maioria.

Na média de todos os talos de cada espécie de macroalga, a riqueza de espécies mais alta, para a macrofauna foi encontrada em: *Sargassum cymosum* (8.5 espécies); *Padina gymnospora* (6.7 espécies); *Chondrophycus papillosus* (6.7 espécies); *Acanthophora spicifera* (6.7 espécies); *Gracilaria caudata* (5.2 espécies).

As diversidades mais elevadas foram encontradas em: *Dictyota cervicornis* (4,1) *Chondrophycus papillosus* (3,98); *Padina gymnospora* (3,9); *Acanthophora spicifera* (3,8); *Sargassum cymosum* (3,7).

As dominâncias (Pielou) mais acentuadas foram de: *Hypnea musciformis* (0,87); *Bostrychia radicans* (0,63); *Aglaothamnion uruguayense* (0,45);

Revista SEB Ano 10-2.indd 40 5/7/2007 11:20:45

Pterocladiella capillacea (0,43); *Spatoglossum schroederi* (0,38).

No estudo em questão também foram realizadas análises de correlações não paramétrica para o conjunto de todas as variáveis (SPSS, Spearman).

A riqueza de espécies teve correlação altamente significativa com: Dominância de Pielou (rs= -0,29; p=0.001) com número de indivíduos de Bivalvia (rs=0,40; p=0.000); Brachiura (rs=0,27;p=0.002) Nematoda (rs=0,41;p=0.000)); Ofiuroidea (rs=0,24;p=0.008); Pantopoda (rs=0,42; p=0.000); Polychaeta (rs=0,45; p=0.000); Turbellaria (rs=0,53; p=0.000); Nemertea (rs=0,26; p=0.003).

A Diversidade de Shannon (Hill) teve correlação altamente significativa com a riqueza de espécie (H'=0,77; p=0.000); Dominância (H'=-0,78; p=0.000); com o número total de Acari (H'=0,26; p=0.003); Bivalvia (H'=0,55; p=0.000); Nematoda (H'=0,49; p=0.000); Polychaeta (H'=0,48; p=0.000) e Turbellaria (H'=0,46; p=0.000); Nemertea (H'=0,28; p=0.002).

Os valores médios de Dominância tiveram uma correlação altamente significativa com a riqueza de espécies (-0,29; p=0.001); com a diversidade Shannon (d=-0,78; p=0.000); Acari (d=-0,24 p=0.008); Amphipoda (d=0,24; p=0.008); Bivalvia (d=-0,44; p=0.000); Nematoda (d=-0,30; p=0.001); Polychaeta (d=-0,31; p=0.001).

O número total de indivíduos mostrou uma correlação altamente significativa com: Amphipoda (0,61; p=0.000); Copepoda (0,27; p=0.003); Gastropoda (0,29; p=0.001); Isopoda (0,25; p=0.004); e com Polychaeta (0,43; p=0.000).

Meiofauna

As mesmas análises estatísticas foram rodadas para a meiofauna e o resultado também foi altamente significativo para o fator alga e estação do ano (p=0.0001).

Na média de todos os talos de cada espécie de macroalga, a riqueza de espécie mais alta, para a Meiofauna, foi: ***Acanthophora spicifera*** (10.3 espécies)***; Padina gymnospora*** (10.2 espécies); ***Chondrophycus papillosus*** (9.9 espécies); ***Gracilaria caudata*** (9.6 espécies) e ***Sargassum cymosum*** (9.2 espécies).

As maiores médias de Diversidade foram em: *Gracilaria caudata* (5.6); *Acanthophora spicifera* (5.4); *Pterocladiella capillacea* (5.2); *Chondrophycus papillosus* (5***); Aglaothamnion felipponei*** (5).

As maiores Dominância foram encontradas em *Sargassum cymosum* (0,43); *Spatoglossum schroederi* (0,38); *Padina gymnospora* (0,36); *Hypnea musciformis* (0,33).

Na análise de correlação para todos os dados, Spearman, foram obtidos resultados altamente significativos da riqueza de espécies com: dominância (rs=0,37; p=0.000); total de indivíduos na amostra (rs=0,45; p=0.000); Acari (rs=0,34; p=0.000); Polychaeta (rs=0,45; p=0.000); Turbellaria (rs=0,60; p=0.000); Nemertea (rs=0,31; p=0.000); Amphipoda (rs=0,29; p=0.001); Bivalvia (rs=0,60; p=0.000); Copepoda (rs=0,38; P=0.000); Gastropoda (rs=0,56; p=0.000); Isopoda (rs=0,53; p=0.000); Mollusca (rs=0,40; p=0.000); Nauplii (rs=0,36; p=0.000); Nematoda (rs=0,42; p=0.000); Organismos não identificados (rs=0,53; p=0.000) e Ostracoda (rs=0,60; p=0.000).

A diversidade teve correlação altamente significativa com: a dominância (H'=-0,39; p=0.000); Polychaeta (H'=0,37; p=0.000); Turbellaria (H'=0,42; p=0.000); Amphipoda (H'=0,35; p=0.000); Bivalvia (H'=0,34; p=0.000); Gastropoda (H'=0,32; p=0.000); Isopoda (H'=0,35; p=0.000); Organismos não identificados (H'=0,28; p=0.002) e Ostracoda (H'=0,36; p=0.000).

A dominância teve correlação altamente significativa com riqueza de espécies (d=0,38; p=0.000); diversidade (d=-0,39; p=0.000); com o número total de indivíduos (d=0,37; p=0.000); Copepoda (d=0,28; p= 0.001); Nauplii (d=0,43; p=0.000) e significativa com Bivalvia (d=0,26; p=0.004) e Organismos não identificados (d=0,24; p=0.008).

O número total de indivíduos mostrou uma correlação altamente significativa com: a riqueza de espécies (0,45; p=0.000), dominância (0,37; p=0.000); Acari (0,64; p=0.000); Polychaeta (0,70; p=0.000); Turbellaria (0,66; p=0.000); Bivalvia (0,48; p=0.000); Copepoda (0,87; p=0.000); Gastropoda (0,43; p=0.000); Nauplii (0,73; p=0.000); Nematoda (0,87; p=0.000) e Ostracoda (0,58; p=0.000).

Revista SEB Ano 10-2.indd 41 5/7/2007 11:20:46

Tabela 01 - Resultados da PERMANOVA para a Macrofauna e Meiofauna (Permutational Multivariate Analysis of Variance)

	Macrofauna		Meiofauna	
Source	P(perm)	P(MC)	P(perm)	P(MC)
al	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
es	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
alxes	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Total	139	488647.8303	139	486313.8539

DISCUSSÃO

Comparar trabalhos de fital é uma tarefa difícil uma vez que as metodologias (tipo de coleta: mergulho autônomo ou livre; raspagem do costão ou ensacamento das algas, densidade dos indivíduos: peso seco ou volume; estações do ano, número de coletas, número de réplicas, etc.) empregadas são variadas e isto torna a comparação muito confusa e de difícil conclusão.

Alguns autores analisaram o número de indivíduos por peso úmido (95; 64; 52; 32; 18), outros por peso seco de alga (11; 95; 12), por número de indivíduos por volume de alga (69, 12) ou o número de indivíduos por área de superfície de rocha (36; 8; 62; 82; 3; 25; 27; 9; 64; 89), sendo o peso seco a medida mais utilizada pelos pesquisadores no estudo de algas.

As densidades de indivíduos encontradas nas 14 macroalgas foram diferentes umas das outras. Os táxons mais representativos foram para a macrofauna: Amphipoda, Polychaeta e Bivalvia, já para a meiofauna foram: Copepoda, Nematoda e Nauplii, coincidindo com os dados da literatura onde vários autores apontam a dominância de Amphipoda para a macrofauna (10; 25) e Copepoda para a meiofauna (13; 11; 9; 34; 4).

Alguns trabalhos realizados no Brasil mostraram que para a macrofauna os crustáceos predominam e entre eles principalmente os Amphipoda.

Trabalhos fora do Brasil também constataram o exposto acima como o trabalho realizado na África do Sul com 10 espécies de algas, o táxon dominante foi Amphipoda (25); Outro trabalho foi realizado, em Gangavaram, na Índia, com 8 espécies de algas. Amphipoda também dominou nas amostras (70 e 71).

No presente trabalho constatou-se que no verão e no inverno dominaram em: *Centroceras clavulatum* Polychaeta (50%) no verão, e Bivalvia (41%) no inverno; *Aglaothamnion felipponei,* Amphipoda no verão (98%) e no inverno (96%) *Gracilaria caudata,* Polychaeta (42%) no verão, não ocorrendo a alga no inverno; *Pterocladiella capillacea*, Amphipoda (83%) no verão e (43%) no inverno; *Aglaothamnion uruguayense,* Amphipoda (71%) no verão e Polychaeta (54%) no inverno; *Chondrophycus papillosus,* Amphipoda (63%) no verão e no (37%) inverno; *Hypnea musciformis,* Amphipoda (97%) no verão, não ocorrendo a alga no inverno*; Dictyota cervicornis*, Polychaeta (46%) no verão e Amphipoda (56%) no inverno; *Bostrychia radicans*, Amphipoda (89%) no verão e não ocorrendo a alga no inverno; *Padina gymnospora,* Ploychaeta (48%) no verão e Polychaeta (45%) no inverno; *Bostrychia tenella,* Larva de inseto (36%) no verão e Bivalvia (50%) no inverno; *Spatoglossum schroederi,* Amphipoda (44%) no verão e Copepoda (65%) no inverno; *Acanthophora spicifera,* Amphipoda (67%) no verão e (53%) no inverno; *Sargassum cymosum,* Amphipoda (63%) no verão e Copepoda (46%) no inverno.

Comparando-se resultados de outro trabalho a alga *Sargassum* sp para a Macrofauna onde foi encontrado para a Riqueza de espécie, valor (7 espécies), os valores encontrados para *Sargassum cymosum* (8,5 espécies), na Praia das Cigarras, em São Sebastião, foram mais altos do que os encontrados na Ponta da Fortaleza, em Ubatuba, tanto para riqueza de espécies, quanto para a diversidade ***Sargassum*** sp**.** (2,16 – Ponta de

Revista SEB Ano 10-2.indd 42 5/7/2007 11:20:46

Fortaleza), *Sargassum cymosum* (3,7 – Praia das Cigarras); Para a dominância os resultados foram maiores para *Sargassum* sp. (0,79) do que para *Sargassum cymosum* (0,39).

Meiofauna

Dos 33 filos de metazoários bentônicos 22 fazem parte da meiofauna. São representantes exclusivamente da meiofauna Gastrotricha, Gnathostomulida, Kinorhyncha, Lolicifera e Tardigrada

A meiofauna é sempre mais abundante do que a macrofauna. A meiofauna ocupa um grande número de habitat, incluindo algas, fendas de rochas e animais sésseis. Eles alcançam consideráveis densidades no fital e a morfologia da alga, idade, condição e distribuição determinam largamente a abundância, distribuição e composição da meiofauna (14; 102; 64; 35; 36; 29; 30; 20; 21; 22).

Trabalhos com a fauna vágil de *Sargassum cymosum,* da Praia do Lázaro, Ubatuba, SP, onde foram coletadas 5 frondes através de mergulho livre, na primavera, verão, outono e inverno, os principais grupos encontrados foram: Bivalvia, Isopoda, Tardigrada, Turbellaria, Polychaeta, Gammaridea, Gastropoda, Ostracoda, Acari, Nematoda e Copepoda (13). A densidade média foi de 502,9 a 2706,6 ind 20ml. A maior abundância foi Nauplii de Copepoda, Copepoda e Nematoda, na ordem.

No trabalho coma fauna vágil de *Pterocladiella capillacea* da Ilha do Mel, em Paranaguá, PR. foram encontrados 16 grupos: Foraminífera, Turbellaria, Nemertea, Nematoda, Polychaeta, Gastropoda, Prosobranchia, Gastropoda Opistobranchia, Pcnogonida, Copepoda, Tanaidacea, Amphipoda, Gammaridea, Caprellidea Decapoda Reptantia, Echinodermata, Ophiuroidea, sem distinção de malha a partir da 0,65mm para a meio e macrofauna, sendo a densidade máxima de indivíduos em agosto (514,15 ind.g^{-1}). Copepoda foi o grupo dominante, o autor justifica a pobreza da fauna à falta de sedimento acumulado (18).

Trabalhos fora do Brasil, foram realizados com *Ascophylum nodosum,* no Canadá, e predominaram Foraminifera, Nematoda e Copepoda (44); com *Ulva, Gracilaria, Hypnea e Enteromorpha,* na Carolina do Sul, USA, Copepoda dominou entre a fauna permanente (11); Estudos com *Fucus,* na Alemanha, Nematoda dominou (77); Trabalhou com apressórios de Kelp, em U.K., Nematoda dominou (65); estudo com 3 espécies de algas vermelhas, no mar Báltico Ostracoda e Copepoda predominaram(46); Na Nova Zelândia estudos coma alga *Corallina,* constaram a predominância de Copepoda (33,34); Na África do Sul, em 9 espécies de algas estudadas Copepoda foi o mais predominante (4). Em Stanggford Lough's, estudos com *Fucus serratus*, observou –se a dominância de Nematoda, Ostracoda, Copepoda e Turbellaria (5); em Washington, USA, e Amphipoda e Gastropoda foram os mais abundantes taxa (75); Em Bergen, Norway, estudos com *Coralina officinalis* Amphipoda dominou em lugares mais expostos (16).

Neste trabalho os organismos que dominaram na meiofauna foram: Em *Centroceras clavulatum* Bivalvia (26%) dominou no verão e Copepoda (41%) no inverno; *Aglaothamnion felipponei,* Nematoda (30%) no verão e Copepoda (27%) no inverno; *Gracilaria caudata,* Bivalvia (35%) no verão não ocorrendo a alga no inverno; *Pterocladiella capillacea*, Copepoda (34%) no verão e (25%) no inverno; *Aglaothamion uruguayense,* Nauplii (41%) verão Copepoda (47%) no inverno; *Chondrophycus papillosus,* Nauplii (39%) no verão e Nematoda (45%) no inverno; *Hypnea musciformis,* Bivalvia (53%) no verão, não ocorrendo a alga no inverno*; Dictyota cervicornis,* Nematoda (31%) no verão e (42%) no inverno; *Bostrychia radicans,* Nauplii (40%) no verão e não ocorrendo a alga no inverno; *Padina gymnospora,* Copepoda (39%) no verão e Nematoda (47%) no inverno; *Bostrychia tenella,* Nematoda (27%) no verão e Acari (28%) no inverno; *Spatoglossum schroederi,* Nauplii (41%) no verão e (60%) no inverno; *Acanthophora spicifera,* Copepoda (32%) no verão e Nematoda (49%) no inverno; *Sargassum cymosum*, Copepoda (37%) no verão e Nauplii (77%) no inverno.

Os Copepoda Harpacticoida, que tiveram sua maior representação dentro da meiofauna, são típicos de fital. Alguns gêneros possuem adaptações dos maxilípedes e do primeiro par de patas para se locomoverem nos ramos e interstícios das algas.

Os copépodos possuem seis estágios de náuplios e seis estágios de copepodito. Náuplios de copepoda predominaram na meiofauna, no inverno, nas algas *Spatoglossum schroederi e Sargassum cymosum* e no verão em *Aglaothamnion*

Revista SEB Ano 10-2.indd 43 5/7/2007 11:20:46

uruguayense, Bostrychia radicans e Spatoglossum schroederi, os quais estiveram presentes em todas as amostras e assim colaborando numericamente no total dos organismos do fital.

Neste estudo foram identificados 8 espécies de Copepoda Harpacticoida**,** *Scutellidium longicauda, Laophonte inornata, Orthopsyllus lineares, Thalestris longimana, Harpacticus pulvinatus, Ectinosoma melaniceps, Diarthrodes nobolis e Tegastes* sp**.,** todos são Copepoda encontrados em ambientes do fital.

No estudo realizado na Carolina do Sul, deixa claro que Copepoda Harpacticoida é o taxon dominante na meiofauna permanente (11), e lista outros trabalhos mostrando a dominância dos taxa da meiofauna onde pode-se observar que Copepoda Harpacticoida é típico de comunidades de fital onde a quantidade de silte e detritos acumulados nas algas é baixo (33; 64).

Quando as frondes, os apressórios e as lâminas apresentam grande retenção de silte e detritos, a fauna típica de muitos sedimentos é Nematoda (48). Aumentando a área de superfície (complexidade) o substrato do fital geralmente coincide com o aumento do número de espécies (34; 35).

Em termos do número de indivíduos por peso seco de alga, foi encontrado para a alga *Sargassum cymosum* de 193,4 a 1.041ind.g^{-1}, em Ubatuba (13); Em *Sargassum* sp, foi encontrado de 6,94 a 7,34 ind.g^{-1}, também em Ubatuba (95). Na Praia das Cigarras em São Sebastião foram encontrados, em *Sargassum cymosum*, no verão, 10 a 51 ind.g^{-1} de macrofauna e de 40 a 132 ind.g^{-1} de meiofauna; no inverno, foram obtidos de 87 a 184 ind.g^{-1} de macrofauna e de meiofauna de 319 a 1045ind.g^{-1}. Valores estes que estão dentro dos encontrados em Ubatuba, SP.

Em estudos realizados no Paraná com a macrofauna, encontro-se em *Pterocladiella capillacea* 514,15 ind.g^{-1} de peso úmido (18). No presente trabalho encontramos, no verão e no inverno para a macrofauna e para a meiofauna, 432,84 ind.g $^{-1}$ de peso úmido. Valores próximos aos encontrados no Paraná.

Com relação ao peso seco encontramos para a macrofauna, no verão de 60 a 558 ind.g^{-1} e para a meiofauna 62 a 385ind.g^{-1}; No inverno foram encontrados para a macrofauna 36 a 125 ind.g^{-1} e para a meiofauna 54 a 183ind.g^{-1} de peso seco.

Os resultados mostram que a estação do ano verão difere do inverno no conjunto das algas. Muitas algas são diferentes entre si como também as suas comunidades, isto pode estar ligado a vários fatores bióticos e abióticos como:

(1) Acúmulo de epífitas (42; 44; 11; 63; 9; 104; 32; 99; 72; 45; 20 e 31). Algumas algas do estudo apresentaram um certo grau de epiftismo. As epífitas mais freqüentes foram: *Hypnea musciformis, Corallina officinales, Aglaothamnion uruguayense, Gymnogongrus griffithisae e Ulva lactuca.* Estas epífitas foram encontradas nas algas: *Aglaothamnion felipponei, Sargassum cymosum, Pterocladiella capillacea, Acanthophora spicifera e Hypnea musciformis.*

Microalgas também foram encontradas em grandes quantidades em *Aglaothamnion felipponei e Aglaothamnion uruguayense.* As Diatomaceas mais freqüêntes foram: *Podosira sp, Licmophora sp e Bidulphia pulchella;* A Diatomacea *Bidulphia pulchella* formou grandes cordões envolvendo os talos de *Aglaothamnion felipponei* colaborando para o aumento da complexidade estrutural.

(2) Temperatura (51; 52; 46; 32; 31). As temperaturas da água nos meses de coletas ficaram bem próximas, sem muita variação. A temperatura do mês de Janeiro ficou em 23,4°C, para dia o 22/01/2001 e em Julho 23ºC, para o dia 17/07/2001.

Não foram registradas entradas de frentes frias no período da coleta e as salinidades se mantiveram em torno de 34°/oo nos dois períodos de coleta. Predominou em janeiro o vento de Sul e a Corrente Sul F1; em julho o vento que predominou foi de Norte e a Corrente Norte F1.

(3) Dessecação (31;9). Durante as coletas, em São Sebastião, observamos a exposição dos talos das macroalgas durante a maré baixa, uma vez que, era necessário esperar a maré baixar para que a coleta fosse realizada. As coletas de inverno, com a maré em 00, coincidiram com o período da manhã e as marés de verão, quando as macroalgas receberiam maior insolação, as marés 00 foram noturnas, fazendo com que a dissecação dos talos fosse mais branda.

(4) Sedimentos e detritos acumulados (14;103; 79; 65; 89; 71). Dependendo do método escolhido para o estudo do fital, incluímos mais ou menos sedimento na amostra, além do sedimento

Revista SEB Ano 10-2.indd 44 5/7/2007 11:20:46

normalmente depositado nas frondes. Quando a metodologia é a da raspagem do costão, incluímos na amostra organismos que passam a sua vida, ou parte dela neste substrato. Quando ensacamos, ou seja, coletamos as algas sem raspar o costão, estamos automaticamente eliminando estes organismos da amostra.

Um trabalho paralelo com *Centroceras clavulatum***,** realizado em março de 2001, mostrou claramente a dominância do taxa Bivalvia com a metodologia da raspagem do costão, sendo que para o estudo atual a dominância foi de Copepoda para a meiofauna tanto no verão (26%) quanto no inverno(41%) e para a Macrofauna, de Polychaeta (42%) no verão e Bivalvia (40%) no inverno, e a metodologia empregada foi a de ensacamento das algas.

Algumas algas mostraram uma certa quantidade de sedimento retido nas frondes, como por exemplo: *Padina gymnospora, Chondrophycus papillosus, Dictyota cervicornis e Centroceras clavulatum,* principalmente nas malhas de 0,12µm e 0,06µm. As amostras da alga *Acanthophora spicifera* em julho, retiveram uma quantidade maior de matéria orgânica do que as do mês de verão.

Devido à quantidade de sedimento retido em *Padina gymnospora, Centroceras clavulatum e Dictyota cervicornis* podemos inferir a dominância do taxa Polychaeta e Bivalvia nas amostras do verão, para a macrofauna.

Na meiofauna, a dominância foi de Nematoda em: *Dictyota cervicornis, Bostrychia tenella e Aglaothamnion felipponei,* no verão e em *Acanthophora spicifera, Chondrophycus papillosus, Dictyota cervicornis e Padina gymnospora,* no inverno.

Mas a maioria dos talos das macroalgas apresentaram pouca retenção de sedimento, o que comprova a dominância de Amphipoda para a macrofauna e de Copepoda para a meiofauna. Estes grupos são característicos de algas com pouco sedimento retido.

(5) Exposição às ondas (16; 98) e (6) Hidrodinamismo (19; 15; 103; 93;76; 79; 16; 17; 87; 74; 66; 68; 105; 23; 84). A Praia das Cigarras está exposta a um grau médio de hidrodinamismo, e ao movimento de embarcações de pescadores.

(7) Turbidez (43; 6835). Além do hidrodinamismo outros fatores podem provocar a turbidez. A Praia das Cigarras está exposta a vários fatores antrópicos, um deles é o lançamento de esgoto, através de um emissário submarino existente no local. Esse lançamento de dejetos pode trazer turbidez e poluição para a Praia das Cigarras. O Polychaeta, *Ctenodrillus serratus,* encontrado em áreas poluídas, foi encontrado nas amostras coletadas nos dois períodos do ano (verão e inverno).

O outro fator antrópico, comum na região da Praia das Cigarras, é o derramamento de petróleo que pode afetar a fauna local. Em novembro de 2000, no dia 25 de dezembro, dois meses antes da primeira coleta, ocorreu um derramamento de petróleo na região, mas conforme mostram os resultados não afetou a fauna da Praia das Cigarras ou se afetou houve uma rápida recuperação.

(8) Altura da maré (9; 102; 87). No trabalho realizado com *Centroceras clavulatum,* constatou-se nitidamente a influencia da maré na estrutura da comunidade. Coletas foram realizadas de uma em uma hora, entre o inicio da baixa-mar e a sua subida. A análise exploratória de ordenação (NMDS) mostrou com muita clareza a diferença na estrutura da comunidade entre a primeira e a segunda metade do período para a macrofauna.

A meiofauna revelou-se um pouco diferente. A ordenação mostrou uma tendência a distinção entre o meio do período de observação (10:00h e 11:00h) e os extremos, por seu lado similar entre si.

(9) Migração dos animais (90; 54; 55; 56; 57; 27; 99). No Brasil pouquíssimos estudos com a migração do fital foram realizados entre eles podemos destacar o de Montouchet (1979);

(10) Flutuações da alga e do fital (24; 47; 48; 39; 32; 64; 74; 50; 100; 28; 62; 31; 96; 33; 44; 94; 90; 32;64). Neste estudo, não foi realizado trabalho de sazonalidade mas, como se sabe da literatura, as algas passam por períodos de brotamento, crescimento, fase reprodutiva e senescência. Durante as coletas foi observado o comportamento das algas no ambiente em estudo. Das quatorze macroalgas selecionadas para este trabalho, três delas foram encontradas somente no verão: *Gracilaria caudata, Hypnea musciformis e Bostrychia radicans.*

Observações foram realizadas de

Revista SEB Ano 10-2.indd 45 5/7/2007 11:20:46

novembro de 2000 a setembro de 2001, período que abrangeu a coleta. A coleta preliminar aconteceu em novembro de 2000, neste período a alga *Gracilaria caudata* não foi encontrada, aparecendo somente no mês de janeiro juntamente com a alga *Levringea brasilienses*. Em março as algas *Caulerpa racemosa, Caulerpa sertularioides, Hypnea musciformis e Levringea brasiliensis* desaparecem. Em julho foi observado a existência de pouca *Caulerpa racemosa* , ao contrário do mês de março, quando esta cobria grande parte dos blocos de rochas do costão. A alga *Levringea brasiliensis* não foi encontrada neste período. Em setembro as algas *Gracilaria caudata, Colpomenia sp. e Galaxaura marginata* foram encontradas; *Levringea brasiliensis* não foi encontrada *e Acanthophora spicifera, Centroceras clavulatum e Caulerpa sertularioides* foram encontradas em pequenas quantidades.

Esta observação sugere que, para algumas algas e sua fauna acompanhante, existe um período de presença e ausência no ambiente. Ao contrário de outras algas, como *Sargassum cymosum,* que ocorre na Praia das Cigarras o ano todo, sua flutuação sazonal pode estar ligada ao aumento ou diminuição das frondes causados por fatores bióticos, como por exemplo predação (Herbivoria).

(11) Estrutura da alga (102; 58; 1;97). Como observamos acima, em vários trabalhos já realizados, a estrutura da comunidade fital pode variar frente a diversos fatores. No nosso estudo, para a macrofauna, dentre os grupos que ocorreram nas amostras, Larvas de peixes e Mollusca não estiveram presentes nas amostras de inverno e Oligochaeta não esteve presente nas amostras de verão. Para a meiofauna Oligochaeta também não esteve presente nas amostras de verão.

As algas diferem uma das outras, umas são foliáceas, outras filiformes, outras ramificadas e até filamentosas. Dentre as algas estudadas encontramos algas foliosas como *Spatoglossum schroederi e Padina gymnospora;* algas em forma de tufos e filiformes como *Centroceras clavulatum, Aglaothamnion felipponei e Aglaothamnion uruguayense;* em forma de fita como *Dictyota cervicornis*, tubulares como *Gracilaria caudata* e *Hypnea musciformis*, ramificadas como *Bostrychia tenella, Bostrychia radicans* e tubulares achatadas como *Pterocladiella capillacea;* tubulares com ramulos curtos *Acanthophora spicifera e Chondrophycus papillosus;* Cilíndrica e foliácea como *Sargassum cymosum.*

Neste trabalho ficou comprovado que, no conjunto dos dados, a maioria das algas em estudo diferem entre si, tanto no verão como no inverno. A alga que apresentou maior média das diferenças foi *Aglaothamnion felipponei,* podemos inferir que é devido a sua arquitetura já que, é uma planta que forma densos tufos, com filamentos ramificados e emaranhados em seus ápices, podemos notar ramos recurvados. Esta alga apresentou muitas diatomáceas epífitas principalmente *Bidulphia pulchella.*

(12) Compostos químicos: pesquisas em ecologia química é um ramo novo no Brasil, podemos destacar os trabalhos realizados por Renato Crespo Pereira, Bernardo A P. da Gama e Valéria L Teixeira da Universidade Federal Fluminense e seus seguidores, os quais vêem isolando compostos químicos de valores inestimáveis tanto para o estudo da ecologia como também em biomedicina.

Um trabalho inicial, com o isolamento de compostos secundários de 4 macroalgas do estudo foi realizado, estes compostos foram classificados e serão agora testados em experimentos de herbivoria, que será uma proposta para um Pós-doutorado.

CONCLUSÃO

As análises estatísticas (PERMANOVA) mostram que a maioria das comunidades presentes, nas 14 macroalgas da Praia das Cigarras de São Sebastião, são diferentes dentro e entre os grupos de cada espécie, como também entre as estações do ano.

Médias altas das diferenças, para a Macrofauna, para o fator alga, foram registradas pelas algas *Aglaothamnion uruguayense, Bostrychia tenella e Hypnea musciformis,* com maior freqüência.

Nas comparações, par a par, do fator alga com o fator 1 da estação do ano (verão), as diferenças diminuem, mas ainda é alta e há diferença nas estruturas das comunidades de muitas delas. A maior média da diferença entre os grupos foi para a alga *Aglaothamnion felipponei.* É alto o número de diferenças para o fator alga com o fator 2 (inverno) da estação do ano. As maiores médias de diferenças

Revista SEB Ano 10-2.indd 46 5/7/2007 11:20:46

são para as algas: *Bostrychia radicans, Gracilaria caudata e Hypnea musciformis*

Para a Meiofauna, a estrutura se repete. As maiores médias das diferenças, para o fator alga, foram também da alga *Aglaothamnion felipponei, Bostrychia tenella e Hypnea musciformis.*

Nas comparações, para a par, para o fator alga, com o fator 1 da estação do ano (verão) também as maiores médias das diferenças são para *Aglaothamnion felipponei*. E para o fator 2 (inverno) da estação do ano: *Aglaothamnion felipponei, Bostrychia tenella e Hypnea musciformis.*

Os táxons Ophiuroidea, Crustácea (Decapoda), Oligochaeta e Larvas de peixes só ocorreram na Macrofauna e os Kinorhyncha e Nauplii, só na Meiofauna.

O atributo da comunidade, riqueza de espécies, no presente trabalho alcançou valores altos comparados a outros trabalhos já realizados.

AGRADECIMENTO

Ao CEBIMar, a CAPES e ao Departamento de Ecologia da USP.

ABSTRACT

The fauna associated to marine benthonic macroalgae (Rhodophyta and Phaeophyta) from the São Sebastião region, São Paulo, Brazil. The fital is one of the marine habitat environments in which plant and animal composition and the distribution differ from one another. The plant substratum can be a marine seaweed, a marine seagrass or a lichens that serves as its places of feeding and living. In fital communities, macrofauna and meiofauna pertaining organisms can be found. The macrofauna can be defined as organisms that are retained in the 0,50mm mesh, and meiofauna as the set of animals that pass throught a 0,50mm and are retained in 0,06mm mesh including almost all representative marine taxa. Also macrofauna larvae and young organisms are included in this category of size, and thus are considered as temporary meiofauna (Hicks, 1985). The habitat differentiated perception and use by organisms of different classes of size are common among marine invertebrates. Larger spaces are available for small animals, and in complex environments some shelters are available for these organisms, thus increasing its population based on how much bigger the habitat complexity. Is thus class size of community individuals and natural of distribution will be able to reflect the complexity of the substrata structure that they are associated with. The am of this study is to evaluate quantitatively and qualitatively the superior taxonomic groups level, and macrofauna and meiofauna associated with 14 seaweed species of Rhodophyta and Phaeophyta Divisions, to identify the composition of some kinds of Copepoda Harpacticoida and to identify secondary composites of 2 seaweed Rhodophyta Division and 2 of Phaeophyta Divisions. We also analyze community structure associated to seaweed, in terms of diversity and dominance. 5 samples of 14 kelps had been collected on the shore of Cigarras Beach, São Sebastião area. The seaweed and its fauna had been identified and statistic tests had been done with the PERMANOVA program, SPSS, Non Parametric Correlations between seaweed stems fractal dimension images and the attributes of the community and BENOIT (Images fractals Dimensions Calculation of seaweed stems). In two season yearly (January and July) a total of 58.590 marine organisms pertaining to 21 marine taxa were found Meiofauna was represented by 18 taxa and the macrofauna by 19, 39,795 individuals all told in the summer and 18,795 individuals in the winter. In the summer 9,478 were macrofauna organisms and 30,047 meiofauna. In the winter the macrofauna was represented by 4.809 individuals and the meiofauna by 13.986 individuals. It is important to verify that 3 seaweed species *(Bostrychia radicans, Hypnea musciformes and Gracilaria caudata)* were not found in the winter time. The Statistical analyses (PERMANOVA) showed that the majority of the communities encountered in the 14 seaweed of the São Sebastião Cigarras Beach are different inside and between each species groups as also between the seasons of the year. High Macrofauna difference averages for seaweed the factor were registered more frequently for *Aglaothamnion uruguayense, Bostrychia tenella and Hypnea musciformis* for the seaweed. In the correlations, pair by pair, and with the season of the year seaweed factor, difference diminish, but are still high and are different in the communities structure of many of them. The

Revista SEB Ano 10-2.indd 47 5/7/2007 11:20:46

greater differences average between the groups was for *Aglaothamnion felipponei* seaweed. The number of difference for the factor season of the year is high. The greatest averages of difference are for the seaweed*: Bostrychia radicans, Gracilaria caudata and Hypnea musciformis* for the Meiofauna, the structure is repeated. The greatest average difference, for the seaweed factor, were also the seaweeds *Aglaothamnion felipponei, Bostrychia tenella and Hypnea musciformis. In* the correlations, pair by pair, by seaweed factor, the greatest average of difference are also for *Aglaothamnion felipponei.* And for the station factor: *Aglaothamnion felipponei, Bostrychia tenella and Hypnea musciformis.*

Key worlds: Fital, seaweed, complexity, community

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 - Abele, L.G. 1974. Species diversity of decapod crustaceans in marine habitat. *Ecology* **55**:156-161.

2 - Anderson, M.J. 2005, PERMANOVA: a FORTRAN computer program for non-parametric multivariate analysis of variance. Department of Statistics, University of Auckland, New Zealand.

3 - Berckley, L.E. 1981. Studies on the littoral seaweed epifauna of St Croix Island. 3. *Gelidium pristoides* (Rhodophyta) and its epifauna. *S.Afr. J.Zool*. **17**(1):3-10.

4 - Berckley, L.E. & MaLachlan, A. 1980. Studies on the littoral seaweed epifauna of St. Croix. Island. 2. Composition and summer standing stock. *S.Afr. J. Zool.* **15**(3): 170-176.Boaden, 1995.

5 - Boaden, Pat J.S. 1996. Habitat provision for meiofauna by *Fucus serratus* epifauna with particular data on the flatworn *Moncelis lineate. Marine Ecology*. **17** (1-3): 67-75.

6 - Brusca, R.C. & Brusca, G.J. 1991. Invertebrates. Sundreland Sinauer Associates. 922pp.

7 - Chaves, T.J.; Oliveira, E. & Rolim, M.S. 2002. Comunidade do fital de *Sargassum* sp da Ilha do Farol, Matinhos, Paraná, Brasil. XXIV Congresso de Zoologia, Univali, Itajaí, Santa Catarina.

8 - Chapman, G. 1955. Aspects of the fauna and flora of the Azores. 6. The density of animal life in the coralline alga zone. *Ann. Meg. Nat. Hist*., (12) **8** (95): 801-805.

9 - Colman,J. M.A , 1940. On the faunas inhabiting intertidal seaweeds. *J. Mar. Biol. Ass.* U.K. **24**:129-183.

10 - Corbisier, T. N.; Tararam, A.S.; Wakabara, Y.; Aron, M.A.; Francos, M.S.; Maciel, N.A.L.; Milanelli, J.C.C.; Soares, J.A. 1991. Estudo comparative do fital de *Sargassum cymosum, Dictyopteris* sp. e *Dictyota* sp. em Ubatuba, SP. Simpósio sobre Oceanografia – IOUSP, São Paulo.

11 - Coull, B.C. & Wells, J.B.J. 1983. Refuges from fish predation: experiments whit phytal meiofauna from the New Zeland rocky intertidal. *Ecology*, **64:** 1599-1609.

12 - Curvelo, R.R. 1998. A meiofauna vágil associada a Sargasum Cymosum J Agardh, na Praia do Lázaro, Ubatuba, SP. Inst. Oceanog. SP. Tese de Mestrado.

13 - Curvelo, R.R. & Corbisier, T.N. 2000. The meiofauna associated whith *Sargassum cymosum* at Lazaro Beach, Ubatuba, Sao Paulo. *Rev. Bras. Oceanogr*., **48**(2): 119-130.

14 - Dahl, E. 1948. On the smaller Arthropoda of marine algae, especially in The polyhaline waters of the Swedish West Coast. *Under. Oresund*., **35**:1-193.

15 - Delamare Deboutteville,C. & Bougis,P. 1951, Recherches sur le trottoir dálgues calcaries effectuées à Banyuls pendant le stage d'été. *Vié Mileu* **2** (2): 161-181.

16 - Dommasnes, A. 1968. Variations in the meiofauna of *Corallina officinalis* L. with wave exposure. *Sarsia* **34:** 117-124.

17 - Dommasnes, A. 1969. On the fauna of *Coralinna officinales* L. in Western Norway. *Sarsia* **38**: 71-86.

18 - Dutra, R. C. D.,1988. A fauna vágil do fital *Pterocladia capillacea* (Rhodophyta, Gelidiaceae) da Ilha do Mel, Paraná, Brasil. *Rev. Brasil. Biol*., **48** (3): 589-605.

19 - Ebling, F.J.; Kitching, J.A.; Purchon, R.D. & Bassindale, R,1948. The ecology of the lough I rapids with special reference to water currents. II. The fauna of the *Saccorhiza canopy. J. Anim. Ecol*. **17(**2): 223-244.

20 - Edgar G. J. 1983a. The ecology of southeast

Revista SEB Ano 10-2.indd 48 5/7/2007 11:20:47

Tasmanian phytal animal communities: I. Spatial organization on local scale. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. **70**: 129-157

21 - Edgar G. J. 1983 b. The ecology of southeast Tasmanian phytal animal communities: II Seasonal changes in plant and animal populations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. **70**:205-225.

22 - Edgar G. J., 1983c .The ecology of southeast Tasmanian phytal animal communities. III. Patterns of species diversity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. **70**:181-203.

23 - Fenwick, G.D. 1976. The effect of wave exposure on the amphipod fauna of the alga *Caulerpa brownie J. Exp. Mari. Biol. Ecol*. **25:**1-18

24 - Fuse, S.I.; Habe, T. Harada, E.;Okuno, R & Miura, T. 1959. The animal communities in the submerged marine plant vegetations. *Bull. Mar. Biol. Sta. Asamaushi, Tohoku Univ*. **9**(4): 173-175.

25 - Gibbons, M.J. & Griffths, C.L. 1986. A comparison of macrofauna and meiofauna distribution and standing stock across a rocky shore, with an estimate of their productivities. *Mar. Biol*.**, 93**: 181-188.

26 - Giere, O. 1993. Meiobenthology : The microscopic fauna in aquatic sediments. *Springer-Verlag*, Berlin , 328p.

27 - Glynn, P.W. 1965. Community composition, structure and interrelationships in marine intertidal *Endocladia muricata- Balanus Glandula* associations in Monterey Bay, California. *Beaufortia* **12**: 1-198.

28 - Gouvêa, E.P. e Leite, Y.M., 1980. A carcinofauna do fital de *Halimeda opuntia* (Linnaeus) Lamouroux e a variação sazonal de sua densidade**.** *Ciência e Cultura***. 32**(5).

29 - Gunnill, F.C. 1982a Macroalgae as habitat patch islands for *Scutellidium lamellipes* (Copepoda: Harpacticoida) and *Ampithoes tea* (Amphipoda: Gamaridae). *Marine Biology* **69**:103-116.

30 - Gunnill, F.C. 1982b. Effects of plant size and distribution on the numbers on invertebrate species and individuals inhabiting the brown algae *Pelvetia fastigiata*. *Mar. Biol*., **82**:277-291.

31 - Gunnill, F.C. 1983. Seasonal variations in the invertebrate faunas of *Pelvia fastigiata* (Fucaceae): effects of plant size and distribution. *Mr. Biol*. **73**:115 -130

32 - Hagerman, L. 1966. The macro and microfauna associated with *Fucus serratus* L., with some ecological remarks. *Ophelia* **3**:1-143.

33 - Hicks, G.R.F. 1977a. Species composition and zoogeography of marine phytal harpacticoids (Copepoda) from Cook Strait, and their contribution to total phytal meiofauna. N. Z. *JI mar. Freshwat. Res*.**, 11**: 441-469.

34 - Hicks,G.R.F 1977b. Species associations and seasonal populations densities of marine phytal harpactcoid copepods from Cook Strait. *N.Z.J.mar. Freshwat. Res*. **11**(4): 621-643.

35 - Hicks, G.R.F. 1980. Structure of phytal harpacticoid copepod assemblage and the influence of habitat complexity and turbidity. J. *Exp. Mar. Biol. Ecol*. **44:** 157-192.

36 - Hicks, G.R.F. 1985. Meiofauna associated with rocky shore algae. *In:* Moore, P.G. & Seed R., (eds). *The ecology of rocky coasts*. **Chp 4.** London, Hodder & Stoughton, p. 36-56.

37 - Hicks, G.R.F. & Coull, B.C. 1983. The ecology of marine meiobenthic Harpacticoid Copepods. *Oceanogr. Mar. Biol*. a . Ver.**, 21**: 67-175.

38 - Higgins, R.P. Introduction to the study of meiofauna. Smithsonian Institution Press. 492 p.

39 - Hoese, H.D. & Jones, R.S 1963. Seasonality of larger animals in a Texas turtlr grass community. *Inst.Mar. Sci*., Texas **(9):** 37-47.

40 - Huys, R.; Gee, M.J.; Moore, C.G. & Hamond, R. 1996. Marine and Brackish water Harpacticoid Copepods Part 1. In: Kermack, D.M; Barnes, R. S.K.; Crothers, J.H., eds. *Synopses of the Brtish fauna* (new series). 353p.

41 - Huys, R. & Boxshall, G.A . 1991. Copepod Evolution. *Ray Society*, London. 468p**.**

42 - Jarvis, S.C. & Seed, R. 1996. The meiofauna of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis: characterization of the assemblages associated with two common epiphytes. *J. expl. Mar. Biol. Ecol*.**, 199**:249-267.

43 - Johnson,J.K. 1972. Effect of tubidity on the rate of filtration and growth of the slipper limpet, *Crepidula fornicata* Lamarck. *Velliger* **14**::315-

Revista SEB Ano 10-2.indd 49 5/7/2007 11:20:47

320.

44 - Johnson, S.C. & Scheibling, R. E. 1987. Structure and dynamics os epifaunal assemblages on intertidal macroalgae *Ascophyllum nodosum* and *Fucus vesiculosus* in Nova Scotia, Canada. *Mar. Ecol.-Prog.* Ser., **37**:209-227.

45 - Kangas,P. 1978. On the quantity of meiofauna among the epiphytes of *Fucus vesiculosus* in the Askö area, northen Baltic Sea. *Contr. Askö Lab.* Univ Stocokhom 24: 1-32l

46 - Kautsky, N. 1974. Quantitative investigations of the red algal belt in the Asko area, Northern Baltic proper. *Contrib. Asko Lab. Univ. Stockolm*. **3**:1-29.

47 - Kikuchi, T. 1962 An Ecological study on animal community of *Zoostera* Belt, in Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu. II. Community composition (2) Decapod Crustaceans. *Rec. Oceanogr. Works Japan Spec*. **6**: 135-146

48 - Kikuchi T. 1966. A ecological study on animal communities of the *Zoostera marina,* in belt Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu. *Publ. Amakusa mar. Biol. Lab*.**1:**1-105.

49 - Knight-Jones, E.W.; Knight-Jones O.& Al-Ogily, S.M. 1975. Ecological isolation in the Spirorbidae. In: *Proc. Europ. Mar. Biol. Symp. 9th*. Ed. H. Barnes, pp 539-61. Aberdeen. Aberdeen Univ. Press. 760pp.

50 - Kito, K. 1977. Phytal animals in the *Sargassum confusum* region in Oshoro Bay, Hokkaido: Phenology of Harpacticoid Copepods. J. Fac. Hokkaido Univ. *Ser. VI, Zool*., **20**(4):691-696.

51 - Kito, K. 1982. Phytal marine nematode assemble on *Sargassum confusum* Agardh with reference to the structure and seasonal fluctuations. J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. *Ser. VI, Zool*., **23**(1): 143-161.

52 - Kito, K. 1975. Preliminary report on the phytal animmalsin *Sargassum confusum* region in Oshoro Bay, Hokkaido. *J.Fac.Sci. Hokkaido Univ.* Ser. 6, *Zool*., **10**(!) :141-158.

53 - Lang, K. 1948. Monographie der Harpacticoien. Lund, Hakan Ohlsson's Boktryckeri. Stockholm, Nordiska Bokhandeln.

54 - Ledoyer, M. 1962. Étude de la faune vagile des herbirs superficiels de zoosteracées et de quelques biotopes dálgues littorales. *Recl. Trav. St. mar. Endoume*. **25**(39):117-235.

55 - Ledoyer,M. 1966. Écologie de la faune vagile des biotopes méditerranéens accessibles en scaphandre autonome. II. Données analytiques sur les herbiers des phanérogames. *Recl. Trav. St. mar. Endoume* **41**(57): 135-164.

56 - Ledoyer, M. 1969a. Écologie de la faune vagile des biotopes méditerranéens accessibiles en scaphandre autonome. V. Étude des phénoménes nycthéméraux. Les variations des populations animals dans les biotopes. *Thétys* **1**(2):219-308.

57 - Ledoyer, M. 1969b. Écologie de la faune vagile des biotopes méditerranéens accessibiles en scaphandre autonome. VI. Étude des phénoménes nycthéméraux. Les pêches à la lumière. *Thétys* **1**(2): 309-320

58 - MacArthur R.A. & MacArthurJ.W., 1961. On bird species diversity**.** *Ecology* **42**:594-598.

59 - Martins, J.W. & Davis, G.E. 2001. An updated classification of the recent Crustacea. Natural History Museum of Los Angeles country, *Siciense Series*, **39**: 1-124.

60 - McRoy, C. P. & Helfferich, C. 1977. Seagrass Ecossystems. A. scientific Perspective. New York. Marcel Dekker, 314p.

61 - Masunari, S. & Forneris,L. 1980. O ecossistema fital – uma revisão. *In*: Seminários de Biologia Marinha **1980**:149-172. *Academia Brasileira de Ciências*. Rio de Janeiro.

62 - Masunari, S.,1982. Organismos do fital *Amphiroa Beauvoisii* Lamouroux, 1816 (Rhodophyta: Corallinacea). I. Autoecologia. *Bolm. Zool., Univ. S. Paulo.* **7 :**:57-148.

63 - Martin–Smith, K.M., 1993. Abundance of mobile epifauna: The role of habitat complexity and pretation by fishes. *J. expl.mar. Biol. Ecol.* **174**:243-260.

64 - Mukai, H. 1971. The phytal animals on the thalli of *Sargassum serratifolium in Sargassum* ***sp.*** Region, with reference to their seasonal fluctuations. *Mar. Biol*., **8**:170-182.

65 - Moore, P.G. 1972. Particulate matter in the sublittoral zone of an its ecological significance with special reference to the fauna inhabiting kelp holdfasts. J.Exp. Mar. Biol. Ecol., **10**:59-80.

66 - Moore, P.G. 1973a. The Kelp fauna of northeast Britain. I. Introduction and the physical enviroment. *J. exp. Mar. Biol. Ecol*., **vol. 1**, pp.

Revista SEB Ano 10-2.indd 50 5/7/2007 11:20:47

95-125.

67 - Moore, P.G. 1973b. The larger Crustacea associated with holdfasts of Kelp (Laminaria hypeborea) in North-East Britain. *Cahiers de Biologie Marine* **14**: 493-519.

68 - .Moore, P.G. 1978. Turbidity and kelp holdfast Amphipoda. I. Wales and S.W. England. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* **Vol. 32**, pp 53-96.

69 - Montouchet, P.C.G. 1979. Sur la communauté des animaux vagiles associés *à Sargassum cymosum* C. Agardh à Ubatuba, État de São Paulo, Brésil. *Stud. Neotrop. Fauna Env*.**,** **14**:33-64.

70 - Muralikrishnamurty, P.V. 1983a . Distribution of phytal Harpacticoid Copepods along Visakhapatnam coast. Mahasagar-Bull. Of the *National Institute of Oceanography*, **16**(1): 47-54.

71 - Muralikrishnamurty, P.V. 1983b. Intertidal phytal fauna off Gangavaram East Coast of Indian. Indian *J. mar. Sci*.**,** **12**:85-89**.**

72 - Nagle, J.S.1968. Distibution of the epibiota of macroepibenthic plants. *Contributions to Marine Science* Univ. Texas **13:**105-144.

73 - Noodt,W. 1971. Ecology of the Copepoda. In Proceedings of the 1ST International Conference on Meiofauna. *Smithson. Contr. Zool.* **76**:97-102.

74 - Norton, T.A.1971. An ecological study of the fauna inhabiting the sublitoral marine algae *Sccorhiza polychides* (Lightf.) Batt. *Hydrobiologia*, **37** (2): 215-231.

75 - Norton, T.A & e Benson, M.R. 1983. Ecological interations between the brown seaweed *Sargassum muticum* and its associated fauna. *Mar. Biol.* **75**:169-177.

76 - O'Gower, A. K. & Wacasey,J.N. 1967. Animal communietes associated with *Tghalassia diplanthera*, and sand in Biscayne Ray. I. Analysis of communities in relation to water movements. *Bull.mar.Sci.,* **17**(1): 175-210.

77 - Ohm,G. 1964. Die Besiedlung der Fucus-Zone der Kieler Bucht und der westlichen Ostsee unter besonderer Beräcksichtigung der Microfauna. *Kieler Meeresforsc*. **20**: 30-64

78 - Oliveira, E.; Bini, I.H. & Sass, V.M. 2002. Estudo comparativo das comunidaddes dos fitais de *Ulva sp. E Sargassum* **sp**. Da ilha do Farol, Matinhos, Paraná, Brasil. XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia. UNIVALI, Itajaí, SC.

79 - Ott, J. 1967. Vertikalverteilung von Nematoden in Beständen nordadriatischer Sargassaceen. *Helgöland. Wiss. Meeresunters*, **15**(1-4): 412-428.

80 - Pallares R.E. & Hall. 1974b. Analisis bioestadistico-ecologico de la fauna de copepodos associados a los bosques de *Macrocystis pyrifera* (Conclusion). *Physis* (Buenos Aires) 33: 409-32.

81 - Paresques K.; Tonini. J.F.R.; Sá, F.S; Nalesso R.C.e Stein, E.M. 2005. Macrofauna associada a *Sargassum filipendula e Hypnea musciformis* do entre-maré da Ila do Boi, Vitória, ES. VII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambu – MG.

82 - Preston, A . & Moore, P. G. 1988. The flora and fauna associated with *Cladophora albida* (Huds) Kütz. From rockpools no great Cumbrae island. Scotland. *Ophelia*, **29**(3): 169-186.

83 - Pfannkuche & Thiel, H. 1988. Sample processing. *In*: R.P. Higgns & H. Thiel eds. *Introduction to the Study of meiofauna*. **Chap 9**. Washington. Smithsonian.Institution Press**.** P. 134-135

84 - Pires -Vanin, A.M.S. 1977. Aspecos ecológicos da fauna de Isopoda (Crustacea, Peracarida) das zonas litoral e infralitoral de fundos duros da Enseada do Flamengo. Ubatuba. São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. 83p.

85 - Preston, A . & Moore, P. G. 1988. The flora and fauna associated with *Cladophora albida* (Huds)

Kütz. From rockpools no great Cumbrae island. Scotland. *Ophelia*, **29**(3): 169-186.

86 - Remane, A. 1940. Einführung in die zoologische ökologie der Nordund Ostsee. Die Tierwelt der Nord-Und Ostsee, 1: 238.

87 - Rivosecchi, E.T. & Herzel, A. 1969. Analisi quanlitativa e satatistica del mesobenthos vagile associato alle alghe delle pozze di scogliera di Tor Valdaliga (Civitavecchia). *Arch. Zool. Ital.* **54**: 59-108

88 - Rosenzweig, M. L. & MacArthur, R.H. 1963. Graphical representation and stability condition of prey-predator interactions. *Am. Nat.* **97**:209-23.

Revista SEB Ano 10-2.indd 51 5/7/2007 11:20:47

89 - Sarma, A.L.N. & Ganapati, P.N. 1972. Faunal association of algae in the intertidal region of Viisakhpatnam. *Proc. Indian Nat. Sci. Acad*., B, **38**(5-6):380-396.

90 - Seed, R & O'Connor, R.J. 1981. Community organization in marine algal epifaunas. *Ann. Rev. Ecol.* Sust. **12:** 49-74

91 - Seed, R. & Boaden, P.J.S. 1977. Epifaunal ecology of intertidal algae. In: B.F.Keegan, P.Q.O'Ceidigh & P.J.S. Boaden (Eds), Biology of Bentic organisms. Pergamon, Oxford: 541-548

92 - Stephen, C. J. & Seed, R. 1996. The meiofauna of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis: characterization of the assemblages associated with two common epiphytes.*Journ. of Exp. Mar. Biol. and Ecol.* **199**: 249-267.

93 - Soloane, J.F.; Eblings, F.J.; Kitching, J.A. & Lilly, S.J. 1957. The ecology of the Loug Ine rapids with special reference to water currents. V. The sendentary fauna of the Laminarian algae in the Loug Ine area. *J.anim. Ecol.* , **26**:197-211.

94 - Sutherland, J.P. 1978. Funcional roles of *Schizoporella* and *Styela* in the fouling community at Beautfort, North Carolina. *Ecology* **59:**257-64

95 - Tararam, A. S. & Wakabara, Y. 1981. The motile fauna - especially Gamaridea of *Sargassum cymosum*. *Mar. Ecol.* **- Prog. Ser., 5**: 157-163.

96 - Trotter, D.B. & Webster, J.M. 1983. Distribution and abundance of marine nematodes on the kelp *Macrocystis integrifolia. Mar. Biol*. **78**:39-43

97 - Virstein, R.W & Howard, R.K. 1987.. Mobile epifauna of marine macrophytes in the Indian River Lagoon Florida. II Comparation between drift algae and three species os seagress. *Bull. Mar. Sci*. Vol. 41. pp 13-26

98 - Zavodnik, D. 1965. Quelquers resultats des recherches actueles sur les peuplements phytaux dans L'Ádriatique du Nord. *Rapp. Process.Verb. Reun*., **18**(2):101-106

99 - Zavodnik, D. 1967 The community of *Fucus virsoides* (DON) J. A. AG. on a rocky shore near Rovinj (Northern Adriatic) *Talass. Yugos*. **3**(1-6):105-111.

100 - Warwick, R.M. 1977. The structure and seasonal fluctuation of phytal marine nematode associations on the Isles of Scilly. *In*:Keegan, B.F; Ceidigh, P.O & Boaden, P.J.S. (ed). *Biology of Benticorganisms*. Oxford, Pergamon. 630p.

101 - Wells, J.B.J. 1988. Copepoda. *In*: Higgins, R.P. & Thiel, H. (eds) Introduction to the Study of Meiofauna.Smithsonian Institution Press, Washington. 380-388p.

102 - Wieser,W. 1952. Investigations on the microfauna inhabiting Sea-weeds on Rocky Coasts. IV. Studies on the vertical distribution of the fauna inhabiting seaweeds below the Plymouth Laboratory. *J.mar. Biol. Ass. U.K*. **31**: 145-174.

103 - Wieser,W. 1954. Untersuchungen über die algenbewohnende mokrofauna mariner Hartböden. *Hydrobiologi*a **6:**144-217.

104 - Wieser,W. 1959. Zur Ökologie der fauna mariner algen mitbesonderer Berücksichtigung des Mittelmeeres. Int. Revue ges. *Hydrobiol*. **44**:137-180

105 - Wigham, G.D. 1975. The biology and ecology of *Rissoa parva* (da Costa) Gastropoda: Prosobranchia) J. *Mar. Biol. Ass. U.K*. **55** (1):45-67.

Revista SEB Ano 10-2.indd 52 5/7/2007 11:20:47

ESTUDOS SOBRE COMUNIDADES DE ABELHAS NO SUL DO BRASIL E PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO RÁPIDA DA APIFAUNA SUBTROPICAL[1]

Isabel Alves-dos-Santos

Depto. Ecologia, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo/ IBUSP.
Cidade Universitária. São Paulo 05508-900/SP - e-mail: isabelha@usp.br

RESUMO

Estudos sobre comunidades de abelhas no sul do Brasil e proposta para avaliação rápida da apifauna subtropical. A região sul do Brasil possui características próprias de clima, relevo e domínios vegetativos, refletindo em uma alta diversidade de abelhas, com a presença de elementos típicos da apifauna de áreas subtropicais. Cerca de 25 levantamentos de abelhas foram realizados na região sul. Ainda não temos uma síntese completa sobre esta fauna devido à problemas de comparação do material identificado e métodos de amostragem. Porém algumas características da melissofauna sulina são notáveis como os elevados números de espécies de Andrenidae no planalto e Colletidae na planície costeira. No presente trabalho apresento uma compilação comentada sobre a fauna de abelhas da região sul do Brasil. Com a degradação ambiental acentuada em todo território nacional, há necessidade de metodologias para avaliação ambiental rápida sobre as condições dos fragmentos florestais e seu entorno. Assim, neste artigo apresento também uma proposta para amostragem representativa de curta duração utilizando a apifauna subtropical do Brasil.

Palavras chave: diversidade biológica, conservação, Apoidea, *Ludwigia*, Asteraceae, interação abelha-planta, distribuição geográfica.

1- Este trabalho resulta de pesquisa organizada para apresentação de palestra no VII Congresso de Ecologia, em Caxambu, MG.

INTRODUÇÃO

Estudos sistemáticos sobre as comunidades de abelhas no Brasil iniciaram em 1967 com o levantamento de Shoichi F. Sakagami e colaboradores em São José dos Pinhais, no Paraná (33). Desde então, ou seja, após quase 40 anos, mais de 70 inventários foram realizados em nosso país. Segundo Pinheiro-Machado (30) muitos ambientes e tipos vegetativos já foram amostrados, que variam desde áreas de floresta primária até ambientes urbanos e sistemas agro-pecuários. Plotando os locais destes levantamentos em um mapa verificamos que há uma concentração destes estudos na região sul, sudeste e nordeste e uma grande lacuna nas regiões centro-oeste e norte do país (29). Assim, ainda não temos uma cobertura homogênea para toda extensão dos grandes biomas brasileiros, quando se trata de conhecimento da fauna de abelhas.

O método de amostragem nestes muitos estudos tem sido principalmente coleta nas flores com rede entomológica. Este método foi proposto por Sakagami *et al.* (33) e atualmente sofre algumas variações, ajustes e distorções. Mas, baseia-se na espera e coleta dos visitantes florais durante alguns minutos em uma determinada planta do transecto amostral. Além deste método consagrado e amplamente utilizado, alguns estudos adicionam coletas com iscas aromáticas, geralmente destinadas aos machos da tribo Euglossini (47); ninhos armadilhas, ou seja, a oferta de cavidades artificiais para captura de abelhas solitárias que utilizam os orifícios para nidificar (43); e mais recentemente alguns estudos incluem amostragem com pratos e bandejas (brancos e coloridos) deixados no local por 24h com solução de detergente e água (42). Esta diversificação dos métodos e a ampliação do tempo de amostragem têm fornecido resultados significativos.

Revista SEB Ano 10-2.indd 53 5/7/2007 11:20:47

Silveira *et al*. (41) apresentaram um balanço dos resultados dos levantamentos de abelhas e de todas espécies descritas que temos conhecimento no Brasil. Segundo estes autores, nossa apifauna é composta pelos seguintes números: cinco famílias (Andrenidae, Colletidae, Halictidae, Megachilidae e Apidae), 232 gêneros, 880 espécies, 2385 morfo-espécies (*sp*.), 157 espécies seguidas de símbolos como *cf* (a conferir) ou *aff* (*affinis*), 145 espécies novas e 51 espécies *in litt* (ou seja, com nomes sugeridos, porém não descritas). Todavia, o número de espécies brasileiras está estimado em cerca de 3 mil (40). Em termos gerais, a família Apidae seguida de Halictidae são as mais diversas e abundantes. As três famílias restantes, compostas por espécies solitárias, são bem menos expressivas. Mesmo assim podem ter grande importância em determinados ambientes, como por exemplo, os Colletidae que no Escudo Rio Grandense (Rio Grande do Sul) somam 28 espécies, expressando mais de 10% da fauna local (35). Um fato comum a todos os trabalhos é que em praticamente todos ambientes e tipos de vegetação ocorre a espécie exótica, *Apis mellifera* L.

Nos últimos 30-40 anos muitas listas de espécies de abelhas foram produzidas com informações sobre abundância, sazonalidade, plantas visitadas (plantas melíferas), atividade diária das abelhas, entre outros. Mas a identificação apropriada das espécies impede uma análise detalhada e limita as comparações entre as áreas. Assim, apesar de tantos estudos, até o momento não é possível organizar todos os dados e fazer uma síntese completa sobre nossa apifauna. Os principais problemas apontados por Silveira *et al.* (41) são: a identificação das espécies, os métodos de coleta não padronizados, tempo de amostragem e dados não publicados. A identificação das espécies esbarra no problema da falta de revisões taxonômicas para extensos grupos como *Hylaeus*, *Augochlora*, *Dialictus* e *Megachile* geralmente com muitos sp nas listas (4).

Segundo Michener (22,23), as áreas com maiores índices de diversidade de abelhas no planeta não estão nos trópicos e sim nas regiões quente-temperadas e áridas (como por exemplo, a região do Mediterrâneo e da Califórnia). Para Roubik (1989) a menor diversidade de abelhas em regiões tropicais deve-se ao sucesso de espécies sociais que monopolizam grande quantidade de recurso. Por sua vez, o alto índice de diversidade de abelhas em áreas temperadas e secas se deve à presença das espécies solitárias, que emergem na primavera (univoltinas) ou na primavera e verão (bivoltinas). Assim, diferente de muitos outros organismos, a riqueza de espécies de abelhas aumenta conforme nos afastamos do Equador. Isso tem sido verificado com os resultados obtidos nos inventários de abelhas. Pinheiro-Machado (30) ilustra a distribuição espacial da riqueza de espécies de abelhas em gráfico de latitude e longitude, onde claramente percebe-se o aumento da riqueza em direção as altas latitudes. Obviamente, estudos futuros na região Amazônica podem alterar estes dados, mas até o momento tem sido confirmado o pressuposto por Michener (22,23) que a riqueza aumenta conforme nos afastamos do Equador.

Neste trabalho foram reunidos os estudos sobre a apifauna realizados na região sul do Brasil e são discutidas algumas características da composição da fauna subtropical de abelhas e os possíveis fatores responsáveis pela alta diversidade nesta região. Por fim, apresenta-se uma proposta para avaliação ambiental rápida, utilizando a apifauna como parâmetro.

MATERIAL E MÉTODO

Para esta compilação foram consultados os estudos mais importantes sobre levantamentos de abelhas realizados na região sul, nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, com coletas realizadas em pelo menos um ano de amostragem. Foi dada preferência para os trabalhos publicados, mas muitos dados são retirados de teses e dissertações. Para a comparação refinada, somente espécies identificadas foram utilizadas. Mas para números gerais, todas as espécies listadas foram contabilizadas.

A identificação das espécies da maioria, senão todos, inventários realizados no sul do Brasil foi feita por especialistas e sistematas, como J. S. Moure, D. Urban, S. Laroca, J. M. F. Camargo, S. Pedro, F. Silveira, G. R. Melo e por pessoas com boa experiência com taxonomia de abelhas como C. Schlindwein, B. Harter-Marques e I. Alves-dos-Santos. Isso fornece alta confiabilidade para utilizar os nomes listados nos resultados e as morfo-espécies na avaliação quantitativa.

As coordenadas geográficas e altitude, indicadas para cada localidade, foram retiradas

Revista SEB Ano 10-2.indd 54 5/7/2007 11:20:48

dos próprios trabalhos. Quando os mesmos não forneciam tais dados foram adotadas as coordenadas e altitude do principal município do trabalho. Procurou-se organizar as informações na seqüência latitudinal crescente.

Com exceção do norte do estado do Paraná, toda a região sul está situada ao sul da linha do Trópico de Capricórnio (23,5ºS), e praticamente toda região está sob domínio do clima subtropical. Segundo Köppen, predomina o clima do tipo Cfa mesotérmico úmido, sem estação seca, com verões quentes e inverno verdadeiro. Isso confere características peculiares à região, à sua fauna e vegetação. Em termos de fauna e flora, a primavera é uma estação muito importante, onde ocorre uma explosão de vida com muitos eventos de floração e atividade dos animais. Muitos destes eventos se estendem para o verão e até mesmo para início do outono. No inverno, por sua vez, há um declínio destes eventos e atividade dos animais. Em termos de apifauna, apenas algumas espécies sociais, ou espécies solitárias de grande porte, como *Xylocopa* apresentam atividade. Na região sul predominam os seguintes tipos vegetativos: Formação de Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica) nas Terras Baixas, Submontana e Montana; Floresta Ombrófila Mista (Mata com Araucária) e campos de altitude; vegetação de restinga e dunas (na planície costeira ou litorânea); Floresta Estacional Semidecidual (praticamente em extinção).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cerca de 25 inventários sobre abelhas foram realizados no sul do Brasil. Os principais deles estão mencionados na tabela 1 e são apontados na figura 2A.

Paraná. No Paraná destacam-se os estudos realizados no planalto e planície litorânea, com repetições e análises comparativas. No planalto, a localidade de São José dos Pinhais foi amostrada em dois períodos distintos (1962-63 e 1981-82) com cerca de 20 anos de intervalo (33, 7) e a região metropolitana de Curitiba engloba quatro amostragens (9, 18, 19, 45), permitindo um tipo de monitoramento e uma avaliação temporal sobre as alterações observadas na fauna devido à urbanização e maior ou menor grau de isolamento em relação às áreas silvestres (9, 46). Na planície costeira foram feitos inventários nas ilhas oceânicas (Ilha do Mel, Ilhas das Cobras), bem como áreas ou localidades no continente diretamente adjacentes a estas ilhas (ex. Alexandra). Segundo Zanella (49) as comunidades insulares em parte possuem características próprias em termos estruturais, com espécies exclusivas, grupos menos expressivos (ex. Meliponini e Megachilini) e abundâncias distintas das comunidades do continente. Neste caso, pode-se inferir que as espécies dominantes esperadas foram substituídas ao longo do tempo em conseqüências de mudanças na comunidade (49), como discutido na teoria da biogeografia de ilhas (21). De acordo com Gonçalves e Melo (13), a apifauna das chamadas estepes sulinas (no Parque de Vila Velha) possui elementos da fauna de Cerrado. Nas melissocenoses paranaenses, a família Halictidae demonstra alta diversidade na maioria das localidades.

Devido à semelhança e repetição dos métodos, o Paraná talvez seja o estado que permita o melhor comparativo entre resultados obtidos e os índices de diversidade, bem como um monitoramento e interpretação sobre as alterações ambientais dos locais estudados.

Santa Catarina. Os primeiros levantamentos sistemáticos sobre a fauna de abelhas do Estado de Santa Catarina foram realizados no planalto, em áreas com aproximadamente 900 metros de altitude, enfatizando os visitantes florais e polinizadores de macieira (27, 28). Recentemente Mouga (25) incluiu mais uma amostra em áreas de planalto (Municípios de Mafra e Guaruva com vegetação de Araucária e campos de altitude respectivamente), bem como uma área de restinga e Mata Atlântica no norte do estado. Steiner *et al* (43) amostraram por longo período as abelhas da ilha da Florianópolis. No sul do estado catarinense, estudos recentes abrangeram zonas rurais de áreas de submontana (24, 39).

O trabalho de Steiner *et al.* (43), em Florianópolis, aparece como um marco para a fauna catarinense. Apenas nesta localidade, neste levantamento prolongado (5 anos) foram acrescentados 73 espécies e 12 gêneros ocorrentes no estado, que não eram citados por Silveira *et al.* (40). Steiner *et al.* (43) demonstraram claramente o aumento da diversidade genérica do Paraná em direção ao Rio Grande do Sul. Em termos específicos esta tendência parece ser mantida. Porém, apenas após uma análise cuidadosa das muitas morfo-espécies isto poderá ser comprovado.

Revista SEB Ano 10-2.indd 55 5/7/2007 11:20:48

No sul do estado, Silva (2005) registrou 11 espécies que não eram apontadas para o estado na síntese de Silveira *et al.,* (40).

É nítida a escassez e às vezes ausência de *Melipona* em áreas alteradas ou com vegetação secundária da planície costeira, ressurgindo no chamado Costão da Serra com cobertura vegetal mais preservada (24, Alves dos Santos *et al., in prep.*). Por sua vez, espécies raras e listadas entre as espécies em extinção do Paraná, como por exemplo *Niltonia virgilii* Moure (Colletidae), foi encontrada com relativa freqüência no sul do estado catarinense.

Rio Grande do Sul. O primeiro extenso levantamento de abelhas no estado foi realizado por Wittmann & Hoffman (46) abrangendo todas as zonas vegetativas e resultando em uma lista de 319 espécies. Posteriormente, três outros inventários investigaram regiões e zonas vegetativas mais específicas: Centro-sul do estado, Formação Guaritas – com vegetação arbustiva (34, 35), leste do estado com vegetação de Mata Atlântica, restinga e dunas (1, 2, 3), e no planalto nordeste com cobertura de Mata com Araucária e campos de altitude (14). Estes trabalhos não seguiram uma metodologia rígida de amostragem (com tempo fixo em cada planta), que permitisse cálculos precisos dos índices de diversidade, porém trata-se de estudos com longo período de amostragem (3-4 anos) e estudos de casos adicionais. De acordo com os métodos de amostragem para comunidades biológicas, quando aumentamos as amostras (em tempo, espaço e número), a tendência é aumentar o número de espécies coletadas (31). No Rio Grande do Sul, os três inventários prolongados dobraram o número de espécies conhecidas para aquele estado, contabilizando quase 700 espécies (Wittmann *et al.,* in prep.). Os números são confiáveis já que o material foi comparado pelos próprios pesquisadores e, em sua maioria pertence à mesma coleção entomológica.

Em termos gerais, podemos dizer que a fauna de abelhas do litoral e do planalto já é bem conhecida nos três estados. Embora ainda sub-amostrado, Santa Catarina apresenta fauna intermediária entre Paraná e Rio Grande do Sul nestes ambientes (43). Semelhante a outras comunidades biológicas, em termos de estrutura, as associações de abelhas do sul do Brasil possuem muitas espécies raras e poucas espécies abundantes. As espécies dominantes geralmente possuem algum grau de socialidade, como foi o caso de *Dialictus opacus* Moure nas ilhas do Mel (42% das abelhas) e das Cobras (34%) no Paraná (36, 49) e *Plebeia emerina* Friese*, Trigona spinipes* Fabricius*, Bombus atratus* Franklin*, Augochlora amphitrite* Schrottky e *Paroxystoglossa jocasta* Schrottky em áreas do planalto (9, 25, 46). As famílias mais diversas em toda região sul do Brasil são: Apidae e Halictidae. Dentro destas famílias, os grupos responsáveis pelo elevado número de espécies são: os Apidae não cobirculados (antiga família Anthophoridae) como, por exemplo: Eucerini, Tapinotaspidini, Emphorini e Xylocopinae, e as tribos Augochlorini e Halictini.

Os índices de diversidade foram calculados para algumas localidades (diversidade alfa), bem como os índices de similaridade (46). As diversidades beta (entre os habitats) e gama (de toda a região sul, por exemplo) devem ser altas, pois identifica-se diferenças na composição da fauna entre as áreas de planalto (com alta diversidade de gêneros como: *Anthrenoides* e *Rhophitulus*- Andrenidae), nas áreas de Terras Baixas (com alta diversidade de Colletidae e Megachilidae) ou áreas específicas como a região das Guaritas (no escudo Rio Grandense), com alta diversidade de Colletinae (Colletini e Paracolletini). Porém, torna-se difícil o cálculo destas diversidades devido às diferenças de método, esforço amostral, tamanho das áreas amostradas, bem como comparação do material identificado.

De acordo com Wittmann & Hoffman (48) e Alves dos Santos (2) a fauna de abelhas do sul do Brasil é especialmente diversa devido à riqueza de ecossistemas da região (fig. 1A–F), ao elevado grau de oligolectia (34) e à combinação da presença de elementos da fauna neotropical, panaustral e cosmopolita (Wittmann *et al.* in prep.).

Nas muitas localidades estudadas até o momento no sul do Brasil, o período de máxima atividade das abelhas concentra-se nos meses de primavera e verão. As curvas de atividade são ascendentes em setembro e descendentes em abril. Mas uma depressão também é observada no mês de dezembro, devido à diminuição das espécies solitárias, como por exemplo, Andrenidae e Apidae não corbiculados. A curva de acumulação das espécies (curva do coletor) geralmente estabiliza em dezembro. O período entre os meses de maio

Revista SEB Ano 10-2.indd 56 5/7/2007 11:20:48

e agosto apresenta menor taxa de espécies em atividade, geralmente associada a algumas espécies de vida social, ou de grande porte, como *Xylocopa*.

Algumas guildas são identificadas nos levantamentos, como por exemplo, as abelhas coletoras de óleo associadas às respectivas plantas produtoras de óleo; plantas com anteras poricidas e espécies de abelhas capazes de retirar o pólen deste tipo de antera; as espécies altamente oligoléticas (2, 13, 35). O número de espécies cleptoparasitas pode chegar a 5% da fauna, como é o caso do Rio Grande do Sul, com 35 espécies parasitas (sendo 18 do gênero *Coelioxys*) das 675 espécies nativas estimada para o estado (Wittmann *et al., in prep.*). Porém, em poucos casos, as espécies cleptoparasitas estão relacionadas à suas hospedeiras.

Plantas Melíferas. Praticamente todos os levantamentos de abelhas têm sido feitos através de coleta dos espécimes sobre as flores. Assim, é comum os resultados destes inventários estarem acompanhados de uma lista de plantas (as plantas melíferas ou melitófilas) relacionadas às espécies que as visitaram. Muitas vezes os autores identificam o principal recurso oferecido pela espécie vegetal ou o recurso coletado pela abelha, geralmente observado no momento da coleta. Além de alimento (néctar, pólen e óleo), o recurso também pode ser a flor como local de patrulha, local de acasalamento ou repouso.

Considerando o número de abelhas coletadas (tanto em gêneros como espécies) as principais plantas melíferas no sul do Brasil pertencem às famílias Asteraceae (dos gêneros: *Aspilia, Baccharis*, *Eupatorium, Hypochoeris, Vernonia*), Lamiaceae, Leguminosae, Solanaceae e Verbenaceae em todos ambientes e tipo vegetativos; Onagraceae (*Ludwigia*) principalmente na planície costeira; e no planalto família Apiaceae (*Eryngium*) é muito visitada pelas abelhas (13, 14).

As plantas que oferecem néctar geralmente recebem um espectro maior de visitantes florais (espécies especialistas e generalistas). As plantas cujo principal recurso é o pólen muitas vezes restringem o número de visitantes quando exigem adaptações morfológicas ou comportamentais especializadas para explorar o recurso (como por exemplo *Solanum*). As plantas ruderais, em sua maioria ervas, herbáceas e arbustos, representam a principal fonte de recursos para as abelhas (vasto pasto de pólen e néctar).

Proposta para avaliação rápida da apifauna subtropical. Segundo Cure *et al*., (10), a riqueza de espécies de uma determinada área poderia ser estimada com amostragem nos meses de maior atividade das espécies. Para a região sul do Brasil, isso seria especialmente válido devido à concentração de atividade das espécies nos meses de primavera e verão, como mencionado acima.

Devido ao acelerado processo de desmatamento que presenciamos nos dias de hoje, há necessidade de ferramentas para avaliação rápida do estado de conservação ou para tomadas de decisões. As abelhas nativas poderiam ser utilizadas para este fim, já que alguns grupos podem ser considerados bio-indicadores (como Meliponini) (17, 26) e apresentam grupos com diversos modos de vida (quanto à alimentação e hábitos de nidificação), ou seja, com diferentes exigências ambientais e fatores limitantes para sua ocorrência. Neste caso, necessitamos plantas-alvo (*target plants*) cuja fauna de visitantes seja bem conhecida e que seja visitada por diferentes grupos de abelhas. Acredito que estas plantas precisam ainda ser de fácil acesso, longo período de floração e fácil identificação. Para o sul do Brasil, segundo os resultados apresentados nos muitos levantamentos, as plantas melíferas com maior espectro de visitantes podem ser consideradas para este propósito. Membros da família Asteraceae, por exemplo, que oferecem pólen e néctar para muitas espécies de Apoidea em todos ambientes e tipos vegetativos amostrados na região sul, demonstram alta potencialidade para plantas-alvo. No Rio Grande do Sul, por exemplo, *Aspilia montevidensis* foi visitada por mais de 50 espécies de abelhas (Wittmann *et al.* in prep.). Além das Asteraceae, na planície costeira ou em áreas de Terras Baixas, espécies de *Ludwigia* (Onagraceae) demonstraram ter um papel fundamental na alimentação de diversos grupos de abelhas (especializados, generalistas, raros, freqüentes) (fig. 2B-C. Na zona rural do sul de Santa Catarina, flores de *Ludwigia* foram responsáveis pelo maior espectro de visitantes, atraindo 33,6% da apifauna (39). Da mesma forma, *Ludwigia multinervia* atraiu 17 espécies (18% da apifauna) na Serra do Tabuleiro (SC) (16).

Assim, para avaliações ambientais rápidas proponho utilizar a fauna de abelhas visitantes de plantas-alvo, durante 2-3 meses na primavera e início do verão (entre outubro e dezembro). As riqueza e

Revista SEB Ano 10-2.indd 57 5/7/2007 11:20:48

abundância das espécies seriam comparadas entre as localidades e relacionadas às condições ambientais, como por exemplo, tamanho e distância dos fragmentos florestais adjacentes. Como mencionado acima, várias espécies de Asteraceae poderiam ser utilizadas para este propósito, bem como *Eryngium* em áreas com Mata de Araucária e *Ludwigia* na zona da Planície Costeira. No sul do Brasil ocorrem pelo menos 11 espécies de *Ludwigia*, chamadas de cruz-de-malta ou maria-mole, que são comuns nos ambientes úmidos como brejos e margens de riachos, mas também no entorno de campos, matas e até mesmo áreas com cultivos mistos. Estas herbáceas e arbustos florescem por longo período e são de fácil acesso para o coletor.

Segundo Steffan–Dewenter *et al.* (44), a matriz em torno de uma determinada área ou fragmento pode consistir de um conjunto de habitats favoráveis ao deslocamento e estabelecimento de espécies, garantindo sua sobrevivência. O conhecimento sobre uma fauna específica (no caso, abelhas) na matriz pode ser utilizado como comparativo entre os fragmentos com distintos estados de conservação (por exemplo: fragmento de diferentes tamanhos e qualidade da própria matriz).

Histórico da região e estado de conservação dos habitats sulinos. O Brasil meridional possui um histórico de colonização um pouco distinto das demais regiões do Brasil.

A ocupação portuguesa prevaleceu por muitos anos, porém, volta e meia, a região esteve sob domínio dos espanhóis (até hoje na zona da Campanha nos pampas sente-se a influência desta cultura, muito semelhante aos países vizinhos). O litoral de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul servia de apoio para atingir o rio da Prata e para promover caça aos índios pelos bandeirantes (bandeiras vicentistas). Nos séculos XVII e XVIII, a coroa portuguesa promoveu a migração de açorianos para a região, que se instalaram no litoral, áreas da planície costeira e formaram instâncias às margens dos rios. Eles introduziram a policultura, plantando produtos que lhes garantiam a subsistência e muitos deram continuidade à tradição pesqueira (no litoral). Suas influências são sentidas ainda hoje na arquitetura, artesanato, festas populares e na língua. Enquanto isso, no planalto, a passagem de tropas (com gados e cavalos) vindas do Rio Grande do Sul para São Paulo promoveu novos povoamentos nas paradas (ex. Lages e Curitiba). A partir do século XIX, ocorreu um novo fluxo de imigração constituído por colonos alemães, italianos, eslavos, poloneses, ucranianos e, em menores contingentes, suíços, franceses e ingleses (38). Essa grande colonização alteraria a ocupação de espaços, levando povoamento para áreas até então desprezadas. Os primeiros colonos foram alemães, que recebiam 50-80 hectares de terra, alguns animais e iriam formar assim uma classe de pequenos proprietários. As colônias alemãs expandiram-se pelos vales dos rios até as encostas inferiores da Serra Geral. Os italianos ocuparam zonas mais altas e mais acidentadas da Serra (600 a 900 metros de altitude). Ali plantavam produtos de subsistência, como o milho e o trigo e, posteriormente a videira.

O Paraná teve um curto ciclo de ouro que foi substituído por agricultura no litoral e gado no planalto. Posteriormente, o ciclo da madeira, erva-mate e café fizeram a história do estado. Apesar da vegetação original ter sido muito explorada por madeireiras e pelo próprio consumo local existem manchas de florestas bem preservadas, principalmente em locais pouco acessíveis.

O histórico desta colonização agrícola resultou em uma estrutura fundiária constituída por pequenas unidades de produção familiar (minifúndios), onde se praticam múltiplos cultivos, muitas vezes de subsistência (fig. 2E). Por exemplo, no município de Santa Rosa do Sul (SC), 90% dos estabelecimentos rurais possuem área inferior a 20 ha e ocupam uma área total correspondente a 60% (24, 37). Faz parte da tradição familiar dividir as terras entre os herdeiros, assim os mesmos permanecem no local e realizam atividades semelhantes aos antepassados. Nos estados da região sul, a população rural é expressiva e equivale às vezes a 60% do total de habitantes dos municípios (em Santa Catarina), sendo o setor primário responsável por cerca de 50% da economia local.

Este histórico e tradição conferem à paisagem sulina aspectos muito importantes para a apifauna. 1. entre uma propriedade e outra há sempre áreas florestadas; 2. existe proximidade da população rural com a natureza; 3. os multicultivares proporcionam farto alimento para os insetos visitantes. 4. existe a tradição de organizar jardins floridos nas propriedades. Este cenário certamente proporciona situações favoráveis para a permanência das espécies de abelhas nativas, bem como interesse em criação de meliponíneos (12).

Revista SEB Ano 10-2.indd 58 5/7/2007 11:20:48

Tabela 1: Principais estudos sobre comunidades de abelhas realizados na região sul do Brasil, ordenados de norte a sul na medida do possível.

Estado	Município	Coordenadas&altitude (Lat.S/LongW- metros)	Vegetação/tamanho área	N° de espécies	N° de indivíduos	Amostragem	Referência
Paraná	Jaguariaíva	24º15'/49º42' - 850	Cerrado (Parque + degradado)	286	5738	8 meses, 2dias/área/mês	Laroca & Almeida, 1994
	Parque Vila Velha	25º13'/49º59' - 880	Campos gerais/ 6ha	181	1552	12meses; 10 coletas, 8h/dia; 2 coletores; c/ *Apis*	Gonçalves & Melo, 2005
	Guarapuava	25º23'/51º27' - 910	Planalto-campo limpo; 12ha	148	1737	12 meses; 37 coletas; 4h/dia; s/ *Apis*	Bortoli & Laroca 1997
	São José dos Pinhais	25º32'/49º12' - 906	Planalto, campo sujo	167	4218		Sakagami *et al*., 1967
				167	1906	13 meses; 4h/dia	Bortoli & Laroca, 1990
	Curitiba	25º25'/49º16' - 934	Parque da Cidade	123	1450	13 meses	Cure, 1983
			Passeio Público	70	3216		Taura 1990
			Boa Vista (subúrbio)	161	1920	12 meses; 3x/mês; 3h/dia	Laroca 1974
	Lapa	25º46'/49º48' - 910	Res. Passa Dois	159	2361	13 meses; 6h/dia	Barbola & Laroca, 1993
	Ilha do Mel	25º30'/48º20' - 0	Plan. Litorânea	75	2064	12 meses; 4h/dia	Zanella, 1991
	Alexandra	25º33'/48º35' - 0	Plan. Litorânea	122	1784	12 meses; 4h/dia; quinz.	Laroca, 1974
	Ilha das Cobras	25º29'/48º26' - 0-55	Plan. Litorânea; 26,5ha	164	>2000	13 meses; 6h/dia	Schwartz-Filho, 1993
	Morretes	25º28'/48º50' - 10	Plan. Litorânea	111			Barbola, 2000
	Pato Branco	26º14'/52º41' - 760	Planalto, 9ha	151	1079	12 meses; 4h/dia, 155hs	Jamhour & Laroca 2004
Santa Catarina	Nordeste do Estado – Guaruva	26º02'/48º57' - 1283	campos de altitude	32	1304	24 coletas; 6h/dia	Mouga, 2004
	Nordeste do Estado – Mafra	26º07'/49º16' - 850	Mata Araucária	92	2531		
	Nordeste do Estado – São Fco. Sul	26º14'/48º38' - 5	Restinga, Mata Atlântica	51 e 60	2198+1363		
	Caçador	26º46'/51º00'- 950	Planalto, cultivo maçã; 16ha	140	3578	13 meses; 59 coletas; 3-4h	Orth, 1983
	Florianópolis	27º35'/48º32' - 25	Plan. Litorânea; 424km²	130	1398	8 meses; 39 dias; 100hs	Feja, 2003
				166		5 anos irregulares; 100hs; 20 pontos	Steiner *et al*., 2006
	Lages	27º48'/50º19'- 884	Planalto; cultivo maçã	127	1137	17 meses; 44 coletas; 2-6h	Ortolan, 1989
	Sul do Estado – Cocal do Sul, Criciúma, Nova Veneza	28º36'-28º40'/ 49º19'-49º29' - 46-74	zona rural, submontana	131	2980	12 meses; c/ *Apis*	Silva, 2005
	Santa Rosa do Sul	29º08'/49º42' - 30	área agrícola, submontana	46	ca. 500	10 meses; quinzenal	Minussi, 2003
Rio Grande do Sul	São Francisco de Paula	29º26'/50º35' - 907	Mata de Araucária	199		3 anos; quinzenal	Harter-Marques, 1999
	Terra de Areia	29º35'/50º04' - 14	M. Atlântica, Restinga	292		3 anos; quinzenal	Alves-dos Santos 1996
	Caçapava do Sul	30º30'/53º25' - 444	Guaritas -Veg. arbustiva	224		3 anos; quinzenal	Schlindwein, 1995
	Vários municípios; todo o Estado	27º–34º/50º-57 º- 0-1400	todas zonas vegetativas; vários ambientes	319		ca. 4 anos	Wittmann& Hofmann, 1989
				675	ca. 20.000	16 anos	Wittmann *et al*. (in prep.)

Revista SEB Ano 10-2.indd 59 5/7/2007 11:20:48

Figura 1. Paisagens sulinas. A. Vegetação de dunas na Planície Costeira; **B.** Vegetação de Terras Baixas próximo ao litoral; **C.** Vista panorâmica da Serra do Corvo Branco, SC; **D.** Floresta Ombrófila Densa de Submontana e Montana na encosta da Serra Geral; **E.** Campos do alto da Serra e Mata com Araucária em Bom Jardim; **F.** Capões com Mata com Araucária na S. Geral.

Revista SEB Ano 10-2.indd 60 5/7/2007 11:20:49

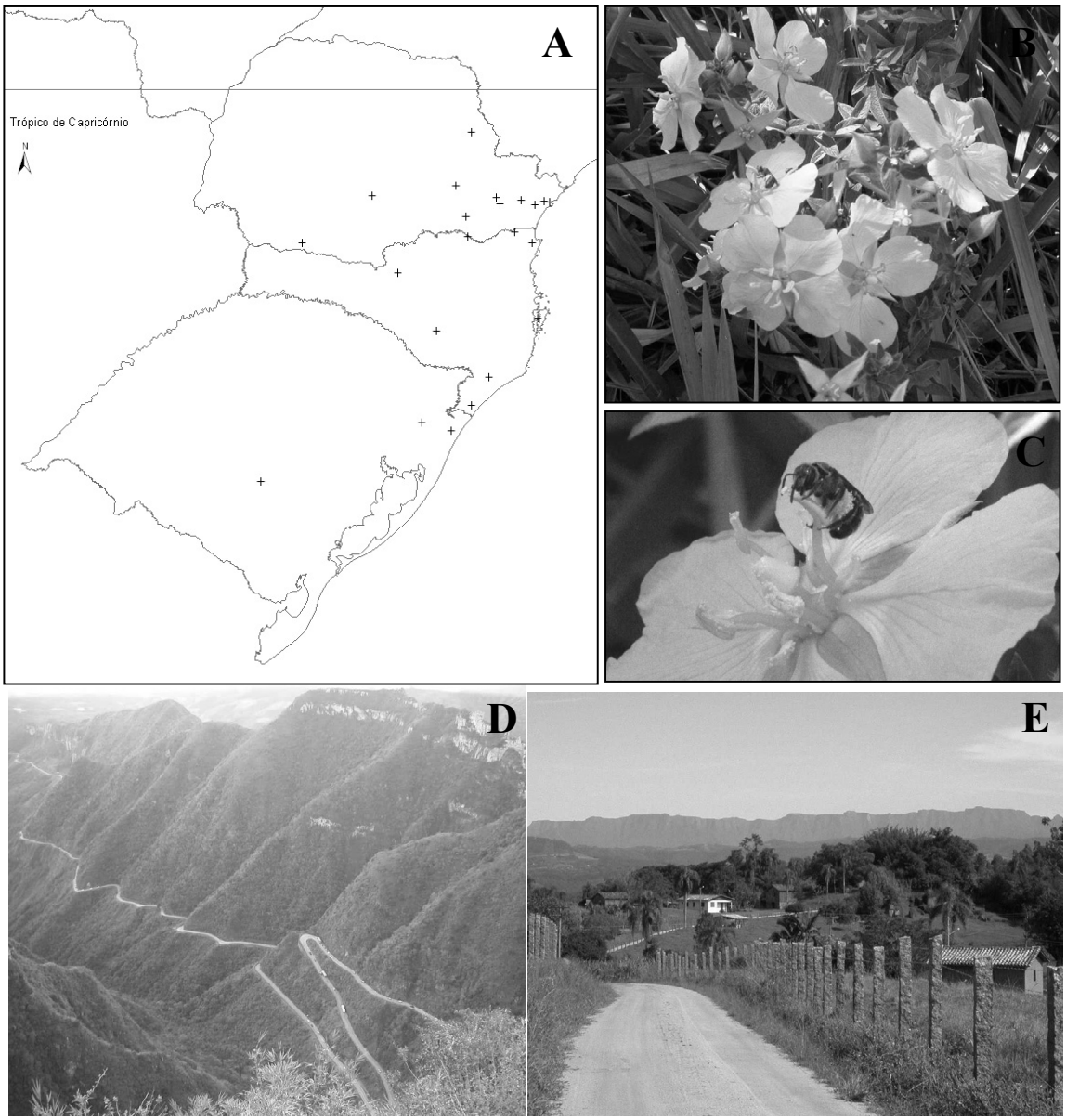

Figura 2. A. Mapa da região sul com as localidades dos estudos realizados sobre melissofauna; **B.** Flores de *Ludwigia* (Onagraceae) – planta-alvo sugerida para avaliações ambientais; **C.** Visitante floral coletando pólen em *Ludwigia*; **D.** Estrada do Rio do Rastro, antiga conexão entre litoral e planalto utilizada pelos tropeiros; **E.** Vista panorâmica de propriedades rurais (minifúndios) em área de submontana de Santa Catarina, observe a silhueta da Serra Geral.

CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Para um completo conhecimento sobre a fauna meridional do Brasil são necessários levantamentos em áreas: no centro do estado de Santa Catarina (ao longo do Rio Itajaí); extremo oeste de Santa Catarina (região de Chapecó e São Miguel do Oeste); centro-norte do Rio Grande do Sul (região de Cruz Alta); áreas ao longo do Rio Uruguai (fronteira com Argentina), e ao longo do rio Paraná (regiões como Parque Iguaçu, Cascável). Apesar de muitas destas áreas do interior estarem tomadas por cultivos agrícolas e pecuária, originalmente fazem parte do domínio da Floresta Estacional Semidecidual, com 20-50% de árvores caducifólias. Esta formação vegetativa distinta das demais cresce em solo fértil de terra roxa e apresenta períodos de estiagem, típicos de algumas áreas xéricas do interior do Paraná. Certamente nestas áreas a fauna de abelhas deve ter características próprias e receber

Revista SEB Ano 10-2.indd 61 5/7/2007 11:20:49

influências mais diretas do oeste do continente, da região do Chaco, por exemplo.

Considerar toda a fauna subtropical significaria incluir também áreas do sul do estado de São Paulo (Vale do Ribeira, Serra Paranapiacaba) sob domínio da Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica), já que boa parte desta região ocupa latitudes acima de 23,5°S (além do Trópico de Capricórnio).

Além disso, para melhor conhecimento sobre as comunidades de abelhas e os nichos por elas ocupados, é necessário determinar as guildas; as espécies oligoléticas com suas respectivas fontes; as espécies poliléticas; associar as espécies parasitas com suas respectivas hospedeiras; conhecer os padrões particulares de parasitismo; determinar os polinizadores efetivos; horários de forrageamento e locais de nidificação. Por fim, como mencionado anteriormente, análises comparativas da diversidade entre os habitats sulinos só serão possíveis quando tivermos revisão de grupos altamente diversos nesta região, como Augochlorini, Halictini e Megachilini, bem como a possibilidade de comparar os índices de diversidade.

Apesar do histórico e do cenário descritos anteriormente, a fragmentação florestal e destruição de habitats naturais são os maiores problemas enfrentados pelas comunidades biológicas no sul do país. A destruição se dá por algumas particularidades da região como: a extração do carvão em Santa Catarina, que deixou heranças danosas ao meio ambiente (na vegetação e nos aqüíferos); geração de energia através de usina térmica; utilização demasiada de agrotóxicos nas plantações de arroz e fumo no litoral; da mesma forma nos cultivos de soja e milho no interior; substituição das encostas da Serra por plantações de banana; retirada de água das turfeiras naturais (com remanescentes de Mata Atlântica horizontal) no litoral para irrigação do arroz; e plantações de *Pinus* no planalto.

A conservação e ampliação dos fragmentos remanescentes são recomendadas para que esta preciosa fauna possa ser mantida.

ABSTRACT

Studies on bee colonies in the South of Brazil proposal for quick evaluation of the subtropical apifauna. The southern region of Brazil holds distinctive traits concerning to climate, topography and vegetation, resulting in a high diversity of bees with the presence of typical elements of the subtropical apifauna. About 25 bee surveys were performed in the south. We still missing a complete synthesis about this fauna due to problems like taxonomic identification and sampling methods. But some traits about the southern melissofauna are visible like the high number of species of Andrenidae in the highland and Colletidae in the Coastal Plain. In the present study I present a compilation of the bee fauna from the southern Brazil. With the high rates of deforestation in all national territory it is necessary to develop methods of fast environmental evaluation of the forest fragments conditions and their surrounds. Thus in this paper I present also a proposal for representative short period sampling using the Brazilian subtropical bee fauna.

Key words: biological diversity, conservation, Apoidea, *Ludwigia*, Asteraceae, bee-plant interaction, geographical distribution.

AGRADECIMENTOS:

Sou grata a Edisa Nascimento pelo convite para apresentar este trabalho no Congresso de Ecologia em Caxambu, bem como para submeter este artigo para publicação. Agradeço também a Astrid de Matos Peixoto Kleinert e Vera Lúcia Imperatriz Fonseca pela revisão e leitura crítica. Denise de Araujo Alves e Sandra Naxara pelo auxílio na confecção do manuscrito. Ao CNPq (Edital Universal -Processo: 477624/2003-0) e a FAPESC (FUNCITEC – Convênio: 1503/2004-2) pelos auxílios concedidos para estudar a fauna de abelhas de Santa Catarina. Ao CNPq pela bolsa de produtividade e pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alves dos Santos, I. Bienen und melittophile Blütenpflanzen in der Küstenregion und im Atlantischen Regenwald von Rio Grande do Sul (Brasilien), mit einer Fallstudie zu Langzungenbienen und tristylen Wasserhyazinthen. Tübingen Universität, Tübingen, 1996, 149p.

Revista SEB Ano 10-2.indd 62 5/7/2007 11:20:49

2. Alves dos Santos, I. Abelhas e Plantas Melíferas da Mata Atlântica, Restinga e Dunas do Litoral Norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev. Bras. Entomol.,* 43 (3/4): 191-223, 1999a.
3. Alves dos Santos, I. Distribuição Vertical de uma Comunidade de Abelhas do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Entomol.,* 43 (3/4): 225-228, 1999b.
4. Alves dos Santos, I. A importância das coleções de abelhas para a iniciativa internacional dos polinizadores. Ed.: L. Marinoni. Coleções Zoológicas. MCT. **http://www.cria.org.br/cgee/documentos/NotaTecnicaAbelhas.doc**, 2005.
5. Barbola, I. F. Biocenótica de Apoidea (Hymenoptera) de uma área restrita de Floresta Atlântica, Morretes, Paraná, Brasil, e aspectos da ecologia da polinização de *Stachytarpheta maximilliani* Scham. (Verbenaceae). Curitiba, PR, UFPR, 2000, 137 p.
6. Barbola, I. F., Laroca, S. A comunidade de Apoidea (Hymenoptera) da Reserva Passa Dois (Lapa, Paraná, Brasil): 1. Diversidade, abundância relativa e atividade sazonal. *Acta Biologica Paranaense,* 22: 91–113, 1993.
7. Bortoli, C., Laroca, S. Estudo biocenótico em Apoidea (Hymenoptera) de uma área restrita em São José dos Pinhais (PR, Sul do Brasil), com notas comparativas. *Dusenia*, 15: 1–112, 1990.
8. Bortoli, C., Laroca, S. Melissocenologia no Terceiro Planalto Paranaense. I: Abundância relativa das abelhas silvestres (Apoidea) de um biótopo urbano de Guarapuava (PR, Brasil). *Acta Biologica Paranaense,* 26: 51–86, 1997.
9. Cure, J. R. Estudo ecológico da comunidade de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) do Parque da Cidade comparado ao de outras áreas de Curitiba. Curitiba, PR, UFPR, 1983, 86 p.
10. Cure, J. R., Bastos Filho, G. S., Oliveira, M. J. F., Souza, O. F. Influência do tamanho da amostra na estimativa da riqueza em espécies em levantamentos de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea). *Rev. Bras. Zool.,* 7: 101–110, 1993.
11. Feja, E. P. Abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) da Ilha de Santa Catarina: um primeiro levantamento da riqueza, aspectos biológicos e relações com plantas melitófilas. Florianópolis, SC, UFSC, 2003, 58 p.
12. Freitas, S. W., Lopes, L. A., Kluwe, F. D., Imperatriz-Fonseca, V. L. A guaraipo negra (*Melipona bicolor schencki* Gribodo 1893), uma rara espécie de abelha nativa sem ferrão (Meliponini) e sua conservação em um fragmento de Mata de Araucárias do Rio Grande do Sul. *Mensagem Doce*, 86: 12-21, 2006.
13. Gonçalves, R. B., Melo, G. A. R. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apidae s.l.) em uma área restrita de campo natural no Parque Estadual de Vila Velha, Paraná: diversidade, fenologia e fontes florais de alimento. *Rev. Bras. Entomol.,* 49 (4): 557-571, 2005.
14. Harter-Marques, B. Bienen und ihre Trachtpflanzen im Araukarien-Hochland von Rio Grando do Sul, mit Fallstudien zur Bestäubung von Pionierpflanzen. Tübingen Universität, Tübingen. 1999, 185p.
15. Jamhour, J., Laroca, S. Uma comunidade de abelhas silvestres (Hym., Apoidea) de Pato Branco (PR-Brasil): diversidade, fenologia, recursos florais e aspectos biogeográficos *Acta Biologica Paranaense,* Curitiba, 33: 27-119. 2004.
16. Kamke, R., Zillikens, A., Steiner, J. Diversidade de abelhas em restinga do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santa Catarina. Anais do VII Encontro sobre abelhas de Ribeirão Preto, SP. 2006, p.740.
17. Kerr, W. E. Extinção de espécies: a grande crise biológica do momento e como afeta os meliponíneos. Anais do V Encontro sobre abelhas de Ribeirão Preto, SP. 2002, p. 4-9.
18. Laroca, S. Estudo feno-ecológico em Apoidea do litoral e primeiro-planalto paranaense. Curitiba, PR, UFPR. 1974, 62 p.
19. Laroca, S., Cure, J. R., Bortoli, C. A associação de abelha silvestres (Hymenoptera, Apoidea) de uma área restrita no interior da cidade de Curitiba (Brasil): uma abordagem biocenótica. *Dusenia*, 13(3): 93-117, 1982.
20. Laroca, S., Almeida, M, C. O relicto de cerrado de Jaguariaíva, (Paraná, Brasil): I. padrões biogeográficos, melissocenoses e flora melissófila. *Acta Biologica Paranaense,* Curitiba, 23: 89-122, 1994.
21. MacArthur, R. H., Wilson, E. O. The Theory of Island Biogeography. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ., 1967, 203p.

Revista SEB Ano 10-2.indd 63 5/7/2007 11:20:49

22. Michener, C. D. Biogeography of the bees. *Ann. Miss. Bot. Gard.,* 66**:** 277-347, 1979.
23. Michener, C. D. *The bees of the World*. John Hopkins, Washington DC, 2000.
24. Minussi, L. C. Potencial de abelhas nativas polinizadoras para a agricultura intensiva no município de Santa Rosa do Sul/SC. Criciúma, SC, UNESC. 2003, 64p.
25. Mouga, D. M. D. S. As comunidades de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em Mata Atlântica na região nordeste do Estado de Santa Catarina, Brasil. São Paulo, SP, USP. 2004, 171p.
26. Nogueira-Neto, P. Uma conversa sobre fragmentos florestais, pequenas populações de abelhas indígenas. *Anais do IV Encontro sobre Abelhas***,** 4: 27-34, 2000.
27. Orth, A. I. Estudo ecológico de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) em Caçador, SC, com ênfase em polinizadores potenciais da macieira *Pyrus mallus* l. (Rosaceae). Curitiba, PR, UFPR. 1983, 135p.
28. Ortolan, S. M. L.S. Biocenótica em Apoidea (Hymenoptera) de áreas de macieira (*Pyrus malus* L.) em Lages, Santa Catarina, com notas comparativas e experimento preliminar de polinização com *Plebeia emerina*. Curitiba, PR, UFPR. 1989, 170p.
29. Pinheiro-Machado, C. A., Alves-dos-Santos, I., Silveira, F. A., Kleinert, A. M. P., Imperatriz-Fonseca, V. L. Brazilian bee surveys: state of knowledge, conservation and sustainable use. *In:* Kevan, P. G., Imperatriz-Fonseca, V. L. (eds.). *Pollinating Bees: The Conservation Link between Agriculture and Nature*. Brasília, Ministry of Environment, 2002, p.115-129.
30. Pinheiro-Machado, C. A. Diversidade e conservação de Apoidea: relações entre riquezas de espécies e alteração ambiental no Brasil. São Paulo, SP, USP. 2002, 142p.
31. Ricklefs, R. E. A *economia da natureza*. Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro, 2003, 503p.
32. Roubik, D. W. 1989. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press, New York, 514 p.
33. Sakagami, S. F., Laroca, S., Moure, J. S. Wild bee biocoenotics in São José dos Pinhais (PR), South Brazil. Preliminary report. *J. Faculty of Science, Hokkaido University [Series VI, Zoology],* 16: 253–291, 1967.
34. Schlindwein, C. *Wildbienen und ihre Trachtpflanzen in einer südbrasilianischen Buschlandschaft: Fallstudie Guaritas, Bestäubung bei Kakteen und Loasaceen*. Ulrich E. Grauer, Stuttgart, 1995, p.148.
35. Schlindwein, C. Frequent oligolecty characterizing a diverse bee-plant community in a xerophytic bushland of subtropical Brazil. *Studies of Neotropical Fauna & Environment,* 33: 46-59, 1998.
36. Schwartz-Filho, D. A comunidade de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) na Ilha das Cobras (Paraná, Brasil): aspectos ecológicos e biogeográficos. Curitiba, PR, UFPR. 1993, 77p.
37. SEBRAE – *Plano de desenvolvimento Municipal – Santa Rosa do Sul*, série PRODER, Florianópolis-SC, 127p., 1998.
38. Seyferth, G. Imigração e Cultura no Brasil. Brasília, DF. Editora da Universidade de Brasília. 1990.
39. Silva, M. Abelhas e plantas melíferas da zona rural dos municípios de Cocal do Sul, Criciúma e Nova Veneza, situados na região carbonífera no sul do estado de Santa Catarina. Criciúma, SC, UNESC. 2005, 115p.
40. Silveira, F. A., Melo, G. A. R., Almeida, E. A. B. *Abelhas Brasileiras – Sistemática de Identificação*. Belo Horizonte, 2002a, p.253.
41. Silveira, F. A., Pinheiro-Machado, C., Alves-dos-Santos, I., Kleinert, A. M., Imperatriz-Fonseca, V. L. Taxonomic Constraints for the Conservation and Sustainable Use of Wild Pollinators-The Brazilian Wild Bees. In: Kevan, P., Imperatriz-Fonseca, V. L. (eds.). *The pollinating bees: The conservation link between agriculture and nature*. Brasília (DF), Ministério Meio Ambiente, 2002b, p. 41-56.
42. Souza, L. Composição da fauna de Hymenoptera associada a área agrícola de manejo tradicional: abelhas nativas e parasitóides. Rio Claro, SP. UNESP. 2006, 102p.
43. Steiner, J., Harter-Marques, B., Zillikens, A., Feja, A. P. Bees of Santa Catarina Island, Brazil – a first survey and checklist (Insecta: Apoidea). *Zootaxa*, 1220: 1-18, 2006.
44. Steffan-Dewenter, I., Münzenberg, U., Bürger, C., Thies, C. & Tscharntke, T. Scale-dependent

Revista SEB Ano 10-2.indd 64 5/7/2007 11:20:49

effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology,* 83(5): 1421-1432, 2002.

45. Taura, H. M. A comunidade de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) do Passeio Público, Curitiba, Paraná, Sul do Brasil: uma abordagem comparativa. Curitiba, PR, UFPR. 1990, 145 p.

46. Taura, H. M., Laroca, S. A associação de abelhas silvestres de um biótopo urbano de Curitiba (Brasil), com comparações espaço temporais: abundância relativa, fenologia, diversidade e explotação de recursos (Hymenoptera, Apoidea). *Acta Biologica Paranaense,* 30: 35-137, 2001.

47. Wilms, W. Die Bienenfauna in Kustenregenwald Brasiliens und ihrebeziehungen zu Blutenplanzen: Fallstudie Boraceia, Soo Paulo. Tübingen. Universität Tübingen, 1995.

48. Wittmann, D., Hoffmann, M. Bees of Rio Grande do Sul. *Iheringia, Sér. Zoologia,* 70: 17-4, 1990.

49. Zanella, F. C. V. Estrutura da comunidade de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) da Ilha do Mel, planície litorânea paranaense, Sul do Brasil, com notas comparativas. Curitiba, PR, UFPR, 1991, 88 p.

Revista SEB Ano 10-2.indd 65 5/7/2007 11:20:49

AN ASSOCIATION BETWEEN *CONSTRICTOTERMES CYPHERGASTER* NESTS (ISOPTERA, TERMITIDAE) AND TREE SPECIES IN SERRA DE CALDAS NOVAS – STATE OF GOIAS, BRAZIL.

Lucivânio Oliveira Silva, Hélida Ferreira Cunha, Diogo Andrade Costa, Kleber do Espírito-Santo Filho & Divino Brandão.

Departamento de Biologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás,

Caixa Postal 131, CEP 74001-970, e-mail – dbrandao@icb.ufg.br, Goiânia – GO, Brasil.

ABSTRACT

An association between *Constrictotermes cyphergaster* nests (Isoptera, Termitidae) and tree species in Serra de Caldas Novas - State of Goias, Brazil. Populations of the termites *Constrictotermes cyphergaster*, a species which constructs arboreal nests in areas of the Cerrado and Caatinga, were analysed in two areas of the cerrado *sensu stricto,* in the Serra de Caldas Novas plateau, GO. In a sample of 494 nests, the following variables were observed: species of support tree; circumference and inclination of the stem, height of the nest in relation to the soil, circumference of the stem, greatest and smallest diameters of the nest and its placing in relation to cardinal points. Data were submitted to Principal Components Analysis, to check the correlationship of several factors among these. Results showed that *C. cyphergaster* has a preference for the plant species *Qualea grandiflora* a hempting to construct their nests were observed to be preferably placed facing the north and west, inclination of the stem not interfering with their architecture when trees are higher, nests are also constructed in a higher part of the stem.

Key words – Termite, *Constrictotermes cyphergaster*, Cerrado, Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, relationship insect x plant.

INTRODUCTION

Termites are social insects, which use manufactured or non-manufactured wood, dry branches, gross leaves, roots, seeds, humus, soil, and herbivorous manure, are nourishing resources and also to build their nests (11,15, 17, 25). They play a very important role in the soil nourishing recycle and aeration, besides being used as food by many animal species (4, 8, 11, 24, 26).

Many termite species have outside activities only at night, probably in order to avoid dehydration since many of them have a fine cuticle (27).

Termite nests, in general, denote different features according to the species. They can be found on the surface (epigeal) branches of trees (arboreal), only underground (hypogeal) or in galleries made inside wood. With relation to the material employed to build these nests, termites use soil, plants or a mixture of both (11, 23). Some species do not build nests, living as tenants in nests of other species. Frequently, and old nest not being used by its original builder shelters up to ten termite species or even other animals, which use it to discharge their eggs, as protection against predators and even as an assembling place (10).

The genus *Constrictotermes* belongs to the Nasutitermitinae subfamily, which is the largest and most specialized subfamily among the Termitidae (16). There are five species: *C. latinotus, C. guantanamensis, C. cavifrons, C. cyphergaster* and *C. rupestris.* The first two species cannot be found in Brazil, and are originally from Ecuador and Cuba. The species *C. cavifrons* is found in the north of South American forests. *C. cyphergaster* is found in the Brazilian cerrado (in the States of

Revista SEB Ano 10-2.indd 66 5/7/2007 11:20:49

Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo, and Distrito Federal) (2), the caatinga, and also in Paraguay and Bolivia (13). C. rupestris is also found in the central portion of Brazil, where it builds its nest on rochs. Its soldiers are very aggressive and produce a defensive secretion in their jaw glands (5).

Is spite of being abundant, many details on *C. cyphergaster* remains unknown despite being studied in some aspects by 3, 10, 13, and 22. Its nests present assorted shapes. Some of them are oval with the narrower part on the top. These nests are usually found on tree stalks. Their nests can also be irregularly rounded when they are built on some branches (6, 10).

C. cyphergaster nests are made of a mixture of regurgitated soil, saliva, and feces (21). Their color is influenced by the color of the soil employed, and surface fissures make them different from other arboreal nests (21). Their outside walls are friable and break very easily. Inside the nests there are dark galleries due to the use of feces to cover internal walls (10). This author suggests that feces coverage is used as thermal insulating and water proof.

C. cyphergaster nests were commonly found in trees like *Q. grandiflora,* maily in those with thick stems (10, 13).

Constrictotermes diet still needs to be deeply investigated. Some authors suggest a possible preference for lichen found in trees and shrubs (5, 21) because of their weak jaws. By giving many different substrates to *C. cyphergaster*, it was reported that it prefers tree bark dead wood, soil, and dry leaves, in this order (10).

C. cyphergaster is an ecologically important species due to its number and also because it shelters in its nest many coleopteran, usually a guest of the genus *Inquilinitermes,* like *I. fur* Silvestri or *I. microcerus* Silvestri (6,10).

The aim of this research is to verify certain possible standards related to *C. cyphergaster* presence in trees and shrubs, nest height in relation to the soil, stem circumference and inclination, and nest cardinal positioning.

METHODS

Data

Two areas of 300m x 200m, each of cerrado *sensu stricto* were bounded in the plateau of Serra de Caldas Novas. They are, respectively, 5 km and 10 km from the Parque Estadual de Caldas Novas headquarters, this being located in the southeast of the State of Goias, between the towns of Caldas Novas and Rio Quente (1).

All data were collected in the first semester of 1999. These two areas were traced, and the following aspects about all *C. cyphergaster* nests, registered: support tree species, nest height, stem circumference at the nest base, the largest and smallest diameter, stem circumference at the nest, base, portion of the stem not used, and also the nest cardinal positioning.

Stem inclination was measured using a pendulum, which was vertically positioned under the nest. Then this was measured all sides, and the tangent are of the triangle formed.

A small sign was made in each support tree in order to avoid that the same tree be measured again.

Data Analysis

Variables such as nest height from the ground, circumference of the stem portion not used, stem circumference at the nest base and the largest and small nest diameter, were measured in centimeters (cm), and the stem inclination in degree (º). These variables were correlated among each other and submitted to Principal Components Analysis (PCA) (7, 12, 14, 20), using the SYSTAT program (28).

All values obtained from nest height, the largest and smallest diameter, stem circumference at the nest base, and the "free circumference of nest base measurements, were compared according to the Student's t-test in order to find possible standards of termite occupation.

All data on cardinal positioning were distributed according to these intervals: from > 22,5º to 67,5º - Northeast; > 67,5º to 112,5º - East; > 112,5º to 157,5º - Southeast; > 157,5º to 202,5º - South; > 202,5º to 247,5º - Southwest; > 247,5º to 292,5º - West; > 292,5º to 337,5º - Northwest and > 337,5º to 22,5º - North. A χ^2 test was also undertaken to verify the homogeneity of nest disposal around each interval reported above.

In each of these areas, the association between nests and support tree species was studied by means of a χ^2 test, in which the expected frequencies were obtained from nest rearrangement

Revista SEB Ano 10-2.indd 67 5/7/2007 11:20:50

among the different tree species, according to their frequency in each area.

In the contingency tables, species in which expected nest frequency was smaller than 1 could distort results, which were assorted into the denomination "other species" (9, 18).

RESULTS AND DISCUSSION

C. cyphergaster nests presented not only one format. They were sometimes irregular, mainly when found in the branches of the support tree. In other cases they were more rounded, or with the format of a pear when found on straight stems. Nest color was also observed, this varying from red to light yellow, according to the underlying soil. All nests were very fragile and frail externally.

In general, galleries from the nests to the soil were encountered, besides in the direction of the foliar canopy. Nevertheless, no diurnal foraging was observed during all the collection period. Nests were hardly ever covered with any kind of vegetation. The presence of moss in nests injured by other animals was noted, where at their builders forsook some of these.

The number of plants of each species present is demonstrated in Table 1. The most frequent species among all nests studied was *Qualea grandiflora*. This fact was also reported by 6, 10, and 13.

This preference is probably due to the stem of this plant. In other words, the suber of this plant is very thick and contains a lot of lenticels, which facilitates temporary shelter for the royal couple until the nest is built. Its suber is also friable and splits easily and can be used by the royal couple as raw material with the regurgitated soil particles during nest building.

Nest height in the support plants was significantly different between the two areas ($t = 5{,}528$ $p < 0{,}001$). The differences showed in other variables (stem circumference, largest and smallest diameter and inclination) were not significant. Height difference is probably due to support plants height, which was higher in area 2, which prevented the incidence of solar light. As the termite needs heat to maintain the temperature inside the colony (10), it prefers to build the nest in a higher portion of the stem.

Q. grandiflora has a very suberous bark with fissures (19 and notes of the present author), and it facilitates nest building by the royal couple in the beginning. Besides this, the suber is used, according to 10 and 5, by the termites studied here to build their nests.

Another characteristic of this species is the use of non-resistant wood (19). The great number of nests in dead trees may indicate that wood, in some state of organic decay, is in some way favorable to the colony.

This preference may be associated with the existence of some substances able to inhibit its occupation. Evidence of this possibility can be found in latent species such as *K. coriacea* and *P. ramiflora,* which were more frequently found in areas 1 and 2, respectively. *C. cyphergaster* nests in these plants were rarely observed. Probably, latex works as a kind of repellent. This possibility must be investigated in further studies. Furthermore, a softer cork constitutes the stem of the species *K. coriacea* and is too smooth to shelter the royal couple during nest building.

The termite did not occupy plants of the family Myrtacea that have smooth stems, as a very smooth stem makes fixing of regurgitated particles more difficult.

There is a significant correlation ($\chi^2_{area\ 1} = 722{,}73$, $p < 0{,}001$ and $\chi^2_{area\ 2} = 412{,}64$, $p < 0{,}001$) between nests and support tree species. *C. cyphergaster* showed a very clear preference to build its nests in plants of species such as *Q. grandiflora* in both areas, and also *Dalbergia miscolobium* in area 1, and *Aspidorsperma dasicarpon* and *Q. multiflora* in area 2. On the other side, *K. coriacea, S. flexuosa, H. speciosa* and *S. adstringen* in area 1 and *O. hexasperma* and *V. cinnamomea* in area 2, showed occupation less than the number of nests expected.

The matrix of Pearson's correlation showed a system of variables not independent from each other. A significant correlation between the stem circumference was found, showing that stem circumference ratio was smaller in thicker stems and bigger in thinner ones. In many cases, 100% of envelopment was observed. The amplitude of the enveloped portion variation (in absolute values) was smaller than the amplitude of the total circumference.

Revista SEB Ano 10-2.indd 68 5/7/2007 11:20:50

Table 1. List of vegetal species occupied by the termite *Constrictotermes cyphergaster* in areas 1 and 2 of Parque Estadual da Serra de Caldas Novas in the state of Goias, Brazil.

Vegetal species	**Number of plants with the termite in area 1**	**Number of plants with the termite in area 2**
Not identified	0	4
Acosmium dasicarpon (Vog.) Yakovl. *Ssp*	0	1
Aegiphilla klotschiana Cham	1	0
Annona crassiflora Mart.	18	7
Aspidosperma dasicarpon A. DC	13	20
Aspidorperma macrocarpon A. DC	3	0
Aspidorperma tomentosum A. DC	0	7
Austroplenckia populnea (Reiss) Lund.	0	13
Bowdichia virgiloide H.B. & K	2	6
Byrsonima coccolobifolia H.B. & K	1	0
Byrsonima verbasciflora Rich. Ex. Juss.	6	6
Caryocar brasiliense Camb.	5	13
Dalbergia miscolobium Benth	19	2
Dimorphandra mollis Benth	1	0
Diopyros híspida A. DC var *camporum* Warm.	2	0
Eremantus sp.	1	0
Eriotheca pubescens (Mart. & Zucl.) Shott. & Endl.	1	0
Erytroxylum campestre St. Hil	1	1
Hymenea stigonocarpa Mart. Ex Hayne	1	4
Kielmeyera coriacea Mart.	2	5
Licania humilis Cham & Schlect	2	2
Luchea grandiflora Mart. Ex Zucc	0	1
Ouratea hexasperma (St. Hil) Baill.	1	0
Palicourea rigida Kunth.	1	7
Piptocarpha rotundifolia (Less.) Baker	1	1
Platimenia reticulate Benth.	0	3
Pouteria ramiflora (Mart.) Radlk.	7	9
Psidium australe Camb.	4	0
Pterodon emaginatus Vog.	2	5
Qualea gradiflora Mart.	92	64
Qualea multiflora Mart.	8	15
Qualea parviflora Mart.	1	18
Schefflera macrocarpon (Serm.) [D. C. Froolik]	2	3
Sclerolobium aureum (Tul.) Benth	0	3
Strychnos pseudo-quina St. Hil	1	1
Stryphnodendron polyphyllum Mart. Var. *villosum*	0	1
Styrax ferrugineus Nees & Mart.	1	0
Tabebuia aurea (Mart. Bur	5	3
Tabebuia ochracea (Cham.) Standl.	1	5
Vatairea sp	0	1
Vochysia cinnamomea Pohl.	0	3
Vochysia tucanorum Mart.	0	3
Died plants	18	33
Total	**224**	**270**

Revista SEB Ano 10-2.indd 69 5/7/2007 11:20:50

This fact may indicate that the nest building strategy includes the need for a thicker portion of stem for fixing.

The free circumference is not associated to nest size, since the correlation factors between the free circumference, and the diameter were always very small. Thus, it is possible that *C. cyphergaster* starts the nest building process occupying all area necessary. So, nest growth occurs by layer overlapping.

Principal Components Analysis (PCA) showed the following results:

In area 1, the first axis of PCA was responsible for 41,582% of total variation, and was an arrangement of large variation of the stem circumference, the largest and smallest diameter, height, and free circumference, with a small variation of inclination.

The second axis, which was responsible for 24,019% of total variation, was mainly a large variation of free circumference and a small variation of stem circumference and diameter.

The third axis, which was responsible for 14,983% of all data variation, was mainly a large variation or the remainder of inclination – a variable that did not contribute very much to the analysis of the first two axes. The first three principal components (PCs) were responsible for a total of 80,584% of total variation.

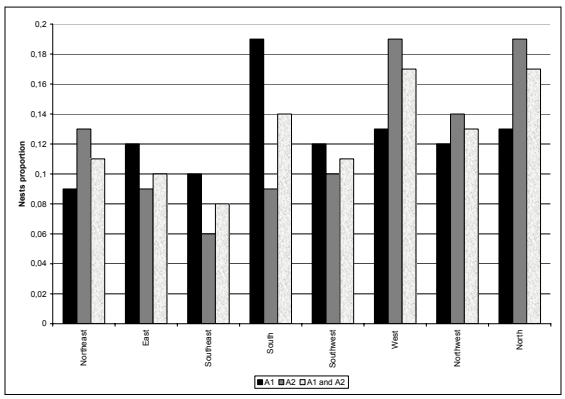

Figure 1. *C. cyphergaster* nest distribution in relation to the cardinal positioning in both áreas 1 and 2, situated at Parque Estadual da Serra de Caldas Novas in the state of Goiás ($\chi^2 = 10.4$, $p < 0,001$).

Stem inclination did not intervene in nest architecture.

It was noted that, in area 2, vegetal coverage was higher than in area 1, and that nests in area 2 were higher than those in area 1. It is necessary to study further the reasons for this.

RESUMO

Uma associação entre ninhos de Constrictotermes cyphergaster (Isoptera, Termitidae) e espécies arborícolas na Serra de Caldas Novas, Goias, Brasil. Populações do termite *Constrictotermes cyphergaster,* uma espécie que constrói ninhos arbóreos em áreas de cerrado e caatinga, foram analisados em duas áreas de cerrado *sensu stricto*, no platô da Serra de Caldas Novas, GO. Em uma amostra de 494 ninhos, observaram-se as variáveis: espécie da árvore suporte, circunferência e inclinação do caule, altura do ninho em relação ao solo, circunferência do caule, diâmetros maior e menor dos ninhos e seu posicionamento em relação aos pontos cardeais. Os dados foram submetidos a análises através de uma análise de componentes principais (PCA), para verificar a correlação dos diversos fatores entre si. Os resultados mostraram que *C. cyphergaster* tem preferência pela espécie vegetal *Qualea grandiflora*, procurando construir seus ninhos em árvores que apresentem caules mais robustos. Os ninhos apresentam-se voltados preferencialmente para as posições norte e oeste e a inclinação dos caules não interfere na arquitetura dos ninhos. Quando as árvores são mais altas, os ninhos são construídos também numa região mais elevada do caule.

Palavras chave – Térmita, *Constrictotermes cyphergaster,* Cerrado, Parque Estadual da Serra de Caldas Novas , relação inseto x planta.

REFERENCES

1. Alameida, A. F. & F. N. M. Sarmento (coord.). s.d. Parque Estadual da Serra de Caldas – Plano de Manejo. CTE (Centro Tecnológico de Engenharia Ltda), FEMAGO – Fundação Estadual do Meio Ambiente, Goiânia.
2. Araújo, R. L. 1977. Catálogo dos Isoptera do Novo Mundo. *Academia Brasileira de Ciências,* Rio de Janeiro, 92p.
3. Coles, H. R. 1980. Defensive strategies in the ecology of neotropical térmites. Southamptom, University of Southamptom. 243p. (Thesis, PhD).
4. Constantino, R. 1988. Influência da macrofauna na dinâmica de nutrientes do folhedo em

Revista SEB Ano 10-2.indd 70 5/7/2007 11:20:50

decomposição em cerrado ***sensu stricto*.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Biologia Vegetal. Universidade de Brasília. 68p.

5. Constantino, R. & A. M. Costa-Leonardo. 1997, A New Species of *Constrictotermes* from Central Brazil with Notes on the Mandibular Glands of Workers (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae), *Sociobiology.* 30(2): 213-223.
6. Cunha, H. F. 2000. Estudo de colônias de *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae: Nasutitermitinae) no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas – GO. Dissertação de Mestrado. 52p.
7. Davis, J.C. 1986. Statistics and data analysis in Geology. 2ª Ed. John Wiley & Sons.
8. Egler, I. & M. Haridasan. 1987. Alteration of soil properties by *Procornitermes araujoii* (Isoptera, Termitidae) in latossols of the Cerrado region of Brazil. In: SAN JOSE, J.J. e Montes, R. (eds.). La capacidad bioprodutiva de sabanas. I.V.I.C., Caracas. 280-308.
9. Everitt, B.S. 1992. The analysis of contingency tables. Second edition. Chapman & Hall. London.
10. Fontes, E. G. 1980. Estudos ecológicos sobre o térmita arbóreo *Constrictotermes cyphergaster* em áreas de cerrado. Dissertação de Mestrado. Brasília, Universidade de Brasília. 65p.
11. Fontes, L. R. 1979. Os Cupins. Ciência e Cultura**.** 31(9): 986-992.
12. Gauch, H.G. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press.
13. Godinho, A. L., L. V. Lins, T. A. Gontijo & D. J. Domingos. 1989. Aspectos da Ecologia de *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae) em Cerrado, Sete Lagoas, MG. In *Revista Brasileira de Biologia***.** 49:703-708.
14. Gould, S. J. 1991. A falsa medida do Homem. São Paulo: Martins Fontes. 369p.
15. Heringer, E. P. 1971. Propagação de Espécies arbóreas do Cerrado em função do fogo, do capim, da capina e do aldrin. In: Ferri, M. G.; Brito da Cunha, A.; Lacaz, C. S.; Strenger, I.; Santos, P. S. (eds.) III Simpósio sobre o Cerrado. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo. 167-179.
16. Krishna, K. 1970. Taxonomy, philogeny and distribution of térmites. In: K. Krishna & F. M. Weesner (eds). *Biology of termites,* vol. 2. Academic Press. New York and London.127-152.
17. Lee, K. E. & T. G. Wood. 1971. Termites and Soils**.** *Acad. Press*. N. Y. and London, 251p.
18. Lewontin, R. C. & J. Felsenstein. 1965. The robustness of homogeneity tests in 2xN tables. *Biometrics* **21**:19-33.
19. Lorenzi, H. 1992. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP. Editora Plantarum.
20. Manly, B. F. J. 1985. Multivatiate statistical methods – A primer. Chapman and Hall.
21. Mathews, A. G. A. 1977. Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil. *Academia Brasileira de Ciências,* Rio de Janeiro, 267p.
22. Mill, A. E. 1982. Foraging and defensive behaviour in Neotropical termites. Southamptom. University of Southamptom. 264p. (Thesis, PhD).
23. Noirot, C.H. 1970. The Nests of Termites. In: K. Krishna & F. M. Weesner (eds). *Biology of termites***,** vol. 2. Academic Press. New York and London. 73-120.
24. Reatto, A. J. R. Correia & S. T. Spera. 1998. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: Sano, S. M. & Almeida, S. P. Cerrado – ambiente e flora**.** 47-86.
25. Sands, W. A. 1973. Térmites as pests of tropical food crops. *Pestic, Abstr.* **19:** 167-177.
26. Schaefer, D. A. & W. G. Whitford. 1981. Nutrient cycling by subterranean termite *Gnathamitermes tubiformans* in Chihuahuan Desert ecosystem. *Oecologia***.** (Berl.). 48: 277-283.
27. Sheppe, W. 1970. Daily and Seasonal paterns of construction activity by *Odontotermes latericius* (Isoptera: Termitidae). *Insectes Sociaux***.** Vol. XVII(4):225-232.
28. Wilkinson, L. 1988. The system for statistics**.** Evanston, I. L. Systat Inc.

Revista SEB Ano 10-2.indd 71 5/7/2007 11:20:50

SIMILARIDADE ENTRE ESPÉCIES BRASILEIRAS DO GÊNERO *TILLANDSIA L.* (BROMELIACEAE) COM BASE EM DIMENSÕES FOLIARES[1]

Patrícia Gabarra Mendonça [1], Maria Esmeralda Soares Payão Demattê [2], Antonio Sergio Fearraudo[3] & Fabíola Vitti Môro[4].

[1] Bolsista da CAPES. Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Campus de Jaboticabal.
Extraído da Dissertação de Mestrado da primeira autora.
[2] Departamento de Produção Vegetal, FCAV/UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Cep: 14.884-900, Jaboticabal, SP, Brasil. Tel:(16) 3209-2669, fax:(16) 3209-2668, e-mail: <mariaesmeralda@terra.com.br>
[3] Departamento de Ciências Exatas, (FCAV/UNESP).
[4] Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, (FCAV/UNESP).

RESUMO

Similaridade entre espécies brasileiras do gênero *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) com base em dimensões foliares. Muitas espécies brasileiras do gênero *Tillandsia*, entre as quais aquelas em risco de extinção , ainda são pouco conhecidas e pouco estudadas. Foi objetivo deste trabalho estabelecer relações de similaridade entre algumas dessas espécies com base em dimensões foliares de plantas. Determinaram-se o comprimento ao logo da nervura principal, a largura máxima perpendicular à nervura principal e a área foliar real de, no mínimo,100 folhas plenamente desenvolvidas de cada espécie, mantidas intatas nas plantas. A análise de agrupamentos, utilizando as dimensões foliares determinadas, classificou as espécies em dois grupos: o primeiro incluiu *T. reclinata, T. tenuifolia,T. kautskyi, T. grazielae* e *T. carminea;* o segundo, *T. globosa, T. dura, T. geminiflora* e *T. stricta.* Essa classificação em grupos mostrou certa relação com a forma de crescimento das espécies (epífitas ou rupícolas). *Tillandsia gardneri* ficou isolada, mostrando ser muito diferente das demais; esta é uma espécie de ampla distribuição geográfica, ao contrário das outras.

Palavras chave: Bromeliaceae, *Tillandsia*, dimensões foliares, similaridade.

INTRODUÇÃO

Na família Bromeliaceae, o gênero *Tillandsia L.* é o que tem maior número de espécies, distribuídas em toda região neotropical(13). São plantas caulescentes ou acaulescentes, epífitas ou rupícolas. Características botânicas do gênero são detalhadas por (19; 11; 03; 13 e 22). Economicamente, interessam principalmente como plantas ornamentais, medicinais e produtoras de fibras. Podem ser utilizadas como bioindicadoras da qualidade do ar, por absorverem substâncias tóxicas que se acumulam em seus tecidos, demonstrando externamente graus de intoxicação a que são submetidas pela poluição atmosférica (11 e 04).

Sete espécies da família Bromeliaceae em risco de extinção são listadas pela CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) em seu Apêndice II, todas elas do gênero *Tillandsia: T. harrisii, T. kautskyi, T. mauryana, T. sprengeliana , T. sucrei* e *T. xerographica* (05). Destas *T. kautskyi, T. sprengeliana* e *T. sucrei* são brasileiras.

A Base de Dados Tropical (02) lista espécies da flora bromelícola brasileira ameaçadas de extinção, tendo como fonte de informações o (09), a Internacional Union for Conservation of Nature and Natural Resources – The World Conservation Union (10) e a Fundação Biodiversitas – MG, a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA-SP). Do gênero *Tillandsia*, são citadas:

Revista SEB Ano 10-2.indd 72 5/7/2007 11:20:50

T. aeris-incola, T. brachyphylla, T. carminea, T. grazielae, T. kautskyi, T. linearis, T. lorentzina, T. nuptialis, T. reclinata, T. seideliana, T. spiculosa, T. sprengeliana, T. sucrei, T. xiphioides.

Graeff (1997) sugeriu que seja dada atenção especial a *T. carminea, T. grazielae e T. reclinata.* As duas últimas espécies ocorrem em Petrópolis, RJ. Orlando Graeff (Comunicação Pessoal, 2001), chamou a atenção para o fato de algumas dessas plantas ocorrerem em afloramentos rochosos muito íngremes e quase desvegetados, formando populações densas, mas restritas do ponto de vista de sua dispersão. Essas espécies ainda não foram suficientemente caracterizadas. De *Tillandsia carminea* W. Till, descrita a partir de tipos isolados, não se conhece sequer o habitat.

Nas regiões do Sul e Sudeste do Brasil, onde se concentra a produção de bromélias, (01) relataram que nenhuma das bromélias brasileiras ameaçadas de extinção foi encontrada em cultivo.

No ano de 2000, a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (Unesp) recebeu a doação de lotes de diversas bromélias brasileiras do gênero *Tillandsia.* Desde então, essas plantas encontram-se em cultivo na instituição e têm sido pesquisadas.

O primeiro trabalho concluído foi a estimativa da área foliar das espécies por método não destrutivo (12). Pata a realização desse trabalho, foram medidas as dimensões foliares comprimento, maior largura e área foliar real.

Nunes (1997) discorreu sobre a importância de se considerarem novos parâmetros que contribuam para melhor caracterização das espécies de Bromeliaceae. Foi ressaltado que poucos são os estudos morfológicos, importantes para a utilização taxonômica.

Nesse sentido, os dados obtidos por Mendonça (2002) foram também utilizados no presente estudo, com a finalidade de contribuir para a caracterização morfológica das espécies observadas. A hipótese de trabalho foi a de que as espécies em estudo podem ser agrupadas com base em semelhanças de dimensões de suas folhas.

MATERIAL E MÉTODOS

As espécies estudadas (Figura 1), todas brasileiras, pertencem ao gênero *Tillandsia* e são as seguintes: *Tillandsia carminea* W. Till, *Tillandsia dura* Baker, *Tillandsia gardneri* Lindl., *Tillandsia geminiflora* Brongn., *Tillandsia globosa* Wawra, *Tillandsia grazielae* Sucre & Braga, *Tillandsia kautskyi* E. Pereira, *Tillandsia reclinata* E. Pereira & Martinelli, *Tillandsia stricta* Sol. ex Sims e *Tillandsia tenuifolia* L. As plantas eram procedentes do Orquidário Binot, Petrópolis, RJ, e estão em cultivo no Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Jaboticabal, SP, local de ocorrência de bromélias (16) e de condições favoráveis ao seu desenvolvimento.

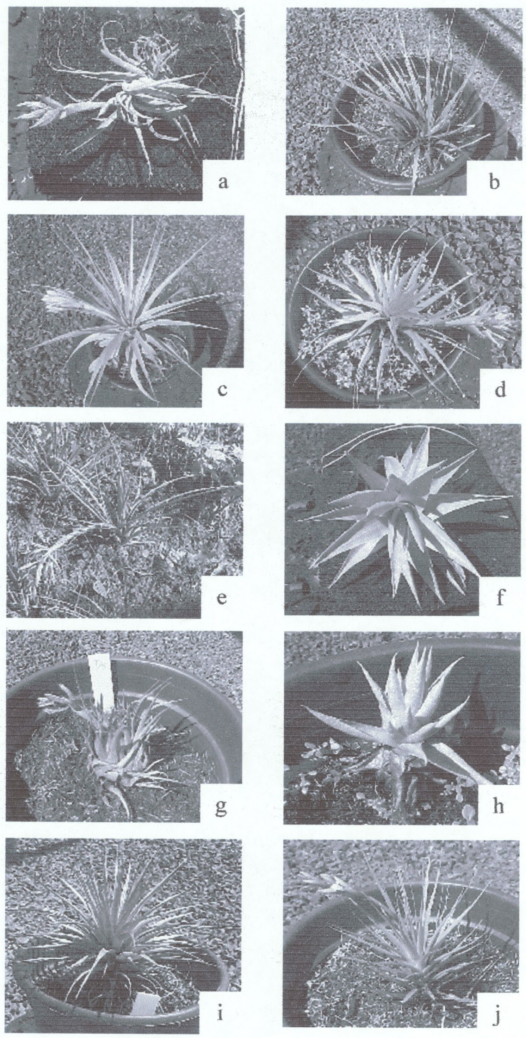

Figura 1. Espécies do gênero *Tillandsia* (Bromeliaceae) estudadas: *a) T. carminea, b) T. dura, c) T. gardneri, d) T. geminiflora, e) T. globosa, f) T. grazielae, g) T. kautskyi, h) T. reclinata, i) stricta, j) T. tenuifolia.* Fotografias de Fabíola Vitti Môro.

Revista SEB Ano 10-2.indd 73 5/7/2007 11:20:51

Informações botânicas sobre as espécies estudadas são encontradas em (19; 18; 14; 21; 15, 17 e 07). *Tillandsia dura, T. geminiflora, T. globosa, T. kautskyi* e *T. tenuifolia,* são epífitas*; T. carminea, T. grazielae e T. reclinata*, rupícolas; *T gardineri e T. tenuifolia,* epífitas e rupículas facultativas; *T stricta* é epífita e rupicula ocasional (Orlando Graeff, Walter Till e Eric J. Golda, comunicação pessoal , 2001).

Para medir as dimensões foliares e determinar a área foliar real, foram desenhadas folhas plenamente desenvolvidas,escolhidasaoacaso,emnúmerosmínimos de 100 por espécie, dependendo da disponibilidade de plantas: 183 folhas de *T. carminea,* 100 de *T. dura*, 200 de *T. gardneri*, 201 de *T. geminiflora*, 202 de *T. globosa*, 151 de *T. grazielae*, 212 de *T. kaustskyi*, 102 de *T. reclinata*, 205 de *T. stricta* e 207 de *T. tenuifolia*.

Os desenhos foram feitos em filme plástico transparente colocado sobre a folha, traçando-se seu contorno com caneta especial para escrever em transparências para retroprojetor. Posteriormente, os desenhos foram transferidos para papel. Foram medidos, para cada folha desenhada, o comprimento ao longo da nervura principal, excluindo a bainha foliar, e a largura máxima perpendicular à nervura principal. A área foliar real foi determinada pela medição da área desenhada no papel, utilizando-se sistema de análise digital de imagem (Digital Image Analysis System Version 1.12 – Delta – T Devices).

A ordenação das espécies foi feita por meio da análise de agrupamentos (20). Adotou-se distância euclidiana como coeficiente de dissimilaridade, e a estratégica de agrupamento aplicada foi a Average Linkage(UPGMA- Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Averages), que utiliza a distância média entre grupos.

RESULTADOS

Os valores médios, máximos e mínimos encontrados para as dimensões foliares consideradas são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Comprimento ao longo da nervura principal e largura máxima perpendicular à nervura principal de folhas de *Tillandsia* spp.

Espécies	Comprimento (cm)				Maior largura (cm)			
	mínimo	máximo	médio	s ∝	mínima	Máxima	média	s ∝
T. carminea	3,00	7,50	5,28	± 0,7245	0,25	0,90	0,51	± 0,0998
T. dura	4,70	16,50	11,63	± 2,8852	0,10	0,85	0,44	± 0,1661
T. gardneri	4,60	21,60	13,53	± 4,1469	0,70	2,50	1,69	± 0,3597
T. geminiflora	2,80	12,40	8,08	± 1,6350	0,75	1,50	1,13	± 0,1818
T. globosa	2,30	19,10	11,44	± 3,8696	0,40	1,20	0,76	± 0,1617
T. grazielae	2,90	7,50	4,88	± 0,8970	0,50	1,85	1,28	± 0,0000
T. kautskyi	1,80	7,50	4,23	± 1,0501	0,50	1,90	1,20	± 0,2752
T. reclinata	1,20	4,35	2,35	± 0,5592	0,30	0,95	0,56	± 0,1478
T. stricta	2,30	19,20	9,63	± 4,0805	0,50	1,50	0,87	± 0,1962
T. tenuifolia	2,30	11,70	7,05	± 2,0069	0,40	1,30	0,68	± 0,1374

∝ s = desvio padrão

Revista SEB Ano 10-2.indd 74 5/7/2007 11:20:51

Tabela 2. Área foliar real de folhas de *Tillandsia* spp

Espécie	Área foliar (cm^2)			
	Mínima	Máxima	Média	s(desvio padrão)
T. carminea	0,74	3,30	1,71	± 0,4016
T. dura	0,91	6,36	3,12	± 1,3063
T. gardneri	3,35	26,64	12,94	± 0,7174
T. geminiflora	1,72	9,72	4,78	± 1,3244
T. globosa	1,30	9,43	5,30	± 1,6522
T. grazielae	0,81	7,05	3,88	± 1,1880
T. kautskyi	0,93	6,34	2,53	± 0,9105
T. reclinata	0,32	2,44	0,91	± 0,4114
T. stricta	0,94	9,23	4,51	± 1,8750
T. tenuifolia	0,98	5,55	2,92	± 0,8207

A Figura 2 mostra os diferentes grupos formados com base na semelhança de dimensões foliais. A análise de agrupamentos classificou as espécies em dois grupos: grupo 1, com *T. reclinata, T. tenuifólia, T. Kaustskyi, T. grazielae, T. carminea;* grupo 2, *T. globosa, T. dura, T. geminiflora, T. stricta. Tillandsia gardneri* ficou isolada. Na figura 3, estão representadas por grupos as folhas das espécies estudadas.

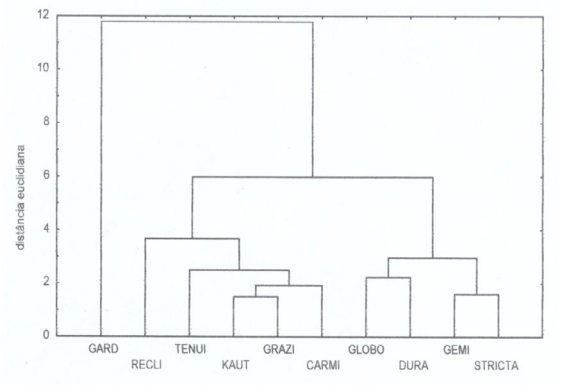

Figura 2 – Dendrograma obtido pela análise de agrupamento para *Tillandsia* spp. (Bromeliaceae). CARMI = *T. carminea* W. Till; DURA = *T. dura* Baker; GARD = *T. gardneri* Lindl.; GEMI = *T. geminiflora* Brongn.; GLOBO = *T. globosa* Wawra; GRAZI = *T. grazielae* Sucre & Braga; KAUT = *T. kautskyi* E. Pereira; RECLI = *T. reclinata* E. Perreira & Martinelli; STRICTA = *T. stricta* Sol. ex Sims; TENUI = *T. tenuifolia* L.

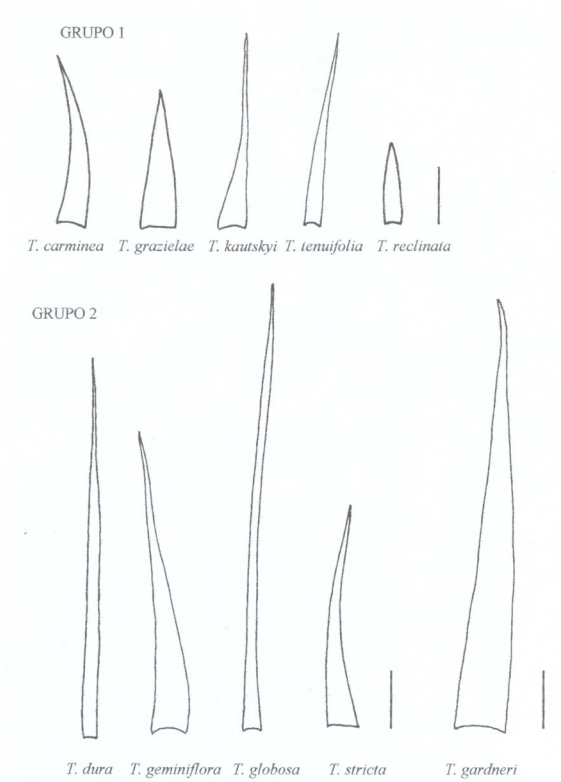

Figura 3 – Representação da lâmina foliar de espécies do gênero *Tillandsia* L. agrupadas de acordo com a similaridade entre dimensões foliares. Escala: 2 cm. Desenhos de Fabíola Vitti Môro.

Revista SEB Ano 10-2.indd 75 5/7/2007 11:20:53

DISCUSSÃO

A classificação taxonômica das espécies vegetais baseia-se, essencialmente, nas características morfológicas dos órgãos reprodutivos, que, por serem menos influenciadas pelo ambiente, expressam melhor a carga genética da planta. Quando se estudam folhas, é preciso considerar que existe forte relação entre suas características e o ambiente onde a planta se desenvolve. No caso das bromélias, uma mesma espécie pode apresentar folhas diferentes conforme cresça ao sol ou em ambiente sombreado (06). Entretanto, a busca de similaridade entre espécies com base em dimensões foliares, no presente estudo, levou a constatações interessantes. Houve tendência de as espécies se agruparem também segundo sua forma de crescimento e sua distribuição geográfica.

Tillandsia carminea, T. grazielae e *T. reclinata, rupícolas,* e *T. tenuifolia, rupícola* facultativa, ficaram no mesmo grupo. Ressalta-se que *T. grazielae T. reclinata* crescem no mesmo habitat, restrito a afloramentos rochosos íngremes de Petrópolis, RJ.

Epífitas (*T. dura, T. geminiflora, T. globosa,* e *T. stricta*) também se reuniram em um mesmo grupo, exceto *T. kautskyi* e *T. tenuifolia*. As duas últimas apresentam comportamento diferenciado em relação às primeiras: *T. tenuifolia* pode crescer como rupícola, e *T. kautskyi* têm-se mostrado pouco adaptada ao método de cultivo utilizado para bromélias epífitas.

Tillandsia gardneri, ficando isolada, mostrou ser muito diferente das demais. Esta é uma espécie amplamente distribuída pela América tropical, ao contrário das outras estudadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Orquidário Binot, Petrópolis, RJ, pela doação das plantas utilizadas neste estudo; à Dra. Maria das Graças Lapa Wanderley, do Instituto de Botânica do Estado de São Paulo, pela identificação das espécies estudadas; ao Eng. Agr. Orlando Graeff, da Sociedade Brasileira das Bromélias, pela ajuda na obtenção das plantas e por informações fundamentais à pesquisa; ao Dr. Walter Till, Curador do Herbarium do Institute of Botany, University of Vienna, Áustria, e ao Dr. Eric J. Gouda, Curador do University Botanic Gardens, Utrecht, Holanda, por informações sobre a forma de crescimento das espécies estudadas; à Prof. Dra. Teresinha de Jesus Deléo Rodrigues, a Sônia Maria Raymundo Carregari e a Adão Marin, da FCAV/ UNESP, por orientação quanto a procedimentos.

ABSTRACT

Similarities among Brazilian species of *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) based on leaf dimensions. Knowledge and studies on many Brazilian species of *Tillandsia* genus are still insufficient, even being endangered species. The objective of this study was to search for similarity relationships among some of these species as to leaf dimensions. Leaf length along the central vein, maximum leaf width and real leaf area were measured from at least 100 leaves of each species. Leaves were maintained intact at the plants. The Cluster Analysis classified the species in two groups (with maximum homogeneity into a group and maximum heterogeneity between different groups) according to leaf dimensions, group 1, with *T. reclinata, T. tenuifolia, T. kautskyi, T. grazielae* e *T. carminea;* group 2, with *T. globosa, T. dura, T. geminiflora* e *T. stricta.* These groups have some relation with the growth habit of the species (epiphytic or saxicolous). Tillandsia gardneri was isolated by the analysis, showing to be very different from the others, and this species is widely spread in tropical America, on the contrary of the other studied species,that have a restrict geographic distribution.

Key Words: Bromeliaceae, *Tillandsia,* leaf dimensions, similarity.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 Andrade, F.S.A.; Demattê, M.E.S.P. Estudo sobre produção e comercialização de bromélias. nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. *Ver. Bras. Hostic. Orn.* 5: 97-100,1999.

2 BTD. *Base de dados tropical, branco de espécies*. Disponível em:http://www.bdt.org.br, 2001. Acesso em 27/ Ago/01.

3 Benzing, D.H. How much is known about Bromeliaceous in 1994? *Selbyana,* 15: 1-7, 1994.

Revista SEB Ano 10-2.indd 76 5/7/2007 11:20:53

4 Calasans, C.F.; Malm, O. Utilização da *Tillandsia usneoides* para avaliação de poluição atmosférica por mercúrio. *Bromélia,* 1:7-10, 1994.

5 CITES. *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora.* Disponível em:http://www.cites.org/eng/disc/what_is.shtml, 2001. Acesso em: 8/Ago/01.

6 Cogliatti-Carvalho; L.C.,Rocha, C.F.D. Forma da bromélia depende da luz. Ciência Hoje, 26:72-74, 1999.

7 Ehlers, R. *Die bromelie.* Deutsche Bromelien-Gesellschaft, Frankfurt, 1996, 66p.

8 GRAEFF, O. 1997. Notas - broméliase conservação. Boletim da Sociedade Brasileira de Bromélias, 7. Disponível em http://www.bromelia.org.br/Boletim3.htm>, 2001. Acesso em: 27/Ago/01.

9 IBAMA. Conservação e manejo sustentável da flora nativa do Brasil. da biodiversidade : Lista oficial de flora ameaçada de extinção. Disponível em: http://www2.ibama.gov.br/flora/index0.htm, 2001. Acesso em: 27/Ago/01.

10 IUCN. Red list of threatened plants. Disponível em: http://www.unep.wcmc.org/index.html? http://www.unep.wcmc.org/CITES/redirect.htm~main, 2001. Acesso em : 27/Ago/01.

11 Leme, E.M.C; Marigo, L.C. Bromélias na natureza. Marigo Comunicação Visual, Rio de Janeiro, 1993. 183p.

12 Mendonça, P.G. Estimativada área foliar de Tillandsia spp. (Bromeliaceae) e similaridade entre as espécies com base em dimensões foliares. Faculdadde de Ciência Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, UNESP.2002. 86p. Dissertação (Mestrado em genética e Melhoramento de Plantas).

13 Nunes, J.V.C. Estudo florístico e fenomorfológico de Tillandsioideae – Bromeliaceae na Serra do Cipó, M.G. Instituto de Biociências, São Paulo, SP, USP. 1997. 129p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas).

14 Pereira, E. Species novae in Brasília Bromeliacearum – VII. Bradea, 1: 437 – 439, 1974.

15 Pereira, E.; Martinelli, G. Species novae in Brasilia Bromeliacearum – XIX. Bradea, 3:251-254,1982.

16 Pinto, A.C.R.; Demattê, M.E.S.P.; Pavani, M.C.M.D. Composição florística de epífitas (Magnoliophyta) em fragmento de floresta do município de Jaboticabal, SP, Brasil.*Científica,* 23:283-289, 1995.

17 Reitz, R. *Bromeliáceas e a malária-bromélia endêmica*. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, 1983,808p. (Flora Ilustrada Catarinense, 11).

18 Smith, L.J.Downs, R.J. The Bromeliaceae of Brazil. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 126:77-95;1955.

19 Smith, L.B.; Downs, R.J. *Flora Neotropica*: Tillandsioideae (Bromeliaceae). The NewYork Botanical Garden, New York, 1977. Part 2, p. 661-1492. (Monograph, 14).

20 Sneath, P.H.A.; Sokal, R.R. *Numerical taxonomy.* W.H. Freeman, San Francisco, 1973,573p.

21 Sucre Benjamin; D.; Braga, R.*Tillandsia grazielae* (Bromeliaceae) – espécie nova do Estado do Rio de Janeiro. *Boletim do Museu Botânico Municipal* (Curitiba), 22: 1-3, 1975.

22 Till, W. Tillandsioideae. In: Benzing, D.H. (ed.). *Bromeliaceae:* profile of an adaptative radiation. Cambrigde University Press, Cambridge, 2000, p.555-621.

Revista SEB Ano 10-2.indd 77 5/7/2007 11:20:53

INTERAÇÕES ENTRE MICROFITOBENTOS, MEIOFAUNA E MACROFAUNA (PRAIA COMPRIDA, SANTA CATARINA)

Sérgio A. Netto [1 *], Paulo R. Pagliosa [2,5], Alessandra L. O. Fonseca [3], Fabiane Gallucci [4], Gustavo. F. C. Fonseca [4] & Ricardo S. Souza[5]

[1]Universidade do Sul de Santa Catarina
[2]Universidade Federal de São Carlos – PPGERN; [3]Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, [4]Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research; [5]Núcleo de Estudos do Mar, UFSC.
[*]Laboratório de Ciências Marinhas/ UNISUL, Rua Colombo Sales, 84 Laguna, SC, 88790-000 Brasil, Tel: (48) 3644 2324, e-mail: netto@unisul.br

RESUMO

Interações entre microfitobentos, meiofauna e macrofauna (Praia Comprida, Santa Catarina). Interações entre a biomassa do microfitobentos e a estrutura das associações meiobênticas e macrobênticas foram analisadas em duas profundidades (0,5 m- raso e 2 m - fundo) e em áreas arenosas e lodosas na Praia Comprida, Baía Sul, Ilha de Santa Catarina, SC. As concentrações médias de clorofila-*a* foram maiores em zonas rasas (657 $mg.m^{-2}$) do que em fundas (321,25 $mg.m^{-2}$), e não diferiram entre áreas arenosas e lodosas. Já as concentrações de feofitina-*a* diferiram significativamente tanto entre profundidades e como entre áreas. O nemátoda microfitobentófago *Hypodontolaimus* sp. 1 dominou numericamente a meiofauna, enquanto o poliqueta generalista *Polydora websteri* dominou a macrofauna. Assim como a biomassa do microfitobentos, tanto a densidade da meiofauna como a macrofauna foram maiores em áreas rasas do que em áreas fundas e não diferiram significativamente entre áreas arenosas e lodosas. Embora as concentrações de feofitina-a não tenham se correlacionado com a fauna (riqueza e abundância), as concentrações de clorofila-*a* e as taxas clorofila-*a*/feofitina-*a* se correlacionaram positivamente com a densidade da fauna, em particular nas estações fundas. Os resultados sugerem uma estreita relação entre os diferentes níveis tróficos da comunidade bêntica.

Palavras chave: Microfitobentos, meiofauna macrofauna.

INTRODUÇÃO

Em regiões costeiras, a baixa profundidade e a incidência de luz no sedimento propiciam o desenvolvimento de agregados de microalgas bênticas. Através da produção primária, as microalgas transformam os nutrientes inorgânicos e o gás carbônico em matéria orgânica altamente palatável, disponibilizando-a para outros níveis tróficos bênticos. A fauna bêntica por sua vez, pode ter um papel importante no acúmulo de biomassa dos produtores primários (10). Diatomáceas bênticas dominam o microfitobentos, juntamente com cianofíceas e fitoflagelados (03). O fluxo de energia em ambientes rasos é controlado pela produção microfitobêntica e a transferência deste carbono para a teia alimentar costeira depende primariamente da meiofauna. Em certos ambientes, a macrofauna também pode ser um importante consumidor da biomassa microalgal (06).

Os nemátodas são usualmente o grupo dominante da meiofauna em sedimentos costeiros. Ainda que apresentem uma estrutura morfológica básica similar, os nemátodas exercem papeis e posições tróficas bastante distintas (05). Sua elevada diversidade trófica é refletida na diversidade de espécies: o número de espécies de nemátodas na maior parte dos ambientes marinhos é muito maior que qualquer outro grupo metazoário. Embora a meiofauna responda claramente a um aumento

Revista SEB Ano 10-2.indd 78 5/7/2007 11:20:53

do microfitobentos, esta resposta não é linear. A meiofauna parece ainda ter a capacidade de regular o seu comportamento para maximizar a herbivoría (06).

Os poliquetas, representantes mais comuns do macrobentos em sedimentos costeiros, são dependentes da biomassa de detritos vegetais (07). Este detritos podem ser originados de várias fontes como manguezais, marismas e o próprio microfitobentos. A maior ou menor disponibilidade de matéria vegetal para a fauna está diretamente relacionada a hidrodinâmica local.

Com o objetivo de avaliar o grau de correlação entre a comunidade primária - microfitobentos - e os consumidores bênticos (meiofauna e macrofauna), estudou-se uma região rasa na margem noroeste da Baía Sul, Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

A face oeste da Ilha de Santa Catarina, 28º37'S - 48º27'W, delimita com a face leste continental as baías Norte e Sul. A porção central, próxima ao encontro das duas baías, se caracteriza por apresentar regiões assoreadas formadoras de baixios. O regime de marés é do tipo micro-marés, com 0,83 m de amplitude média para as marés de sizígia e 0,15 m para as marés de quadratura (02). Os ventos predominantes são os de N-NE e S-SE. Estes últimos, normalmente de maior intensidade, são formadores de ondas de deriva que agitam as águas no interior da baía e podem favorecer o acúmulo de partículas na margem oeste e a sua dispersão para o norte. A Praia Comprida é localizada na Baía Sul, próximo à região de encontro das duas baías, e apresenta sedimentos síltico-arenosos e argilosos ao norte, enquanto que na margem sul há o predomínio de areia, refletindo a geomorfologia da planície litorânea próxima e a hidrodinâmica local.

Interações entre a biomassa do microfitobentos e a fauna bêntica foram analisadas na Praia Comprida em setembro de 2000. Quatro transversais foram delimitadas em relação à praia, duas em área arenosa e duas em área lodosa. Em cada transversal foram estabelecidos dois pontos amostrais: - 0,5 m (região rasa); - 2 m de profundidade (região funda). Em cada ponto foram tomadas três amostras para análise do microfitobentos (amostrador de 10 mm de diâmetro e 10 mm de altura) e da macrofauna (amostrador de 100 x 100 mm) e duas para a meiofauna (amostrador de 25 x 100 mm). As extrações dos pigmentos, clorofila-*a* e feofitina-*a*, foram feitas com acetona PA por 24 hs, as absorbâncias lidas em espectrofotômetro Micronal B380 e as concentrações calculadas pela equação de Lorenzen (09). Amostras da meiofauna foram fixadas em formalina 10 %, lavadas em peneira de 0,063 mm, separadas por flotação com o uso de sílica coloidal (Ludox TM 50, gravidade específica de 1,15) e preservadas em formal 4 %. As amostras foram transferidas para glicerol, lâminas permanentes montadas e a fauna identificada e contada. Amostras da macrofauna foram previamente fixadas com formalina a 10 % e triadas em peneira de 0,5 mm. Os organismos foram contados, identificados sob microscopia e posteriormente fixados em álcool a 70 %.

A significância das diferenças nas concentrações de clorofila-*a* e taxas clorofila-*a*: feofitina-*a* entre áreas (arenosas e lodosas) e entre regiões (rasas e fundas) foram testadas através de análise de variância (ANOVA). A homogeneidade foi testada pela equação de *Cochran C* e as concentrações de clorofila-*a* foram transformadas por log (x+1). Diferenças significativas ($p<0,05$) foram avaliadas com o teste de comparação múltipla de Tukey.

Uma transformação do tipo log (x+1) foi aplicada aos dados da meiofauna e macrofauna, e matrizes triangulares de similaridade foram construídas usando índice de Bray-Curtis. Os dados foram então ordenados através da análise de proximidade ("multidimensional scaling ordination"). A significância das diferenças na estrutura da meiofauna e macrofauna entre tratamentos (região rasa e funda; área arenosa e lodosa) foi testada através da análise de similaridade bi-fatorial (01). As concentrações de clorofila-*a* e feofitina-*a* e as taxas clorofila-*a*:feofitina-*a* foram relacionadas com a fauna através de uma análise de regressão múltipla.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Microfitobentos

As concentrações médias de clorofila-*a* variaram de 107 a 1455 $mg.m^{-2}$ (Fig. 1). Não foram detectadas diferenças (ANOVA; $p = 0,12$) na biomassa do microfitobentos entre áreas lodosas e arenosas. Entretanto, ocorreu um significativo decréscimo (ANOVA; $p = 0,02$) da biomassa microalgal da porção rasa para a funda. Estes

Revista SEB Ano 10-2.indd 79 5/7/2007 11:20:53

resultados sugerem que o microfitobentos não deve estar sendo influenciada pelo tipo de sedimento local e sim por outros fatores como intensidade de radiação e turbidez e a comunidade bêntica (p.ex. predação). Em áreas rasas, a luminosidade que chega na superfície do sedimento é dependente da profundidade e do material em suspensão na coluna da água. A luminosidade incidente no sedimento é um fator limitante à produção e favorecem a sedimentação e a degradação de material provenientes da coluna da água e adjacências; (ii) são possíveis áreas onde a taxa de herbivoría é maior do que o acúmulo de biomassa, indicando que além da luminosidade a comunidade bêntica heterótrofa pode estar limitando o microfitobentos.

ao acúmulo de biomassa microfitobêntica em ambientes permanentemente submersos (08).

As concentrações de feofitina-a variaram de 39 a 700 mg.m-2 (Fig. 1) apresentando diferenças significativas tanto entre áreas (p = 0,03) quanto entre regiões (p = 0,001).

A razão clorofila-*a*:feofitina-*a* foi menor nas áreas mais fundas sugerindo: (i) que estas áreas

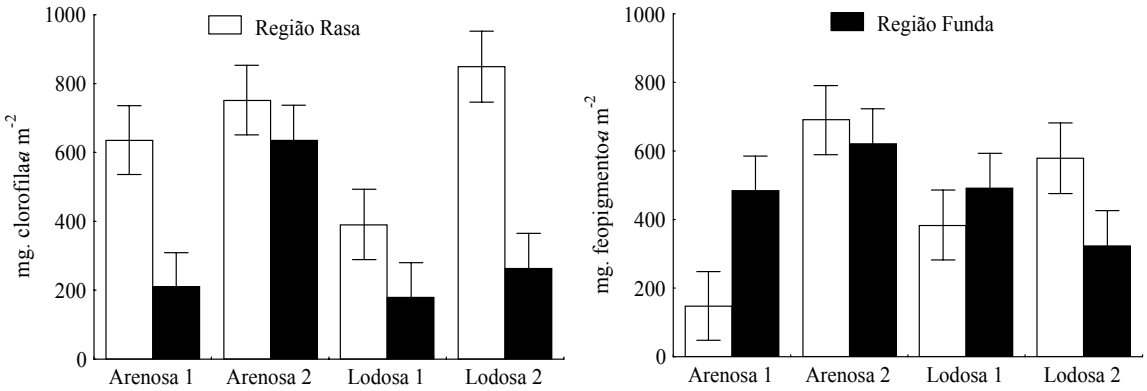

Figura 1. Valores médios e desvio padrão das concentrações de clorofila-a e feofitina-a em áreas arenosas e lodosas nas estações rasas e fundas da Praia Comprida (SC) em setembro de 2000.

Estrutura da Fauna

A meiofauna foi constituída por 8 grupos taxonômicos. Os nemátodas foram amplamente dominantes, representando mais de 85 % do total da meiofauna coletada. Os demais organismos meiobênticos foram representados por Copepoda, Polychaeta, Ostracoda, Kinorhyncha, Tardigrada, Oligochaeta, Tanaidacea, Amphipoda e Halacaridae.

Foram identificadas 65 espécies putativas de nemátodas com densidades máximas de até 1840 inds.10 cm^{-2}. Os nemátodas *Hypodontolaimus* sp. 1, *Desmodora* sp. 1 e *Viscosia* sp. 1 foram as espécies numericamente dominantes e representaram mais de 80 % dos organismos coletados.

A estrutura da meiofauna diferiu significativamente entre as áreas rasa e fundas (ANOSIM; p = 0,001). Esta diferença deve-se principalmente pela maior densidade de organismos na área rasa. Por outro lado, a meiofauna não diferiu entre as regiões arenosa e lodosa (ANOSIM; p = 0,667; Fig. 2).

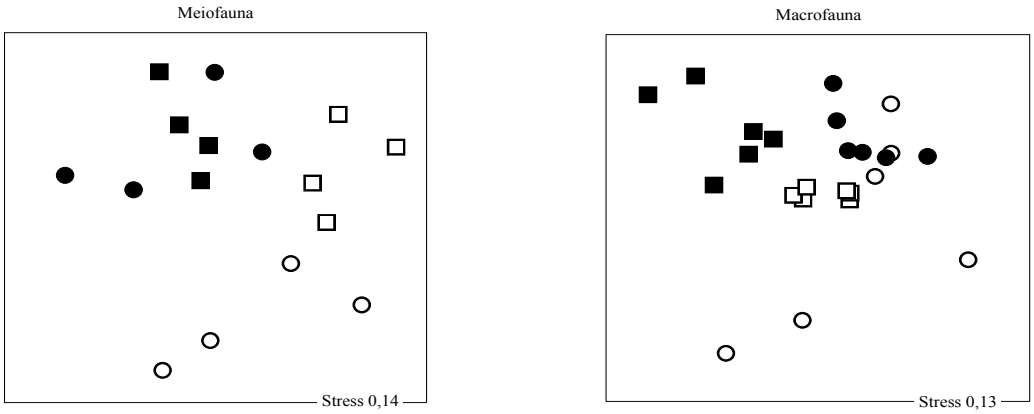

Figura 2. Análise de proximidade da meiofauna e da macrofauna em regiões arenosas (○) e lodosas (□) nas áreas rasas (símbolos vazados) e fundas (símbolos cheios) da Praia Comprida (SC) em setembro de 2000.

Revista SEB Ano 10-2.indd 80 5/7/2007 11:20:54

Os nemátodas foram classificados segundo sua estratégia trófica de acordo com o proposto por Wieser (1953). A classificação sugere quatro grupos tróficos: 1a, constituídos por formas detritívoras seletivas; 1b, formado por espécies detritívoras não-seletivas; 2a, espécies microfitobentófogas; 2b, espécies predadoras e onívoras. A divisão dos organismos por grupos tróficos é importante por revelar a classificação funcional do organismo e não apenas morfológica. Houve um significativo domínio de espécies que se alimentam de microfitobentos tanto em regiões rasas como em fundas (grupo 2a, em especial *Hypodontolaimus* sp.1 e *Desmodora* sp. 1), seguidos pelos detritívoros não seletivos (1b, *Sabatieria* sp., *Odontophora* sp. 1, *Daptonema* sp. 1, *Comesoma* sp. 1 e *Theristus* sp. 1)

A macrofauna bêntica apresentou elevada riqueza de táxons (80), com abundâncias variando de 1 a 1057 inds.0,008 m^{-2}. O poliqueta *Polydora websteri* foi responsável por 47 % da abundância total, seguido pelos ostrácodas (12 %) e nemátodas (9,4 %).

Assim como a meiofauna, a estrutura das associações macrobênticas diferiu significativamente entre regiões rasas e fundas (ANOSIM; p= 0,01) e não diferiu entre áreas arenosas e lodosas (ANOSIM, p= 0,333; Figura 2). Os poliquetas *Laonice branchiata*, *Aricidea* sp., *Kinbergonuphis difficilis*, *Clymenella brasiliensis*, *Owenia* sp., *Poecilochaetus* sp., além de Lofoforados Phoronidas, alguns crustáceos e do Anthozoa *Edwardsia* sp. ocorreram preferencialmente em regiões fundas. Enquanto, os poliquetas *Polydora websteri*, *Capitella capitata*, *Mediomastus californiensis*, *Paraprionospio* sp., *Prionospio* sp., um grupo de Nereidídeos, de nemátodas, de oligoquetos e de ostrácodas não identificados apresentaram densidades mais elevadas nas estações rasas.

Interações da Comunidade Bêntica

As densidades totais da meiofauna e da macrofauna foram positivamente correlacionadas com a concentração de clorofila-*a* e (r^2 = 0,377, p = 0,046). O baixo valor de correlação encontrado parece confirmar a não linearidade nas relações entre a clorofila e a fauna bêntica. Webb (1996), por exemplo, demonstrou que altas concentrações de fitodetritos, como a apresentada na Praia Comprida, podem até inibir o desenvolvimento da meiofauna, em particular dos nemátodas. Nas áreas rasas, a análise de regressão não revelou uma correlação entre os três componentes da comunidade bêntica (r^2 = 0,171 e p = 0,626). Por outro lado, nas regiões fundas a fauna bêntica e a clorofila-*a* mostraram uma alta e significativa correlação (r^2 = 0,775 e p = 0,024).

A análise não detectou relação entre os valores de feofitina-*a* e as densidades faunais totais (r^2 = 0,064 e p = 0,672) tanto em regiões rasas (r^2 = 0,223 e p = 0,604) quanto em fundas (r^2 = 0,065 e p = 0,846). Embora a clorofila-*a* seja transformada em feofitina quando passa pelo trato digestivo de consumidores (04), os resultados deste estudo não mostraram uma clara relação entre a fauna e feopigmentos. Ainda que a fauna bêntica contribua para a transformação da clorofila em feofitina deve-se considerar que as áreas sublitorais rasas são um local propício para deposição onde as taxas de decomposição são elevadas.

A relação entre a taxa de clorofila-*a*: feofitina-*a* e a estrutura da fauna não apresentaram correlação geral (r^2 = 0,267 e p = 0,155) e para regiões rasas (r^2 = 0,159 e p = 0,708). Entretanto, houve novamente uma significativa relação nas regiões fundas (r^2 = 0,819 e p = 0,014).

Os resultados deste trabalho sugerem uma inter-relação entre os diferentes níveis tróficos da comunidade bêntica, em particular nas regiões fundas (2 m). Nesta profundidade, onde a luminosidade e a energia advectiva são menores, a fauna bêntica esteve significativamente associada ao acréscimo da biomassa microalgal, evidenciando a importância trófica do microfitobentos para a meiofauna e macrofauna. Do mesmo modo, nas regiões fundas, a razão clorofila-*a*:feofitina-*a* é menor e também positivamente relacionada com a fauna. Isto sugere que nesta profundidade, além de uma maior tendência de deposição e decomposição, há uma maior taxa de herbivoría e ingestão de fitodetrito.

ABSTRACT

Interaction among microphytobenthic life, Meiofauna e Macrofauna (Comprida Beach, Santa Catarina). Interactions between the microphytobenthic biomass and the structure of the meiofauna and macrofauna were analyzed in two depths (0.5 m – shallow, and 2 m - deep) and on sandy and muddy areas at Praia

Revista SEB Ano 10-2.indd 81 5/7/2007 11:20:54

Comprida, South Bay, Santa Catarina Island, SC. The mean concentrations of chlorophyll-*a* were higher on shallow (657 $mg.m^{-2}$) than on deep areas (321,25 $mg.m^{-2}$), and did not differ between sandy and muddy zones. Phaeophytin-*a* concentrations did not differ between depths and areas. The epi-growth feeder nematode *Hypodontolaimus* sp. 1 numerically dominated the meiofauna, whilst the generalist polychaete *Polydora websteri* dominated the macrofauna. As the microphytobenthic biomass, both the meiofauna and macrofauna densities were higher on shallow zones, and did not differ between sandy and muddy areas. Although the phaeophytin-*a* concentrations did not correlate with the fauna (richness and density), both chlorophyll-a concentration and chlorophyll-a/ phaeophytin-*a* ratio positively correlated with benthic fauna densities, especially in deep areas. The results of this study suggest a clear relation between the different trophic levels of benthic communities.
Key words: Microfitobentic, meiofauna, macrofauna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 - Clarke, K. R. & Warwick, R. M. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. UK: Natural Environmental Research Council, 1994, 144p.

2 - Cruz, O. *A Ilha de Santa Catarina e o continente próximo: um estudo de geomorfologia costeira*. Editora da UFSC, Florianópolis, 1998, 280 p.

3 - Delgado, M. Abundance and distribution of microphytobenthos in the bays of Ebro Delta (Spain). *Estuar. coast. Shelf Sci*., 29: 183-194, 1989.

4 - Hawkins, A.J.S., Bayne, B.L., Montoura, R.F.C., Llewellun, C.A. & Navarro, E. Chlorophyll degradation and absorption throughout the digestive system of the blue mussel *Mytillus edulis* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol*., 96: 213-223, 1986.

5 - Heip, C., Vincx, M. & Vranken, G. The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar Biol. Ann. Rev*., 23: 399-489, 1985.

6 - Montagna, P.A., Blanchard, G.F. & Dinet, A. Effects of production and biomass of intertidal microphytobenthos on meiofaunal grazing rates. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.,* 185: 149-165, 1995.

7 - Netto, S.A., Lana, P.C. The role of above- and below-ground components of *Spartina alterniflora* (Loisel) and detritus biomass in structuring macrobenthic associations of Paranaguá Bay (SE, Brazil). *Hydrobiol*. 400: 167-177, 1999.

8 - Pinckney, J.L. & Zingmark, R.G. Modelling the annual production of intertidal benthic microalgae in estuarine ecosystems. *J. Phycol*., 29: 396-407, 1993.

9 - Strickland, J.D.H & Parson, T. *A pratical handbook of seawater analysis*. Fisheries Res. Board of Canada. Bull. 167. Ottawa, 1972, 310p.

10 - Underwood, G.J.C. & Paterson, D.M. Seasonal changes in diatom biomass, sediment stability and biogenic stabilization in the Severn Estuary. *J. mar. biol. Assoc. U.K.,* 73: 871-887, 1993.

11 - Webb, D. G. 1996. Response of macro- and meiobenthos from a carbon-poor sand phytodetrital sedimentation. *J. Exp. Mar. biol. ecol.* 203: 259-272.

12 - Wieser, W. Die beziehung zwischen mundhöhlengestalt, ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden. *Ark. Zool.* 4: 439-481, 1953.

Revista SEB Ano 10-2.indd 82 5/7/2007 11:20:54

USO DA TERRA NA AMAZÔNIA E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

Philip M. Fearnside

Coordenação de Pesquisas em Ecologia-CPEC
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA
Av. André Araújo, 2936 C.P. 478 - 69011-970 Manaus-Amazonas

Fax: (92) 3642-8909 - Tel: (92) 3643-1822
e-mail:pmfearn@inpa.gov.br

RESUMO

Uso da terra na Amazônia e as mudanças climáticas globais. Uso da terra e mudança do uso da terra na Amazônia contribuem para mudanças climáticas globais em diversas maneiras. No período 1981-1990, a emissão comprometida líquida de gases causadores do efeito estufa na Amazônia brasileira somaram 4% da emissão global de combustíveis fósseis e cimento. Gases são liberados pelo desmatamento através da queima e decomposição da biomassa, pelos solos, pela exploração madeireira, pelas hidrelétricas, pelo gado e pelas queimadas recorrentes de pastagens e de capoeiras. Incêndios florestais também emitem gases, mas não estão incluídos nos cálculos. Perda de um possível sumidouro de carbono no crescimento da floresta em pé também não está incluída. "Emissões líquidas comprometidas" representam o saldo líquido, ao longo de um período longo, das emissões e absorções de gases por sumidouros, principalmente a absorção de gás carbônico (CO_2) pelo crescimento da vegetação. Os gases traço, tais como metano (CH_4) e oxido nitroso (N_2O), que não entram na fotossíntese, acumulam na atmosfera quando estes gases são liberados pelas queimadas, mesmo quando a biomassa se recuperar totalmente, por exemplo no caso do capim. Outras mudanças climáticas afetadas pelo desmatamento incluem a diminuição de chuvas devido à diminuição da reciclagem de água, sobretudo na época seca. As queimadas também afetam a formação de nuvens, e afetam a química da atmosfera em diversas maneiras além do efeito estufa. A contribuição da perda de floresta a estas mudanças climáticas, junto com outras mudanças globais tais como a perda de biodiversidade, fundamenta a adoção de uma estratégia nova para sustentar a população da região. Ao invés de destruir a floresta para poder produzir algum tipo de mercadoria, como é o padrão atual, usaria a manutenção da floresta como gerador de fluxos monetários baseado nos serviços ambientais da floresta, ou seja, o valor de evitar os impactos que se seguem da destruição da floresta.

Palavras chave: aquecimento global, carbono, desmatamento, efeito estufa, mudança de clima, serviços ambientais

INTRODUÇÃO

Uso da terra e mudanças de uso da terra na Amazônia afetam as mudanças climáticas globais de várias maneiras. O efeito estufa recebe contribuições de gases tais como gás carbônico (CO_2), metano (CH_4) e oxido nitroso (N_2O) quando a floresta é desmatada, tanto pela queimada quanto pela decomposição da biomassa que não queima. O "uso da terra", ou seja, a continuação de um uso da terra sem ter uma mudança do tipo de uso, também pode causar fluxos de gases, por exemplo, pela exploração madeireira na floresta, pelo manejo das pastagens, e pelas queimadas recorrentes das savanas amazônicas.

Revista SEB Ano 10-2.indd 83 5/7/2007 11:20:54

Além do efeito estufa, a conversão de floresta amazônica em pastagens reduz a evapotranspiração, sobretudo na época seca, assim diminuindo o suprimento de água para a atmosfera (78; 94). Água reciclada pela floresta amazônica mantém as chuvas tanto na Amazônia quanto no restante do Brasil (*e.g.*, 23; 90; 43). A falta de energia elétrica nas partes não amazônicas do Brasil no "apagão" de 2001, embora provocada neste caso por condições meteorológicas de origem não amazônica, deve levar a uma apreciação maior do valor do serviço ambiental da floresta em manter os padrões de precipitação e, portanto, a geração de energia por hidrelétricas.

Outros fatores climáticos afetados pela conversão de floresta em pastagens incluem o aumento do albedo da superfície, ou seja, a fração da radiação solar que é refletida (*e.g.*,65). Também, a queimada lança grandes quantidades de aerossóis na fumaça, que alteram o balanço de calor e o estoque de núcleos de condensação de nuvens (CCN) no ar. O excesso de núcleos de condensação resulta na formação de gotas de água que são pequenas demais para cair em forma de chuva, assim diminuindo a precipitação (87). As queimadas também liberam compostos quimicamente ativos (NO_x, N_2O, CO), diminuam a taxa de remoção dos poluentes (pela chuva e pela reação com OH), e aumentam a taxa de formação dos poluentes (pela ação de raios). Quando o ar contém teores altos de compostos de nitrogênio e oxigênio (NO_x) e ozônio (O_3), o mecanismo natural de limpeza da atmosfera é atrapalhado, levando a ainda mais poluição, enquanto na ausência de queimadas, o ar na Amazônia tem teores de NO_x e O_3 característica do "ar limpo" sobre os oceanos, e as radicais hidroxilas (OH) combinam com o CH_4 para formar água (H_2O), assim limpando o metano do ar (5; 72).

Um outro efeito da queimada é que as nuvens são mais altas, assim contendo gelo além de água em forma líquida (95). A produção de descargas elétricas em forma de raios é maior com a presença de gelo do que em nuvens formadas apenas de água líquida (tais como que caracterizam a Amazônia quando não há queimadas). O aumento da produção de raios leva a formação de N_2O. Isto é um gás de efeito estufa, além de ter outros efeitos indesejáveis na química atmosférica (inclusive destruição de O_3 na estratosfera). A mudança de nuvens baixos e úmidos para nuvens altos e frios também afeta a chuva: embora a quantidade de chuva seria a mesma, cairia com maior intensidade, o que poderia levar a mais erosão do solo (95).

Além da queimada, o papel do solo na liberação de gases também muda com o desmatamento. Na floresta amazônica, NO_x (e N_2O) do solo sob a floresta é reciclado sob a floresta, causando a maior parte a ser liberada em forma de NO_2 (63; 101). Isto muda caso que a área esteja desmatada, com CH_4 e NO_x sendo liberados para a atmosfera (72).

O impacto climático mais conhecido provocado pelo uso da terra e a mudança do uso da terra é a contribuição ao efeito estufa através de emissões de gases. Gases são emitidos por desmatamento, queimadas recorrentes, exploração madeireira e inundações por hidrelétricas. A quantidade de emissões depende do ritmo do desmatamento e dos estoques de carbono, que, por sua vez, dependem da biomassa nas florestas originais e nas paisagens desmatadas, e os estoques de carbono nos solos.

USO DA TERRA E O RÍTMO DAS MUDANÇAS

Em 1990, o ano de referência dos inventários nacionais sob a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima (UN-FCCC), mudanças de uso da terra nos 5×10^6 km^2 da Amazônia Legal incluíram $13{,}8 \times 10^3$ km^2 de desmatamento, aproximadamente 5×10^3 km^2 de corte de cerrado, que originalmente ocupou aproximadamente 20% da Amazônia Legal, 7×10^2 km^2 em florestas secundárias "velhas" (pré-1970) e 19×10^3 km^2 em florestas secundárias "jovens" (1970+); queimada de 40×10^3 km^2 de pastagens produtivas (33% da área presente), e recrescimento em 121×10^3 km^2 de florestas secundárias "jovens". Nenhuma represa hidrelétrica nova foi criada em 1990, mas a decomposição continuou nas $4{,}8 \times 10^3$ km^2 de reservatórios já existentes. Exploração madeireira de $24{,}6 \times 10^6$ m^3 de toras foi presumida, a taxa oficial para 1988.

ESTOQUES DE CARBONO

A) BIOMASSA FLORESTAL

Estimativa da biomassa florestal é essencial para poder estimar a magnitude das emissões do

Revista SEB Ano 10-2.indd 84 5/7/2007 11:20:55

desmatamento, as emissões sendo diretamente proporcionais a este parâmetro. A biomassa média presente nas florestas primárias na Amazônia brasileira foi calculada baseado em análise de dados sobre volume de madeira publicados de 2.954 ha de inventários florestais distribuídos em toda região (atualizado de Fearnside, 1994 baseado em Fearnside & Laurance, 2004; 84; 85). Biomassa total média (inclusive os componentes mortos e debaixo do solo) é calculada em 416 t/ha para todas as florestas maduras, não exploradas para madeira, originalmente presentes na Amazônia Legal brasileira. A biomassa média acima do solo é 317 t/ha, dos quais 25 t/ha está morta; a média de biomassa debaixo do solo é calculada em 98 t/ha. Estas estimativas incluem a densidade de madeira calculada separadamente para cada tipo de floresta, baseado no volume de cada espécie presente e nos dados publicados sobre densidade básica para 274 espécies (31) As estimativas de biomassa total são desagregadas por estado e por tipo de floresta, assim permitindo o uso dos dados junto com os dados sobre desmatamento baseados no satélite LANDSAT, que são divulgados para cada unidade federativa (12). As biomassas são ajustadas por dados melhorados sobre densidade de madeira (84) e para reinterpretações dos efeitos de fator de forma e árvores ocas (58).

As áreas protegidas e desprotegidas (até 1990) de cada tipo de vegetação em cada um dos nove estados na Amazônia Legal foram calculadas (52). Multiplicando a biomassa por hectare de cada tipo de floresta pela a área desprotegida presente em cada estado, pode-se calcular a biomassa cortada, presumindo que o desmatamento dentro de cada estado esteja distribuído entre os diferentes tipos de vegetação na mesma proporção que os tipos de vegetação são presentes na área desprotegida do estado. Através de ponderação da média da biomassa pela taxa de desmatamento em cada estado, o total médio de biomassa sem exploração madeireira em áreas cortadas em 1990 foi calculado em 389 t/ha, ou 6,5% abaixo da média para florestas sem exploração madeireira, presentes na Amazônia Legal como um todo (atualizado de Fearnside, 1997b). A diferença se deve à concentração da atividade de desmatamento ao longo dos limites sul e oriental da floresta, onde a biomassa por hectare é mais baixa que nas áreas de desmatamento mais lento nas partes central e norte da região.

Os valores para biomassa de floresta "não explorada para madeira" representam as melhores estimativas para cada tipo de floresta na época em que foi inventariada, ou seja, nos anos 1950 no caso dos inventários florestais feitos pela Organização de Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO), que representam 10% dos dados, e no início da década de 1970 no caso dos dados do Projeto RADAMBRASIL, que compõem os 90% restantes dos dados. Os dados da FAO são de cinco relatórios do período 1957-1960 (ver 26; 32); os dados do Projeto RADAMBRASIL são de Brasil, Projeto RADAMBRASIL (1973-1983; 14). Há certas indicações que as equipes de inventário evitaram locais com muita exploração madeireira (99). Além disso, os danos de exploração madeireira eram muito menos difundidos na época dos inventários do que é o caso atualmente. A exploração madeireira está progredindo rapidamente, já que a percentagem das áreas desmatadas que foram antes exploradas para madeira aumentou rapidamente nos meados da década de 1970 quando o acesso rodoviário melhorou na região. Além disso, madeira para carvão e lenha às vezes é cortada e vendida depois da queimada.

A redução da biomassa devido à exploração madeireira em áreas que são derrubadas é muito mais alta que a redução da biomassa média para a floresta como um todo, já que as áreas que estão sendo derrubadas geralmente têm o melhor acesso viário. Muito da redução de biomassa pela exploração madeireira resultará em liberação de gás semelhante às liberações que aconteceriam por causa de uma derrubada. Isso ocorre pela decomposição dos resíduos florestais e do número significante de árvores não-comerciais que são mortas ou danificadas durante o processo de exploração madeireira; e/ou da decomposição e queima dos resíduos descartados no processo de beneficiamento, mais os gases liberados pela decomposição mais lenta dos produtos florestais feitos das toras colhidas (veja 27). Com ajuste para exploração madeireira, as áreas cortadas em 1990 tiveram uma biomassa total média de 364 t/ha, dos quais 224 t/ha eram biomassa viva acima do solo, 53 t/ha eram biomassa morta acima do solo e 88 t/ha foram biomassa debaixo do solo.

Revista SEB Ano 10-2.indd 85 5/7/2007 11:20:55

Muitas estimativas existentes de biomassa de floresta amazônica são subestimadas por deixar fora componentes da biomassa (ver 26). Estimativas de emissões que usam estes valores (*e.g.*, 7 entre 8 cálculos feitos por Houghton *et al.*, 2000) chegam a resultados subestimados para a emissão de carbono. A grande gama de estimativas existentes da biomassa da floresta (68) explica parte da diferença entre estimativas, assim como as diferentes maneiras de contabilizar as emissões (58; 86). Muitas diferenças se devem à inclusão de elementos de emissões líquidas comprometidas (32) junto com elementos do balanço anual das emissões líquidas (30). Cada metodologia é válida por si só, mas as duas não podem ser misturadas. Isto afeta, inclusive, o Inventário Nacional Brasileiro, que calcula as emissões brutas por uma metodologia de emissões líquidas comprometidas e as absorções do recrescimento de florestas secundárias baseado no balanço anual, assim apontando valores altos para as absorções e um saldo líquido menor do que seria o caso para uma estimativa de emissões líquidas comprometidas.

B) PAISAGENS DESMATATADAS

1) A Paisagem de Substituição

Uma matriz de Markov de probabilidades anuais de transição foi construída para calcular a composição da paisagem em 1990 e para projetar mudanças futuras, presumindo que o comportamento dos agricultores e fazendeiros permanece inalterado. As probabilidades de transição para agricultores pequenos foram derivadas usando os resultados de estudos de satélite em áreas de assentamento (80; 97). As probabilidades para fazendeiros foram derivadas do comportamento típico indicado por levantamentos por entrevista realizados por Uhl *et al.*, (1988).

A paisagem calculada para 1990 em áreas desmatadas era composta de 5,4% áreas cultivadas, 44,8% pastagens produtivas, 2,2% pastagens degradadas, 2,1% floresta secundária "jovem" (1970 ou depois) derivada de agricultura, 28,1% floresta secundária "jovem" derivada de pastagens, e 17,4% floresta secundária "velha" (pré-1970). Esta paisagem chegaria a um equilíbrio de 4,0% áreas cultivadas, 43,8% pastagens produtivas, 5,2% pastagens degradadas, 2,0% floresta secundária derivada de agricultura, e 44,9% floresta secundária derivada de pastagens. Uma quantia insignificante é "floresta regenerada" (definida como floresta secundária com mais de 100 anos). A biomassa total média (matéria seca, inclusive debaixo do solo e componentes mortos) era 43,5 t/ha em 1990 nos 410×10^3 km^2 desmatados antes daquele ano para usos que não sejam represas hidrelétricas. A biomassa média em equilíbrio seria 28,5 t/ha em toda a área desmatada (excluindo represas) (29). Fontes oficiais alegaram uma absorção maciça de C em "plantações", com o resultado que as emissões líquidas do desmatamento seriam zero (*ISTOÉ*, 1997). Esta alegação está completamente discrepante com os resultados apresentados no atual trabalho.

Várias estimativas das emissões oriundas do desmatamento chegam a valores líquidos relativamente baixos devido, entre outros fatores, a presunções muito otimistas com relação ao estoque de carbono na paisagem de substituição. Por exemplo, Achard *et al.*, (2002) se basearam nas presunções de Houghton *et al.*, (2000) de que 70% da biomassa da floresta original seriam recuperados em 25 anos, o que corresponde a uma taxa de crescimento de aproximadamente o dobro do que tem sido observado em capoeiras nas pastagens abandonadas da Amazônia brasileira (ver 57; 58; ver respostas de 24 e 01).

2) Taxas de Crescimento de Florestas Secundárias

A taxa de crescimento de florestas secundárias é crítica na determinação da absorção de carbono pela paisagem de substituição. A maioria das discussões de absorção através de florestas secundárias presume que estas crescerão às taxas rápidas que caracterizam os pousíos de agricultura itinerante. Na Amazônia brasileira, no entanto, a maior parte do desmatamento é para pastagens, e a agricultura itinerante desempenha um papel relativamente secundário (25). Florestas secundárias em pastagens degradadas crescem muito mais lentamente do que em locais onde foram plantadas apenas culturas anuais após a derrubada inicial da floresta.

Brown & Lugo (1990) revisaram os dados disponíveis sobre crescimento de florestas secundárias tropicais. As informações disponíveis

Revista SEB Ano 10-2.indd 86 5/7/2007 11:20:55

são praticamente todas de pousíos de agricultura itinerante. Florestas secundárias em pastagens abandonadas crescem mais lentamente (62; 100). Foram usadas estas informações sobre taxas de crescimento de vegetação secundária de origens diferentes para calcular a absorção pela paisagem em 1990 (55).

EMISSÕES DE GASES

A) DESMATAMENTO

1) Queimada Inicial

A eficiência de queimada (porcentagem do carbono pré-queima acima do solo que é presumida ser emitida como gases) foi, em média, 38,8% nas 10 medidas disponíveis em queimadas de florestas primárias na Amazônia brasileira (ver 23; 42). Ajustes para o efeito da exploração madeireira sobre a distribuição diamétrica das peças de biomassa dão uma eficiência de 39,4%.

O carvão vegetal formado na queimada é uma maneira pelo qual o carbono pode ser transferido para um estoque de longo prazo, sendo que este carbono não entra novamente na atmosfera. O carvão no solo é um estoque de longo prazo, considerado a ser seqüestrado permanentemente na análise. A média das quatro medidas disponíveis de formação de carvão em queimadas em florestas primárias na Amazônia brasileira indica que 2,2% do carbono acima do solo são convertidos em carvão (25; 34; 35; 40; 61).

O carbono grafítico particulado é outro sumidouro para o carbono que está queimado. Uma quantia pequena de carbono elementar é formada como particulados grafiticos na fumaça; mais de 80% do carbono elementar formado permanece no local em forma de carvão (74). O carbono grafitico particulado é calculado por meio de fatores de emissão a partir da quantia de madeira que passa pelo processo de combustão. A quantia de carbono que entra neste sumidouro é apenas 1/13 a quantia que entra no sumidouro de carvão.

A floresta secundária pré-1970 deve ser considerada separadamente da floresta primária, já que estas áreas não são incluídas na estimativa de taxa de desmatamento ($13,8 \times 10^3$ km^2/ano em 1990). Uma estimativa grosseira de taxa derrubada é 713 km^2/ano (30). Floresta secundária pré-1970 só é pertinente ao balanço anual, não à emissão líquida comprometida. A quantidade de gases do efeito estufa oriunda do corte de floresta secundária de origem pré-1970 é muito pequena.

São calculadas as emissões e absorções de gases de efeito estufa para o cálculo de emissão líquida comprometida em um "cenário baixo de gases-traço" e um "cenário alto de gases-traço". Estes dois cenários usam valores altos e baixos tirados da literatura para os fatores de emissão para cada gás nos diferentes tipos de queimada (revisão da literatura em Fearnside, 1997b). Eles não refletem a incerteza com relação à biomassa de floresta, taxa de desmatamento, eficiência de queimada e outros fatores importantes.

A queimada inicial representa 246×10^6 t de gás de CO_2, ou 27% da emissão comprometida bruta de 901×10^6 t. A emissão bruta de um gás se refere a todas as liberações do gás, mas não às absorções. A contribuição da queimada inicial de CH_4 é 0,79-0,95 do total de $1,08\text{-}1,38 \times 10^6$ t (69-73%), a de CO é 19-24 do total de $27\text{-}34 \times 10^6$ t (70-71%) e a de N_2O é 0,05-0,13 do total de $0,06\text{-}0,16 \times 10^6$ t (81-83%). Para compostos de nitrogênio e oxigênio como NO e NO_2 (NO_x) e para hidrocarbonetos não-metanos (NMHC), se considerados aparte da perda de fontes nas florestas maduras representa, respectivamente, 0,60 do total de $0,73 \times 10^6$ t (82%) e 0,53-1,00 do total de $0,57\text{-}1,14 \times 10^6$ t (88-93%).

2) Queimadas Subseqüentes

O comportamento dos fazendeiros com relação à queimada pode alterar a quantia de carbono que passa para o estoque em longo prazo em forma de carvão. Fazendeiros requeimam as pastagens em intervalos de 2-3 anos para combater a invasão de vegetação lenhosa não comestível. Quando essas requeimas acontecem, os troncos sobre o chão são freqüentemente queimados. Pode ser esperado que algum carvão formado em queimadas anteriores também sofra combustão. Parâmetros para transformações dos estoques brutos de carbono são determinados em Fearnside (1997b: 337-338), com mudanças na biomassa, a fração da biomassa presente acima do solo, na eficiência de queimada, na formação de carvão e na liberação de carbono do solo sendo como especificado em outras partes do atual trabalho. Um cenário típico

Revista SEB Ano 10-2.indd 87 5/7/2007 11:20:55

de três requeimadas ao longo de um período de 10 anos elevaria a porcentagem de C acima do solo que é convertida em carvão para 2,2% a 2,9%. Parâmetros para emissões de carbono por caminhos diferentes, tais como na forma de CO_2, CO e CH_4, e para outras emissões de gases traço, também são apresentados em Fearnside (1997b: 341-344). Os cálculos são realizados por um programa chamado "DEFOREST", mas melhor conhecido como "BIG CARBON", composto de aproximadamente 150 planilhas eletrônicas interligadas.

3) Decomposição de Remanescentes Não Queimados

A decomposição acima do solo de remanescentes não queimados é calculada usando os estudos disponíveis listados em Fearnside (1996b: 611). A decomposição faz uma contribuição significante às emissões de gases de efeito estufa, e fica aparente que o grande interesse no assunto de queima de biomassa muitas vezes tende a levar as pesquisas a negligenciar as contribuições da decomposição. As estimativas de emissões de gases de efeito estufa do desmatamento divulgadas por fontes oficiais do governo brasileiro ao longo do período 1992-2002 (*e.g.*, 10; 96) eram mais baixas que os cálculos no presente trabalho por um fator de três, principalmente porque elas ignoravam as emissões herdadas nas quais a decomposição desempenha um papel grande. O Inventário Nacional Brasileiro (Brasil, MCT, 2004) segue uma metodologia padronizada que obriga a inclusão da decomposição, embora a estimativa no Inventário Nacional também é mais baixa por diversas razões.

A decomposição bacteriana e a atividade de térmitas acontecem em grande parte durante a primeira década. Emissões de metano por térmitas oriundas da decomposição de biomassa que não queima (79) são substancialmente menores que estimativas anteriores. Isto ocorre principalmente porque as estimativas do número de térmitas em áreas desflorestadas indicam que as populações são insuficientes para consumir a quantidade de madeira que tinha sido presumida anteriormente. Produção mais baixa de metano (0,002 g CH_4 por g de madeira seca consumida) também contribua para abaixar as emissões desta fonte, que são calculadas em um total de apenas $0{,}013 \times 10^6$ t/ano de gás de CH_4 nas áreas desmatadas da floresta original até 1990.

B) QUEIMADAS RECORRENTES

Uma fonte de emissões em áreas desmatadas é a queimada das pastagens que predominam nas paisagens derivadas de florestas cortadas na Amazônia brasileira. O CO_2 oriundo da queima da biomassa de capim e de ervas daninhas ou de crescimento secundário jovem ("juquira") nessas pastagens não representa uma contribuição líquida ao efeito estufa, já que a mesma quantidade de carbono seria removida da atmosfera no ano seguinte com o recrescimento do capim. Aproximadamente $21\text{-}22 \times 10^6$ t CO_2 ($5{,}7\text{-}6{,}0 \times 10^6$ t C) oscilam entre a biomassa nas pastagens e a atmosfera anualmente na Amazônia brasileira. Os gases traço liberados na queimada das pastagens não entram no processo de fotossíntese, e, portanto acumulam na atmosfera. Estas emissões tem sido estimadas considerando o destino de biomassa em pastagens em Roraima (07).

A queimadas de florestas secundárias (capoeiras) contribuem com gases traço, na mesma forma que a queima das pastagens. Para o efeito sobre CO_2, diferente das pastagens, precisa calcular explicitamente os fluxos brutos, com estimativas da emissão e da absorção por recrescimento. Um total de 29×10^6 t de gás de CO_2 ($7{,}9 \times 10^6$ t C) foi reabsorvido pelas capoeiras em 1990. Estima-se que, sem contar as florestas secundárias pré-1970, a biomassa de capoeira exposta a fogo em 1990 liberou $40\text{-}52 \times 10^6$ t CO_2 ($11{,}0\text{-}14{,}2 \times 10^6$ t C) por combustão, e que e a decomposição de biomassa não queimada de capoeira liberou $44\text{-}46 \times 10^6$ t CO_2 ($12{,}0\text{-}12{,}5 \times 10^6$ t C), assim tendo uma emissão líquida de $76\text{-}90 \times 10^6$ t CO_2 ($20{,}7\text{-}24{,}5 \times 10^6$ t C). Quase todo isto representa áreas que originalmente eram floresta.

C) EXPLORAÇÃO MADEIREIRA

Em uma situação típica, as florestas acessíveis por terra ou por transporte fluvial são exploradas para madeira, reduzindo assim a biomassa tanto pela remoção de madeira como por matar ou danificar muitas árvores não colhidas. Essa floresta já degradada pela exploração madeireira é derrubada posteriormente para agricultura ou pecuária bovina.

Revista SEB Ano 10-2.indd 88 5/7/2007 11:20:55

O efeito de exploração madeireira não é tão direto quanto poderia parecer. A remoção dos fustes (troncos comerciais) das árvores grandes aumentará a eficiência de queimada, assim como também aumentará a taxa de decomposição média da biomassa não queimada. Isto é porque os galhos de diâmetro pequeno queimam melhor e se decompõe mais rapidamente do que os grandes troncos. Estas mudanças compensarão parcialmente para a redução nas emissões devido à biomassa menor. Em cálculos que incluem taxas de desconto ou ponderação por preferência temporal, é dada ênfase às emissões em curto prazo, e o efeito de exploração madeireira no impacto de desmatamento quando as áreas exploradas para madeira são desmatadas subseqüentemente será reduzido mais ainda, já que os troncos grandes removidos teriam decomposição lenta se tivessem sido deixados para serem cortados no processo de desmatamento.

Estimativas da área explorada anualmente para madeira na Amazônia brasileira variam muito. Uma estimativa feita pelo INPE indica que são explorados apenas 2000 km^2/ano na Amazônia Legal (73; 21; 22). Estimativas pelo Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) indicam 10.000-15.000 km^2/ano (Nepstad *et al.*, 1999a). A variação larga em estimativas da área explorada anualmente é, de fato, maior que a incerteza real, porque limitações metodológicas conhecidas explicam os resultados obtidos em alguns dos estudos, especialmente as estimativas muito baixas obtidas pelo INPE. O cálculo do INPE está baseado em imagens de LANDSAT sem "verdade terrestre" (observações no chão). A explicação mais provável para as estimativas serem tais baixas é a inabilidade da técnica de interpretação das imagens de satélite de distinguir a perturbação resultante da exploração madeireira que não seja os pátios onde os troncos são temporariamente estocados antes de serem transportados. Os pátios de estocagem das toras têm um padrão característico de manchas circulares nas imagens. O calculo do IPAM para a Amazônia Legal (83) está baseado no volume de madeira removido da região como um todo e na intensidade de exploração madeireira estimada com base em entrevistas.

A questão da área sendo explorada anualmente para madeira na Amazônia foi o tema de um "grande debate" realizado em 28 de junho de 2000 no Workshop Temático do Primeiro Congresso Científico LBA, em Belém, Pará. O David Skole calculou taxas de exploração madeireira de 2.655 e 5.406 km^2/ano, respectivamente, para 1992-1993 e 1996-1997 na cena de LANDSAT-TM (223/63) ao sul do pólo de exploração madeireira em Tailândia, Pará. Nestes mesmos anos, o calculo do INPE, apresentado por Thelma Krug, indicou apenas 3.220 e 1.989 km^2/ano, respectivamente, na Amazônia Legal inteira. Na cena LANDSAT adjacente, ao norte de Tailândia (223/62), Ane Alencar calculou uma taxa de exploração madeireira de 16% (aproximadamente 5.000 km^2) por ano. O extenso trabalho de campo que fundamenta esta estimativa faz com que ela seja a mais segura. É impressionante que a área explorada anualmente na única cena de LANDSAT-TM estudada por Alencar é maior que a área calculada pelo INPE para exploração madeireira na Amazônia Legal inteira. A estimativa baixa do INPE para a área explorada anualmente deu origem à estimativa de apenas $2,4 \times 10^6$ tC/ano de emissão apresentado no Inventário Nacional Brasileiro (Brasil, MCT, 2004).

Uma estimativa recente (06) para o período 1999-2002 estimou para cinco dos nove estados da Amazônia Legal que exploração madeireira atingiu $16,1\text{-}19,8 \times 10^3$ km^2/ano, colhendo $27\text{-}50 \times 10^6$ m^3/ano e emitindo 80×10^6 tC/ano. Em declarações nos jornais, pesquisadores do INPE contestaram estes números, sugerindo que a emissão deve ser aproximadamente a metade, ou seja 40×10^6 tC/ano. Esta faixa de $40\text{-}80 \times 10^6$ tC/ano é consistente com a estimativa deste autor para o ano 1990 (36, 42). Para estimar a emissão por exploração madeireira em 1990, foi considerado a colheita de $24,6 \times 10^6$ m^3 de toras registrada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para 1988. A emissão é equivalente a $62\text{-}63 \times 10^6$ t C, para os cenários de baixo e alto gases traço(36; 42). Isto é mais que a quantia que o Brasil emitia em 1990 por queima de combustíveis fósseis, estimada em 50×10^6 tC em 1987 (60).

A exploração madeireira aumenta em muito a freqüência de incêndios florestais, com conseqüente degradação da floresta e emissões de carbono (18; 17; 82). Degradação e emissão também

Revista SEB Ano 10-2.indd 89 5/7/2007 11:20:55

resultam de mudanças microclimáticas perto da borda das florestas remanescentes em paisagens fragmentadas (75).

D) INCÊNDIOS FLORESTAIS

Incêndios florestais representam uma grande fonte adicional de emissões de gases de efeito estufa, não contada nos cálculos de emissões por desmatamento. No "Grande Incêndio de Roraima" durante o evento El Niño de 1997-1998, 38.144-40.678 km^2 queimaram em total, sendo 11.394-13.928 km^2 de florestas primárias (intactas, em pé) e, o restante, de savanas (22.583 km^2), campinas / campinaranas (1.388 km^2) e ambientes florestais já transformados como pastagens, áreas agrícolas e florestas secundárias (2.780 km^2) (08). O total de carbono afetado pelos incêndios foi de 46,0 × 10^6 t, sendo que 19,1 × 10^6 t foram liberados por combustão, 26,4 × 10^6 t seguiram para a classe de decomposição e 0,5 × 10^6 t foram depositados nos sistemas na forma de carvão (estoque de longo prazo). A emissão bruta de gases do efeito estufa, em milhões de toneladas de gás, considerando apenas o emitido por combustão foi de 61.51 de CO_2, 0,18-0,22 de CH_4, 4,45-5,60 de CO, 0,001-0,003 de N_2O, 0,06-0,09 de NO_x e 0,69 de NMHC. O total de carbono equivalente a CO_2 emitido por combustão, quando considerado o potencial de aquecimento global (GWP) de cada gás em um horizonte de tempo de 100 anos utilizados pelo Protocolo de Quioto, oriundos do Segundo Relatório de Avaliação (SAR) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) (92), foi de 17,9-18,3 × 10^6 t, das quais 67% eram de floresta primária impactadas pelo fogo, ou 12,0-12,3 × 10^6 t de C equivalente a CO_2 (08).

No Pará e Mato Grosso durante o mesmo evento El Niño de 1997-1998, incêndios atingiram 26.000 km^2, enquanto em um ano não El Niño (1995) a área de incêndio florestal na mesma região foi de 2.000 km^2 (03). Usando estimativas de mortalidade de biomassa acima do solo a partir da literatura (66; 18; 09), estimaram as emissões comprometidas dessas áreas em 24-165 × 10^6 tC no ano El Niño e 1-11× 10^6 tC no ano não El Niño (04).

E) HIDRELÉTRICAS

Emissões de gases de efeito estufa de represas são freqüentemente retratadas pela indústria hidrelétrica como sendo inexistentes (por exemplo,20), e, geralmente, tem sido ignoradas em cálculos globais das emissões das mudanças de uso da terra. A Balbina emite mais gases que a geração da mesma quantidade de energia por termoelétricas (28), mas representa um caso extremo devido à topografia plana do local do reservatório e a vazão pequena do rio Uatumã. A represa de Tucuruí apresenta um exemplo mais otimista, já que, do ponto de vista de densidade energética (Watts de capacidade instalada por m^2 de superfície de reservatório) e, conseqüentemente, das emissões de gases de efeito estufa por unidade de eletricidade, do que a média para represas existentes na Amazônia. Também é melhor que a média para as represas planejadas que, se todas foram construídas, inundariam 3% da floresta na Amazônia brasileira (Brasil, ELETROBRÁS, 1987: 150). A emissão de gases de efeito estufa de Tucuruí em 1990 é equivalente a 7,0-10,1 × 10^6 toneladas de carbono equivalente a CO_2, uma quantia substancialmente maior que a emissão de combustível fóssil da cidade de São Paulo. Emissões precisam ser pesadas corretamente em decisões sobre construção de barragens. Embora se espera que muitas hidrelétricas propostas na Amazônia tenham balanços positivos em comparação com combustíveis fósseis, as emissões reduzem os benefícios atribuídos às represas planejadas (41; 44) As estimativas oficiais brasileiras de emissões de gases por hidrelétricas (Brasil, MCT, 2004; ver também Rosa *et al*., 2004, 2006) ainda omitiam as principais fontes de gases (a água que passa pelas turbinas e pelo vertedouro), resultando em subestimativas por um fator de 10 ou mais (45; 46; 49). Estimativas subseqüentes para outras represas confirmam emissões uma ordem de grandeza acima dos incluídos no Inventário (47; 19).

ÍNDICES DE IMPACTO SOBRE MUDANÇA CLIMÁTICA

A) EMISSÕES LÍQUIDAS COMPROMETIDAS

As emissões líquidas comprometidas (as quantias líquidas de gases de efeito estufa que serão emitidos ao longo prazo como resultado do desmatamento feito em um determinado ano) de desmatamento feito em 1990 (não incluindo

Revista SEB Ano 10-2.indd 90 5/7/2007 11:20:56

emissões da exploração madeireira ou da corte de cerrado) totalizaram 836 × 10^6 t de CO_2, 1,1-1,4 × 10^6 t de CH_4, 27-34 × 10^6 t de CO, e 0,06-0,16 × 10^6 t de N_2O. Estas emissões são equivalentes a 267-278 × 10^6 t de carbono equivalente a carbono de CO_2, usando os GWPs de 100 anos do SAR. Emissões de CO_2 incluem 246 × 10^6 t de gás da queimada inicial, 561 × 10^6 t de decomposição, 51 × 10^6 t de queimadas subseqüentes de biomassa da floresta primária, e 43 × 10^6 t C de carbono do solo nos 8 m superiores. Em longo prazo, a paisagem de substituição chega a armazenar 65 × 10^6 C, ou 7,2% da emissão total. As faixas de variação de emissões dadas acima se referem aos cenários de gases traço baixo e alto, refletindo a gama de fatores de emissão que aparecem na literatura para diferentes processos de queima e de decomposição. Estes cenários não refletem a incerteza nos valores sobre taxa de desmatamento, biomassa de floresta, intensidade de exploração madeireira e outras entradas no cálculo. Algum carbono entra em sumidouros através da conversão para carvão (5,0 × 10^6 t C) e para carbono de particulados grafíticos (0,42 × 10^6 t C). Inclusão de gases traço aumenta o impacto da emissão líquida comprometida em 5-9%, comparado com valores que consideram apenas o CO_2. O SAR reconhece alguns efeitos indiretos do CH_4, mas nenhum do CO que é um componente importante das emissões da queima de biomassa. O terceiro relatório de avaliação (TAR) aumenta o GWP de metano de 21 para 23 (um aumento de 10%) devido a uma revisão do modelo global de carbono, mas não muda os efeitos indiretos incluídos no cálculo do SAR (67). É provável que os impactos de gases traço aumentem quando a IPCC chegar a um acordo sobre os efeitos indiretos adicionais dos gases. Por exemplo, se o impacto de CO fosse calculado usando o potencial de aquecimento global de 2 que foi adotado no relatório da IPCC de 1990 (93), mas não usados nos relatórios subseqüentes enquanto não há acordo, o balanço anual seria aumentado pelo equivalente de 54-68 × 10^6 t de gás de CO_2 (15-19 × 10^6 t C), enquanto a inclusão do efeito adicional de CO em estender a vida atmosférica de CH_4 devido à remoção dos radicais OH (93) aumentaria este impacto ainda mais. Somente os efeitos representados no GWP de 2, aplicados à emissão de desmatamento, são equivalentes a até a metade da emissão anual brasileira da queima de combustíveis fósseis.

O Brasil escolheu o intervalo 1988-1994 para seu primeiro inventário sob a UN-FCCC, ao invés do padrão mundial de 1990. Durante este intervalo a taxa média anual de desmatamento era 15,4 × 10^3 km^2, ou 11,6% a mais que a taxa em 1990. O inventário (Brasil, MCT, 2004) calcula uma emissão anual de 117 × 10^6 tC de desmatamento na Amazônia. A metodologia para emissões de desmatamento nos inventários nacionais (IPCC, 1997) é equivalente a emissões líquidas comprometidas. Algumas partes da emissão considerada aqui como parte das emissões líquidas comprometidas do desmatamento, como as do solo e do gado, são consideradas em outras partes do inventário que não o desmatamento. Tirando essas emissões, o atual estudo indica uma emissão de 215,9 × 10^6 tC em 1990, considerando apenas o CO_2 (i.e., sem os efeitos dos gases traços) para ser comparável com o inventário. Ajustando isto pela taxa de desmatamento no intervalo 1988-1994 indica uma emissão anual de 240,9 × 10^6 tC, o dobro do número oficial. Já que na época do inventário não havia os recentes ajustes aos valores para densidade de madeira (Nogueira *et al.*, 2005, 2006), que reduzem os valores de biomassa da floresta usados no atual cálculo em 5,3%, a discrepância é maior ainda. A diferença se deve principalmente à omissão de várias componentes de biomassa do inventário, tais como as raízes das árvores, as árvores mortas e as palmeiras, e a presunção de um recrescimento de capoeiras muito mais rápido do que o observado em capoeiras na região, que geralmente são em pastagens degradadas onde o crescimento é lento.

B) BALANÇO ANUAL DAS EMISSÕES LÍQUIDAS

O balanço anual de emissões líquidas em 1990 (fluxos líquidos em um único ano na região como um todo) incluiu 1.113-1.128 × 10^6 t de CO_2, 3,2-3,5 × 10^6 t de CH_4, 34,5-42,1 × 10^6 t de CO, e 0,15-0,23 × 10^6 t de N_2O. Emissões de CO_2 incluem 270 × 10^6 t de gás da queimada inicial, 618-619 × 10^6 t de decomposição, 59 × 10^6 t de queimadas subseqüentes de biomassa de floresta primária, e 46-58 × 10^6 t de queimada de biomassa de floresta secundária de todas as idades, 52-54 de decomposição de florestas secundárias, 54-57 × 10^6 t CO_2 de liberações líquidas de carbono do solo até 8 m de profundidade (primeiros 15 anos apenas), 224 × 10^6 t de exploração madeireira e 36 × 10^6 t de

Revista SEB Ano 10-2.indd 91 5/7/2007 11:20:56

reservatórios hidrelétricos. Pastagens liberam através da queimada (e assimila através do crescimento) 21-22 × 10^6 t de gás de CO_2, não contadas nos cálculos. O efeito de desmatamento no balanço anual é uma emissão líquida equivalente a 330-335 × 10^6 t de carbono equivalente a carbono de CO_2.

Considerando somente o CO_2, 1.113-1.128 × 10^6 t de gás foram emitidas (emissão bruta) através do desmatamento (não incluindo emissões da exploração madeireira). Subtraindo a absorção de 29 × 10^6 t de gás de CO_2 rende uma emissão líquida de 1.084-1.099 × 10^6 t de CO_2, ou 296-300 × 10^6 t de carbono. Portanto, o recrescimento de floresta secundária em 1990 absorveu apenas 2,6% da emissão total, excluindo hidrelétricas e emissões de pastagens. Acrescentando os efeitos de gases traço, usando os GWPs de 100 anos do SAR, os impactos aumentam para 330-335 × 10^6 t de carbono equivalente de carbono de CO_2. O efeito dos gases traço eleva o balanço anual em 10-14%. Consideração de mais efeitos indiretos dos gases traço elevaria estes valores substancialmente.

Em termos de CO_2 da biomassa da floresta original apenas 27% da emissão (antes de subtrair as absorções) no balanço anual era de emissões prontas (imediatas) de desmatamento naquele ano, e 73% eram de emissões herdadas da decomposição e requeimada de biomassa não queimada oriunda de derrubadas feitas em anos anteriores. Por causa das emissões herdadas mais altas nas áreas desmatadas nos anos de desmatamento mais rápido que precederam o ano 1990, o balanço anual é mais alto que as emissões líquidas comprometidas em 30-32% se só é considerado o CO_2, e em 35-38% se também são incluídos os equivalentes de CO_2 dos outros gases. Emissões líquidas comprometidas seriam iguais ao balanço anual se o desmatamento fosse proceder a uma taxa constante ao longo de um período prolongado.

PAPEL DO USO DA TERRA NO COMBATE AO EFEITO ESTUFA

Uso e mudança de uso da terra na Amazônia brasileira em 1990 representou 4% das 6 GtC de emissões globais anuais de gases de efeito estufa na época oriundas de combustível fóssil e fabricação de cimento (37). Portanto, a redução dessas emissões faria uma contribuição aos esforços mundiais de combate ao aquecimento global, embora é claro que não poderá controlar o aquecimento global sem também ter uma redução grande das emissões oriundas da queima de combustíveis fósseis, principalmente pelos paises industrializados.

O setor florestal brasileiro pode ajudar na redução das emissões líquidas globais com medidas para evitar o desmatamento, com a substituição de exploração madeireira predatório por exploração de baixo impacto, e algumas medidas com plantações silviculturais e agroflorestas (35; 38). Entre estas opções, evitar o desmatamento tem, de longe, o maior potencial para contribuir com a luta contra o efeito estufa. Seqüestro de carbono no solo de pastagens também é muito menos promissor como medida de mitigação do que o desmatamento evitado (51). Evitar desmatamento pode ser feito de várias maneiras, desde proteção de áreas específicas até mudanças de políticas públicas que afetam a taxa de desmatamento, este último tendo o maior potencial (27). Uma das maneiras de diminuir o desmatamento é de não fazer rodovias e outras obras de infra-estrutura que estimulariam o desmatamento em áreas ainda pouco perturbadas. Muito da infra-estrutura anunciada no Programa Avança Brasil (2000-2002) e no Plano Plurianual (PPA) (2003-2007) oferece um bom exemplo.

Planos para construção de infra-estrutura implicam em aumentos substanciais nas taxas de desmatamento e na degradação de florestas em pé. Um estudo (81; 16) estimou que a porção rodoviária da infra-estrutura planejada sob o programa Avança Brasil provocaria 120.000-270.000 km^2 de desmatamento adicional ao longo de 20-30 anos (400.000-1.350.000 ha/ano) que liberaria 6-11 × 10^9 t C apenas do desmatamento (200-550 × 10^6 t C/ano). Em uma estimativa mais conservadora, Laurance *et al.* (2001a,b) estimaram que as obras anunciadas de todos os tipos levariam, ao longo do período 2000-2020, a 269.000 a 506.000 ha/ano de desmatamento adicional como resultado de infra-estrutura planejada, mais a conversão de 1,53-2,37 × 10^6 ha/ano de floresta das duas categorias menos degradadas (primitiva ou ligeiramente degradada) para as duas categorias mais degradadas (moderadamente ou pesadamente degradada). O desmatamento por si só resultaria em um aumento de emissões de carbono de 52,2-98,2 × 10^6 de t C/ano.

Soares-Filho *et al.*, (2006) estimaram 26

Revista SEB Ano 10-2.indd 92 5/7/2007 11:20:56

GtC de emissões com desmatamento de 1.750.000 km^2 na Amazônia brasileira entre 2004 e 2050 (*i.e.*, 37.234 km^2/ano). Isto representa 553.2 × 10^6 t C/ano, em média, e corresponde a uma emissão de 148,6 tC/ha desmatada sob um cenário de "negócios como sempre" (*i.e*, sem mitigação do efeito estufa). No entanto, este estimativa é baixo por ter usado estimativas baixas da biomassa (incluindo omissão da biomassa abaixa do solo), junto com presunções altas com relação ao crescimento das florestas secundárias (baseados em Houghton *et al*., 2000). O desmatamento até 2050 simulado por Soares-Filho *et al.* (2006) implica na emissão de 30,3-31,6 GtC, ou 644,8-1.214,8 × 10^6 de tC/ano baseado nas informações apresentadas no atual trabalho.

Considerando que as estimativas de Soares-Filho *et al*., (2006) não incluíram gases traços as estimativas são razoavelmente próximas. No entanto, o atual estudo indica uma emissão líquida comprometida por hectare de 173,2-180,5 tC equivalente a CO_2 (incluindo gases traços), ou 16,6-21,5% mais alto que os valores usados por Soares-Filho *et al*., (2006).

O acordo alcançado na segunda rodada da Sexta Conferência das Partes (COP-6-bis) da UN-FCCC, realizada em Bonn, Alemanha em julho de 2001, exclua o desmatamento evitado do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no primeiro período de compromisso (2008-2012). A chegada a um acordo que viabiliza a ratificação do Protocolo representa um grande avanço, e já modifica o quadro para investimentos em manutenção de floresta na Amazônia, mesmo sem ter crédito pelo MDL antes de 2013. Os países e ONGs europeus se opuseram à inclusão do desmatamento evitado, mas a consideração que melhor explica esse posicionamento depende de circunstâncias que aplicam apenas ao primeiro período de compromisso. Isto é o fato que as "quantidades atribuídas" (cotas nacionais de emissão de carbono) foram fixas em Quioto em 1997 para o primeiro período de compromisso, ou seja, antes de chegar em um acordo sobre as regras do jogo, tais como a inclusão de florestas. Esta circunstancia abriu a possibilidade de forçar os E.U.A. a aumentarem o preço de combustíveis fósseis (41; 42). Já no segundo período de compromisso as quantidades atribuídas serão renegociadas para cada país e, portanto, a inclusão de desmatamento evitado levaria os paises a aceitaram cotas maiores do que sem florestas. O acordo em Bonn quebrou a paralise em relação ao futuro do Protocolo, e aumenta o atrativo de investimentos ao longo prazo visando benefícios de carbono. Por exemplo, planos de manejo florestal na Amazônia brasileira, que obrigatoriamente têm pelo menos 30 anos de duração, provavelmente levariam em conta possíveis benefícios de carbono ao final do ciclo.

O futuro uso de desmatamento evitado no MDL, definido no Artigo 12 do Protocolo de Quioto, depende de negociações sobre vários pontos críticos. Como seriam definidas as linhas de base ("baselines") permanece uma pergunta aberta, com implicações importantes tanto para a quantia de crédito alcançável como também para o potencial para incentivos perversos (102; 64). Importante entre estas considerações são exigências relativas à certeza (39), permanência (o tempo ao longo de que o carbono seria mantido fora da atmosfera) (36), e várias formas de "vazamento" (efeitos do projeto, tais como a expulsão de população ou de atividade de desmatamento, que depois continuaria fora dos limites físicos ou conceituais do projeto), que podem resultar na negação da mitigação esperada (Fearnside, 1999a).

No contexto brasileiro, se só é permitido o uso das taxas de desmatamento históricas como a linha de base, a partir de que o crédito de carbono seria dado, então a maneira de agir seria de "cercar" (figurativamente) remanescentes de floresta em partes do Brasil que já tenham passado por um pesado desmatamento antes de 1990, e, por outro lado, não teria nenhum crédito para evitar a abertura futura de áreas atualmente intactas. O exemplo de Avança Brasil e sua continuação no Plano Plurianual (PPA) ilustra por que vale a pena achar maneiras para fazer com que o crédito para desmatamento evitado aplique também às novas fronteiras. O que torna os planos de construção de infra-estrutura tão danos ao meio ambiente, inclusive o seu papel como fonte de emissões de carbono, é que estes planos abrem vastas áreas "virgens" para desmatamento, exploração madeireira e incêndios florestais.

Vale a pena notar que o MDL não é o único

Revista SEB Ano 10-2.indd 93 5/7/2007 11:20:56

meio pelo qual o Brasil poderia obter crédito por evitar desmatamento sob o Protocolo de Quioto. Caso o Brasil fosse entrar no Anexo B do Protocolo, o Artigo 3.7 do Protocolo garante que as emissões volumosas do desmatamento no País em 1990 seriam incluídas na "quantidade atribuída" do Brasil, e que qualquer redução em emissões futuras abaixo dos níveis de 1990 poderia ser usada para comercio de emissões sob o Artigo 17 (35). Uma outra possibilidade importante é a proposta de "redução compensada" de emissões (91). Isto também concederia crédito na base do total das emissões nacionais, ao invés de se basear nos resultados de projetos individuais como seria o caso se o crédito fosse concedido por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Uma provisão importante é a possibilidade de "bancar" dados de um período de compromisso para outro sob o Protocolo de Quioto, o que poderia possibilitar ações realizadas agora para reduzir o desmatamento resultar em créditos no segundo período de compromisso, que inicie em 2013.

A contribuição da perda de floresta a estas mudanças climáticas, junto com outras mudanças globais tais como a perda de biodiversidade, fundamenta a adoção de uma estratégia nova para sustentar a população da região. Ao invés de destruir a floresta para poder produzir algum tipo de mercadoria, como é o padrão atual, usaria a manutenção da floresta como gerador de fluxos monetário baseado nos serviços ambientais da floresta, ou seja, o valor de evitar os impactos que se seguem da destruição da floresta (33; 48; 50).

CONCLUSÕES

Em 1990, o ano para a linha de base dos inventários nacionais sob a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima, a biomassa total média nas áreas sendo desmatadas era 364 t/ha em áreas de florestas originais (ajustado para a distribuição espacial do desmatamento e para a exploração madeireira). Desse total, 277 t/ha era biomassa (viva e morta) acima do solo, exposta à queimada inicial. Além de emissões da queimada inicial, os remanescentes de desmatamentos em anos anteriores emitiram gases por decomposição e por combustão em requeimadas. Desmatamento mais rápido nos anos que precederem 1990 faz com que as emissões herdadas estejam maiores do que teria sido o caso se a taxa de desmatamento fosse constante ao nível de 1990.

As emissões líquidas comprometidas (as quantias líquidas de gases de efeito estufa que serão emitidos ao longo prazo como resultado do desmatamento feito em um determinado ano) de desmatamento feito em 1990 (não incluindo emissões da exploração madeireira ou da corte de cerrado) são equivalentes a 239-249 × 10^6 t de carbono equivalente a carbono de CO_2 O efeito de desmatamento no balanço anual de emissões líquidas em 1990 (fluxos líquidos em um único ano na região como um todo) é uma emissão líquida equivalente a 330-335 × 10^6 t de carbono equivalente a carbono de CO_2, enquanto a exploração madeireira acrescenta 62 × 10^6 t de carbono equivalente ao carbono de CO_2.

Estes valores indicam que o desmatamento na Amazônia brasileira faz uma contribuição significativa ao efeito estufa, e indicam a alta prioridade que deveria ser dada à melhoria das estimativas destas emissões e das incertezas contidas nelas. As medidas que teriam o maior potencial para reduzir a emissão líquida de gases de efeito estufa da Amazônia seriam mudanças de política para reduzir a taxa de desmatamento.

AGRADECIMENTOS

Atualizado do trabalho apresentado na sessão "Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo e Mudanças Climáticas Globais" (org. Sâmia Tauk-Tornisielo), V Congresso Brasileiro de Ecologia, Porto Alegre, RS, 04-09 de novembro de 2001. Agradeço ao INPA (PPI 1-3160; PRJ05.57) e ao CNPq (350230/97-8; 465819/00-1; 470765/2001-1; 306031/2004-3; 557152/2005-4; 420199/2005-5) pelo apoio financeiro. Todas as opiniões expressadas são do autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 - Achard, F., Eva, H.D., Mayeux, P., Stibig, H-J., Belward, A. Improved estimates of emissions from land cover change in the tropics for the 1990s. *Global Biogeochemical Cycles*

Revista SEB Ano 10-2.indd 94 5/7/2007 11:20:56

18(GB2008): 1-11. DOI 10.1029/2003 GB002142, 2004.

2 - Achard, F., Eva, H.D., Stibig, H.J., Mayaux, P., Gallego, J., Richards, T., Malingreau, J-.P. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science* 297: 999-1002, 2002.

3 - Alencar, A., Nepstad, D., Diaz, M.C.V. Forest understory fire in the Brazilian Amazon in ENSO and non-ENSO years: Area burned and committed emissions. *Earth Interactions* 10, Paper 6, p. 1-17, 2006.

4 - Alencar, A., Nepstad, D., Moutinho, P. Carbon emissions associated with forest fires in Brazil. In: Moutinho, P.; Schwartzman, S. (eds). *Tropical Deforestation and Climate Change.* Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), Belém, Pará, Brasil & Environmental Defense (EDF), Washington, DC, E.U.A., 2005, p. 23-33.

5 - Andreae, M.O., Artaxo, P., Brandao, C., Carswell, F.E., Ciccioli, P., da Costa, A.L., Culf, A.D., Esteves, J.L., Gash, J.H.C., Grace, J., Kabat, P., Lelieveld, J., Malhi, Y., Manzi, A.O., Meixner, F.X., Nobre, A.D., Nobre, C., Ruivo, M.D.L.P., Silva-Dias, M.A., Stefani, P., Valentini, R., von Jouanne, J., Waterloo, M.J. Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases and aerosols in Amazonia: The LBA-EUSTACH experiments. *Journal of Geophysical Research* 107, D20, 8066-8091 DOI: 10.1029/2001JD000524, 2002.

6 - Asner, G.P., Knapp, D.E., Broadbent, E.N., Oliveira, P.J.C., Keller, M., Silva, J.N. Selective logging in the Brazilian Amazon. *Science* 310: 480-482, 2005.

7 - Barbosa, R.I., Fearnside, P.M. Pasture burning in Amazonia: Dynamics of residual biomass and the storage and release of aboveground carbon. *Journal of Geophysical Research (Atmospheres)* 101(D20): 25.847-25.857, 1996.

8 - Barbosa, R.I., Fearnside, P.M. Incêndios na Amazônia brasileira: Estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento "El Niño" (1997/98). *Acta Amazonica* 29(4): 513-534, 1999.

9 - Barlow, J., Haugaasen, T., Peres, C.A. Effects of ground fires on understory bird assemblages in Amazonian forests. *Biological Conservation* 105(1): 157-169, 2002.

10 - Borges, L. "Desmatamento emite só 1,4% de carbono, diz Inpe". *O Estado de São Paulo*, 10 de abril de 1992, p. 13, 1992.

11 - Brasil, ELETROBRÁS. *Plano 2010: Relatório Geral. Plano Nacional de Energia Elétrica 1987/2010 (Dezembro de 1987)*, Centrais Elétricas do Brasil (ELETROBRÁS), Brasília, DF, Brasil, 1987, 269 p.

12 - Brasil, INPE. Estimativas Anuais desde 1988: Taxa de desmatamento anual (km^2/ano). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP, Brasil. http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2005.htm, 2006.

13 - Brasil, MCT. *Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima, Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília, DF, Brasil, 2004, 271 p.

14 - Brasil, Projeto RADAMBRASIL. *Levantamento de Recursos Naturais*, Vols. 1-23. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Rio de Janeiro, Brasil, 1973-1983.

15 - Brown, S., Lugo, A.E. Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology* 6: 1-32, 1990.

16 - Carvalho, G., Barros, A.C., Moutinho, P., Nepstad, D. Sensitive development could protect Amazonia instead of destroying it. *Nature* 409: 131, 2001.

17 - Cochrane, M.A., Alencar, A.A., Schulze, M.D., Souza, C.M., Nepstad, D.C., Lefebvre, P..Davidson, E.A. Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests. *Science* 284: 1832-1835, 1999.

18 - Cochrane, M.A., Schulze, M.D. Fire as a recurrent event in tropical forests of the eastern Amazon: Effects on forest structure, biomass, and species composition. *Biotropica* 31(1): 2-16, 1999.

19 - Delmas, R., Richard, S., Guérin, F., Abril, G., Galy-Lacaux, C., Delon, C., Grégoire, A. Long term greenhouse gas emissions from the hydroelectric reservoir of Petit Saut (French

Revista SEB Ano 10-2.indd 95 5/7/2007 11:20:57

Guiana) and potential impacts. In: Tremblay, A., Varfalvy, L., Roehm, C. & M. Garneau (eds.) *Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes. Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments*. Environmental Science Series, Springer-Verlag, Heidelberg, Alemanha, 2005, p. 293-312.

20 - de Souza, J.A.M. Brazil and the UN Framework Convention on Climate Change. In: International Atomic Energy Agency (IAEA). *Comparison of Energy Sources in Terms of their Full-Chain Emission Factors: Proceedings of an IAEA Advisory Group Meeting/Workshop held in Beijing, China, 4-7 October 1994*. IAEA-TECDOC-892. IAEA, Vienna, Austria, 1996, p. 19-21.

21 - dos Santos, J.R., Krug, T., Araújo, L.S., Meira Filho, G., Almeida, C.A. Dados multitemporais TM/Landsat aplicados ao estudo da dinâmica de exploração madeireira na Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto No, Foz do Igauçu. Anais. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos-SP. (CD-ROM) (disponível em: http://www.dsr.inpe.br/sbsr2001), 2001.

22 - dos Santos, J.R., Krug, T., Araujo, L.S., Meira Filho, G., Almeida, C.A. Corte de árvores visto do espaço. *Ciência Hoje* 30(179): 67-69, 2002.

23 - Eagleson, P.S. The emergence of global-scale hydrology. *Water Resources Research* 22(9): 6s-14s, 1986.

24 - Eva, H.D., Achard, F., Stibig, H-J., Mayaux, P. Response to comment on "Determination of deforestation rates of the World's humid tropical forests." *Science* 299: 1015b, 2003.

25 - Fearnside, P.M. Deforestation in Brazilian Amazonia: The effect of population and land tenure. *Ambio* 22: 537-545, 1993.

26 - Fearnside, P.M. Biomassa das florestas Amazônicas brasileiras. In: *Anais do Seminário Emissão X Seqüestro de CO_2*. Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), Rio de Janeiro, 1994, p. 95-124.

27 - Fearnside, P.M. Global warming response options in Brazil's forest sector: Comparison of project-level costs and benefits. *Biomass and Bioenergy* 8:309-322, 1995a.

28 - Fearnside, P.M. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19, 1995b.

29 - Fearnside, P.M. Amazonian deforestation and global warming: Carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest. *Forest Ecology and Management* 80: 21-34, 1996a.

30 - Fearnside, P.M. Amazonia and global warming: Annual balance of greenhouse gas emissions from land-use change in Brazil's Amazon region. In: Levine, J. (ed.), *Biomass Burning and Global Change. Volume 2: Biomass Burning in South America, Southeast Asia and Temperate and Boreal Ecosystems and the Oil Fires of Kuwait*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, E.U.A., 1996b, p. 606-617.

31 - Fearnside, P.M. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 90: 59-89, 1997a.

32 - Fearnside, P.M. Greenhouse gases from deforestation in Brazilian Amazonia: Net committed emissions. *Climatic Change* 35: 321-360, 1997b.

33 - Fearnside, P.M. Environmental services as a strategy for sustainable development in rural Amazonia. *Ecological Economics* 20(1): 53-70, 1997c.

34 - Fearnside, P.M. Forests and global warming mitigation in Brazil: Opportunities in the Brazilian forest sector for responses to global warming under the "Clean Development Mechanism". *Biomass and Bioenergy* 16: 171-189, 1999a.

35 - Fearnside, P.M. Como o efeito estufa pode render dinheiro para o Brasil. *Ciência Hoje* 26(155): 41-43, 1999b.

36 - Fearnside, P.M. Greenhouse gas emissions from land use change in Brazil's Amazon region. In: Lal, R.; Kimble, J.M.; Stewart, B.A. (eds). *Global Climate Change and Tropical Ecosystems*. Advances in Soil Science. CRC Press, Boca Raton, Florida, E.U.A., 2000a, p. 231-249.

37 - Fearnside, P.M. Global warming and tropical land-use change: Greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change* 46(1/2):

Revista SEB Ano 10-2.indd 96 5/7/2007 11:20:57

115-158, 2000b.

38 - Fearnside, P.M. O potencial do setor florestal brasileiro para a mitigação do efeito estufa sob o "Mecanismo de Desenvolvimento Limpo" do Protocolo de Kyoto. In: Moreira, A.G.; Schwartzman, S. (eds.) *As Mudanças Climáticas Globais e os Ecossistemas Brasileiros*. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), Brasilia, DF, Brasil, 2000c, p. 59-74.

39 - Fearnside, P.M. Uncertainty in land-use change and forestry sector mitigation options for global warming: plantation silviculture versus avoided deforestation. *Biomass and Bioenergy* 18(6): 457-468, 2000d.

40 - Fearnside, P.M. Saving tropical forests as a global warming countermeasure: An issue that divides the environmental movement. *Ecological Economics* 39(2): 167-184, 2001.

41 - Fearnside, P.M. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 39(2): 167-184, 2002.

42 - Fearnside, P.M. *A Floresta Amazônica nas Mudanças Globais.* Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Manaus, Amazonas, Brasil, 2003, 134 p

43 - Fearnside, P.M. A água de São Paulo e a floresta amazônica. *Ciência Hoje* 34(203): 63-65, 2004a.

44 - Fearnside, P.M. Gases de efeito estufa em hidrelétricas da Amazônia. *Ciência Hoje* 36(211): 41-44, 2004b.

45 - Fearnside, P.M. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Controversies provide a springboard for rethinking a supposedly "clean" energy source, *Climatic Change* 66(1-2): 1-8, 2004c.

46 - Fearnside, P.M. Do hydroelectric dams mitigate global warming? The case of Brazil's Curuá-Una Dam. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 10(4): 675-691, 2005a.

47 - Fearnside, P.M. Hidrelétricas planejadas no rio Xingu como fontes de gases do efeito estufa: Belo Monte (Kararaô) e Altamira (Babaquara). In: Sevá Filho, A.O. (ed.) *Tenotã-mõ: Alertas sobre as conseqüências dos projetos hidrelétricos no rio Xingu, Pará, Brasil*", International Rivers Network, São Paulo, Brasil, 2005b, p. 204-241.

48 - Fearnside, P.M. Global implications of Amazon frontier settlement: Carbon, Kyoto and the role of Amazonian deforestation. In: Hall, A. (ed.) *Global Impact, Local Action: New Environmental Policy in Latin America*. University of London, School of Advanced Studies, Institute for the Study of the Americas, London, Reino Unido, 2005c, p. 36-64.

49 - Fearnside, P.M. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Reply to Rosa *et al*. *Climatic Change* 75(1-2): 103-109, 2006a.

50 - Fearnside, P.M. Mitigation of climatic change in the Amazon. In: Laurance, W.F.; Peres, C.A. (eds.) *Emerging Threats to Tropical Forests.* University of Chicago Press, Chicago, Illinois, E.U.A., 2006b, p. 353-375.

51 - Fearnside, P.M., Barbosa, R.I. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 108: 147-166, 1998.

52 - Fearnside, P.M., Ferraz, J. A conservation gap analysis of Brazil's Amazonian vegetation. *Conservation Biology* 9: 1134-1147, 1995.

53 - Fearnside, P.M., Graça, P.M.L.A., Leal Filho, N., Rodrigues, F.J.A., Robinson, J.M. Tropical forest burning in Brazilian Amazonia: Measurements of biomass loading, burning efficiency and charcoal formation at Altamira, Pará. *Forest Ecology and Management* 123(1): 65-79, 1999.

54 - Fearnside, P.M., Graça, P.M.L.A., Rodrigues, F.J.A. Burning of Amazonian rainforests: burning efficiency and charcoal formation in forest cleared for cattle pasture near Manaus, Brazil. *Forest Ecology and Management* 146(1-3): 115-128, 2001.

55 - Fearnside, P.M., Guimarães, W.M. Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 80: 35-46, 1996.

56 - Fearnside, P.M., Lashof, D.A., Moura-Costa, P. Accounting for time in mitigating global warming through land-use change and forestry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 5(3): 239-270, 2000.

57 - Fearnside, P.M., Laurance, W.F. Comment on "Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests" *Science* 299: 1015a, 2003.

58 - Fearnside, P.M., Laurance, W.F. Tropical

Revista SEB Ano 10-2.indd 97 5/7/2007 11:20:57

deforestation and greenhouse gas emissions. *Ecological Applications* 14(4): 982-986, 2004.

59 - Fearnside, P.M., Leal Filho, N., Fernandes, F.M. Rainforest burning and the global carbon budget: Biomass, combustion efficiency and charcoal formation in the Brazilian Amazon. *Journal of Geophysical Research (Atmospheres)* 98(D9): 16.733-16.743, 1993.

60 - Flavin, C. 1989. Slowing global warming: A worldwide strategy. *Worldwatch Paper 91.* Worldwatch Institute, Washington, DC, E.U.A. 94 p.

61 - Graça, P.M.L.A., Fearnside, P.M., Cerri, C.C. Burning of Amazonian forest in Ariquemes, Rondônia, Brazil: Biomass, charcoal formation and burning efficiency. *Forest Ecology and Management* 120(1-3): 179-191, 1999.

62 - Guimarães, W.M. *Liberação de carbono e mudanças nos estoques dos nutrientes contidos na biomassa aérea e no solo resultante de queimadas de florestas secundárias em áreas de pastagens abandonadas, em Altamira, Pará*. Dissertação de Mestrado em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazônia (INPA/FUA), Manaus, Amazonas, Brasil, 1993, 69 p.

63 - Gut, A., van Dijk, S.M., Scheibe, M., Rummel, U., Welling, M., Ammann, C., Meixner, F.X., Kirkman, G.A., Andreae, M.O., Lehmann, B.E. NO emission from an Amazonian rain forest soil: Continuous measurements of NO flux and soil concentration. *Journal of Geophysical Research* 107, D20, DOI: 10.1029/2001JD000521, 2002.

64 - Hardner, J.J., Frumhoff, P.C., Goetz, D.C. Prospects for mitigating carbon, conserving biodiversity, and promoting socioeconomic development through the Clean Development Mechanism. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 5: 61-80, 2000.

65 - Henderson-Sellers, A., Gornitz, V. Possible climatic impacts of land cover transformations, with particular emphasis on tropical deforestation. *Climatic Change* 6: 231-257, 1984.

66 - Holdsworth, A.R., Uhl, C. Fire in eastern Amazonian logged rain forest and the potential for fire reduction. *Ecological Applications* 7(2): 713-725, 1997.

67 - Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.G., Noguer, M., Van der Linden, R.J., Xiausu, D. (eds.) *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 2001, 944 p.

68 - Houghton, R.A. Why are estimates of the terrestrial carbon balance so different? *Global Change Biology* 9: 500-509, 2003.

69 - Houghton, R.J.A., Skole, D.L., Nobre, C.A., Hackler, J.L., Lawrence, K.T., Chomentowski, W.H. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. *Nature* 403: 301-304, 2000.

70 - IPCC. 1997. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Workbook (Volume 2).* Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Genebra, Suiça.

71 - ISTOÉ. A Versão do Brasil. *ISTOÉ* [São Paulo] 15 de outubro de 1997, p. 98, 1997.

72 - Kirkman, G.A., Gut, A., Ammann, C., Gatti, L.V., Cordova, A.M., Moura, M.A.L., Andreae, M.O., Meixner, F.X. Surface exchange of nitric oxide, nitrogen dioxide, and ozone at a cattle pasture in Rondonia, Brazil. *Journal of Geophysical Research* 107, D20, DOI: 10.1029/2001JD000523, 2002.

73 - Krug, T. O quadro do desflorestamento da Amazônia. In: V. Fleischresser (ed.) *Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia*, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil, 2001, p: 91-98.

74 - Kuhlbusch, T.A.J., Crutzen, P.J. A global estimate of black carbon in residues of vegetation fires representing a sink of atmospheric CO_2 and a source of O_2. *Global Biogeochemical Cycles* 9: 491-501, 1995.

75 - Laurance, W.F., Laurance, S.G., Ferreira, L.V., Rankin-de-Merona, J.M., Gascon, C., Lovejoy, T.E. Biomass collapse in Amazonian forest fragments. *Science* 278: 1117-1118, 1997.

76 - Laurance, W.F., Cochrane, M.A., Bergen, S., Fearnside, P.M., Delamônica, P., Barber, C., D'Angelo, S., Fernandes, T. The Future of the Brazilian Amazon. *Science* 291: 438-439, 2001a.

77 - Laurance, W.F., Cochrane, M.A., Bergen, S., Fearnside, P.M., Delamônica, P., Barber, C., D'Angelo, S., Fernandes, T. The Future of the Brazilian Amazon: Supplementary Material.

Revista SEB Ano 10-2.indd 98 5/7/2007 11:20:57

Science Online (http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/291/5503/438/DC1), 2001b.

78 - Lean, J., Bunton, C.B., Nobre, C.A., Rowntree, P.R. The simulated impact of Amazonian deforestation on climate using measured ABRACOS vegetation characteristics. In: Gash, J.H.C.; Nobre, C.A. Roberts, J.M.; Victoria, R.L. (eds.) *Amazonian Deforestation and Climate*. Wiley, Chichester, Reino Unido, 1996, p. 549-576.

79 - Martius, C., Fearnside, P.M., Bandeira, A.G., Wassmann, R. Deforestation and methane release from termites in Amazonia. *Chemosphere* 33: 517-536, 1996.

80 - Moran, E.F., Brondizio, E., Mausel. P., Wo, Y. Integrating Amazonian vegetation, land-use, and satellite data. *BioScience* 44: 329-338, 1994.

81 - Nepstad, D., Capobianco, J.P., Barros, A.C., Carvalho, G., Moutinho, P., Lopes, U., Lefebvre, P. Avança Brasil: Os Custos Ambientais para Amazônia. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), Belém, Pará, Brasil. 24 p. (disponível em http://www.ipam.org.br/avanca/politicas.htm), 2000.

82 - Nepstad, D.C., Moreira, A.G., Alencar, A.A. *A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia*. Banco Mundial, Brasília, DF, Brasil, 1999b, 172 p.

83 - Nepstad, D.C., Veríssimo, A., Alencar, A.A., Nobre, C.A., Lima, E., Lefebvre, P., Schlesinger, P., Potter, C., Moutinho, P., Mendoza, E., Cochrane, M., Brooks, V. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* 398: 505-508, 1999a.

84 - Nogueira, E.M., Nelson, B.W., Fearnside, P.M. Wood density in dense forest in central Amazonia, Brazil. *Forest Ecology and Management* 208(1-3): 261-286, 2005.

85 - Nogueira, E.M., Nelson, B.W., Fearnside, P.M. Volume and biomass of trees in central Amazonia: Influence of irregularly shaped and hollow trunks. *Forest Ecology and Management* 227(1-2): 14-21, 2006.

86 - Ramakutty, N., Gibbs, H.K., Achard, F., De Fries, R., Foley, J.A., Houghton, R.A. Challenges to estimating carbon emissions from tropical deforestation. *Global Change Biology* 13 (1): 51-66, 2007;

87 - Roberts, G.C., Nenes, A., Seinfeld, J.H., Andreae, M.O. Impact of biomass burning on cloud properties in the Amazon Basin. *Journal of Geophysical Research* 108, D2, DOI: 10.1029/2001JD000985, 2003.

88 - Rosa, L.P., dos Santos, M.A., Matvienko, B., dos Santos, E.O., Sikar, E. 2004. Greenhouse gases emissions by hydroelectric reservoirs in tropical regions. *Climatic Change* 66(1-2): 9-21.

89 - Rosa, L. P., dos Santos, M. A., Matvienko, B., Sikar, E., dos Santos, E.O. Scientific errors in the Fearnside comments on greenhouse gas emissions (GHG) from hydroelectric dams and response to his political claiming. *Climatic Change* 75(1-2): 91-102, 2006.

90 - Salati, E., Vose, P.B. Amazon Basin: A system in equilibrium. *Science* 225: 129-138, 1984.

91 - Santilli, M., Moutinho, P., Schwartzman, S., Nepstad, D.C., Curran, L., Nobre, C. Tropical deforestation and the Kyoto Protocol. *Climatic Change* 71: 267-276, 2005.

92 - Schimel, D. & 75 outros. Radiative forcing of climate change. In: Houghton, J.T.; Meira Filho, L.G.; Callander, B.A.; Harris, N.; Kattenberg, A.; Maskell, K. (eds.) *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 1996, p. 65-131.

93 - Shine, K.P., Derwent, R.G., Wuebbles D.J., Morcrette, J-J. Radiative forcing of climate. In: Houghton, J.T.; Jenkins, G.J.; Ephraums, J.J. (eds.) *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 1990, p. 41-68.

94 - Shukla, J., Nobre C.A., Sellers, P. Amazon deforestation and climate change. *Science* 247: 1322-1325, 1990.

95 - Silva-Dias, M.A.F., Rutledge, S., Kabat, P., Silva Dias, P.L., Nobre, C., Fisch, G., Dolman, A.J., Zipser, E., Garstang, M., Manzi, A.O., Fuentes, J.D., Rocha, H.R., Marengo, J., Plana-Fattori, A., Sá, L.D.A., Alvalá, R.C.S., Andreae, M.O., Artaxo, P., Gielow, R., Gatti, L. Cloud and rain processes in a biosphere-atmosphere interaction context in the Amazon Region. *Journal of Geophysical Research* 107, D20, DOI: 10.1029/2001JD000335, 2002.

96 - Silveira, V. "Amazônia polui com apenas

Revista SEB Ano 10-2.indd 99 5/7/2007 11:20:57

1,4%". *Gazeta Mercantil* [São Paulo] 29 de maio de 1992, p. 2 & 6, 1992.

97 - Skole, D.L., Chomentowski, W.H., Salas, W.A., Nobre, A.D. Physical and human dimensions of deforestation in Amazonia. *BioScience* 44(5): 314-322, 1994.

98 - Soares-Filho, B.S., Nepstad, D.C., Curran, L.M., Cerqueira, G.C., Garcia, R.A., Ramos, C.A., Voll, E., McDonald, A., Lefebvre, P., Schlesinger, P. Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature* 440: 520-523, 2006.

99 - Sombroek, W.G. Biomass and carbon storage in the Amazon ecosystems. *Interciencia* 17: 269-272, 1992.

100 - Uhl, C., Buschbacher, R., Serrão, E.A.S. Abandoned pastures in Eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. *Journal of Ecology* 76: 663-681, 1988.

101 - van Dijk, S.M., Gut, A., Kirkman, G.A., Gomes, B.M., Meixner, F.X., Andreae, M.O. Biogenic NO emissions from forest and pasture soils: Relating laboratory studies to field measurements. *Journal of Geophysical Research* 107, D20, DOI: 10.1029/2001JD000358, 2002.

102 - Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J., Dokken, D.J. (eds.). *IPCC Special Report on Land Use, Land-Use Change, and Forestry.* Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 2000, 377 p.

Revista SEB Ano 10-2.indd 100 5/7/2007 11:20:57

DENSITY-DEPENDENT MORTALITY: A LIMITATION TO THE USE OF *SCHEFFLERA ANGUSTISSIMA* (ARALIACEAE) IN RESTORATION OF BRAZILIAN SOUTHEASTERN DEGRADED FOREST FRAGMENTS

Renato Soares Armelin[1] & Waldir Mantovani[2]

[1]Department of Ecology, Bioscience Institute, University of São Paulo, Brazil
[2]Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo - e-mail: renato.armelim@gmail.com

ABSTRACT

Density-dependent mortality: a limitation to the use of *Schefflera angustissima* (Araliaceae) in restoration of Brazilian southeastern degraded forest fragments. We are interested in the potential use of *Schefflera angustissima* (Araliacea) for restoration projects in degraded Brazilian Atlantic ombrophilous forest fragments. At the outset, this species would be a good candidate for local restoration efforts, for it is a light-demanding tree common to the region; it has a yearly mass seed production and its fleshy fruits are supposed to be attractive to frugivores. In order to gather some more information on the ecology of this species, we relied on the spatial pattern analyses of one of its natural populations. Our main concern was whether this natural population was subjected to density-dependent mortality processes because such processes could jeopardize the performance of the species in restoration projects. Therefore, to detect the influences of such processes, we analyzed the spatial patterns of the entire population, as well as the spatial patterns and association between juvenile and adult plants. We found strong evidences of density-dependent mortality process and were able to set a threshold of 904 plants/ha, beyond which this process can increases the mortality of saplings to levels higher than 9.5 %. We concluded that, in order to implement restoration projects based on planting *S. angustissima* saplings or seedlings, planting should not result in densities higher than 904 plants/ha, or else a density-dependent mortality process may lead to the loss of a great number of saplings/seedlings, resulting in a waste of time and financial resources and, consequently, in a failure to achieve the objectives of the restoration plan.

Key words: spatial patterns, Atlantic ombrophilous forest, Brazil, *Schefflera angustissima*.

INTRODUCTION

The Atlantic ombrophilous forest is one of the world's 25 biodiversity hotspots, and habitat to more than 8,000 endemic species of vascular plants, amphibians, reptiles, birds, and mammals. Despite having been reduced to less than 7.5% of its original cover, it has still been largely destroyed (19) and many of its remnants are degraded due to antropic pressure. Therefore, in order to maintain its biodiversity levels, there is a great demand for ecological restoration, which is the process of assisting the recovery of an ecosystem that has been degraded, damaged, or destroyed (26).

We are interested in the potential use of *Schefflera angustissima* (Marchal) Frodin (Araliacea) for restoration projects in the Atlantic ombrophilous forest of the São Paulo region in southeastern Brazil. At the outset, this species would be a good candidate for the restoration of local degraded forest fragments, for it is a light demanding tree species common in the region, it has a yearly mass seed production, and its fleshy fruits are supposed to be attractive to frugivores. However, the selection of species to be used in the restoration of natural forests is a critical issue that requires a

Revista SEB Ano 10-2.indd 101 5/7/2007 11:20:58

large amount of ecological information (03;09), yet there is not much information on the ecology of any natural population of *S. angustissima*. Indeed, only a small fraction of the ecological information necessary to the selection of species for restoration projects worldwide is currently known (03;09). Hence, in order to gather some more information on the ecology of *S. angustissima*, we relied on spatial pattern analyses, a statistical procedure capable of providing some insights on the species population ecology, and that is based on a fast assessment of field data.

Among the many ecological features that can be found with spatial pattern analyses, our main concerns are the population regulation processes caused by density-dependent effects. The density-dependent factors, which are intrinsic to the population dynamics, respond for abundance regulation, which makes them essential to the survivorship of future generations (18). Acting locally, these factors provoke distinct responses of survivorship and fecundity rates of plants, what result in patterns of spatial distribution and, because such changes modify local densities, these patterns influence intraspecific and interspecific competitive interactions (04).

Due to the fact that tropical forests have high biodiversity levels, it is virtually impossible to produce seedlings or small saplings - for restoration projects based on planting - for the majority of the local species. Consequently, only a small proportion of these species can be chosen and, when the planting is done, their local densities can reach levels so high that density-dependent processes can be triggered, and thus reduce the performance of said populations, specially due to an increase in the plants mortality rate. In addition, Jefferson (2004) argues that density-dependent effects should be taken into account in restoration projects in order to maximize diversity and prevent dominance by highly competitive species.

Spatial patterns of plant populations are generated by distinct factors, such as propagule dispersion (04;05; 21), environmental heterogeneity (02;11;24), interspecific competition (31;05;24), and intraspecific competition (01; 05; 30; 24). Furthermore, spatial patterns can change throughout the plants' life cycles. Classes of plants in distinct ontogenetic stages and with different patterns of dispersion are seen in situ, thus. When these changes result in a reduction of the local aggregation of plants, this may be interpreted as evidence of population regulation due to density-dependent mortality (01;02, 27). Additional evidence of this kind of regulation mechanism would be a negative association between juvenile and adult plants (02,06).

In view of these considerations, the study of spatial patterns becomes essential to obtaining a better understanding of the ecology of plant populations (15), and, when based on empirical data, spatial patterns analyses may substantiate hypothesis to be tested in further experiments (07; 24).

Due to our interest in using *Schefflera angustissima* (Araliaceae) for restoration efforts, we looked for evidence of population regulation due to density-dependent mortality, because it could restrict the use of this species in restoration projects. For that purpose, we analyzed the spatial patterns of the entire population, as well as the spatial patterns and association between juvenile and adult plants.

METHODS

Study site

The Morro Grande Reserve is located within the municipality of Cotia, in the state of São Paulo, Brazil (23º39'- 48'S and 46º47'- 55'W) and encompasses approximately 10,700 ha of Atlantic Plateau. The mean altitude is approximately 900 m, with humid subtropical climate, classified as type Cfa (14). The mean annual rainfall is 1500 mm, and the average temperature is 18°C (22). The reserve comprises a dense ombrophilous forest, which is considered transitional between the slope forest of the coastal mountains and the mesophilous semideciduous forest of the interior (12). The vegetation is structured mostly in three strata, although a fourth, composed of emergent trees, may be observed in some areas. Vegetation size and structure change according to topography. More detailed information about the reserve is available at Metzger et al. (2006).

Study species

Schefflera angustissima is a tree species that can reach up to 10-20m. It has alternate,

Revista SEB Ano 10-2.indd 102 5/7/2007 11:20:58

palmately compound leaves, ascending panicle inflorescences, and drupe fruits. Flowering starts around June and fruit production from December to March. The species is abundant in the area, and its population dynamics has been studied since the year 2000.

Our studies point *S. angustissima* as an early sucessional species, which develops better in light demanding sites, but has a good performance in more shaded sites too. It produces a great amount of fleshy fruits yearly, and these fruits are supposed to be attractive to frugivores.

Samples

Three 50 x 50 m sample plots, at least 200 m and no more than 800 m apart, were randomly established within a plain forest area on secondary development stage.

The canopy structure of each of these plots, concerning densities and basal areas (17) of plants ≥ 5 cm in diameter at breast height, can be described as follows: plot 1, having 2,764 plants/ha and 39.09 m^2/ha; plot 2, having 2,840 plants/ha and 38.18 m^2/ha and plot 3, having 2,368 plants/ha and 31.27 m^2/ha.

The physical (clay and sand percentages) and chemical (organic matter and concentrations of Ca, P, K, Mg and Al+H) soil characteristics of each plot were analysed on 0-15 and 25-45 cm depth, and although there were some significant differences among plots, their soil characteristics are quite similar and no consistent correlation between them and the *S. angustissima* population abundance was found.

Within each of these three plots all *S. angustissima* plants taller than 0.5 m were tagged, measured, mapped, and classified by life-cycle stage. We defined as juveniles all plants taller than 0.5 m and shorter than 2 m. In this way we avoided sampling seedlings, because they could bias the analysis by using their cotyledons reserves to avoid environmental stress. Intermediate sized plants were also excluded because they could bias the distinction between initial and final life cycles stage patterns. Adults were defined as plants taller than 10.5 m, the minimum height for reproductive trees of this species population. The analyses were performed over the 2003 population census data.

Statistical analysis

Plants were considered spatial points within their respective areas, as well as being understood as events generated by any type of stochastic process. Analysis of spatial patterns was based on two methods: Ripley's *K(d)* function, which expresses the second order characteristics of the underlying stochastic process (25; 23; 02; 27; 08); and pair correlation functions *g(d)*, which capture the same type of information as *K(d)* using a different methodology (28; 23; 27). These analyses are based on the supposition that the spatial patterns analysed were generated by a stationary and isotropic stochastic process, in which probability distribution is invariant with respect to translations and rotations (27; 07; 08).

In univariate analyses, which are related to dispersion patterns, *K(d)* is based on the number of neighbors within a distance *d* from each event (08); and *g(d)* function is based on the distances *d* between each event and its neighbors (28; 23).

In bivariate analysis, which is related to association patterns, *Kij(d)* is based on the number of neighbors *j* within a distance *d* from each event *i* (08); *gij(d)* function is based on the distances *d* between each event *i* and its neighbors *j* (23).

For each *K(d)*, *g(d)*, *Kij(d)* and *gij(d)* estimated, a significance envelope consisting of 10,000 Monte Carlo simulations was designed with a 5% level of statistical significance (08).

In the dispersion tests, the null hypothesis was complete spatial randomness, and the alternative hypothesis was clumping and over dispersity. The association studies looked for patterns of association between juveniles and adults. In this case, the null hypothesis was the independence between these classes of plants, which suggests that distinct stochastic processes generated their patterns (08), and the alternative hypothesis were attraction (positive association) and repulsion (negative association).

When values are higher than the upper limit of the corresponding envelope, the *K(d)* / *Kij(d)* and *g(d)* / *gij(d)* functions indicate clumps / attraction. For *K(d)* / *Kij(d)*, that would mean that events within distance *d* were more frequent than expected under the null hypothesis, and for *g(d)* / *gij(d)* it would mean that the number of distances *d*

Revista SEB Ano 10-2.indd 103 5/7/2007 11:20:58

was greater than expected under the null hypothesis (28; 23; 27).

When values are below the lower limit of the corresponding envelope, *K(d)* / *Kij(d)* and *g(d)* / *gij(d)* indicate over dispersion / repulsion. For *K(d)* / *Kij(d)*, that would mean that events within distance *d* were less frequent than expected under the null hypothesis, and for *g(d)* / *gij(d)* it would mean that the number of distances *d* was lower than expected under the null hypothesis (23; 27).

The patterns exposed by the analysis were considered consistent when evident in *K(d)* / *Kij(d)* and not opposed by *g(d)* / *gij(d)*. We decided to base our analysis on the *K(d)* / *Kij(d)* because these functions are better known. The exponential functions *K(d)* and *Kij(d)* were linearized to $L(d) = \sqrt{K(d)/\pi}$ and $Lij(d) = \sqrt{Kij(d)/\pi}$ (27).

For a better graphic representation, we plotted *L(d)* – *d* and *Lij(d)* – *d* against *d* and transformed the null hypothesis into a constant function traversing zero (23).

The analysis was conducted with ADE-4 software (29) and graphics were created by using Microsoft Excel 2000. The ADE-4 software implements edge-effect corrections according to Ripley's method (25).

RESULTS

Within the three plots studied, we found that the spatial distributions of the entire population, as well as those of juvenile and adult plants, apparently did not run counter to the principles of stationarity and isotropy required for the analysis based on *K(d), Kij(d), g(d)* and *gij(d)* functions (Figures 1a, 1c, and 1e).

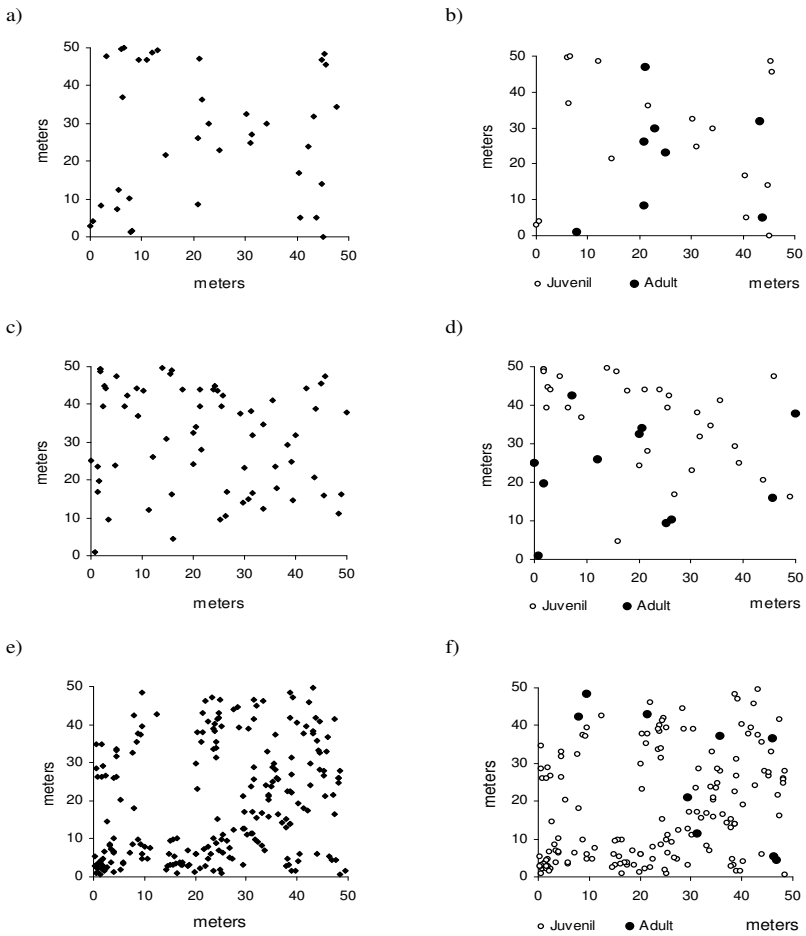

Figure 1 – Spatial patterns. (**a**) Plot 1 population dispersion (n = 38). (**b**) Plot 1 dispersion of juvenile (n = 17) and adult (n = 8) plants. (**c**) Plot 2 population dispersion (n = 67). (**d**) Plot 2 dispersion of juvenile (n = 30) and adult (n = 11) plants. (**e**) Plot 3 population dispersion (n = 226). (**f**) Plot 3 dispersion of juvenile (n = 158) and adult (n = 9) plants.

Revista SEB Ano 10-2.indd 104 5/7/2007 11:20:58

The proportions of juvenile/adult plants within each of the three plots were: plot 1, 2.13; plot 2, 2.73 and plot 3, 17.56. These numbers suggest that *S. angustissima* recruits better in the environmental conditions of plot 3. Actually, plot 3 is the one whose canopy has the lowest density and basal area (please refer to plots' canopy structure description in the methodology section) and, therefore, is the one most subjected to the influx of solar radiation through its canopy.

Within plot 1, the population was clumped at 2 m and from 6-12 m and was over dispersed beyond 18 m, especially at 20 m and 23 m (Figures 2a and 2b). Juvenile plants were clumped up to 3 m and over dispersed beyond 19 m (Figures 2c and 2d). Adult plants were randomly distributed (Figures 2e and 2f), and no significant relation was found between juvenile and adult plants (Figures 2g and 2h).

The over dispersion pattern in this plot indicates that the juvenile clumps are over dispersed, although this is not evident when we look at distribution patterns (Figure 1b). Over dispersion was found to be stronger in the population as a whole (Figure 2a) than for juvenile plants in particular (Figure 2c), highlighting the important contribution of medium-sized plants to the overall population pattern. However, this type of over dispersed pattern was not present in the other two plots and, thus, cannot be considered typical for this *S. angustissima* population.

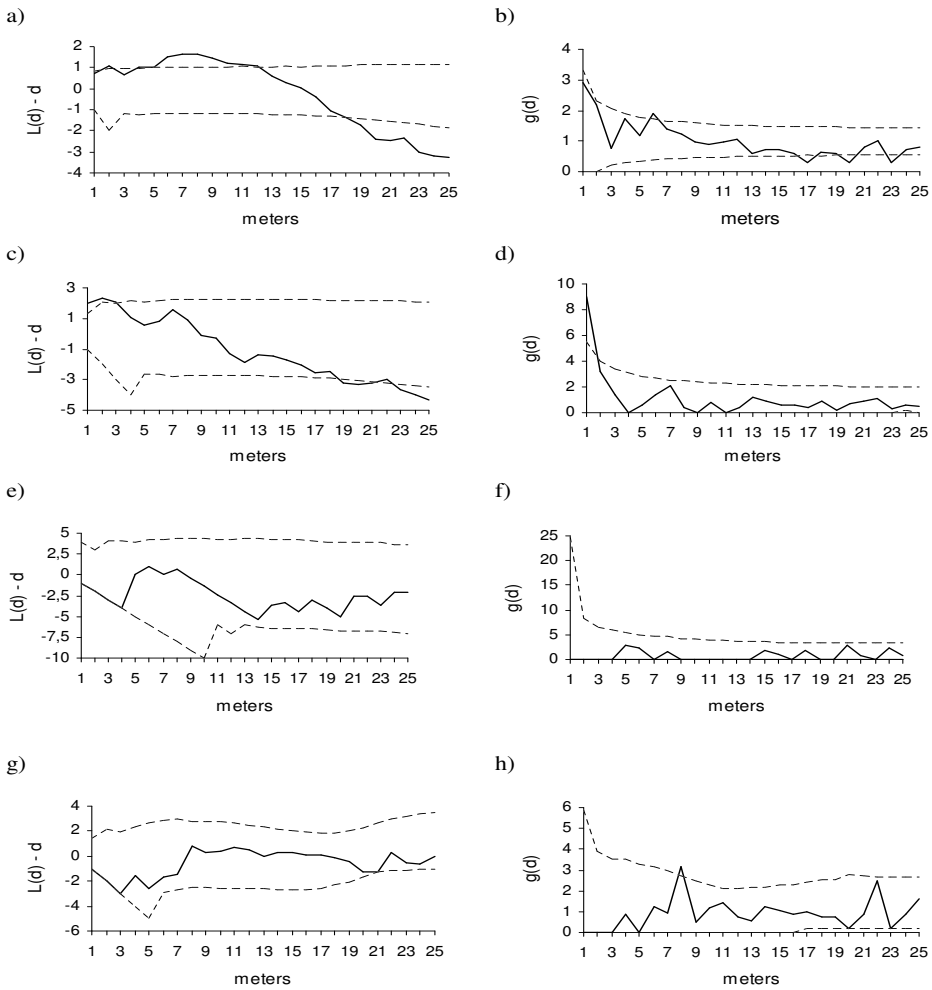

Figure 2 – Analysis of plot 1 spatial patterns. Dashed lines represent the limits of the 95% confidence envelope and the solid line represents the function. (**a**) *L(d)-d* for population dispersion. (**b**) *g(d)* for population dispersion. (**c**) *L(d)-d* for dispersion of juvenile plants. (**d**) *g(d)* for dispersion of juvenile plants. (**e**) *L(d)-d* for dispersion of adult plants. (**f**) *g(d)* for dispersion of adult plants. (**g**) *L(d)-d* for association between juvenile and adult plants. (**h**) *g(d)* for association between juvenile and adult plants.

Revista SEB Ano 10-2.indd 105 5/7/2007 11:20:59

Within plot 2, the population was clumped from 5-8 m (Figures 3a and 3b). Juvenile plants were clumped, mainly from 1-2 m, 4-6 m, and 13-15 m (Figures 3c and 3d). Adults were clumped at 2 m (Figures 3e and 3f), a fact that we attribute to the presence of two adult pairs, which in both cases are in very close proximity (Figure 1d). As the total number of adults is only 11, these two adult pairs became too important and influenced the curve. Again, as this pattern was not repeated in the other two study plots, we do not consider it representative of the population. Finally, no significant relation was found between juveniles and adult plants (Figures 3g and 3h).

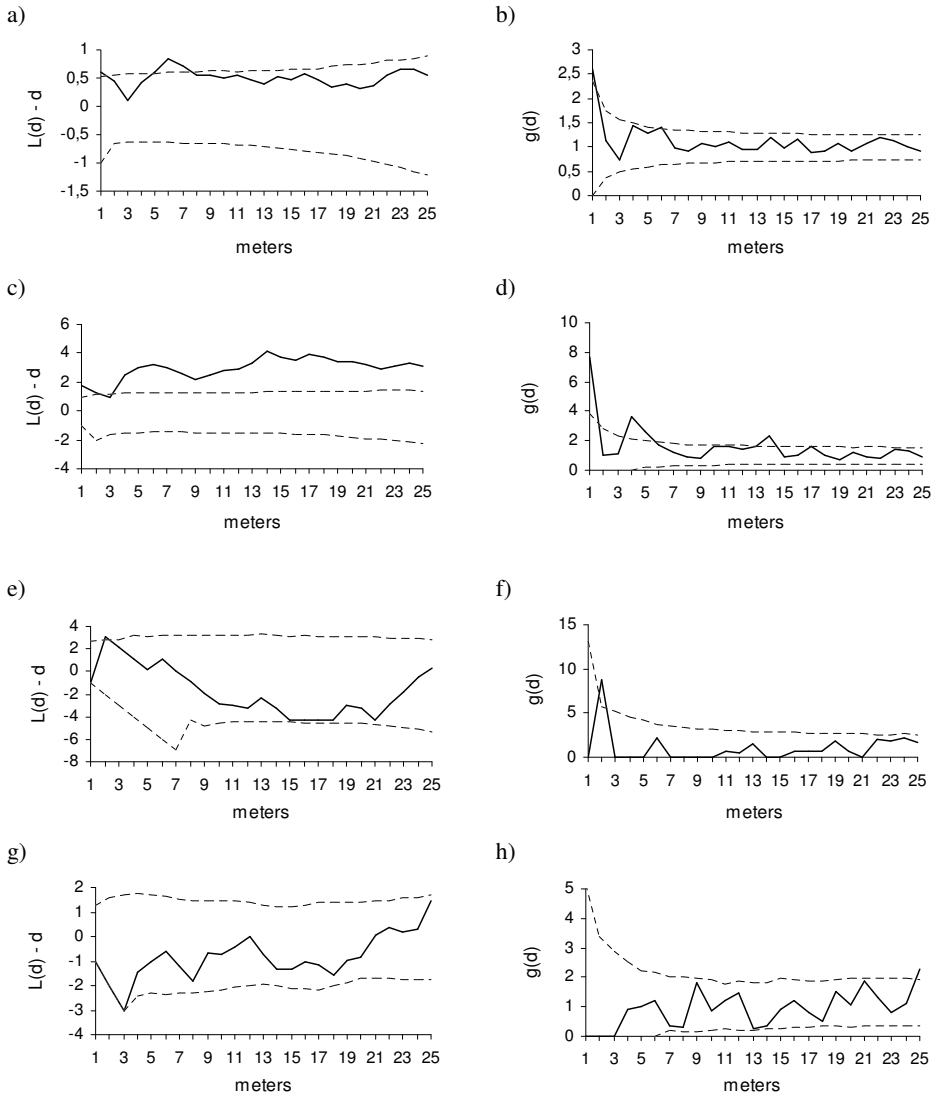

Figure 3 – Analysis of plot 2 spatial patterns. Dashed lines represent the limits of the 95% confidence envelope and the solid line represents the function. (**a**) *L(d)-d* for population dispersion. (**b**) *g(d)* for population dispersion. (**c**) *L(d)-d* for dispersion of juvenile plants. (**d**) *g(d)* for dispersion of juvenile plants. (**e**) *L(d)-d* for dispersion of adult plants. (**f**) *g(d)* for dispersion of adult plants. (**g**) *L(d)-d* for association between juvenile and adult plants. (**h**) *g(d)* for association between juvenile and adult plants.

Within plot 3, the population was clumped up to 21 m (Figures 4a and 4b). Juvenile plants presented the same pattern (Figures 4c and 4d). Adult plants were randomly distributed (Figures 4e and 4f), and there was significant repulsion between juvenile and adult plants from 15-21 m, as well as strong evidence of repulsion at 2 m (Figures 4g and 4h).

Revista SEB Ano 10-2.indd 106 5/7/2007 11:20:59

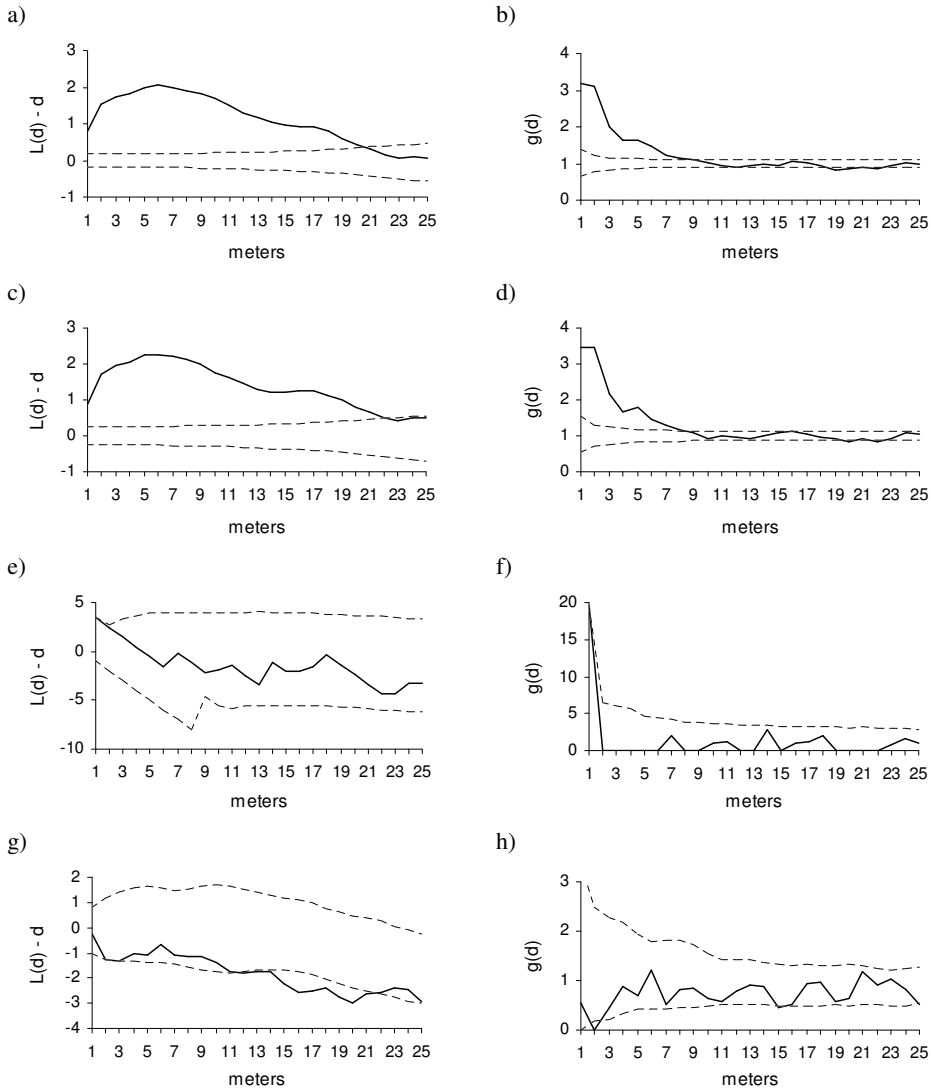

Figure 4 – Analysis of plot 3 spatial patterns. Dashed lines represent the limits of the 95% confidence envelope and the solid line represents the function. (**a**) *L(d)-d* for population dispersion. (**b**) *g(d)* for population dispersion. (**c**) *L(d)-d* for dispersion of juvenile plants. (**d**) *g(d)* for dispersion of juvenile plants. (**e**) *L(d)-d* for dispersion of adult plants. (**f**) *g(d)* for dispersion of adult plants. (**g**) *L(d)-d* for association between juvenile and adult plants. (**h**) *g(d)* for association between juvenile and adult plants.

The small number of adult plants sampled (plot 1, n = 8; plot 2, n = 11; plot 3, n = 9) makes it difficult to characterise their spatial patterns within this population. Nevertheless, through direct observation of dispersion patterns (Figures 1b, 1d, and 1f) it is evident that, at least beyond 2 m, these plants are not clumped. What is not clear is whether the random pattern we observed is in fact consistent, or whether we were unable to identify an over dispersed pattern due to restricted sample size. Close examination of Figures 2e, 3e, and 4e (representing plots 1, 2, and 3, respectively) reveals a predominance of negative values of *L(d) – d* along the distance axes, indicating over dispersed patterns. However, as these values appear within the 95% confidence envelopes, they cannot be considered statistically significant.

We found *S. angustissima* spatial patterns to be quite similar in all three plots studied. The main differences among them were related to the intensity of the patterns observed. Clump intensity among juvenile plants was greatest within plot 3, followed by plots 2 and 1, and population abundance in these plots followed the same pattern: plot 3:

Revista SEB Ano 10-2.indd 107 5/7/2007 11:20:59

226 (158 juvenile plants); plot 2: 67 (30 juvenile plants); and plot 1: 38 (17 juvenile plants). Indeed, plot 3 seems to be the one that better characterises the stochastic process responsible for the patterns observed.

In addition, the population dispersion in the three plots (Figures 1a, 1c, and 1e) shows that the juvenile clumps did not seem to be directly related to the locations of the adult trees, and, looking at the association studies, we can see that, in fact, there was no evidence of attraction between juvenile and adult plants. These patterns differed among the three plots only by their level of intensity, which also seemed to be related to local population density.

DISCUSSION

The higher recruitment rate of *S. angustissima* at the plot subjected to the highest rates of solar radiation influx reassures the species light-demanding feature. This is important for a species candidate to forest restoration because degraded forests sites usually have less dense canopy and, thus, are usually more suitable to light demanding species.

Furthermore, the fact that juvenile clumps did not seem to be directly related to the locations of the adult plants, and that there was no evidence of attraction between juvenile and adult plants suggests that propagules are primary dispersed by vertebrate frugivores, which are dispersers capable of wide range dispersion. This is another good characteristic for a species used in restoration projects because, as argued in Blakesley et al. (2000), when its trees reach maturity, their fruits attract frugivores from neighboring forest areas and they provide perches for birds. This wildlife disperses seed into the plots, thus helping accelerate recruitment of non-planted tree species and other plants, leading to rapid accumulation of biodiversity in planted areas.

Since mature trees of *S. angustissima* produce a large amount of seeds, which are not supposed to be entirely dispersed in primary dispersion, it would be expected at least some recruitment close to mature trees, yet we found evidences of repulsion between juveniles and adult plants, specially within plot 3 (Figures 4g and 4h). The most probable ecologic process that results in such a repulsion pattern is a density-dependent mortality one.

Actually, the shift from a clumped pattern in the juvenile stage towards a random to over dispersed pattern in the adult stage, associated to the repulsion between juvenile and adult plants are strong evidences for the interference of density-dependent mortality processes (01; 02; 27; 06).

Due to the fact that we have been studying this population since 2000, we could compare the plant mortality rates during the period of the analyses with what would be expected if a density-dependent mortality process were really driving the plants spatial patterns. The juvenile plants mortality rates were 9.5 % (15 dead juveniles) in plot 3, the densest one, 6.7 % (2 dead juveniles) in plot 2, the second densest, and 0 % in plot 1, the least dense. In what concerns the adult plants, there was only one death, in plot 2. In fact, as it would be expected under a density-dependent mortality process, the juvenile plants mortality rate was higher in plot 3, where the density-dependent mortality process was diagnosed as stronger.

We conclude, thus, that the patterns observed in this study provide strong evidence of a density-dependent mortality process, which regulates the abundance of the *S. angustissima* population studied. Moreover, whichever may be the causes of death, such mortality process is strongly size asymmetric because there are the smaller plants that die. Consequently, the use of *S. angustissima* in restoration projects is restricted to a certain intraspecific density limit, for beyond this limit its population lose performance due to an increasing mortality process. If its performance decreases too much, the species simply becomes inadequate for restoration projects. We believe that the density of plot 3, 904 plants/ha, where the regulation process was stronger, can be set as a good density limit in this case. It is not possible to specify a precise or wide-use density limit for all the populations of this specie, because the plants are influenced by environmental conditions that, in turn, are stochastic. Even though, the proposed density limit is a good starting point, for it is based on a natural population field data. In short, in order to implement restoration projects based on planting *S. angustissima* seedlings or small saplings, planting

Revista SEB Ano 10-2.indd 108 5/7/2007 11:21:00

should not result in densities higher than 904 plants/ha, or else a density-dependent mortality process may lead to the loss of a great number of seedlings/saplings, resulting in a waste of time and financial resources and, consequently, in a failure to achieve the objectives of the restoration plan.

Although our conclusions rely on evidences and not on experimental results, the spatial patterns analyses provided reliable insights of ecological processes and are based in fast assessments, which make them very useful when its necessary to gather information about the ecology of candidate species to be used in restoration projects, specially when there is not enough time or resources in order to implement more accurate analyses. Furthermore, ecological information of species under natural conditions will almost always be gathered as evidences, for it is not desirable to manipulate natural systems in order to implement scientific experiments since it could degrade or even destroy the system, which was supposed to be preserved.

The utility of spatial pattern analyses, indeed, goes beyond the search for regulation processes. It has already been used to study many other aspects of the ecology of certain species.

Studying association between juvenile and adult plants of four Dipterocarpaceae species in a forest in Thailand, Bunyavejchewin et al. (2003) found significant repulsion between these two groups for two of the four species and considered these results as evidence of the influence of population regulation processes based on density-dependent mortality. For the other two species, the authors found no significant relation

In a study of a *Borassus aethiopum* (Arecaceae) population within a savannah environment in West Africa, Barot et al. (1999) came to similar conclusions. They also observed a tendency toward less clumped patterns throughout the life cycle of the population. Apparently, as in the case of *B. aethiopum*, the studied *S. angustissima* population density-dependent mortality process occurs only in the initial life cycle stages. This is evidenced by the presence of two adult pairs in extreme proximity in plot 2 and another adult pair in plot 3 (Figures 1d and 1f), suggesting that this type of regulation process does not occur among adult trees. However, the small number of adult trees sampled per site makes it difficult to draw reliable conclusions about the process underlying their patterns. In addition, the spatial patterns analyses of *B. aethiopum* disclosed a positive association of this population to pre-defined nutrient rich patches, which are part of the environmental heterogeneity of their sampled habitat. Therefore, the use of *B. aethiopum* in restoration projects based on planting of seedlings or saplings should take into consideration not only an intraspecific density threshold, beyond what density-dependent mortality process may lead to the lost of a great number of seedlings/saplings, but also the specific soil condition that can improve the species recruitment and survivorship.

Similarly, soil characteristics were also an important determinant for the spatial patterns of *Carapa procera* (Meliaceae) and *Vouacapoua americana* (Caesalpineaceae) in the French Guyiana (11). Despite the fact that both species are dispersed by the same kind of rodent, each one recruits better in different soil conditions. Though, the performances of these species in restoration projects based in planting seedlings or saplings will be better if the planting respect their natural soil requirements for establishment.

Comparing the spatial patterns of live trees with the spatial pattern of dead plus live trees of each of three species on a Canadian forest, Fangliang et al. (2000) found evidence of density-dependent mortality due to intraspecific competition for one of these species, since its population spatial pattern became more regular after the dead trees were excluded from the analysis, and, based on spatial association tests, they found evidence of the same sort of mortality process, now due to interspecific competition, for the remaining two species. Their results, though, stress the influence of density-dependent mortality processes, which should be taken in consideration when planning the use of these species in restoration projects.

Finally, studying spatial association between *Podocarpus Nagi* (Podocarpacea) and *Neolitsea aciculata* (Lauracea) in a Japanese forest, Nanami et al. (1999) found repulsion between *N. aciculata* trees and female *P. nagi* trees, and attraction between *N. aciculata* trees and male *P. nagi* trees. These results suggest, therefore, that *N. aciculata* recruits better around male *P. nagi*

Revista SEB Ano 10-2.indd 109 5/7/2007 11:21:00

trees. Hence, if there were interest in restoring any degraded portion of this forest planting seedlings or saplings of *N. aciculata*, planting should be preferably done close to male *P. nagi* trees.

IMPLICATIONS FOR PRACTICE

* In order to implement restoration projects based on planting *S. angustissima* seedlings or small saplings in southeastern Brazil, planting should not result in densities higher than 904 plants/ha, or else a density-dependent mortality process may lead to the loss of a great number of seedlings/saplings, resulting in a waste of time and financial resources and, consequently, in failure to achieve the objectives of the restoration plan.

* In the absence of resources to gather more accurate information on the ecology of candidate species for restoration projects, spatial patterns analyses can provide good insights on it. Furthermore, as these analyses are based on fast assessments of field data, information becomes quickly available.

ACKNOWLEDGMENTS

We gratefully acknowledge the financial support provided by the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, State of São Paulo Research Foundation).

This study complies with all applicable Brazilian laws.

RESUMO

Mortalidade densidade dependente um limitação no uso de Schefflera angustissima (Araliaceae) na restauração de fragmentos florestais degradados no Brasil sudeste. Neste trabalho investigamos o uso potencial de *Schefflera angustissima* (Araliaceae) na restauração de fragmentos degradados de Floresta Ombrofila Densa Atlântica. Em princípio, essa espécie seria uma boa candidata para tais esforços de reflorestamento, já que é comum na região, desenvolve-se bem em áreas ensolaradas e produz anualmente uma grande quantidade de propágulos de poupa carnosa, supostamente atrativos a frugívoros. Para conseguir mais informações sobre a ecologia desta espécie, estudamos os padrões espaciais de uma de suas populações nativas. Nossa principal preocupação era se tal população estava sujeita a processos de mortalidade densidade-dependente, já que tais processos poderiam prejudicar o desempenho da espécie em projetos de reflorestamento. Sendo assim, a fim de detectar a influência de tais processos, analisamos os padrões espaciais da população como um todo, e também os padrões espaciais e associações entre plantas jovens e adultas. Encontramos fortes evidências de mortalidade densidade-dependente e pudemos inferir um limite de 904 plantas/ha, além do qual esse processo parece causar um crescimento da taxa de mortalidade de plantas jovens para além de 9,5%. Concluímos que, para projetos de restauração florestal baseados no plantio de plântulas ou plantas jovens de *S. angustissima*, o plantio não deve resultar em densidades superiores a 904 plantas/ha, ou então um processo de mortalidade densidade-dependente pode levar à perda de um grande número de mudas, resultando em desperdício de tempo e dinheiro e, consequentemente, na falha em atingir os objetivos do plano de reflorestamento.

Palavras chave: Padrões espaciais, Floresta Ombrofila Atlântica, Brazil, *Schefflera angustissima*.

REFERENCES

1 - Antonovics, J. and D. A. Levin. 1980. The ecological and genetic consequences of density-dependent regulation in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11**:** 411-452.

2 - Barot, S., J. Gignoux, and J-C. Menault. 1999. Demography of a savannah palm tree: predictions from comprehensive spatial pattern analyses. *Ecology* 80: 1987-2005.

3 - Blakesley, D., K. Hardwick and S. Elliot. 2002. Research needs for restoring tropical forests in Southeast Asia for wildlife conservation: framework species selection and seed propagation. *New Forests* 24: 165-174.

4 - Bolker, B. M. and S. W. Pacala. 1997. Using Moment Equations to Understand Stochastically Driven Spatial Pattern Formation in Ecological Systems. *Theoretical Population Biology* 52: 179-197.

5 - Bolker, B. M. and S. W. Pacala. 1999. Spatial Moment Equations, for Plant Competition:

Revista SEB Ano 10-2.indd 110 5/7/2007 11:21:00

Understanding Spatial Patterns and the Advantages of Short Dispersion. *American Naturalist* 153: 575-602.

6 - Bunyavejchewin, S., J. V. Lafrankie, P. J. Baker, M. Kanzaki, P.S. Ashton and T. Yamakura. 2003. Spatial distribution patterns of the dominant canopy dipterocarp species in a seasonal dry evergreen forest in western Thailand. *Forest Ecology and Management* 175: 87–101.

7 - Dale, M. R. T. 2002. Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology - Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press, UK. 326 pp.

8 - Diggle, P. J. 2003. Statistical analysis of spatial point patterns. 2nd ed. Arnold, London.159 pp.

9 - Elliott, S., P. Navakitbumrung, C. Kuarak, S. Zangkum, V. Anusarnsunthorn and D. Blakesley. 2003. Selecting framework tree species for restoring seasonally dry tropical forests in northern Thailand based on field performance. *Forest Ecology and Management* 184: 177-191.

10 - Fangliang, H., and R. P. Duncan. 2000. Density-dependent effects on tree survival in an old-growth Douglas fir forest. J*ournal of Ecology* 88: 676-688.

11 - Forget, P. –M., Mercier, F. and F. Collinet. 1999. Spatial patterns of two rodent-dispersed rain forest trees *Carapa procera* (Meliaceae) and *Vouacapoua americana* (Caesalpineaceae) at Paracou, French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 15: 301-313.

12 - Hueck, K. 1972. As florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica. Polígono ed, São Paulo, Brasil. 466 pp.

13 - Jefferson, L. V. 2004. Implications of Plant Density on the Resulting Community Structure of Mine Site Land. *Restoration Ecology* 12: 429-438.

14 - Köppen, W. 1948. Climatología: Con un Estudio de los Climas de la Tierra. Fondo de Cultura Económica-Pánico, México. 478 pp.

15 - Liebhold, A. M. and J. Gurevitch. 2002. Integrating the statistical analysis of spatial data in ecology. *Ecography* 25: 553-557.

16 - Metzger, J. P., Alvez, L. F., Catharino, E. L. M., Goulart, W. and S. J. C. Simões. Uma área de relevante interesse biológico, porém pouco conhecida: a Reserva Florestal do Morro Grande. *Biota Neotropica.*

17 - Mueller-Dombois, D. and H. Ellemberg. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. New York, Willey and Sons, 517 pp.

18 - Murdoch ,W. W. 1994. Population regulation in theory and practice. *Ecology* 75: 271-287.

19 - Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. Fonseca and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.

20 - Nanami, S., Kawaguchi, H. and T. Yamakura. 1999. Dioecy-induced spatial patterns of two codominant tree species, *Podocarpus nagi* and *Neolitsea aciculata*. *Journal of Ecology* 87: 678-687.

21 - Nathan, R. and H. C. Muller-Landau. 2000. Spatial patterns of seed dispersion, their determinants and consequences for recruitment. Tree 15: 278-285.

22 - Nimer, E. 1989. Climatologia do Brasil, 2nd ed. IBGE, Brasil. 421 pp.

23 - Pélissier, R. 1998. Tree spatial patterns in three contrasting plots of a southern Indian tropical moist evergreen forest. *Journal of Tropical Ecology* 14: 1-16.

24 - Perry, J. N., M. S. Liebhold, J. Rosemberg, J. Dungan, M. Miriti, A. Jakomulska and S. Citron-Pousty. 2002. Illustrations and guidelines for selecting statistical methods for quantifying spatial pattern in ecological data. *Ecography* 25: 578-600.

25 - Ripley, B. D. 1977. Modelling Spatial Patterns. Journal of the Royal Statistical Society B 39: 172-212.

26 - SER 2004. The SER Primer on Ecological Restoration, Version 2. Society for Ecological Restoration Science and Policy Working Group, http://www.ser.org/reading_resources.asp

27 - Stoyan, D. and A. Penttinen. 2000. Recent Applications of Point Process Methods in Forestry Statistics. *Statistical Science* 15: 61-78.

28 - Stoyan, D. and H. Stoyan. 1994. Fractals, Random Shapes and Point Fields. Wiley, Chichester. 406 pp.

29 - Thioulouse, J., D. Chessel, S. Doledéc, J-M. Olivier, F. Goreaud and R. Pélissier. 2001. ADE-4 - Ecological Data Analysis: Exploratory and Euclidean Methods in Environmental Sciences.

30 - Weiner, J., P. Stoll, H. Muller-Landau and A. Jasentuliyana. 2001. The effects of Density,

Revista SEB Ano 10-2.indd 111 5/7/2007 11:21:00

Spatial Pattern, and Competitive Symmetry on Size Variation in Simulated Plant Populations. *American Naturalist* 158: 438-450.

31 - Yokozawa, M., Y. Kubota and T. Hara. 1998. Effects of competition mode on spatial pattern dynamics in plant communities. *Ecological*

Revista SEB Ano 10-2.indd 112 5/7/2007 11:21:00

REVISTA BRASILEIRA DE ECOLOGIA (BRAZILIAN JOURNAL OF ECOLOGY)

Guidelines to authors

Scope of the Journal

Revista Brasileira de Ecologia (Brazilian Journal of Ecology), published by the Sociedade de Ecologia do Brasil (Ecology Society of Brazil), is intended for publication of original research papers, research notes and, occasionally, reviews, covering all aspects of Ecology.

Submitting manuscripts

Submission of manuscript to Brazilian Journal of Ecology is understood to imply that it has not previously been published (except in an abstract form) and that it is not being considered for publication elsewhere.

All manuscripts should be typewritten in English or Portuguese. They will be submitted in triplicate, and analyzed by Editors of Journal of the Ecology Society of Brazil. Names and addresses are cited in the front part of this issue.

Publication of a manuscripts

Manuscripts are accepted for publication only after they are critically reviewed. After review, the manuscript will be returned to the nominated author for revision according to suggestions made by reviewers. The corresponding author may except to hear from the Editor within 8-12 weeks after submission of manuscript, as to its acceptability for publication. All manuscripts are sent to two referees for their review and recommendations. The Editor and J or Associate Editors make the final decision on acceptance or rejection.

The author is notified when a manuscript is received and also when it is accepted or rejected for publication. On acceptance of the paper, the nominated author will be requested to send the text on a computer cd. Gallery proofs will be sent to the author for correction. They should be checked carefully and handled promptly (5 days) according to instructions, which are attached.

Membership of Ecology Society of Brazil is a **prerequisite for acceptance of manuscript for a free publication.** (At least one of the authors should be partner and to be in day with his annuity with SEB.) Brazilian Journal of Ecology assumes no responsibility for errors made by the authors. This Journal assumes no responsibility for conclusions reached by the authors.

Types of papers

The copies show be types written, with 25-mm margins on all sides, double-spaced, on one side of the paper (33 x 24 cm or 28 x 21 cm). Authors are strongly encouraged to submit their manuscripts on IBM PC compatible personal computer CD's together with its printed version. These may be HD/DD, Microsoft Word for Windows.

The research paper reports results of original research, which have not been published elsewhere. It consists of 12 to 15 pages and the text with double space - written pages plus appropriate references, Tables and Figures. Three copies each paper will be to send for the central of SEB with a CD. **In** this CD, the paper will be written with the same form of the Journal' s publication, as correct form as possible. They should contain a 150-200 Word in Abstract (Resumo), Introduction, Material and Methods, Results, Discussion or Results and Discussion, Acknowledgments, Resumo (Abstract), References (Referências Bibliográficas) and Illustrations or Tables with legends and titles, yet in the text or with an indication in it.

The Abstract or Resumo in the end of text will have the title of the paper in "Negrito" before the text of it. This part of the paper will be presented with the key words (palavras chaves). They should be designed for printing in a l-column width. Drawings and Photographs should be numbered and planned for printing in 1 column width. Glossy photographic prints, drawing graphs will be sent scanner. Legends should be separate and not attached to or written on the illustration.

Short Communications.

It is a concise account of new and significant findings. Preliminary reports and letters to the Editor:

It should be written according to the guidelines given for research papers but without the heading divisions. It's abstract and resume (in Portuguese) should not exceed 50 words. Figures and tables should be restricted to a maximum two figures or two tables, or one table and one figure. The designation "short communication" appear above the title at this type at paper. The author should specify that this manuscript is a short communication.

Revista SEB Ano 10-2.indd 113 5/7/2007 11:21:00

Review Articles of interest of ecology.

They should be presented in the same format as full paper, except that it should not be divided into sections such as Introduction, Material and Methods and authors it should, however, contain and Abstract at 50 words and in Portuguese (Resume).

Organization of Manuscripts *General.*

1. AU manuscripts should be typed double-spaced in Word for Windows 3.1 or program more recent, with w i d e margins and the pages should be numbered sequential.
2. Research papers should be restricted at 15 printed pages, including Figures and Tables. Short Communications should be restricted to 6 printed pages.
3. To this time all manuscripts should be submitted written in English or Portuguese but in the future, only in English. Tabulation: 0,5cm. Words: Times New Roman. Title 11 and text 10.
4. Author (e.g. Peter M. Kohn) and title (e.g. Production of...).
5. Figures will be scannered and insert together with legend in text sequence.
6. All figures or tables will be sent when they are cited in the text (in cd).
7. The topics should be typed in capital letters (e.g. ABSTRACTS, INDRODUCTION, etc).
8. Abbreviations of terms and symbols follow the recommendation of the IUPAC - IUB Commission and Metric Systems in to be used throughout.
9. Authors of accepted papers would be requested to send a cd containing the text prepared in P.c. based word processor (single space).

Title Page.

A separate page should be used to give the title of the paper, complete name (including first name and middle initial) and affiliation of each author> An asterisk should be placed after the name of the author to whom correspondence about the paper should be sent. The telephone and fax number of this author should be given in the bottom of the page. No text of the manuscript should appear on the title page.

The title should be as brief as possible, contain no abbreviations and be truly indicative of the subject of the paper. Expressions such as “Effects of “, “Influence of”, “Studies on”, etc, should be avoided. Care should be exercised in preparing the title since it is used in literature retrieval systems.

Abstract

The abstract should be typed in a separate page and should not exceed 250 words. It should summarize the basic contents of the paper. The abstracts should be meaningful without having to read the remainder of the paper. Abstracts should not contain references, tables or unusual abbreviations. Abstracts are reprinted by abstracting journals and hence will be read by persons who do not have access to the entire paper. Hence the abstract must be prepared with great care. Three to five key words should also be included.

Resume

Resume in the abstract written in Portuguese. Its preparation should follow the same recommendations for the abstract in English. The resume should also contain a title in Portuguese. The rules for the title in Portuguese are the same for the title in English (see above). Three to five key words (palavras chaves) have also to be included. The resume and the title in Portuguese should also typed in a separate page.

Introduction

The introduction should begin on a new page and provide the reader with sufficient information so that results reported in the paper can properly evaluated without referring to the literature. However, the introduction should not be an extensive review of the literature. The introduction should also give the rationale for and objectives of the study that is being reported.

Material and Methods

This section should provide enough information for other investigators to repeat the work. Repetition of details of procedures, which have already been published elsewhere, should be avoided. If a published method is modified. such modification(s) must be described in the paper. Sources of reagents, culture media and equipment (company, city, state, and country) should be mentioned in the text. Names that are registered trademarks should be so indicated. Subheading often makes this section easier to read and understand.

Results

This section should, by means of text, tables and figures. give the results of the experiments. If a Discussion section is to be included, avoid extensive interpretation of results but do so in the Discussion section. When the *Results*

Revista SEB Ano 10-2.indd 114 5/7/2007 11:21:00

and *Discussion* are combined. Then results should be discussed where, in the text, it is most appropriate. Tables should be numbered independently of the figures using Arabic numerals. All tables and figures must be mentioned in the text The approximate location of tables and figures in the text should be indicated.

Discussion

The discussion should provide an interpretation of the results in relation to know information.

Results and Discussion can be presented together.

Acknowledgments

This section is optional and follows the *Discussion.* It acknowledges financial and personal assistance.

References

Arrange the references in alphabetical order, by last name of the author. All authors must be cited. Number the references consecutively. Cite each reference in the text by its number. Journal names should be abbreviated according to the style of *Biological Abstracts or Chemical Abstracts.* All references given in the list should be cited in the text and all references mentioned in the text must be included in the list. List references according to the style shown in the following examples.

a. Paper in a journal

Campos, L.c., Whittam, T.S., Gomes, T.AT, Andrade, 1.R.C., Trabulsi, L.R. *Escherichia coli* serogroup 0111 includes several clones of diarrheagenic strains with different virulence properties. *lnfect. lmmun.,* 62: 32823288, 1994.

b. Paper or chapter in a book

Salati, E., Tauk-Tomisielo, S.M. Ecology. In: Campos, F.M.; Sachs, B.; Muska, K.G. (eds.). *General Ecology.* Mapples Deker, Los Angeles, 1995, p.361-377.

c. Book by author(s)

Salyers, A. A., Whritt, D.D. *Bacterial pathogenesis.* A *molecular approach.* ASM, Washington, 1994, 418p.

d. Patent

Hussong, R.V., Marth, E.H., Vakaleris, D.G. Manufacture of cottage cheese. *US. Pato* 3,117,870. lan. 14, 1964.

e. Thesis

Soave, R.C.F. Aspectos ambientais da mineração de Caleário no município de Rio Claro. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, SP, UNESP. 1990, 237 p.

f. Publication with no identifiable author or editor

Anonymous. The economy of by-products. *Álcool Alcoolquim.,* 2:3-40, 1985.

g. Communications in events (Symposia, conferences, and other), but not abstract so papers published ln Proceedings.

Simão. G.S.; Silva *J.;* Toledo. A. S.; Gontijo Filho. P.P. Microbactérias não tuberculosas isoladas de pacientes com síndrome de imunodeficiência adquirida. Anais do XVII Congresso Brasileiro de Microbiologia, Santos, SP. 1993, pAl-50.

h. References citing “personal communication” or “unpublished data” are discouraged. although it is recognized that sometimes they must be used. In these cases, they should be cited in the text and not in the list of references.

i. References consisting of papers that are “accepted for publication or “in press” are acceptable. However, references of papers that are “submitted” or “in preparation” are not acceptable.

j. Tables

Tables should not be included in the text. Each Table must be typed in a separate page and numbered sequentially with an Arabic number. The title of a Table should be placed in the top of in the top of it and should be brief but fully descriptive of the information in the Table. Headings and subheadings should be concise with columns and rows of data carefully centered below them.

Figures

Arabic numbers should be used for numbering the Figures. Data in Tables should not be repeated in Figures. The legend of the Figures should be placed in the bottom of them.

Revista SEB Ano 10-2.indd 115 5/7/2007 11:21:01

Photographs and line drawings.

Only those photographs, which are strictly necessary for the understanding of the paper, should be submitted. Photo prints must be of sufficient quality to ensure good reproduction. They should be numbered on the back and identified with the nominated author' s name. Legends of line drawings and photographs should not exceed the printing area. Ali elements in the drawings should be prepared to withstand reductions. Drawings and line figures should be drawn in black ink on tracing paper and should prepared as indicated for the photographs. Colored illustrations are not accepted.

Reprints.

The publish form of de Journal in paper or CD is for substituted the reprints of each paper.

Observation too important

1. The publication of the Journal in the correct period depends of the payment of the annuity by the members of Ecology Society of Ecology. Today is very difficult to receive financial by this publication. 2. The time depends of the authors and revisers. They will be as possible as to analyzed or put in the correct form the papers.
3. The revision of the English and/or Portuguese is very important, principally today, when this Society doesn't have much money to pay the person for review this aspect of the papers.

Consultores Científicos: Pesquisadores escolhidos pela Comissão Editorial (serão relacionados no primeiro número de cada volume do ano seguinte ao da colaboração).

Distribuição da Revista: A Revista Brasileira de Ecologia é distribuída a todos os sócios da SEB, assinantes e as instituições nacionais e estrangeiras de educação e pesquisa. Aquisição por não membros: Assinatura anual, porte simples, R$ 70,00 (Brasil). Exemplares avulsos poderão ser adquiridos ao preço de R$ 25,00 (revista)

A remessa deve ser feita com cheque nominal à Sociedade de Ecologia do Brasil.

Accession by nom-members: Annual subscription (l volume with two issues) U$ 70.00. Separate issues with diskette US$ 25.00. Checks to Sociedade de Ecologia do Brasil.

A Revista Brasileira de Ecologia é um periódico de divulgação científica, publicado pela Sociedade de Ecologia do Brasil, fundada em 1988, responsável pela divulgação de trabalhos técnicos - científicos originais e inéditos de interesse da Ecologia e Ciências Ambientais. Os conceitos emitidos em artigos ou notas assinadas são de exclusiva responsabilidade de seus autores, não refletindo, necessariamente, a opinião do corpo editorial ou da SEB.

Toda Correspondência deverá ser encaminhada a Sede da SEB, situada no Departamento de Ecologia da USP. Rua do Matão, Travessa 14 no. 321. Cidade Universitária. CEP: 05508 -900 São Paulo – SP . A/C Edisa Nascimento.

Revista SEB Ano 10-2.indd 116 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 117 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 118 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 119 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 120 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 121 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 122 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 123 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 124 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 125 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 126 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 127 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 128 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 129 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 130 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 131 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 132 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 133 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 134 5/7/2007 11:21:01

Revista SEB Ano 10-2.indd 135 5/7/2007 11:21:01