

EDIÇÃO 23

Março/12



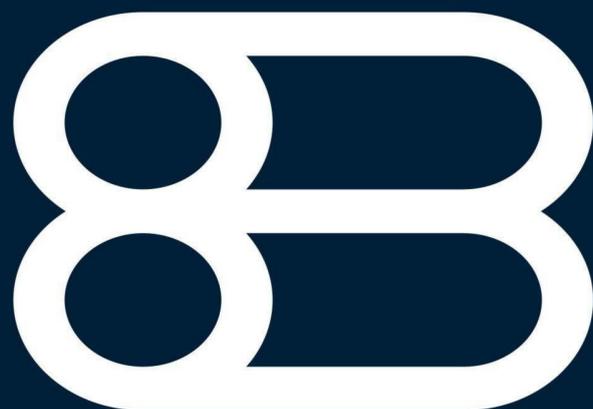
ABES RBCiamb



# Revista Brasileira de Ciências Ambientais

ISSN Impresso 1808-4524

ISSN Eletrônico 2176-9478



# ABES

# Revista Brasileira Ciências Ambientais



[www.ictr.org.br](http://www.ictr.org.br)

[www.cepema.usp.br](http://www.cepema.usp.br)

[www.fsp.usp.br/siades](http://www.fsp.usp.br/siades)

ISSN Impresso 1808-4524 / ISSN Eletrônico: 2176-9478

Março de 2012 Nº 23

## Expediente

### Editores

- *Jorge Alberto Soares Tenório (USP)*  
*jtenorio@usp.br*
- *Denise Crocce Romano Espinosa (USP)*  
*espinosa@usp.br*
- *Valdir Fernandes (UP)*  
*vfernandes@up.edu.br*

Secretaria Editorial

- *Soraia Fernandes*

### Comissão Editorial

- *Andrea Moura Bernardes (UFRGS)*
- *Andrea Vidal Ferreira (CDTN)*
- *Arlindo Philippi Jr. (USP)*
- *Carlos Alberto Ciоче Sampaio (UFPR)*
- *Celina Lopes Duarte (IPEN)*
- *Cláudio Augusto Oller do Nascimento (USP)*
  - *José Roberto de Oliveira (IFES)*
  - *Maria do Carmo Sobral (UFPE)*
  - *Sérgio Martins (UFSC)*
- *Tadeu Fabrício Malheiros (USP)*

### Submissão de artigos, dúvidas e sugestões:

*rbciamb@gmail.com*

### Instruções para autores

*http://www.rbciamb.com.br/instrucoes.asp*

### ICTR - Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável

**Presidente:** Sabetai Calderoni

**Vice-Presidente:** Geraldo D. Costa Viana Junior

#### Conselho Fiscal

##### Titulares

Edelita Santos Barcellos Cardozo

José Augusto Lopes Herane

Tairi Tonon Gomes

#### Suplentes

Sergio Higuchi Bandeira

Lavínia Pécora

Victor Sette Gripp

**Diretor Executivo:** Geraldo D. Costa Viana Junior

**Diretor de Pesquisas:** David Pennington

**Diretor de Ensino:** Flavio Braz Pires

**Diretor de Eventos:** Ricardo Calderoni

**Diretor Editorial:** Jorge Alberto Soares Tenório

**Diretor de Des. Institucional:** Sergio Antonio Nechar

# Revista Brasileira Ciências Ambientais



[www.ictr.org.br](http://www.ictr.org.br)

[www.cepema.usp.br](http://www.cepema.usp.br)

[www.fsp.usp.br/siades](http://www.fsp.usp.br/siades)

ISSN Impresso 1808-4524 / ISSN Eletrônico 2176-9478

Março de 2012 Nº 23

## Índice

**01**

*Índices de tendências climáticas associados à "ilha de calor" em Macapá-AP (1968-2010)*

Keila Patrícia Cambraia dos Santos  
Alan Cavalcanti da Cunha  
Antônio Carlos Lola da Costa  
Everaldo Barreiros de Souza

**17**

*Potencial de uso de lodo de esgoto na cultura do milho em latossolo argiloso no oeste do Paraná*

Roseli Regina Rambo Bremm  
Simone Gomes Damasceno  
Deonir Secco  
Márcio Antônio Vilas Boas  
Douglas Guedes B. Torres  
Juliana Bortoli Rodrigues Mees  
Larissa Kummer

**25**

*Economia Ecológica e Sustentabilidade Socioambiental*

Gilberto Montibeller F°  
Gláucia Cardoso de Souza  
Kelly Daiane Savariz Bôlla

**36**

*Avaliação de impactos socioambientais de microempresas de lavagens de veículos: uma contribuição à gestão ambiental*

Luciene Gonçalves Rosa  
José Tavares de Sousa  
Vera Lúcia Antunes de Lima  
Monica Maria Pereira da Silva  
Luciana Maria Andrade da Silva  
Gilmara Henriques Araujo

**48**

*A utilização das espécies arbóreas da floresta de várzea da Ilha de Sororoca, Ananindeua, Pará, Brasil por moradores locais*

Adrielson Furtado Almeida  
Mário Augusto Gonçalves Jardim

**55**

*Análise espacial de eventos de secas com base no índice padronizado de precipitação e análise de agrupamento*

Roni Valter de Souza Guedes  
Maria José Herculano Macedo  
Francisco de Assis Salviano de Sousa

**66**

*Gestão Ambiental Municipal: objetivos, instrumentos e agentes*

Marcela Riccomi Nunes  
Arlindo Philippi Jr  
Valdir Fernandes

# Índices de tendências climáticas associados à “ilha de calor” em Macapá-AP (1968-2010)

Indices of climate trends associated with "heat island" in Macapá-AP (1968-2010)

## RESUMO

O objetivo da pesquisa é analisar as tendências de variação climática urbana de Macapá com base nas variáveis meteorológicas diárias de temperatura do ar e precipitação pluviométrica. A metodologia consistiu de duas etapas: a) coleta, ordenamento e tabulação de dados no período de 1968 a 2010; b) uso do *aplicativo* RCLimDex 2.12.2/IPCC para estimar os parâmetros estatísticos indicadores de variação climática urbana. Os resultados acusam treze indicadores estatísticos significativos ( $0,05 < p < 0,1$ ). Como conclusão, observa-se que o comportamento dos indicadores quantificados pode estar associado com o fenômeno de formação de “ilha de calor” urbana. Contudo, as características geográficas de Macapá parecem apresentar uma suavização deste efeito devido às brisas fluviais do rio Amazonas.

**PALAVRAS-CHAVE:** RCLimDex 2.12.2, Índices de Variação Climática, Ilha de Calor, Macapá, Amapá-AP.

## ABSTRACT

The goal of this study is to analyze the urban climatic variation trends based on a daily historical series of meteorological variables, notably air temperature and rainfall obtained at the meteorological station of Macapá. The methodology comprised two steps: data collection and data statistical analysis with the RCLimDex *Software*. The first step comprised collection, ordering, and tabulation of data, from 1968 to 2010. In the second step, the RCLimDex 2.12.2/IPCC was used to estimate the statistical parameters that indicate local urban climatic variation trends. We concluded that these indices may be associated with the phenomenon known as the formation of urban “heat islands”. But, the geographic characteristics of Macapá seem to weaken this effect due to the fluvial breeze of the Amazon River.

**KEYWORDS:** RCLimDex 2.12.2, Climatic Variation Indices, Heat Island, Macapá, Amapá State.

**Keila Patrícia Cambraia dos Santos**  
Bolsista de Iniciação Científica  
PIBIC/UNIFAP/CNPq  
Graduanda em Ciências Ambientais,  
Universidade Federal do Amapá  
(UNIFAP), Macapá, AP, Brasil  
santos.kpc@gmail.com

**Alan Cavalcanti da Cunha**  
Prof.º Dr. Adjunto II do Curso de  
Ciências Ambientais - Programa de  
Pós-graduação PPGBio / BIONORTE  
PPGDAPP - UNIFAP, Macapá, AP,  
Brasil  
alancunha@unifap.br

**Antônio Carlos Lola da Costa**  
Prof.º Dr. Associado IV da  
Faculdade de Meteorologia da  
Universidade Federal do Pará  
(UFPA), Belém, PA, Brasil  
lola@ufpa.br.

**Everaldo Barreiros de Souza**  
Prof.º Dr. Adjunto III da Faculdade  
de Meteorologia da Universidade  
Federal do Pará (UFPA), Belém, PA,  
Brasil  
everaldo@ufpa.br

## INTRODUÇÃO

A variabilidade climática, principalmente traduzida pelos seus extremos, é de relevante importância na vida dos habitantes da sociedade atual. Sua compreensão pode ser aplicada de diversas formas nas diversas atividades humanas, especialmente na agricultura, comércio, indústria, turismo, saneamento, saúde pública, ecologia, geração de energia e eficiência energética, dentre outras (SOUZA e AZEVEDO, 2009).

Assim, é de suma importância que as variações representadas pelas temperaturas máximas e mínimas, em nível local, sejam normalmente monitoradas e analisadas por intermédio de séries climatológicas disponíveis, com o objetivo de utilizá-las para diversas finalidades (ZHANG et al., 2005). No presente artigo, o estudo da análise da variabilidade climática está direcionado para o conforto ambiental em cidades tropicais, notadamente a capital amapaense, Macapá. Neste caso, o período de estudo compreendeu 42 anos utilizando-se uma série de dados diários de temperatura e precipitação pluviométrica.

De acordo com De Souza e Cunha (2010), na Amazônia, situada inteiramente na região tropical da América do Sul, as variáveis mais importantes do ponto de vista climatológico são: a atividade convectiva (formação de nuvens) e a precipitação pluviométrica. O regime de precipitação da Amazônia exibe máximos anuais bem pronunciados durante os meses do verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro – DJF) e outono (Março, Abril e Maio – MAM). Por outro lado, os mínimos anuais ocorrem durante os meses de transição do período chuvoso (Junho, Julho e Agosto – JJA) e, principalmente, primavera (Setembro, Outubro e Novembro – SON). Portanto, considera-se a estação chuvosa do Amapá ocorrendo durante os períodos sazonais de DJF e MAM e a

estação seca durante os períodos sazonais JJA e SON. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema meteorológico indutor de chuva no Estado do Amapá, quando da sua posição climatológica mais austral, sendo que a sua atuação define a qualidade da estação chuvosa nestes estados da Amazônia Oriental, inclusive o Estado do Amapá.

A Organização Mundial Meteorológica (OMM) recomenda que o clima de uma dada região deva ser caracterizado com base no período mínimo de 30 anos de dados. Segundo Panofsky e Brier (1968), quanto mais longas as séries de dados, maior será a confiabilidade da caracterização climática. Contudo, os referidos autores afirmam que um dos maiores problemas nos estudos de tendências climáticas é justamente obter uma série histórica de dados, diária, suficientemente consistente para que ocorra uma real caracterização e confirmação da mesma, tanto de tendências positivas quanto negativas desses eventos.

As variações climáticas locais são medidas por meio de análise de séries históricas de variáveis meteorológicas. Para cada localidade específica é possível se observar tendências temporais das variações no clima com uso de ferramentas de análise estatística, as quais podem ser representadas por indicadores ou índices climáticos (SANTOS et al., 2009).

Por outro lado, porém, a maior dificuldade em se estabelecer a existência de tendência de variabilidade climática está na limitação temporal das séries de dados observacionais. Tal particularidade é ainda mais expressiva na Amazônia, cuja densidade de estações meteorológicas é muito baixa. Além disso, as séries observacionais podem conter falhas ou imprecisões que, por sua vez, também tendem a afetar a estimativa da variabilidade e, conseqüentemente, a

compreensão da natureza e as causas das flutuações da temperatura e da precipitação pluviométrica ao longo do tempo (De SOUZA et al. 2009). Neste contexto, esta pesquisa está relacionada essencialmente com o estudo da variabilidade climática urbana de Macapá. No entanto, o foco principal da análise são os indicadores de extremos de temperatura do ar e de precipitação e suas tendências, ambas fundamentadas em uma metodologia estatística com base em dados diários observados num período de 42 anos (1968 a 2010) e com uso do aplicativo RCLimDex/IPCC (ZHANG e YANG, 2004).

Portanto, este estudo objetiva contribuir com as ações de políticas públicas associadas ao planejamento, monitoramento e controle da qualidade ambiental em áreas urbanas de Macapá, especialmente disponibilizando análises de tendência de variáveis climáticas (temperatura do ar e precipitação pluviométrica) relacionadas ao fenômeno denominado de “ilha de calor urbana”, ambas já registradas em cidades da Amazônia e do nordeste brasileiro (COSTA, 1998, SOUZA et al., 2010; SOUZA e AZEVEDO, 2009).

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Costa (1998) afirma que nas últimas décadas a ocupação do território adquiriu novas características, que claramente entraram em conflito com a preservação do meio ambiente e a qualidade de vida das populações urbanas. A intensificação de atividades garimpeiras, mineradoras, somado às atividades pecuárias, provocou na região amazônica um rápido processo de crescimento de centros urbanos, cada vez mais numerosos, cujo resultado final foi também a rápida degradação ambiental e a formação das denominadas “ilhas de calor”.

Costa (2009) afirma também que a ocupação humana na região amazônica se intensificou na segunda metade do século XIX, durante o chamado “ciclo da borracha”. Naquele período esta ocupação não ameaçava diretamente o seu equilíbrio ecológico, uma vez que não era necessário retirar as árvores, pois as atividades dos seringueiros se harmonizavam com o meio ambiente. Essa economia combinava com a reduzida criação de gado nas áreas abertas e a existência de pouquíssimos centros urbanos importantes como Belém, Macapá, Santarém, Manaus. Contudo, à época, suas áreas geográficas eram consideradas pequenas em relação às atuais.

Portanto, o clima de uma região também sofre influência da maioria das atividades humanas que podem consequentemente contribuir com alterações diversas sobre o meio ambiente, que em muitos casos, podem ser prejudiciais ao homem e se tornar até irreversíveis. Dentre as potencialmente capazes de provocar alterações meteorológicas de pequenas e médias escalas, a urbanização é uma das que mais contribuem (MAITELLI et al., 1991; GOLDREICH, 1992; JAUREGUÍ, 1992).

Uma das mais marcantes modificações climáticas provocadas pela urbanização é o aumento da temperatura do ar em relação ao seu entorno rural adjacente. Este fenômeno é conhecido com o nome de “ilha de calor urbana”. Tais alterações térmicas são devidas a uma complexa interação de fatores, dentre os quais merecem destaque: a) a substituição de superfícies vegetadas por outros tipos de superfícies, de características térmicas distintas; b) as diferentes inclinações e orientações das superfícies urbanas; c) a geração de calor antrópico pelo complexo urbano; d) a reduzida quantidade de vegetação e e) a qualidade do ar atmosférico urbano (LOWRY, 1967; GARDLAND, 2010).

Apesar de muito se discutir sobre as variações do clima urbano, verifica-se que a maioria das pesquisas a este respeito foi desenvolvida em cidades de latitudes médias, sendo ainda, relativamente reduzido, o número dessas pesquisas em latitudes altas e baixas (OKE, 1982; COSTA, 2009; GARDLAND, 2010).

A identificação e dimensionamento do fenômeno da “ilha de calor”, bem como a sua correlação com outros fatores característicos de regiões urbanas, podem proporcionar importantes subsídios ao estudo do planejamento urbano, de maneira a possibilitar a melhoria da qualidade ambiental (COSTA, 2009). Por esta razão, a análise de indicadores de variabilidade climática pode ser extremamente útil em termos ambientais com vistas à avaliação dos níveis de interferências antrópicas nas cidades, a partir de medidas das tendências de temperatura e precipitação ao longo do tempo (ZHANG et al., 2005).

As inúmeras alterações físicas provocadas pelo processo de urbanização apresentam consequências ambientais importantes, modificando as características ecológicas do meio urbano, principalmente, nas cidades onde o crescimento se processa desordenadamente e sem um planejamento adequado. A primeira consequência é a perda da qualidade ambiental local, traduzida pela perturbação do equilíbrio térmico natural devido à expansão dos ambientes construídos urbanos, tais como a verticalização e a expansão horizontal indiscriminada, cujas superfícies naturais são rapidamente substituídas por construções e outros tipos de superfícies artificiais. Estas, por sua vez, formam gradientes de temperatura que tendem a serem máximos nos centros urbanos com decaimento em direção às áreas periurbanas e de fronteiras com as áreas rurais (COSTA, 2009; GARDLAND, 2010).

## 2.1 Clima urbano

Segundo Landsberg (1981) o termo “ilha de calor urbana” apareceu pela primeira vez na literatura de linguagem meteorológica inglesa em um trabalho de Gordon Manley (1958), no *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. Mas, segundo Gartland (2010), a primeira documentação de calor urbano ocorreu em 1818, quando o estudo revolucionário sobre clima de Londres realizado por Luke Howard detectou um “excesso” de calor artificial na cidade, em comparação com o campo. Posteriormente, em Paris durante a segunda metade do século XIX, cientistas como Renou e Wilhelm Schmidt encontraram essas mesmas condições em Viena.

Alguns estudos sobre o clima urbano vêm sendo realizados principalmente em países desenvolvidos, desde o estudo pioneiro de Luke Howard (1818), citado por (MITCHELL, 1961). O bom exemplo do “antigo” clima de Londres foram os dados obtidos que indicaram uma maior temperatura do ar no centro da cidade, quando comparada com o seu entorno rural. A partir deste estudo pioneiro, e pesquisas realizadas posteriormente em outras regiões do mundo, constatou-se que o fenômeno da “ilha de calor urbana” é proporcional ao crescimento das cidades e às suas populações. Além disso, descrevem que as temperaturas são mais intensas durante os dias da semana, quando as atividades urbanas são máximas, e mínima no final da semana, quando a “máquina urbana” apresenta-se praticamente parada. Diferenças de temperatura entre o meio urbano e o meio rural são mais acentuadas durante as estações quentes, quando as maiores amplitudes térmicas são verificadas na área rural.

Duckwort e Sandberg (1954) estudaram o comportamento da temperatura do ar em cidades de diferentes tamanhos nos EUA e

verificaram que o comportamento vertical da temperatura do ar, tanto sobre a região urbana quanto na região rural, acusava variações em seus valores quando comparadas em diferentes alturas das construções, de 40 a 90 m. Estes valores foram considerados como sendo o limite dos efeitos do aquecimento da superfície, da ordem de aproximadamente três vezes o valor das alturas médias das construções.

Contrastes térmicos entre cidade e campo também foram estudados em Toluca-México, através de medidas móveis por Jaureguí (1979). Os resultados apresentaram contrastes da ordem de 5,0°C, sendo inferiores aos valores encontrados pelo mesmo autor para a cidade do México, o que mostra uma relação com o tamanho do sítio urbano. Esta "ilha de calor" mostra também uma variação estacional, sendo mais acentuada na época seca, diminuindo de intensidade com a época chuvosa, quando a umidade ambiente é aumentada e os contrastes térmicos entre a cidade e a área rural circundantes são reduzidos.

Por outro lado, a vegetação exerce uma influência positiva tanto sobre o clima como sobre a qualidade do ar. As áreas verdes proporcionam a redução da temperatura nos centros urbanos, pois parte da energia solar disponível para o aquecimento das estruturas urbanas é utilizada no processo de evapotranspiração (COSTA, 2009).

Estudos realizados por Stulpnagel et al. (1990) sobre a influência da vegetação no comportamento da temperatura do ar, em Berlim (Alemanha), mostraram que a temperatura média anual do ar apresentou consideráveis variações, sendo os maiores valores (12°C) encontrados no centro da cidade, enquanto os menores valores (7,5°C) ocorreram sobre áreas vegetadas na periferia da cidade. Estas diferenças

normalmente estão de acordo com a tipologia de uso e ocupação do solo.

Lombardo (1985), ao estudar o fenômeno da "ilha de calor urbana" na cidade de São Paulo, a partir de técnicas de sensoriamento remoto, verificou significativas diferenças horizontais na temperatura do ar entre o centro da cidade e a área rural adjacente. Além disso, afirmou que em condições de céu claro e vento calmo, tais diferenças superaram 10 °C. Mas a maior intensidade deste fenômeno tende a ocorrer a partir das 15 horas, estendendo-se até as 21:00 horas. No período da madrugada, quando as atividades urbanas são reduzidas e o balanço de radiação alcança o equilíbrio, o fenômeno da "ilha de calor" apresentou uma redução considerável de sua influência.

Hasenack e Becker (1991), estudando a distribuição da temperatura do ar no ambiente urbano de Porto Alegre (RS), com uso de método de medidas móveis, encontraram melhor correlação da intensidade da "ilha de calor" com a distribuição da vegetação e densidade de edificações. Embora tenham encontrado vários núcleos de temperaturas elevadas na cidade, a área de calor mais definida foi observada no centro. Este fato ocorreu em todas as noites, mas variando em forma e intensidade, mesmo em condições de tempo semelhante.

Segundo Costa (2009), por outro lado, em área com maior concentração de vegetação arbórea, no interior da área urbana tropical, foi observada a formação de "ilhas frias", também conhecida como efeito "Oásis", por apresentarem temperaturas inferiores às das áreas construídas, sendo destacada a dimensão das áreas verdes e o porte da vegetação.

Vidal (1992) estudou as relações entre a morfologia urbana e a distribuição espacial da temperatura do ar em Natal-RN. Os resultados mostraram que os elementos mais significativos na

determinação das características da temperatura do ar foram a proximidade com o oceano, a topografia, as características do tecido urbano e a presença de áreas vegetadas. Esse efeito também foi observado por Souza et al. (2010) quando comparadas as temperaturas médias horárias em Manaus, Belém, Macapá, Santarém e na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.

Segundo Costa (1998), durante o dia, as temperaturas mais elevadas são registradas nos espaços abertos, sem sombreamento e/ou arborização, onde os efeitos da radiação solar direta são mais intensos. O setor mais verticalizado, devido a sua localização e formação de sombras, tende a apresentar temperaturas mais amenas, assim como as ruas largas com canteiros centrais arborizados e áreas com intensa vegetação.

O rápido e desordenado crescimento das cidades, em especial na Amazônia brasileira, tem tornado difícil proporcionar condições ideais de vida a seus habitantes. As alterações climáticas resultantes do processo de urbanização figuram entre as mais profundas agressões sofridas ao meio ambiente e conseqüentemente ao próprio homem. As conseqüências são diversas, variando desde os problemas de conforto térmico até eficiência energética, gestão ambiental, economia de água, saúde pública, entre outras.

Em relação à saúde pública, com o aquecimento do clima, a população tende a utilizar condicionadores de ar que, além de aumentar o consumo energético, estimula o "enclausuramento" dos habitantes em ambientes fechados, tais como escritórios, apartamentos, residências, shoppings, escolas, etc (ROCHA et al., 2009). Se a tendência do fenômeno "ilha de calor urbana" se mantiver, há uma preocupação dos cientistas ambientais em enfrentar e minimizar esse

problema, iniciando pelo conhecimento de como funciona o clima local.

## 2.2 Ilha de calor urbana

De acordo com Gartland (2010), há tempos que se percebeu que as áreas urbanas e suburbanas possuem “ilhas de calor”, considerados como um “oásis inverso”. Nestes ambientes a temperatura do ar e as superfícies são mais elevadas do que em áreas rurais circundantes.

Gartland (2010) indica que as principais características das ilhas de calor são: a) em comparação com áreas rurais não urbanizadas, a ilha de calor é mais quente em geral, com padrões de comportamento distintos, principalmente após o por do sol, quando comparadas às áreas rurais, mais frescas após o amanhecer. Nestes casos, a temperatura do ar no “dossel urbano”, abaixo das copas das árvores e edificações, pode ser até 6 °C mais elevada do que o ar em áreas rurais; b) As temperaturas do ar são elevadas em consequência do aquecimento das superfícies urbanas, uma vez que as superfícies artificiais absorvem mais calor do que a vegetação natural; c) As diferenças nas temperaturas do ar e na superfície são realçadas quando o dia está calmo e claro; d) áreas com menos vegetação e mais desenvolvidas tendem a ser mais quentes, e ilhas de calor tendem a ser mais intensas conforme o crescimento das cidades; e) ilhas de calor também apresentam ar mais quente na camada limite atmosférica, de até 2.000 m de altura, onde as colunas de ar são geralmente mais quentes sobre as cidades. Deste modo, a energia que seria utilizada para evaporar a umidade presente na superfície, é diretamente absorvida pela superfície urbana, aquecendo-a mais que o seu entorno rural. O calor de origem antrópica, assim como a poluição atmosférica, também são

fatores fundamentais nestas alterações (LANDSBERG, 1981).

Kuhn et al., (2010), em simulações numéricas para todo o estado do Amapá, com uso do BRAMS (NHMET/IEPA), observaram nitidamente um gradiente de temperatura zonal no litoral (especialmente próxima de Macapá), evidenciado pelo contraste térmico entre as áreas continental e fluvial adjacente (rio Amazonas ou marítima). E este gradiente se manteve num ciclo diário que varia desde as primeiras horas da manhã estendendo-se até a noite, quando ocorre a inversão da brisa, o que permite perda radiativa do continente. Portanto, ocorrendo a diminuição da temperatura à superfície, retornando no dia seguinte. Esta característica faz com que o período do dia que ocorrerá chuva seja conhecido ou previsto, ou pelo menos seja bastante aproximado quando comparado entre dois dias consecutivos no período de estiagem.

A “ilha de calor urbana” é um fenômeno característico de todas as cidades e metrópoles. Contudo, a sua distribuição e intensidade são proporcionais ao crescimento das mesmas e de sua população, sendo mais intensa durante os dias da semana, quando as atividades urbanas são máximas, e mínima no final da semana. Acrescente-se a estas características a proximidade dos centros urbanos aos grandes corpos d’água, tais como o rio Amazonas ou o Oceano Atlântico (KUHN et al., 2010), por exemplo.

As diferenças de temperatura urbano-rural são mais acentuadas durante as estações quentes, quando as maiores amplitudes térmicas são verificadas na área rural. Estas variam também com o tipo de uso e ocupação do solo, com a situação geográfica, além da hora do dia e da estação do ano, sendo mais expressivo em condições de céu claro e vento calmo, e na estação seca, onde os efeitos amenizantes da umidade são reduzidos (De SOUZA et al., 2009;

LANDSBERG, 1981; KUHN et al., 2010).

Sabe-se que a “ilha de calor urbana” não resulta da ação de um simples fator, e sim, devido à interação de muitas características do sistema da atmosfera urbana. Incluídos entre estas características que são possíveis causas do desprendimento de calor antrópico, temos: a alta capacidade de calor dos materiais de construção; a redução da área de superfícies de evapotranspiração; a retenção de radiação de ondas longas devido ao aumento da poluição atmosférica, entre outras. Além disso, nas últimas décadas, grandes alterações têm ocorrido nas investigações dos balanços de radiação e energia nas áreas urbanas, e os estudos observacionais de vários elementos meteorológicos sejam todos de grande interesse, principalmente em cidades da Região Tropical e Equatorial (OKE e MAXWELL 1975).

Estudos sobre a “ilha de calor urbana” relacionada com o uso do solo foram realizados por Garcia Cueto et al., 2007, na cidade de Mexicali, B.C., México. Foram utilizados dados de temperatura do ar e imagens termais dos satélites NOAA e AVHRR e os resultados mostraram o desenvolvimento de uma ilha de calor urbana noturna, com intensidade de 4,5°C, durante o outono. Por outro lado, durante o dia, em todas as estações do ano, esta situação sofreu comportamento inverso, dando lugar a uma “ilha fria”. Esse comportamento foi atribuído ao tipo de uso e ocupação do solo urbano.

As cidades, embora diferentes entre si, apresentam algumas características comuns: áreas residenciais, comerciais, de lazer e arborizadas. Com o desenvolvimento dos centros urbanos, as áreas construídas se expandem, tomando lugar antes ocupado pela vegetação (BUENO, 1988). A substituição da cobertura vegetal pela pavimentação e construções tem trazido problemas, como o desconforto, estresse

relacionado ao conforto térmico e danos tanto para a saúde física quanto a mental dos habitantes, repercutindo na diminuição da qualidade de vida dos mesmos, produtividade laboral, principalmente nos centros urbanos maiores (ROMERO, 1988; ROCHA et al., 2009).

Por esta razão, a identificação do fenômeno da “ilha de calor urbana”, assim como a sua correlação com diversos outros fatores ambientais, é de grande importância no sentido de dar subsídio a projetos de planejamento urbano, favorecendo a melhoria da qualidade de vida de seus habitantes. No ambiente urbano, a presença de áreas vegetadas apresenta um papel fundamental no que se refere ao processo de amenização das temperaturas, uma vez que, além de proporcionar um sombreamento natural, também apresenta a função de proteger a superfície do solo contra os efeitos da erosão e manutenção da umidade (GARTLAND, 2010).

Portanto, a importância de análises de indicadores de mudanças de tendências de variabilidade climática em áreas urbanas também pode ser um parâmetro útil de avaliação das perturbações decorrentes dos impactos antropogênicos sobre o micro-clima local, principalmente ao longo de períodos significativos de séries históricas obtidas de estações meteorológicas. O interesse maior é devido à tendência das variáveis meteorológicas refletirem os impactos do crescimento urbano sobre o micro-clima local.

Portanto, a formulação principal do problema da presente pesquisa é: Macapá apresenta características microclimáticas de formação de “ilha de calor” ao longo do tempo? A principal hipótese é de que o micro-clima da área urbana de Macapá apresenta significativas alterações de seus indicadores de variabilidade climática que podem ser atribuídas ao crescimento urbano desordenado. Tal análise

será realizada com base nos dados de série histórica diária dos últimos 42 anos de observação meteorológica de superfície. De acordo com o IBGE (2010), o Estado do Amapá apresentou o maior aumento percentual de crescimento populacional do Brasil na última década.

Fundamentados nestas análises pretendemos dispor de informações meteorológicas e estatísticas para avaliar as tendências de variabilidade climática em Macapá para aceitar ou rejeitar esta hipótese. Assim, o objetivo principal da pesquisa é contribuir para o entendimento do contínuo processo de alteração da variação climática da área urbana de Macapá.

No contexto geral serão disponibilizados resultados de análises da variabilidade climática a partir de parâmetros estatísticos considerados significativos ou maiores do que 90% de confiança ( $0,1 < p < 0,05$ ). Os resultados apresentadas nesta pesquisa poderão ser utilizados na formulação de políticas públicas ambientais, vez que grande parte da população e seus gestores desconhecem os potenciais reflexos negativos do fenômeno conhecido como “ilha de calor urbana”. Portanto, os resultados apresentam um cenário apropriado para ações preventivas nas diversas modalidades de políticas públicas setoriais que variam desde problemas ambientais como microclima, saúde pública, até problemas de gestão de eficiência energética e ecologia urbana.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Área de Estudo - Macapá-AP

A maior parte do território do Estado do Amapá, cerca de 73% do total, que corresponde a aproximadamente 97.000 km<sup>2</sup>, está coberta pela Floresta Amazônica. Mas a região de estudo compreende a zona urbana do município de Macapá, capital do Estado do

Amapá, localizada no Nordeste da Amazônia (latitude de 0° 05'N, longitude 51°04'W, altitude de 14 m), a qual possui uma população de aproximadamente 387.539 habitantes. O clima predominante em Macapá é o equatorial, ou seja, quente e muito úmido, com pluviosidade superior a 2.500 mm anuais. As temperaturas médias anuais oscilam entre 25 e 30°C (IBGE, 2010).

#### 3.2. Dados Utilizados e Indicadores de Variação de Tendência Climática

Os dados utilizados neste estudo consistem de 42 anos de registros diários de temperatura máxima e mínima e precipitação na estação meteorológica da Fazendinha, distrito urbano de Macapá/AP. A série de dados foi obtida da rede de estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), gentilmente cedidos pelo NHMET/IEPA. A estação do INMET se encontra na localidade 0°02'42.36"S e 51°06'35.64"W.

No procedimento metodológico utilizou-se as rotinas estatísticas do *aplicativo* RCLimDex/IPCC (Zhang e Yang 2004), a partir da qual foram realizados os cálculos para gerar os índices climáticos. Contudo, os autores alertam que é importante observar as falhas e imprecisões encontradas na série, as quais podem afetar alguns resultados. Entretanto, a avaliação de qualidade, homogeneidade e consistência dos dados e o cálculo dos índices climáticos foram realizados de acordo com Haylock et al. (2006) e Zhang et al. (2004) com o objetivo de evitá-los ou contorná-los. Nestes termos, tais procedimentos foram realizados no presente estudo.

A descrição dos índices de tendência da mudança da variabilidade climática pode ser observada na literatura. Os índices cujos valores de  $p$  foram significativos ( $0,1 < p < 0,05$ ) estão

Tabela 1: Índices climáticos utilizados com suas respectivas definições e unidades.

Índice	Nome do Indicador	Descrição	Unidade
TXx	Máximo da Temperatura Máxima	Valor mensal máximo da temperatura máxima diária	°C
TXn	Mínimo da Temperatura Máxima	Valor mensal mínimo da temperatura máxima diária	°C
TX90p	Dias quentes	Número de dias com temperatura máxima acima do percentil 90	Dias
TX10p	Dias frios	Número de dias com temperatura máxima abaixo do percentil 10	Dias
WSDI	Períodos quentes	Número de dias no ano, com pelo menos seis dias consecutivos, quando a temperatura máxima é maior que o percentil 90.	Dias
DTR	Amplitude Diária de Temperatura	Diferença média mensal entre Temperatura Máxima e Mínima	°C
TN90p	Noites quentes	Número de dias com temperatura mínima acima do percentil 90.	Dias
TN10p	Noites frias	Número de dias com temperatura mínima abaixo do percentil 10	Dias
TNn	Mínimo da Temperatura Mínima	Valor mensal mínimo de temperatura mínima diária	°C
TNx	Máximo da Temperatura Mínima	Valor mensal máximo de temperatura mínima diária	°C
TR20	Noites Tropicais	Número de dias em um ano quando a temperatura mínima Diária é >20 °C	°C
GSL	Duração da Estação de Cultivo (Crescimento)	Prolongamento ou extensão da estação de cultivo	Dias
RX1day	Quantidade Máxima de Precipitação em um dia	Precipitação máxima mensal em um dia	mm

resumidos na Tabela 1, adaptados de Zhang e Yang (2004).

Na presente análise, de acordo com os indicadores climáticos constantes na Tabela-1, os resultados obtidos somente foram considerados como sujeitos às tendências de variabilidade climática quando o erro padrão de estimativa for estatisticamente significativo ou a significância estiver contida no intervalo  $0,1 < p < 0,05$  (entre 90 e 95% de confiança). À exceção do RX1day, com 90% de confiança (Tabela-1), todos os

demais indicadores encontrados estão na faixa de 95%.

### 3.3 Metodologia Estatística do RCLimDex/IPCC

De acordo com Pinto et al. (2008), para os documentos e técnicas endereçadas ao desenvolvimento e uso de informações obtidas de cenários, em estudos de processos de vulnerabilidade e adaptações climáticas, muitas ferramentas estão disponíveis para dar suporte a estas aplicações. Os referidos autores

apontam o RCLimDex como uma das técnicas mais importantes para este fim.

O RCLimDex faz parte de um conjunto de técnicas usado para produzir dados climáticos de pequena escala, do tipo normalmente requerido por modelos de impactos e cenários futuros do clima em escala local. Alguns métodos requerem considerável expertise e experiência (*downscaling*), enquanto outros, como a aplicação do RCLimDex, são relativamente diretos e fáceis de usar.

O aplicativo RCLimDex foi projetado para proporcionar uma interface amigável com o usuário no cálculo de índices de extremos climáticos a partir de séries históricas diárias de dados de temperatura e precipitação. Um total de vinte e sete (27) índices básicos são recomendados pela equipe de peritos do CCI/CLIVAR e "Climate Change Detection Monitoring and Indices" (ETCCDMI), onde os limites de alguns índices de temperatura e precipitação são definidos pelo usuário.

Este aplicativo é desenvolvido e mantido pelos pesquisadores do Serviço de Meteorologia do Canadá, disponível em <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/aplicativo.html> (ZHANG e YANG, 2004; ZHANG et al., 2005). Na presente análise, os procedimentos principais para a elaboração dos índices de extremos climáticos em Macapá-AP foram os seguintes:

- 1- Obtenção dos dados em arquivo de texto ASCII, composto de seis colunas correspondentes ao ano, mês, dia, precipitação (PRCP), temperatura máxima (TMAX), temperatura mínima (TMIN);
- 2- Análise dos dados faltosos foram codificados como -99.9 e os registros dos dados dispostos em ordem cronológica, conforme (ZHANG e YANG, 2004);
- 3- Cálculo dos índices climáticos, e seleção dos parâmetros estatísticos cuja significância fosse da ordem de  $p < 0,05$  ou no máximo  $p < 0,1$  ou próximo de  $p < 0,05$ ;
- 4- Confecção das figuras com as saídas gráficas e seus respectivos índices de variabilidade climática;
- 5- Incremento da qualidade das saídas gráficas do RCLimDex (YANG, 2011).

As saídas do RCLimDex 2.12.2, realizadas no pós-processamento de todos os índices, forneceu uma série de parâmetros estatísticos que foram utilizados na decisão quanto a sua significância em relação às tendências de variação climática ao longo da série temporal de dados ( $0,1 < p < 0,05$ ).

Estes parâmetros foram: a) a tendência linear calculada pelo método de mínimos quadrados; b) nível de significância estatística da tendência (valor  $p$ ); c) coeficiente de determinação ( $r^2$ ); e d) erro padrão de estimativa. Após a fase de processamento em um arquivo R, a série de figuras das análises anuais foi obtida e visualizada através de figuras geradas no próprio RCLimDex.

As figuras mostram as linhas de tendências e o seu nível de significância para cada parâmetro analisado (Tabela-1). Esses resultados são mostrados a seguir.

#### 4. RESULTADOS

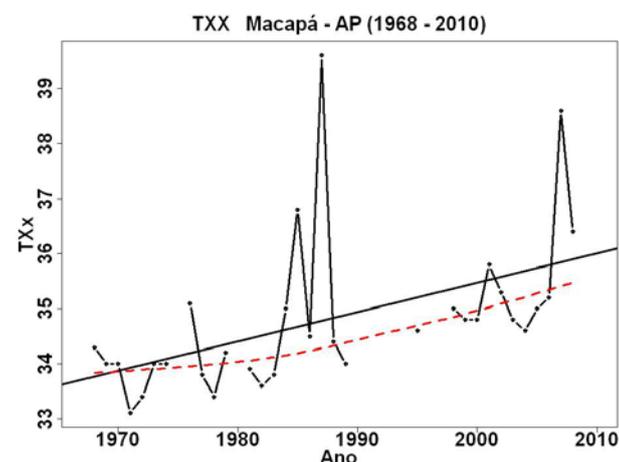
No total foram gerados dezessete índices analisados e somente aqueles considerados como de alta significância estatística, cujo intervalo de confiança fosse da ordem de 90 a 95% ou com  $\pm 3$  desvios padrão. A partir das Figuras 1a e 1b, até a Figura 7, os pontos indicam valores observados e consolidados (considerando as falhas de dados das séries, inclusive). As linhas pretas contínuas indicam a tendência tradicional da série histórica para o respectivo parâmetro em análise (variável ou indicador). As linhas vermelhas tracejadas indicam o comportamento temporal ou potencial de mudança da variabilidade climática desta mesma variável no período. Chama-se a atenção do leitor que nos textos localizados abaixo do eixo das abscissas das figuras o  $R^2$  representa o coeficiente de determinação (em números percentuais, como por exemplo, 40%, 70%, 80%, e assim

por diante, significando explicabilidade da variável ou do índice).

A Figura 1a mostra a variabilidade anual do índice TXx (máximo da temperatura máxima) cuja tendência anual é de aumento da temperatura máxima da ordem de  $0,053^\circ\text{C}/\text{ano}$  no período de 1968 a 2010, com os mais altos registros na faixa de  $39,6^\circ\text{C}$  no ano de 1987 e  $38,6$  no ano de 2007. Em consequência, um aumento da temperatura máxima é evidenciado (Figura 1b), com o aumento dos valores anuais mínimos da temperatura máxima (TXn) na taxa de  $0,020^\circ\text{C}/\text{ano}$  (linhas pontilhadas em vermelho). Observe o valor de  $p$  para ambas as variáveis, sendo significativas para o período.

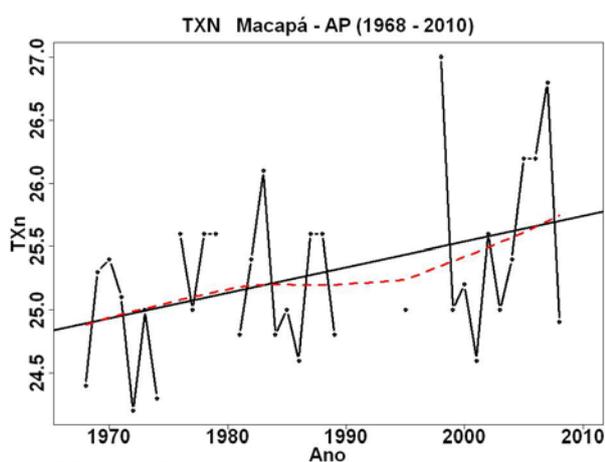
O aumento da temperatura máxima também é observado pelo índice TX90p (Figura 2a). Na Figura 2a observa-se claramente o aumento do número de dias com temperaturas máximas acima do percentil 90, ou seja, número de dias quentes crescentes. Durante a primeira década o número de dias quentes era de aproximadamente 5. Porém, na década de 80, houve a manutenção de tendência em níveis constantes, e finalmente alcançando níveis próximos de 60 dias no meio da década de 2000. De modo inverso, o índice climático TX10p aponta para uma diminuição de dias frios, provavelmente associado ao aumento do número de dias quentes (Figura 2.b). Observe o valor de  $p$  para ambas as variáveis, sendo muito significativas para o período.

Para o índice WSDI (Figura 3a) verifica-se um aumento significativo de períodos quentes a partir da década de 80, registrando mais de 130 dias com pelo menos 6 dias consecutivos de temperatura máxima acima do percentil 90. A inflexão da linha vermelha pontilhada mostra essa brusca mudança da tendência para este índice. Observe o valor de  $p$  para ambas as variáveis, sendo muito significativas para o período.



R2= 24.4 Valor-p= 0.004 Estimativa da inclinação= 0.053 Erro da inclinação= 0.017

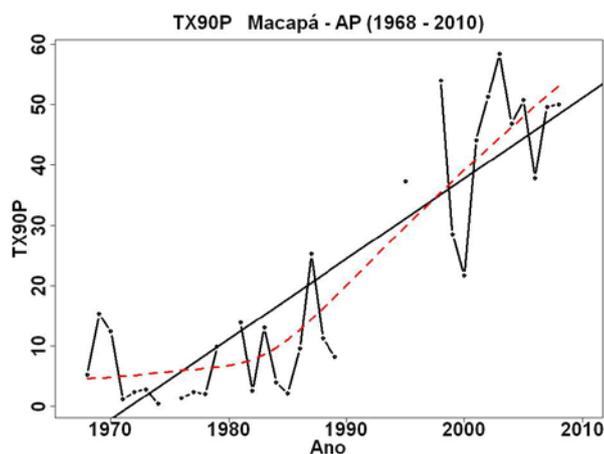
(a)



R2= 16 Valor-p= 0.023 Estimativa da inclinação= 0.02 Erro da inclinação= 0.008

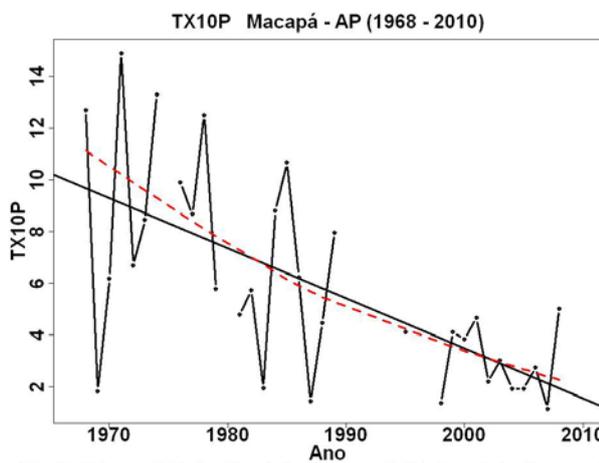
(b)

Figura 1. Comportamento temporal dos índices climáticos para o período de 1968 a 2010 em Macapá - AP: a) TXx (máximo das temperaturas máximas; b) TXn (mínimo das temperaturas máximas).



R2= 75.6 Valor-p= 0 Estimativa da inclinação= 1.328 Erro da inclinação= 0.138

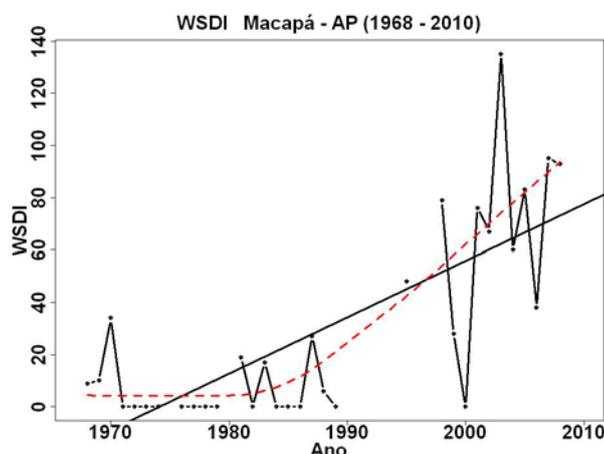
(a)



R2= 42 Valor-p= 0 Estimativa da inclinação= -0.193 Erro da inclinação= 0.041

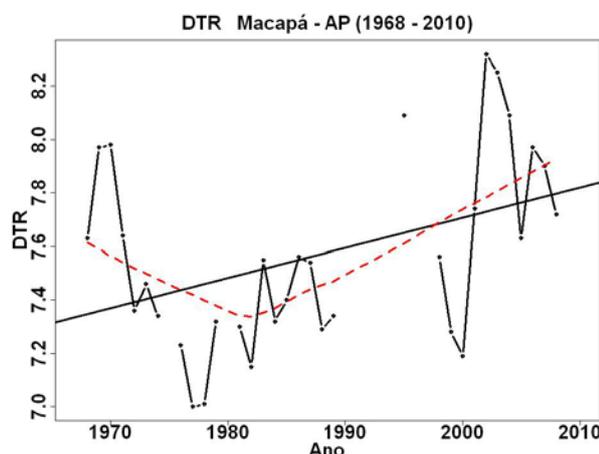
(b)

Figura 2. Comportamento temporal dos índices climáticos para o período de 1968 a 2010 em Macapá - AP: a) TX90p (Dias quentes); (b) TX10p (Dias frios).



R2= 56.2 Valor-p= 0 Estimativa da inclinação= 2.154 Erro da inclinação= 0.347

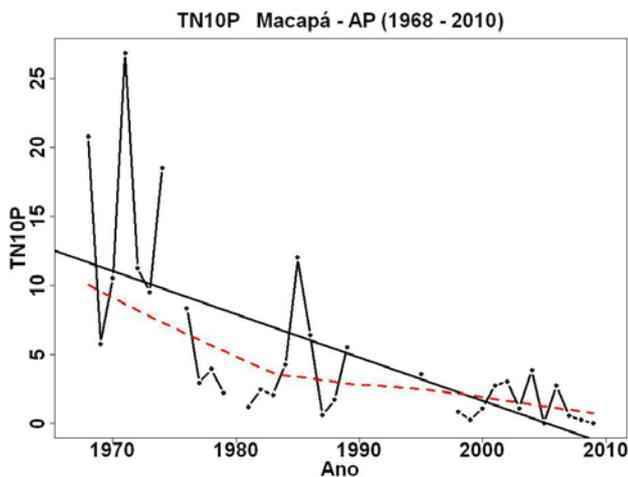
(a)



R2= 17.4 Valor-p= 0.018 Estimativa da inclinação= 0.011 Erro da inclinação= 0.004

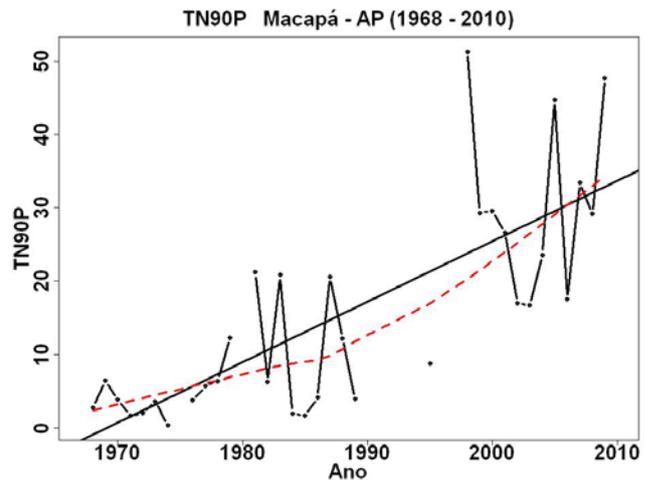
(b)

Figura 3. Comportamento temporal dos índices climáticos para o período de 1968 a 2010 em Macapá - AP: a) WSDI (Períodos quentes); (b) DTR (Amplitude diária de temperatura).



R2= 43 Valor-p= 0 Estimativa da inclinação= -0.314 Erro da inclinação= 0.065

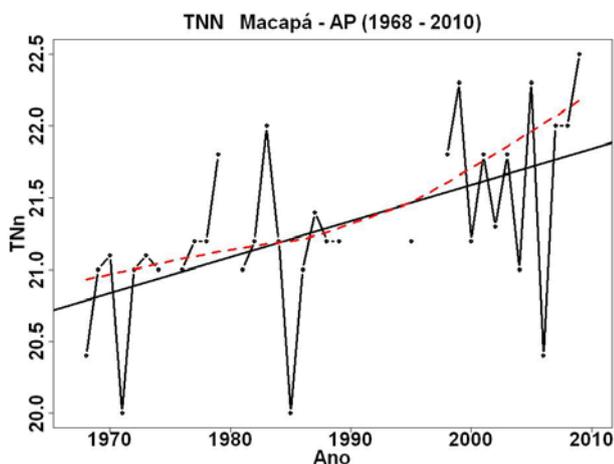
(b)



R2= 58.9 Valor-p= 0 Estimativa da inclinação= 0.823 Erro da inclinação= 0.123

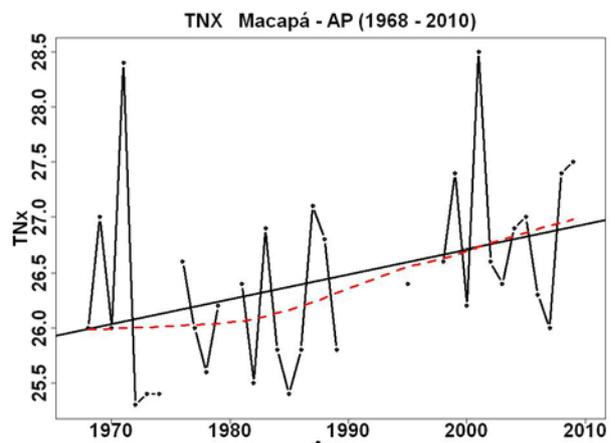
(a)

Figura 4. Comportamento temporal dos índices climáticos para o período de 1968 a 2010 em Macapá - AP:  
a) TN90p (noites quentes); (b) TN10p (Noites frias).



R2= 30.6 Valor-p= 0.001 Estimativa da inclinação= 0.025 Erro da inclinação= 0.007

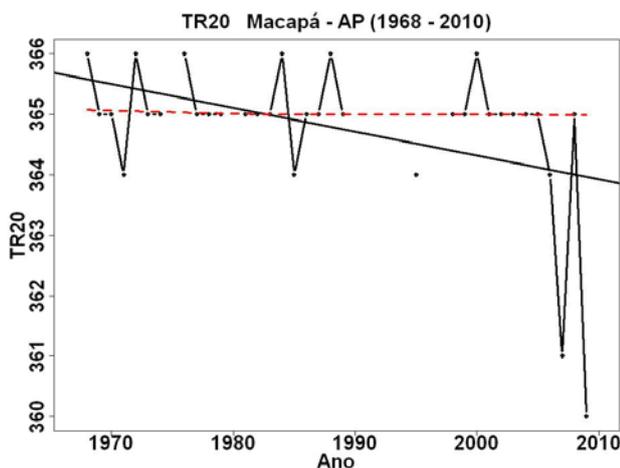
(a)



R2= 13.8 Valor-p= 0.033 Estimativa da inclinação= 0.023 Erro da inclinação= 0.01

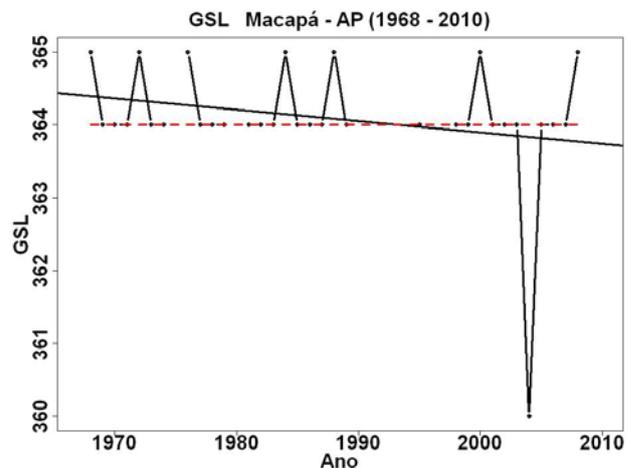
(b)

Figura 5. Comportamento temporal dos índices para o período de 1968 a 2010 em Macapá - AP:  
a) TNN (mínimo da temperatura mínima); (b) TNX (máximo da temperatura mínima).



R2= 17.9 Valor-p= 0.014 Estimativa da inclinação= -0.039 Erro da inclinação= 0.015

(a)



R2= 5.7 Valor-p= 0.188 Estimativa da inclinação= -0.016 Erro da inclinação= 0.012

(b)

Figura 6. Comportamento temporal dos índices climáticos para o período de 1968 a 2010 em Macapá - AP:  
a) TR20 (noites tropicais); (b) GSL (prolongamento da estação de cultivo).

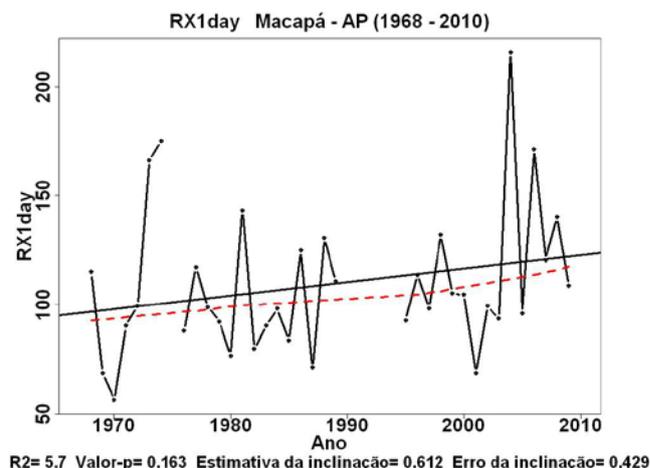


Figura 7. Comportamento temporal do índice climático RX1day (quantidade máxima de precipitação em um dia) observado no período de 1968 a 2010 em Macapá – AP.

Em relação à amplitude térmica diária (DTR) observa-se uma diminuição até a década de 80, seguida de uma posterior reversão desta tendência (Figura 3b). Este comportamento pode estar associado não só aos processos de urbanização como também com a nebulosidade natural, devido a região de Macapá apresentar significativa cobertura de nuvens na maior parte do ano (ITCZ) De SOUZA e CUNHA (2010). Sabe-se que as nuvens apresentam importante impacto sobre a amplitude térmica diária, especialmente pela redução do aquecimento diurno devido à reflexão da luz solar e aumento da temperatura noturna com o aumento da radiação de onda longa incidente (TATSCH, 2006). Observe o valor de  $p$  para ambas as variáveis, sendo muito significativas para o período.

O índice TN90p (Figura 4a) indica que a estação registrou um aumento de 20 dias de noites mais quentes na segunda década do período, atingindo nos últimos anos até 50 dias de noites mais aquecidas. Esse aumento de noites mais quentes pode estar também associado ao efeito da “ilha de calor” (DUCKWORTH e SANDBERG, 1954; CHANDLER, 1962; BUENO, 1988; CAMARGO e TAVARES, 1985; ASSIS, 1991; HASENAK et al., 1991; DUFEK e AMBRIZZI, 2005; COSTA, 1998; COSTA, 2009; entre outros). Este número de dias mais quentes provoca alterações do balanço de

energia e de radiação na zona urbana devido a substituição de superfícies naturais por superfícies pavimentadas e construções. A razão disso é que as superfícies estocam parte do calor recebido durante o dia, liberando-o para o ambiente após o por do sol. Na análise da Figura 4b observa-se uma diminuição de dias em que a temperatura mínima atinge valor abaixo do percentil 10 (TN10p). Ou seja, noites frias, com tendência de decréscimo a partir da década de 70 e inflexão da curva a partir da década de 80. Observe o valor de  $p$  para ambas as variáveis, sendo muito significativas para o período.

Com a liberação de energia solar à noite absorvida durante o dia por ruas e prédios, ocorre o aumento nos valores mensais mínimos da temperatura mínima diária (TNn) que influencia nas noites mais quentes (Figura 5a). Para o índice TNn (Figura 5b) verifica-se uma tendência de aumento do valor mensal máximo da temperatura mínima, com uma variação significativa no decorrer dos anos de estudo, com registros de até 28,4 oC em 1971 e 28,5 °C em 2001. Observe o valor de  $p$  para ambas as variáveis, sendo muito significativa no período para o primeiro, Figura 5a e significativa para o segundo, Figura 5b.

Uma análise similar à anterior também pode ser realizada em relação às Figuras 6a e 6b, nas quais se observa uma tendência de diminuição dos índices TR20 (noites tropicais), com valores muito significativos, e GSL (extensão do período de cultivo – ou de plantio/agrícola), com valores em nível apenas significativo. Observe que nas Figuras 6a e 6b, o valor de  $p$  foi de apenas 0,18, ou seja, próximo, mas abaixo do intervalo de confiança de 90%.

Observa-se um aumento no máximo mensal de precipitação em um dia (RX1day), alcançando uma taxa de aumento de até 215,8 mm no ano de 2004 (Figura 7), representado pela última década. Este índice é um tanto preocupante porque é um indicativo do aumento dos riscos de alagamento na cidade de Macapá. De acordo com a Defesa Civil local (Comunicação pessoal com representantes do Corpo de Bombeiros de Macapá) o número de pontos com risco de alagamento em Macapá passou, desde as duas últimas décadas passadas, de uma dezena à atualmente setenta localidades com estes problemas.

Apesar do indicador estatístico  $p$  apresentar um valor não muito significativo ( $p = 0,163$ ) o comportamento do índice da Figura 7 apresenta uma inflexão positiva da curva, mostrando um provável

aumento dos riscos de alagamento em simultaneidade com o aquecimento urbano local. Este parâmetro pode também estar detectando uma consequência indireta do fenômeno “ilha de calor urbana”, considerando que os alagamentos são consequência natural da impermeabilização do solo, principalmente causado pela construção de superfícies artificiais urbanas (asfaltamento e calçamento, além da tradicional urbanização, verticalização, etc). Além disso, este foi o único parâmetro relacionado à precipitação em que foi observado mudanças de tendências nas características de variabilidade climática no período ( $p = 0,163$ ).

## 5. DISCUSSÕES

No estudo foram analisadas as séries de dados meteorológicos diários (temperatura do ar e de precipitação) em Macapá no período entre 1968 a 2010. A metodologia consistiu no uso de indicadores de mudanças de tendência de variação climática a partir do uso do aplicativo livre RclimDex como ferramenta de análise estatística fundamentada em Zhang e Yang (2004).

A metodologia utilizada foi considerada consistente, flexível e de uso relativamente fácil, em que foi possível não só avaliar as variações das tendências do comportamento climático local, mas também a significância estatística de cada parâmetro com base na própria série climatológica corrigida da Estação Meteorológica de Macapá (Fazendinha). Trata-se de uma possibilidade de análise de cenários ambientais concernentes aos problemas ambientais que poderão se intensificar ou amenizar no futuro. Esta possibilidade nos permite especular quais providências em termos de gestão pública poderiam ser priorizadas para mitigar ou eliminar seus efeitos

deletérios ao homem e ao meio ambiente urbano.

Os resultados das análises, com base nos indicadores climáticos do RclimDex, apontam fortes indicativos de que Macapá, mais precisamente a localidade representada pela estação meteorológica do INMET – Distrito da Fazendinha, tende a se caracterizar como um reflexo confiável do fenômeno conhecido como “ilha de calor urbana”. Isto porque os níveis de significância da maioria dos índices analisados, sendo os mais expressivos a temperatura (Figuras 1 a 6) em detrimento da precipitação (Figura 7), acusar variações preocupantes em relação aos efeitos microclimáticos urbanos com seus consequentes efeitos diretos e indiretos sobre os cidadãos. Contudo, é importante observar que a temperatura apresenta reflexos mais locais (micro-escala) enquanto a precipitação tende a ser mascarado pelos fenômenos de grande escala, como a ITCZ. Talvez, essa tenha sido uma das razões para a amenização do efeito precipitação local (RX1Day).

De acordo com os índices apresentados ao longo da análise e discussão dos resultados, Macapá apresenta fortes indícios físicos (temperatura principalmente) reconhecidos em sistemas urbanos observados em outras “ilhas de calor” urbanas do país. Por assim dizer, os efeitos deletérios da desorganização urbana parecem estar se refletindo significativamente no microclima local, tal como observado em outras capitais ou cidades brasileiras estudadas por outros autores observados na revisão deste artigo.

A rigor, observou-se que os índices TXx, TXn, TX90p, TX10p, WSDI, DTR, TN90p, TN10p, TNn, TNx, TR20, foram todos quantificados como de alta significância estatística ( $p < 0,05$ ). Por outro lado, os níveis de significância dos índices GSL e RX1day foram apenas razoáveis

( $0,188 < p < 0,163$ ). Contudo, este indicador sugere um problema urbano sério, que é o provável aumento do risco e intensificação de alagamentos na capital macapaense, haja vista que os níveis de aumento das chuvas intensas coincidem com o aumento da taxa de urbanização da capital. Deste modo, se a tendência deste parâmetro não fosse de elevação, o risco seria um pouco menor, mas não evitaria o problema da urbanização, em termos de ações necessárias ao Poder Público em termos de prevenção e reação da Defesa Civil da capital Macapaense.

Em relação às variações de temperatura, atenção especial pode ser dada ao aumento da temperatura máxima, representada pelo índice TX90p. Para este índice foi observado um brusco aumento do número de dias com temperaturas máximas acima do percentil 90, ou seja, dias quentes extremos mais frequentes. Neste caso, foi observada uma forte inflexão positiva da curva para esta variável, indicando uma tendência acentuada na primeira década analisada, onde o número de dias quentes era de aproximadamente 5, passando para níveis alarmantes e próximos de 60 dias no meio da década de 2000. Além disso, o índice climático TX10p (relacionado às temperaturas mínimas) acusou uma tendência de diminuição do número de dias frios, provavelmente também associado ao aumento do número de dias quentes. Ou seja, o número de dias mais agradáveis está diminuindo.

Diante das análises dos parâmetros climáticos em Macapá, embora diferente de outras cidades da Amazônia, devido às variações de tamanho, localização geográfica, climatologia e, ainda, ao baixo nível de verticalização das construções, apresenta características comuns aos de outros centros urbanos regionais. Isto é, se apresenta com muitas áreas construídas ou artificiais que se expandem com o tempo. Tal avanço da urbanização

vem tomando lugar antes ocupado pela vegetação, alterando os índices microclimáticos locais.

Mas, ao longo das duas últimas décadas, a sistemática substituição da cobertura vegetal pela pavimentação e construções parece ter trazido problemas consideráveis, como a mudança dos padrões do microclima local mostrado pelos indicadores de variabilidade climática analisados. Talvez um dos mais expressivos indicadores seja o desconforto térmico observado pela população macapaense nos últimos 20 anos, a exemplo do aumento significativo de dias quentes mais freqüentes e por períodos cada vez mais prolongados. Assim, percebe-se certo nível de estresse fisiológico sobre os habitantes locais, com provavelmente danos tanto para a sua saúde física quanto mental. Na revisão da literatura, foi possível observar diversas manifestações populares desta natureza e os alertas têm sido cada vez mais freqüentes em outras regiões do país e no exterior. Em Macapá, esta tendência é observada na mídia local e por diversas manifestações da população nos meios de comunicação.

Mudanças das características do clima local, normalmente, repercute na percepção ou diminuição da qualidade de vida dos habitantes dos centros urbanos, tal como discutido nos tópicos da revisão da literatura. Percepções como aumento da sensibilidade ao excesso de calor, problemas de refrigeração de condicionadores de ar, diminuição de produtividade agrícola, problemas em reservatórios de geração de energia hidráulica, problemas de saúde pública, saneamento, eficiência energética, etc, são exemplos cada vez mais comuns no Estado do Amapá.

A identificação do fenômeno “ilha de calor urbana” em Macapá, assim como a sua correlação com diversos outros fatores ambientais, não pode mais ser desconsiderada

pelas autoridades locais, nem pelos gestores responsáveis pelos setores ambientais e de infra-estrutura ou da saúde. As análises indicaram que o assunto deve ser levado a sério e se apresenta como de grande importância para o estado do Amapá. Esta preocupação deve incidir, principalmente, como uma das bases fundamentais de planejamento urbano de longo prazo, favorecendo ações preventivas que promovam a reversão das tendências microclimáticas com possibilidades de melhoria da qualidade de vida de seus habitantes.

Com relação às hipóteses levantadas pela pesquisa, de que Macapá apresenta sintomas de “ilhas de calor urbana”, foi confirmada. Os principais indicadores avaliados pelo RCLimDex para análises de mudanças de tendência da variação climática local foram consistentes e significativas. Portanto, é importante considerar que essas análises possam ser aliadas dos estudiosos das ciências ambientais e de outros setores da sociedade para o enfrentamento preventivo de fenômenos físicos, sociais, biológicos ou ambientais relacionados ao microclima local.

Especial atenção deve ser dada aos usuários que necessitam diariamente das informações relacionadas aos parâmetros indicadores das perturbações climáticas causadas pelos impactos da urbanização sobre o microclima local e suas conseqüências no ambiente e no modo de vida da população.

## 6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados, apresentamos as seguintes conclusões:

1- As séries meteorológicas diárias de temperatura do ar e de precipitação em Macapá, no período entre 1968 a 2010, estão consistentes com a geração

de indicadores de mudanças de tendência de variação climática a partir do uso do aplicativo livre RCLimDex;

2- A metodologia utilizada é robusta, pois proporciona uma série de análise de cenários concernentes aos problemas ambientais atuais e que poderão se intensificar (ou amenizar) no futuro, sendo útil para estudos de prevenção, mitigação ou eliminação de efeitos deletérios da mudança do clima urbano;

3- Os indicadores climáticos apontam para uma tendência de comportamento do fenômeno conhecido como “ilha de calor urbana”, o qual se manifesta por intermédio de perturbações ou variações microclimáticas e seus consequentes efeitos negativos sobre vários aspectos ambientais, como conforto térmico. Neste caso, os indícios físicos são também observados ou reconhecidos em outras localidades da Amazônia, como Belém, Santarém e Manaus. E, apesar de apresentar apenas dimensões urbanas medianas, Macapá apresenta algumas vantagens como tamanho, localização geográfica e climatologia dos ventos, sendo esta última favorecida positivamente pelo baixo nível de urbanização e potencialmente amenizada pelo efeito de brisa do rio Amazonas;

4- Ao longo das duas últimas quatro décadas, a sistemática substituição da cobertura vegetal pela pavimentação e construções parece ter trazido problemas

associados com a mudança dos padrões do micro-clima local sugerido pelos indicadores de variabilidade climática analisados. A possível verificação pode ser uma resposta dos treze índices de mudanças de tendência climática, TXx, TXn, TX90p, TX10p, WSDI, DTR, TN90p, TN10p, TNn, TNx, TR20, com alta significância estatística ( $p < 0,05$ ), além dos índices GSL e RX1day, com indicadores medianamente significativos ( $0,188 < p < 0,163$ ). Entretanto, um agravante importante é que estes dois últimos são indicadores de aumento do risco de intensificação de alagamentos na capital macapaense (chuvas severas) o que é uma preocupação para os gestores da defesa civil, além de um grande problema ambiental devido à precariedade sanitária da capital;

- 5- Mudanças das características do clima local, normalmente, repercutem em aumento da sensibilidade humana ao excesso de calor, podendo também interferir na produtividade de serviços em geral (saúde pública, saneamento conforto térmico, agricultura, geração de energia, eficiência energética, etc);
- 6- Recomenda-se, portanto, que as Políticas Públicas locais devam doravante considerar a problemática do fenômeno “ilha de calor urbana” em Macapá, haja vista os indicadores quantificarem significativas mudanças das tendências microclimas locais e, conseqüentemente,

ambientais. Nos Planos Diretores, por exemplo, tais informações não podem mais ser desprezadas pelas autoridades locais, nem pelos gestores do setor de Defesa Civil e ambiental.

- 7- Finalmente, a população diretamente afetada deve estar ciente de mais um problema ambiental que pode estar diretamente ligado aos impactos negativos da urbanização. Os alagamentos e veranicos prolongados no período de seca são alguns dos fenômenos relevantes que influenciam o ambiente urbano local. Seus efeitos negativos podem ter conseqüências imediatas ou no longo prazo no ambiente e no modo de vida da população.

#### AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem a concessão de bolsa Iniciação Científica PIBIC/UNIFAP/CNPq; Bolsa de Produtividade CNPq Processo CNPq nº 305657/2009-7; o apoio dado aos seguintes projetos de pesquisa: Rede de Gestão Integrada de Monitoramento da Dinâmica Hidroclimática e Ambiental da Bacia do Jarí - Estado do Amapá” IEPA/UNIFAP/SUDAM; Climurb (CNPq/UFPA/IEPA/UNIFAP) e Modclim (CNPq/UFPA/ UNIFAP), REMAM2 (FINEP/CNPq/UFPA); e ao Laboratório de Modelagem Ambiental da CCAM/UNIFAP. A equipe também agradece aos idealizadores do *aplicativo* RClmDex, especialmente o Dr. Yang (Canadá) por ter possibilitado e orientado a equipe quanto às mudanças no *script* do *aplicativo* para melhorar a etapa de confecção das figuras e dos textos inseridos nas mesmas.

#### REFERÊNCIAS

- AMANAJÁS, J. C.; CUNHA, A. C. Análise comparativa do desempenho dos modelos WRF e ETA operacional NHMET/IEPA na previsão de chuva para o município de Macapá-AP. In: CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B.; CUNHA, H. F. A. (Eds.). **Tempo, Clima e Recursos Hídricos - Resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá**. 1ª. ed. Macapá: IEPA, 2010. p. 43-60.
- ASSIS, E. S. **Avaliação da influência do uso e ocupação do solo sobre a formação da ilha de calor na cidade de Belo Horizonte, MG**. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 1. **Anais...** Porto Alegre: [s.n.], 1991.
- BUENO, C. L. **Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas**. [S.l.]: UNICAMP, 1988.
- CAMARGO, J. C. G.; TAVARES, A. C. A **influência** da cidade de Rio Claro na temperatura e na umidade do ar. **Geografia**, v. 10, n. 20, p. 149-168, 1985.
- CHANDLER, T. J. Temperature and humidity traverses across London. **Weather**, v. 17, n. 7, p. 235-242, 1962.
- COSTA, A. C. L. **Estudo de Variações Termo-Higrométricas de Cidade Equatorial devido ao Processo de Urbanização. O caso de Belém - PA**. [S.l.]: EESC-USP, 1998.
- DUCKWORTH, F. S.; SANDBERG, J. S. The effect of cities upon horizontal and vertical temperature gradients. **Bulletin American Meteorological Society**, v. 35, n. 5, p. 198-207, 1954.
- DUFEK, A. S.; AMBRIZZI, T. Variabilidade climática da temperatura no Estado de São Paulo. **Revista de Iniciação Científica: CETEPE-EESC/USP**, v. 7, p. 23-29, 2005.

ETCCDMI.

<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI>

ETCCDMI.

<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/aplicativo.html>.

GARCIA CUETO, O. R.; JÁUREGUÍ, O. E.; TOUDERT, D.; TEJEDA MARTINEZ, A. Detection of the urban heat island in Mexicali, B.V., México and its relationship with land use. **Atmosfera**, v. 20, n. 20, p. 111-131, 2007.

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. 1ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. p. 248

GOLDREICH, Y. Urban climate studies in Johannesburg, A sub-Tropical city located on a bridge - A review. **Atmospheric Environment**, v. 26B, n. 3, p. 407-420, 1992.

HASENACK, H.; BECKER, V. L. **Distribuição noturna da temperatura em Porto Alegre, RS utilizando o método de medidas móveis**. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 1. **Anais...** Porto Alegre: [s.n.], 1991

HAYLOCK, M. R. **Trends in total and extreme South American rainfall, 1960-2000**. [S.l.: s.n.], 2006

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados climáticos 2010**. Disponível em: <[http://www.suapesquisa.com/estadosbrasileiros/estado\\_amapa.htm](http://www.suapesquisa.com/estadosbrasileiros/estado_amapa.htm)>. Acesso em: 4 fev. 2011.

JAUREGUÍ, O. E. **La isla de calor en Toluca, Mex.**. Mexico: [s.n.], 1979

JAUREGUÍ, O. E. Aspects of heat-island development in Guadalajara, Mexico. **Atmospheric Environment**, v. 26B, n. 3, p. 391-396, 1992.

KUHN, P.; CUNHA, A. C.; PEREIRA, M. J.; SARAIVA, J. M. B. Previsão

Numérica Operacional no Estado do Amapá utilizando o BRAMS. In: CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B. DE; CUNHA, H. F. A. (Eds.). **Tempo, Clima e Recursos Hídricos - Resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá**. 1ª. ed. Macapá: IEPA, 2010. p. 61-82.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. New York: Academic Press, 1981.

LOMBARDO, M. A. A. **A ilha de calor nas metrópoles - O exemplo de São Paulo**. 1ª. ed. São Paulo: Huciteck, 1985. p. 245.

LOWRY, W. P. The climate of cities. **Scientific American**, v. 217, n. 2, p. 15-23, 1967.

MAITELLI, G. T.; ZAMPARONI, C. A. P. G.; LOMBARDO, M. A. A. **Ilha de calor em Cuiabá-MT: Uma abordagem de clima urbano**. Encontro Nacional de Estudos sobre Meio Ambiente, 3. **Anais...** Londrina: [s.n.], 1991.

MITCHELL, J. M. The temperature of cities. **Weatherwise**, v. 14, n. 6, p. 224-229, 1961.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 108, p. 1-24, 1982.

OKE, T. R.; MAXWELL, G. B. Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. **Atmospheric Environment**, v. 9, p. 191-200, 1975.

PANOSFSKY, H. A.; BRIER, G. W. **Some applications of statistics to meteorology**. Pennsylvania: University Park, 1968. p. 224

PINTO, E.; KEY, R. C.; TRAVERS, A. **Compendium on methods and tools to evaluate impacts of, and vulnerability and adaptation to, climate change. Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change**

**UNFCCC Secretariat**. [S.l.: s.n.], 2008  
ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Química da Atmosfera. Introdução à Química Ambiental**. 2ª. ed. [S.l.]: Bookman, 2010. p. 93-135.

ROMEIRO, N. M. L.; CASTRO, R. G. S.; CIRILO, E. R.; NATTI, P. L. Local calibration of coliforms parameters of water quality problem at Igapó I Lake, Londrina, Paraná, Brazil. **Ecological Modelling**, v. 222, n. 11, p. 1888-1896, jun 2011.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura Bioclimática dos espaços públicos**. 1ª. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1988.

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B.; RAO, T. V. R.; MENESES, H. E. A. Tendências do Índices de Precipitação no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p. 39-47, 2009.

SOUZA, E. B. DE; CUNHA, A. C. Climatologia de precipitação no Amapá e mecanismos climáticos de grande escala. In: CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B. DE (Eds.). **Tempo, Clima e Recursos Hídricos - Resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá**. 1ª. ed. Macapá: IEPA, 2010. p. 177-195.

SOUZA, E. B. DE; LOPES, N. G.; SOUZA, J. S. *et al.* Precipitação sazonal sobre a Amazônia Oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 2, p. 111-124, 2009.

SOUZA, I. M. P.; COSTA, A. C. L.; SILVA JR, J. A. *et al.* **Sazonalidade da temperatura do ar e radiação solar global em cidades de diferentes portes na Amazônia Brasileira**. Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia - Seção Clima e Mudanças Climáticas. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2010

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V.  
Avaliação das tendências das  
Temperaturas em Recife – PE:  
Mudanças Climáticas ou  
variabilidade? **Revista de  
Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p.  
462-472, 2009.

STULPNAGEL, A. V.; HOBERT, M.;  
SUKOPP, H. The importance of  
vegetation for the urban climate.  
**Urban Ecology**, p. 175-193, 1990.

TATSCH, J. D. **Uma análise dos  
fluxos de superfície e do microclima  
sobre cerrado, cana-de-açúcar e  
eucalipto, com implicações para  
mudanças climáticas regionais.**  
[S.l.]: Universidade de São Paulo,  
2006.

VIDAL, R. D. . **Influência da  
morfologia urbana nas alterações  
da temperatura do ar na cidade de  
Natal (RN).** Encontro de Professores  
de Conforto Ambiental - NE,1.  
**Anais...** João Pessoa: [s.n.], 1992

YANG, F. **Alterações das sub-rotinas  
do script do RClmDex.** . [S.l: s.n.],  
2011

ZHANG, X. **RClmDex Aplicativo.**  
Disponível em:  
<[http://cccma.seos.uvic.ca/  
ETCCDMI/ aplicativo.html](http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/aplicativo.html)>. Acesso  
em: 3 jan. 2011.

ZHANG, X.; YANG, F. **RClmDex (1.0),  
User Guide.** . Ontario: [s.n.], 2004

Recebido em: maio/2011  
Aprovado em: mar/2012

# Potencial de uso de lodo de esgoto na cultura do milho em latossolo argiloso no oeste do Paraná

## Potencial use of sewage sludge on the corn culture in an oxisol in Paraná's western

### RESUMO

O lodo de esgoto é um subproduto resultante do tratamento de esgotos que contém elevado teor de matéria orgânica e se, devidamente aplicado, pode conferir ao solo melhorias em relação a sua fertilidade. Este trabalho teve por objetivo avaliar o uso do lodo de esgoto como fertilizante na cultura do milho, em Latossolo Vermelho Distroférrico. O experimento foi realizado em campo, em delineamento em blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições: a) Adubação convencional; b) Testemunha; c) 2,5; d) 5; e) 10 e f) 15 t.ha<sup>-1</sup> do lodo em base seca. Observou-se que a adição de Cu e Zn via lodo contribuiu com pequeno incremento nos teores destes metais no solo, em função da baixa concentração destes metais no resíduo, bem como das baixas dosagens aplicadas. Quanto aos parâmetros de desenvolvimento do milho, os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos com aplicação de lodo, sendo as maiores respostas obtidas com a dose de 15 t.ha<sup>-1</sup>. Concluiu-se que o uso deste subproduto como fonte de nutrientes em culturas como alternativa aos fertilizantes industrializados, é uma opção interessante e viável do ponto de vista econômico e ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biossólido, desinfecção, produtividade, reaproveitamento de resíduos

### ABSTRACT

The sewage sludge is a by-product resulting of the sewage treatment that contains high organic matter concentration and that, properly applied, it can to supply improvements in the soil fertility. The objective of this study was to evaluate the sewage sludge agricultural potential. The field experiment was in a randomized blocks with 6 treatments and four replications: a) mineral fertilizer, b) Control (without fertilization and without sewage sludge), c) 2,5, d) 5, e) 10 and f) 15 t.ha<sup>-1</sup> of dry sludge. It was observed that the addition of Copper and Zinc through biossolid contributed with small increment in the tenors of these in the soil in function of the concentration of the elements in the residue as well as the low amounts applied. Regarding the parameters of maize development (productivity, length and diameter of spikes), the best results were obtained in treatments that used the sludge, and the highest answers obtained with a dose of 15 t.ha<sup>-1</sup> of sludge. Possession of all the results, we conclude that the use of this residue as a source of nutrients in crops as an alternative to industrial fertilizers, is an interesting and viable option economically and environmentally.

**KEYWORDS:** Biosolid, disinfection, productivity, reuse of wastes.

**Roseli Regina Rambo Bremm**  
Engenheira Química, mestre em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel/PR  
roseli@lorenz.com.br

**Simone Gomes Damasceno**  
Engenheira Agrônoma, Professora da área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (RHESA), UNIOESTE, Cascavel/PR  
simone.gomes@unioeste.br

**Deonir Secco**  
Agrônomo, Professor do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE, Cascavel/PR  
deonir@unioeste.br

**Márcio Antônio Vilas Boas**  
Engenheiro Agrícola, Professor Associado da área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UNIOESTE, Cascavel/PR  
marcio.vilasboas@unioeste.br

**Douglas Guedes B. Torres**  
Engenheiro Agrícola, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel/PR  
douglasgbtorres@hotmail.com

**Juliana Bortoli Rodrigues Mees**  
Tecnóloga Ambiental, Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Medianeira/PR  
juliana@utfpr.edu.br

**Larissa Kummer**  
Tecnóloga em Química Ambiental, Professora da UTFPR, Francisco Beltrão/PR  
lkummer@utfpr.edu.br

## INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes para a saúde, bem estar da comunidade e desenvolvimento econômico e social, porém, uma vez fornecida à população, grande parcela transforma-se em esgoto, que se lançado diretamente em cursos d'água, provoca sua degradação com consequências na saúde da população.

A geração de lodo de esgoto nas estações de tratamento vem aumentando consideravelmente nos últimos anos, devido ao aumento dos domicílios com acesso à rede de esgoto. Segundo dados do IBGE (2008), estes números aumentaram de 33,5% em 2000 para 44% em 2008. Além disso, a taxa de esgoto recolhido e realmente tratado passou de 35,3% para 68,8%, neste mesmo período.

O lodo de esgoto é considerado resíduo sólido de composição variável, contendo de 40 a 80% de matéria orgânica (ANDREOLI et al., 1999; TSUTIYA, 2001). Esse resíduo, quando devidamente higienizado e com teores baixos de metais pesados, recebe a denominação de biossólido (GONÇALVES, 2005). Seu destino final é preocupação mundial, uma vez que, se disposto inadequadamente, pode prejudicar o solo e os recursos hídricos, alterando suas características físicas, químicas e biológicas (GOMES et al., 2007; AHUMADA et al., 2009). Além disso, também se constitui em ameaça à saúde pública.

De acordo com ANDREOLI et al. (1999), conforme o tipo de tratamento deste esgoto, a geração de lodo pode representar de 0,25 a 1,5% do total de esgoto tratado. Sendo assim, devido aos problemas decorrentes do aumento da produção de lodo de esgoto e os benefícios deste insumo para o solo, quando disposto de forma ambientalmente correta, muitas pesquisas têm sido realizadas de forma a avaliar os efeitos do uso de

lodo na agricultura (MIRANDA & BISCAIA, 1996; LOURENÇO et al., 1996; AHUMADA et al., 2009; MONTE SERRAT et al., 2011). O uso agrícola do lodo de esgoto como adubo orgânico é considerado uma alternativa promissora de disposição final desse resíduo (CAMPOS & ALVES, 2008).

A aplicação do lodo no solo pode resultar em melhoria do estado de agregação das partículas, com consequente diminuição da densidade e aumento na aeração e capacidade de infiltração e retenção de água no solo (TSUTIYA, 2001; NASCIMENTO et al., 2004; DE MARIA et al., 2007). Devido aos teores de nitrogênio (N) e fósforo (P), pode proporcionar ainda um aumento na produção de matéria seca das plantas (BARBOSA et al., 2003; NASCIMENTO et al., 2004; GOMES et al., 2007).

Ao avaliar o efeito da utilização do lodo de esgoto na cultura do milho, tanto LOURENÇO et al. (1996) quanto MIRANDA & BISCAIA (1996) observaram que o aumento da dosagem de lodo resultou em aumento da produtividade, sendo recomendado por LOURENÇO et al. (1996), a partir de análise de regressão, uma dosagem de 66 t.ha<sup>-1</sup>.

BREDA (2003), utilizando 0, 10, 20, 30 e 40 t.ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto e adubação convencional, em Nitossolo Vermelho Distroférrico, notou que a aplicação de doses crescentes de lodo proporcionou aumentos de altura, diâmetro de colmo e número de folhas em plantas de milho, quando comparadas com a testemunha e adubação convencional. Em relação à produtividade, os maiores valores foram obtidos com o tratamento que empregou 10 t.ha<sup>-1</sup>, sendo a média 3,83% superior ao tratamento que empregou adubação convencional.

Neste contexto observa-se que o lodo de esgoto tem sido utilizado como fertilizante na produção de várias culturas, dentre elas o milho, mostrando resultados

positivos da aplicação do material (MIRANDA & BISCAIA, 1996).

Com base no exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito sobre o solo e potencial agrícola da aplicação de diferentes doses de lodo de esgoto estabilizado com cal, aplicado à cultura do milho, em Latossolo Vermelho Distroférrico típico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola (NEEA) pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus de Cascavel. O clima do local é do tipo subtropical úmido (Cfa), segundo classificação de Köppen. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico típico, com relevo suave a ondulado e textura argilosa a muito argilosa, substrato basalto. As frações granulométricas presentes no solo da área experimental foram de 12,6% areia, 19,5% silte e 67,9% argila. O lodo utilizado foi obtido em Estação de Tratamento de Esgoto, localizada na região Oeste do Paraná, sendo proveniente do reator anaeróbio de leite fluidizado (RALF). O lodo foi tratado com cal virgem a 50%, de acordo com as recomendações de ILHENFELD et al. (1999). Foram realizadas análises químicas e de metais pesados nas amostras de lodo e solo, sendo estas últimas coletadas na camada de 0,2 m. Foram utilizados 6 tratamentos com 4 repetições cada, assim definidos: T.C: Testemunha (sem adubação convencional e sem lodo); A.C: Adubação Convencional em cobertura (NPK 8-18-28, na dosagem de 300 kg.ha<sup>-1</sup>); 2,5: 2,5 t.ha<sup>-1</sup> de lodo base seca; 5: 5 t.ha<sup>-1</sup> de lodo base seca; 10: 10 t.ha<sup>-1</sup> de lodo base seca e 15: 15 t.ha<sup>-1</sup> de lodo base seca.

Na Tabela 1 encontram-se os valores dos atributos químicos determinados nas amostras de lodo e de solo.

Tabela 1 – Atributos químicos das amostras de lodo e solo utilizadas nos experimentos, antes da aplicação dos tratamentos em Latossolo Vermelho Distroférrico típico.

	P	MO	H+Al	Al <sup>+3</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	SB	CTC	V	Cu	Zn
	----- g.dm <sup>-3</sup> ---			----- cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----					%	mg kg <sup>-1</sup> , MS		
<b>Lodo</b>	0,450	65,62	3,13	31,92	12,8	0,19	30,16	7,04	37,39	69,31	25,5	147,23
<b>Solo</b>	0,016	29,39	4,6	11,26	0,3	0,83	6,39	1,81	9,03	20,29	3,22	299,4

MO: Matéria Orgânica; SB: Soma de Bases; CTC: Capacidade de Troca de Cátions; V: Saturação por Bases; MS: matéria seca

Tabela 2 - Valores médios de metais (Cu e Zn) adicionados ao solo por meio da aplicação de lodo em diferentes doses.

Elemento	Dose aplicada			
	2,5 t.ha <sup>-1</sup>	5 t.ha <sup>-1</sup>	10 t.ha <sup>-1</sup>	15 t.ha <sup>-1</sup>
Cu (kg)	0,368	0,736	1,472	2,208
Zn (kg)	0,354	0,708	1,416	2,124

A Tabela 2 apresenta os valores médios de metais adicionados ao solo em cada um dos tratamentos, sendo estes dados calculados com base nos teores dos metais no lodo e a respectiva dose aplicada.

O delineamento experimental foi configurado como blocos ao acaso com 4 repetições, totalizando 24 parcelas de 3,2 m x 5 m, com espaçamento entre parcelas de 1,0 m e entre blocos de 7,3 m. Para cada parcela foram cultivadas 4 linhas de milho, com um espaçamento entre plantas de 0,20 m e entre linhas de 0,80 m. Utilizou-se como bordadura as duas linhas laterais e 1,0 m das extremidades da unidade experimental, sendo assim, duas linhas centrais foram utilizadas, totalizando em média 30 plantas úteis por parcela. A incorporação do biossólido foi efetuada com auxílio de grade niveladora, sendo a semeadura realizada no mesmo dia. Ao final do ciclo da cultura, no dia da colheita, foram coletadas amostras de solo para caracterização do mesmo ao término do experimento. Os parâmetros de produtividade da cultura avaliados foram: produção de grãos, comprimento e diâmetro das espigas. A produção de grãos foi avaliada pela massa de grãos gerada após o debulhamento das espigas. Já o comprimento das espigas foi

avaliado com auxílio de uma trena, sendo medido de uma base até a outra. Para o diâmetro das espigas também utilizou-se a trena, medindo-se o perímetro no centro da espiga e a partir deste valor chegou-se ao diâmetro. Os dados foram submetidos inicialmente à análise de normalidade e os dados que não apresentaram normalidade foram submetidos à transformação de Box e Cox. A análise de variância foi realizada ao nível de 5% de significância, aplicando o teste de Tukey para comparação de médias. Para os níveis da variável quantitativa, doses de lodo de esgoto, foram calculadas equações de regressão polinomial, obtendo-se as médias ajustadas pelo modelo quadrático, para os parâmetros comprimento e diâmetro das espigas e produção de grãos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados das análises químicas dos solos de cada tratamento, após a colheita do milho.

Para o teor de P observa-se que não houve diferença estatística entre as médias dos tratamentos. Neste experimento, é possível que o efeito da adição de cal sobre o lodo tenha influenciado na

disponibilidade de P, uma vez que o aumento do pH reduz a disponibilidade deste elemento no solo, bem como de nitrogênio, enxofre e boro (MALAVOLTA, 1976; MARQUES et al., 2003). SOUSA et al. (2006)

observaram que os teores de fósforo assimilável em um Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico após a aplicação de água residuária de estação de tratamento de esgoto também diminuíram. Já vários autores observaram influência positiva do biossólido sobre o teor de P no solo (ANDRADE & MATTIAZZO, 2000; SILVA et al., 2001; BREDA, 2003; NASCIMENTO et al., 2004).

Em relação ao teor de carbono (C), observa-se que houve uma redução em relação ao teor inicialmente presente no solo (Tabela 1) para todos os tratamentos. Tal observação foi semelhante à apresentada por MIRANDA & BISCAIA (1996), que em aplicação única de lodo de esgoto, não observaram aumento expressivo no teor de matéria orgânica (MO) do solo, ao término do experimento, mesmo utilizando 60 t.ha<sup>-1</sup> de lodo.

Já os autores ANDRADE & MATTIAZZO (2000), SIMONETE & KIEHL (2002), BREDA (2003) e BORGES & COUTINHO (2004) observaram aumento no teor de MO no solo, diretamente proporcional à dose de lodo aplicada, verificando que para cada 10 t.ha<sup>-1</sup> aplicados, ocorreu, em média, aumento de 2,0

**Tabela 3** – Valores médios de atributos químicos do solo (Latossolo Vermelho Distroférico típico), nos diferentes tratamentos, após a colheita do milho.

Parâmetro	Tratamentos					
	Adubação Convencional	Testemunha	Dose de lodo (t.ha <sup>-1</sup> )			
			2,5	5	10	15
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,90 a	5,15 a	5,07 a	4,82 a	5,12 a	4,97 a
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	10,82 a	14,97 a	11,90 a	9,60 a	11,67 a	9,60 a
H+Al (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	6,03 a	4,98 a	5,42 a	6,10 a	5,41 a	5,66 a
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	5,04 a	5,58 a	6,54 a	5,16 a	6,10 a	5,52 a
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	2,85 a	3,50 a	3,97 a	3,22 a	3,48 a	3,31 a
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,29 a	0,32 a	0,28 a	0,40 a	0,37 a	0,37 a
CTC(cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	14,59 a	14,72 a	15,68 a	15,13 a	15,32 a	15,06 a
V (%)	57,91 a	64,95 a	57,20 a	58,30 a	64,41 a	61,70 a
C (g.dm <sup>-3</sup> )	18,31a	17,33 a	18,30 a	16,36 a	18,70 a	19,47 a
SB (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	8,56 a	9,74 a	10,26 a	9,03 a	9,92 a	9,41 a

V: Saturação por Bases; Al\*: Saturação por Alumínio; SB: Soma de Bases.

\* Médias de tratamentos seguidas de mesma letra na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

g.dm<sup>-3</sup>. NASCIMENTO et al. (2004) também observaram expressivos aumentos nos teores de MO nos tratamentos que empregaram lodo, no entanto também verificaram aumento na testemunha, que não empregou nenhum tipo de adubação.

Em relação ao pH, apesar do lodo de esgoto ter sido estabilizado com 50% de cal virgem, não ocorreu aumento do pH do solo, devido possivelmente ao poder tampão do solo (MONTE SERRAT et al., 2011). MIRANDA & BISCAIA (1996) também observaram tal efeito, mesmo em tratamentos que empregaram 60 t.ha<sup>-1</sup>. SILVA et al. (2001), SIMONETE & KIEHL (2002), BREDA (2003), NASCIMENTO et al. (2004) e BORGES & COUTINHO (2004) utilizaram lodo de esgoto bruto e observaram que o pH do solo tendeu a diminuir com o tempo, sugerindo que a nitrificação do nitrogênio amoniacal e a geração de ácidos orgânicos das reações envolvidas na degradação da carga orgânica do resíduo, tenham sido paralisadas pela acidez excessiva do meio. No entanto, apesar das variações do pH relatadas pelos autores, o pH se manteve bastante próximo do valor inicial do solo.

Para o cálcio (Ca), não foram observados aumentos devido à aplicação de lodo ao solo, o que se deve ao fato de ter-se utilizado baixas dosagens de lodo no experimento, ao contrário de MIRANDA & BISCAIA (1996), ANDRADE & MATTIAZZO (2000) e SILVA et al. (2001), que utilizaram altas dosagens de lodo de esgoto estabilizado com calcário.

Em relação ao magnésio (Mg), não se observou diferença significativa entre os tratamentos, o que está de acordo com o observado por outros autores (MIRANDA & BISCAIA, 1996; ANDRADE & MATTIAZZO, 2000; SILVA et al., 2001; BREDA, 2003 e NASCIMENTO et al., 2004).

Para o potássio (K) os teores finais presentes no solo foram menores que os valores iniciais (0,83 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> - Tabela 1). Tal fato pode ser devido ao baixo teor de K presente no lodo. Este fato é confirmado, uma vez que, os tratamentos com aplicação de lodo não diferiram estatisticamente dos tratamentos sem adição de lodo. Os resultados de BREDA (2003) corroboram com os presentes, uma vez que este autor verificou teores

inferiores à metade dos observados inicialmente.

Com relação à capacidade de troca catiônica (CTC), observa-se que esta apresentou valor superior nos tratamentos que empregaram lodo, apesar de serem estatisticamente semelhantes, porém o aumento não foi proporcional ao aumento da dosagem. Segundo MELO et al. (1994) e BARBOSA et al. (2007), o lodo de esgoto promove o aumento de cargas negativas devido a sua alta concentração de MO, além de enriquecer o meio, principalmente, com os íons Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, fato que contribui para o aumento da CTC e saturação por bases (V %).

Tabela 4 – Conteúdos de metais pesados (Cu e Zn) presentes em cada solo após a colheita do milho proveniente dos diferentes tratamentos em Latossolo Vermelho Distroférico típico.

Tratamento	Cu	Zn
	-----mg.kg <sup>-1</sup> MS -----	
Adubação convencional	8,70	4,40
Testemunha	9,40	2,40
2,5 t.ha <sup>-1</sup>	8,50	4,00
5,0 t.ha <sup>-1</sup>	9,50	2,50
10,0 t.ha <sup>-1</sup>	10,20	5,00
15,0 t.ha <sup>-1</sup>	9,70	3,00

MS: matéria seca

Tabela 5 - Produtividades médias do milho em Latossolo Vermelho Distroférico típico, considerando os tratamentos aplicados.

Tratamento	Massa de grãos
	kg ha <sup>-1</sup>
Adubação convencional	4323,34 a
Testemunha	4358,00 a
2,5 t.ha <sup>-1</sup>	4649,33 a
5,0 t.ha <sup>-1</sup>	5470,58 a
10,0 t.ha <sup>-1</sup>	4745,32 a
15,0 t.ha <sup>-1</sup>	6131,06 a
CV (%)	17,52
DMS	1991,59

Médias de tratamentos seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados de V% apresentaram valores inferiores aos observados inicialmente no solo, não havendo diferença significativa entre os tratamentos. BREDA (2003) encontrou aumento de V% na profundidade de 0,1 a 0,2 m e redução na profundidade de 0 a 0,1 m. SILVA et al. (2001) e SIMONETE & KIEHL (2002) observaram aumento no percentual de saturação de bases, com o aumento da dosagem de lodo. A não ocorrência do aumento de V% neste trabalho pode estar relacionada às baixas dosagens de biossólido empregadas no experimento.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados dos parâmetros Cu e

Zn nas amostras de solo coletadas ao término do experimento.

Para o Cu e o Zn não se observou relação direta entre aumento da dosagem de lodo e aumento nos teores destes metais no solo. O pequeno incremento de Cu e Zn no solo se deu em função dos baixos teores destes elementos no lodo (Tabela 1), bem como às baixas dosagens de lodo empregadas no experimento em questão. Entretanto, inúmeros trabalhos têm evidenciado que altas dosagens de lodo podem trazer problemas ambientais a longo prazo, bem como absorção pela planta (SILVA et al., 2002; MARTINS et al., 2003; GOMES et al., 2007). Entre esses problemas, pode-se citar a

interação desses contaminantes nos ecossistemas e assim subsequente entrada na cadeia alimentar. Além disso, existe ainda a possibilidade de contaminação por micro-organismos patogênicos, acúmulo de metais pesados no solo ou sua potencial lixiviação e arraste para águas subterrâneas e superficiais (SOUZA et al., 2012).

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da produtividade do milho em função da dose de lodo aplicada.

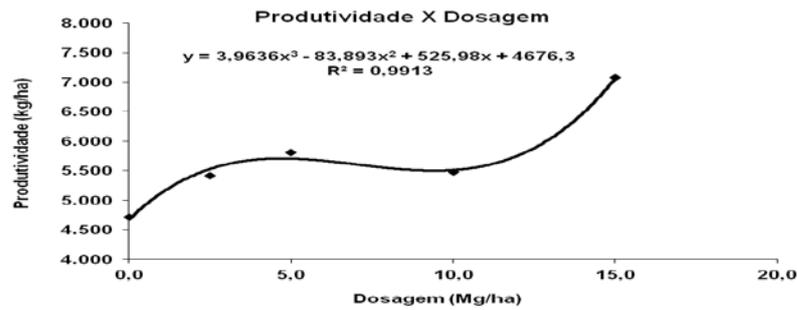


Figura 1 – Produtividade do milho em função das doses de lodo aplicadas no experimento.

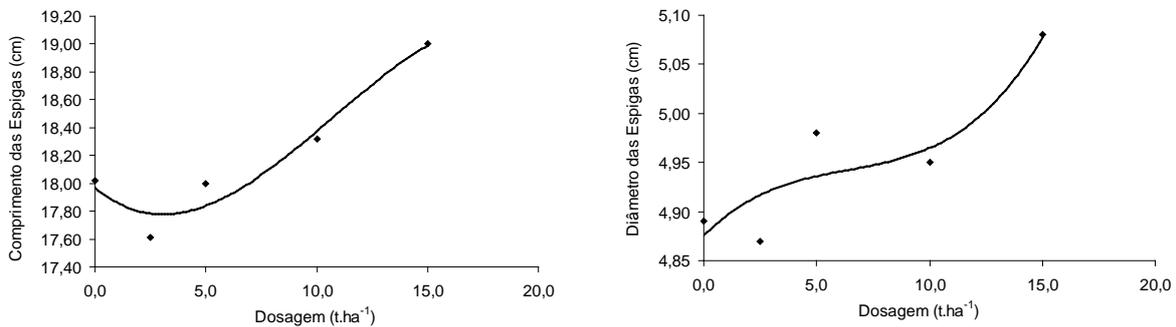


Figura 2 - Comprimento e diâmetro das espigas (cm), em função das doses de lodo aplicadas.

Observa-se que embora não tenha existido diferença significativa entre os dados de produtividade, pode-se verificar que todos os tratamentos que utilizaram lodo de esgoto apresentaram maior produtividade que a testemunha. Comparando-se a testemunha com o tratamento 15 t ha<sup>-1</sup>, que demonstrou maior média, observa-se aumento de 41,81% na produção. Isto pode indicar que o lodo de esgoto pode manter uma produção satisfatória de milho sem a adição de outros insumos. Os resultados de produção de milho obtidos neste estudo, estão de acordo com LOURENÇO et al. (1996), FAVARETTO (1997) e SILVA et al. (2002).

A curva representativa da produtividade de grãos (Figura 1), considerando doses de lodo aplicadas, pode ser representada pela regressão polinomial cúbica, expressa pela equação  $y = 3,9636x^3 -$

$83,893x^2 + 525,98x + 4676,3$  ( $R^2 = 0,9913$ ).

SILVA et al. (2002) aplicando uma curva de resposta da produtividade de milho em relação a doses de lodo aplicadas em um Latossolo, determinaram a dose de 18,9 t ha<sup>-1</sup> para obtenção da máxima produtividade (6,3 t ha<sup>-1</sup> em massa seca de grãos).

A adição de lodo de esgoto ao solo promoveu uma resposta significativa para o desenvolvimento das plantas, avaliado pelo comprimento e diâmetro das espigas, que pode ser visualizada na Figura 2.

As maiores médias de comprimento e diâmetro das espigas ocorreram para a dosagem de 15 t.ha<sup>-1</sup>.

As curvas representativas do comprimento e diâmetro das espigas (Figura 2), considerando doses aplicadas de lodo, podem ser representadas pela regressão

polinomial cúbica e expressas pelas equações  $y = -0,0008x^3 + 0,025x^2 - 0,1309x + 17,966$  ( $R^2 = 0,9424$ ) e  $y = 0,0002x^3 - 0,003x^2 + 0,0231x + 4,8753$  ( $R^2 = 0,835$ ), respectivamente.

Tais resultados estão de acordo com MARTINS et al. (2003), pois o lodo de esgoto é uma fonte de MO rica em N, que é um elemento de alta mobilidade no floema e que participa da molécula de clorofila, e, conseqüentemente dos processos fotossintéticos, o que resulta em crescimento das estruturas da planta. GOMES et al. (2007) também observaram aumento da concentração de diversos nutrientes nas folhas das plantas de milho com a adição de lodo. Além disso, GOMES et al. (2006) também salientam que a aplicação de lodo não proporcionou fitotoxicidade ou contaminação dos grãos de milho por nenhum dos metais estudados.

## CONCLUSÕES

1. A adição de lodo de esgoto não ocasionou significativa alteração nos teores de cobre e zinco no Latossolo Vermelho Distroférico típico, visto que houve somente pequeno incremento destes metais, em função dos baixos teores destes elementos no lodo em estudo, além das baixas dosagens aplicadas nos experimentos.
2. O modelo matemático que melhor representou os parâmetros produtividade, comprimento e diâmetro de espiga em função das doses de lodo calado foi a polinomial cúbica.
3. A aplicação de lodo de esgoto na cultura do milho é uma alternativa eficiente ao método de adubação convencional, obtendo-se produtividade superior quando da adição de lodo.
4. A dosagem de 15 t.ha<sup>-1</sup> de lodo representou os melhores rendimentos quanto à produtividade, comprimento e diâmetro de espiga.

## REFERÊNCIAS

- AHUMADA, I.; GUDENSCHWAGER, O.; CARRASCO, M.A.; CASTILLO, G.; ASCAR, L.; RICHTER, P. Copper and zinc bioavailabilities to ryegrass (*Lolium perenne* L.) and subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) grown in biosolid treated Chilean soils. *Journal of Environmental Management*, v.90, n.8, p. 2665-2671, 2009.
- ANDRADE, C.A.; MATIAZZO, M.E. Nitratos e metais pesados no solo e nas árvores após aplicação de biossólido (lodo de esgoto) em plantações florestais de *Eucalyptus grandis*. *Scientia Forestalis*. v.58, p. 59-72, 2000.
- ANDREOLI, C.V.; FERNANDES, F.; DOMASZAK, S.C. *Reciclagem Agrícola do Lodo de Esgoto. Estudo preliminar para definição de critérios para uso agrônomo e de parâmetros para normatização ambiental e sanitária*. 2. ed. Curitiba. Companhia de Saneamento do Paraná, 1999. 81p.
- BARBOSA, G.M.C.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O.R.; FONSECA, I.C.B. Efeito residual do lodo de esgoto na produtividade do milho safrinha. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. v.31, p. 601-605, 2007.
- BARBOSA, G.M.C.; TAVARES, J.F.; FONSECA, I.C.B. Avaliação de Propriedades Físicas de um Latossolo Vermelho Eutroférico Tratado com Lodo de Esgoto por Dois Anos Consecutivos. *Revista Sanare*. v.19, n.19, 2003.
- BORGES, M.R.; COUTINHO, E. L. M. Metais Pesados no solo após aplicação de Biossólido. II- Disponibilidade. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. v.28, p. 557-568, 2004.
- BREDA, C.C. Utilização de lodo de efluente doméstico: efeitos na produtividade agrícola e em alguns aspectos ambientais. 2003. Tese (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista ‘Júlio de Mesquita Filho’, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Campus de Botucatu, São Paulo, 2003.
- CAMPOS, F.S.; ALVES, M.C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p. 1389-1397, 2008.
- DE MARIA, I.C.; KOCSSIS, M.A.; DECHEN, S.C.F. Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto. *Bragantia*, v.66, p. 291-298, 2007.
- FAVARETTO, N. Efeito do lodo de esgoto na fertilidade do solo e no crescimento e produtividade do milho (*Zea mays* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v.40, n.4, p.836-847, 1997.
- GOMES, S.B.V.; NASCIMENTO, C.W.A.; BIONDI, C.M. Produtividade e composição mineral de plantas de milho em solo adubado com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.5, p.459-465, 2007.
- GOMES, S.B.V.; NASCIMENTO, C.W.A.; BIONDI, C.M.; ACCIOLY, A.M.A. Distribuição de metais pesados em plantas de milho cultivadas em Argissolo tratado com lodo de esgoto. *Ciência Rural*, v.36, p. 1689-1695, 2006.
- GONÇALVES, F.T.A. *Dinâmica do nitrogênio em solo tratado com lodo de esgoto e cultivado com café*. 2005. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Agroambientais) – Instituto Agrônomo de Campinas, 2005.
- ILHENFELD, R.G.K.; ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I. Riscos Associados ao Uso do Lodo de Esgoto. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB). 1ª edição. Rio de Janeiro, 1999.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. 2008. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/pressidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1691&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/pressidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1691&id_pagina=1)>. Acesso em 09 de agosto de 2011.
- LOURENÇO, R.S.; ANJOS, A.R.M.; MEDRADO, M.J.S. Efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão, no sistema de produção da Bracatinga. *Revista Sanare*. v.5, n.5, p. 90-92, 1996.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: Nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 528p.
- MARQUES, M.O.; CORAUCCI FILHO, B.; BASTOS, R.K.X.; KATO, M.T.; LIMA, V.L.A. de; ANDRADE NETO, C.O.; MENDONÇA, F.C.; MARQUES,

P.A.A.; MARQUES, T.A.; BELLINGIERI, P.H.; VAN HAANDEL, A.C. Uso de esgotos tratados em irrigação: Aspectos agrônômicos e ambientais. In: BASTOS, R.K.X. Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. p.61-118.

MARTINS, A.L.C.; BATAGLIA, O.C.; CAMARGO, O.A.; CANTARELLA, H. Produção de grão e absorção de Cu, Fe, Mn e Zn pelo milho em solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.3, p.563-574, 2003.

MELO, W.J.; MARQUES, M.O.; SANTIAGO, G. Efeito das doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, p.449-455, 1994.

MIRANDA, G.M.; BISCAIA, R. C. M. Uso de lodo de Esgoto Calado na Produção de Milho. *Revista Sanare*. v.5, n.5, p. 86-89, 1996.

MONTE SERRAT, B.; SANTIAGO, T.R.; BITTENCOURT, S.; MOTTA, A.C.V.; SILVA L.A.T.P.; ANDREOLI, C.V. Taxa de aplicação máxima anual de lodo de esgoto higienizado pelo processo de estabilização alcalina: estudo comparativo de curvas de pH de solos. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n.19, p. 30-37, 2011.

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações Químicas em Solos e Crescimento de Milho e Feijoeiro após Aplicação de Lodo de Esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.28, p. 383-392, 2004.

SILVA, F.C.; BOARETTO, A.E.; BERTON, R.S.; ZOTELLI, H.B.; PEXE, C.A.; BERNARDES, E.M. Efeito de Lodo de Esgoto na Fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo Cultivado com Cana-de-Açúcar.

*Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.36, n.5, p. 834-840, 2001.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. I – Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, n.2, p. 487-495, 2002.

SIMONETE, M.A.; KIEHL, J.C. Extração e Fitodisponibilidade de Metais em Resposta à Adição de Lodo de Esgoto no Solo. *Scientia Agrícola*, v.59, n.3, p. 555-563, 2002.

SOUSA, J.T. de; CEBALLOS, B.S.O. de; HENRIQUE, I.N.; DANTAS, J.P.; LIMA, S.M.S. Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annum* L.). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.1, p. 89-96, 2006.

SOUZA, R.A.S.; BISSANI, C.A.; TEDESCO, M.J.; FONTOURA, R.C. Extração sequencial de zinco e cobre em solos tratados com lodo de esgoto e composto de lixo. *Química Nova* v.35, n.2, p. 308-314, 2012.

TSUTIYA, M.T. Alternativas de disposição final de biossólido. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; SOBRINHO, P.A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O. (Eds.). *Biossólidos na agricultura*. São Paulo, SABESP, Escola Politécnica – USP, ESALQ, UNESP, 2001. p. 133-180.

Recebido em: set/2011  
Aprovado em: dez/2011

# Economia Ecológica e Sustentabilidade Socioambiental

## Ecological Economics and Socio-environmental Sustainability

### RESUMO

Economia e ecologia são ciências de áreas divergentes que por muito tempo tiveram seus campos de conhecimento sem qualquer convergência no que se refere à questão ambiental. De um lado a economia, tomando a natureza como um meio gerador de recursos à produção; e de outro a ecologia, tentando conservar os recursos naturais. Entretanto, surgiram novas perspectivas dentro da economia que promoveram uma aproximação com a ecologia e, por conseguinte, a proposição de um novo modelo de desenvolvimento, denominado ecodesenvolvimento ou desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, o presente artigo tem como objetivo levantar na literatura especializada e analisar de forma sucinta o novo paradigma e algumas das importantes formulações conceituais, teóricas e de instrumental analítico elaborados pela Economia Ambiental e Economia Ecológica. São instrumentos que contribuem a decisões e gestão mais adequadas visando melhor relação entre a produção e consumo de bens e serviços (economia) e a natureza, contrapondo-se ao paradigma do crescimento econômico e sua desconsideração dos problemas socioambientais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Crescimento Econômico; Desenvolvimento Sustentável; Economia Ecológica

### ABSTRACT

Economy and Ecology are two different scientific areas which, for a long time, did not have any convergence in their knowledge fields regarding the environmental issues. On one side, the Economy, taking the nature as a resource generator for production; while on the other side, the Ecology, trying to conserve the natural resources. However, new perspectives on Economy began to appear and allowed an approximation to the Ecology and, consequently, it also permitted a proposition of a new development model, called Eco-Development or Sustainable Development. According to all of this, the present article aims to research specialized literature and analyze succinctly the new paradigm and some of the important conceptual formulations, theoretical and analytical instruments elaborated by the Environmental and Ecological Economics. Those are instruments that contribute to more appropriate management and decisions, aiming at a better relationship between production and consumption of goods and services (economics) and nature, in contrast to the paradigm of economic growth and its disregard for the social and environmental issues.

**KEYWORDS:** *Economic Growth; Sustainable Development; Ecological Economics.*

### Gilberto Montibeller F<sup>o</sup>

Economista, Doutor em Ciências Humanas: Sociedade e Meio Ambiente; Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma, SC, Brasil  
montibeller@unesc.net

### Gláucia Cardoso de Souza

Engenheira Ambiental; Mestre em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma, SC, Brasil  
gaudesouza@yahoo.com.br

### Kelly Daiane Savariz Bôlla

Psicóloga; Mestre em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma, SC, Brasil  
kellybolla@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

A partir da segunda metade do século XX, o movimento ambientalista se difunde e nas últimas décadas deste século se consolida, com a finalidade de aprofundar a consciência ecológica, frente a exploração desenfreada dos recursos naturais e a crescente deterioração do ambiente em âmbito global. Em razão da pressão social e da elaboração de protocolos e declarações, emergiu o conceito de ecodesenvolvimento, posteriormente substituído pelo termo desenvolvimento sustentável, cujos princípios baseiam-se na integração entre a conservação da natureza e o processo de desenvolvimento, na satisfação das necessidades humanas essenciais, na busca pela equidade, justiça e autodeterminação social, bem como, no respeito pela diversidade cultural e manutenção da integridade ecológica (MONTIBELLER, 2008).

Dessa forma, diante de vários princípios e de uma abordagem holística e sistêmica, o desenvolvimento sustentável prevê a necessidade de que os conteúdos econômicos e sociais sejam revistos, tendo em vista que os padrões de produção e consumo vigentes não podem ser mantidos ou expandidos. Sob tal ótica, o paradigma do desenvolvimento sustentável vai de encontro ao crescimento econômico, uma vez que este se dá a partir da exploração dos recursos naturais e da degradação socioambiental.

O conceito de desenvolvimento sustentável, popularizado pelo Relatório Brundtland como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades” (CMMAD, 1988, p. 46), é construído justamente na tentativa de conciliar a economia e a qualidade de vida da população, observando que os impactos decorrentes dos sistemas

produtivos não ultrapassem as possibilidades dos sistemas ecológicos de absorvê-los. É nesse contexto que surge a economia ecológica, diante do paradigma insustentável da economia e da necessidade de integração entre os sistemas econômico e ecológico.

Assim, o presente trabalho objetiva pesquisar na literatura especializada e analisar sucintamente o novo paradigma e algumas das importantes formulações conceituais, teóricas e de instrumental analíticos elaborados pela Economia Ambiental e Economia Ecológica. São instrumentos que contribuem para tomadas de decisão e gestão mais adequadas do ponto de vista socioambiental e visam uma melhor relação entre a produção e consumo de bens e serviços (economia) e a natureza. Contrapõe-se, conforme se destaca a seguir, ao paradigma do crescimento ou desenvolvimento econômico com sua desconsideração dos problemas socioambientais.

### CRESCIMENTO ECONÔMICO, DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

Para Martínez-Alier (2007), ainda que se fale em modernização ecológica, em ecoeficiência ou em desenvolvimento sustentável, deve-se reconhecer que há grande complexidade quando se tenta conciliar expansão econômica e conservação do meio ambiente. Tanto nas sociedades modernas industrializadas como naquelas em processo de industrialização, acredita-se ser o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) a melhor forma de atenuar os problemas econômicos dos grupos sociais, enquanto que os problemas ambientais surgem, quando muito, como considerações de segunda ou terceira ordem.

Os sistemas produtivos são guiados pela lógica de mercado, de modo que a proteção do meio ambiente é ao mesmo tempo

condição e custo para o sistema econômico, instrumentalizado pela racionalidade mecanicista e pela valorização a curto prazo. Os efeitos decorrentes da globalização econômica associados aos processos ecológicos se fazem perceptíveis em escala planetária através das diversas formas de degradação ambiental (LEFF, 2001).

O sistema econômico vigente caracterizado pela alta produtividade e pela acumulação de capital, denominado por Montibeller no subtítulo de sua obra *O Mito do Desenvolvimento Sustentável* (MONTIBELLER, 2008) como “o moderno sistema produtor de mercadorias”, se estabelece de forma hegemônica em detrimento da conservação do ambiente, da qualidade de vida e da autonomia cultural.

Ao mesmo tempo em que esse modelo econômico faz, hoje, um discurso universal de defesa ao meio ambiente, estimula as políticas neoliberais de desregulamentação e uso insustentável da natureza. Cavalcanti (2004) exemplifica tal fato quando afirma que simultaneamente à preocupação com a Amazônia, são cortadas as verbas destinadas à fiscalização ambiental. Da mesma forma, o autor cita o incentivo às práticas da monocultura, ao uso de pesticidas e agrotóxicos, bem como, à disseminação dos transgênicos. Procura explicação e entendimento acerca da crise ambiental e a busca pelo desenvolvimento nas contribuições do economista Celso Furtado, mais especificamente em sua obra *O Mito do Desenvolvimento Econômico*, através da qual este autor alerta sobre as consequências do progresso econômico contemporâneo ao meio ambiente, isto já no longínquo ano de 1974.

Celso Furtado (apud CAVALCANTI, 2003) levanta em sua obra duas questões inusitadas aos padrões da ciência econômica neoclássica da época, cujo contexto histórico não permitia visualizar

qualquer relação entre o progresso econômico e a possibilidade de incorporação da dimensão ambiental, da qual resultaria futuramente, a economia ecológica. A primeira questão por ele exposta se refere aos impactos da economia no meio físico, ou seja, sobre a natureza; e a segunda relaciona-se à ideia de desenvolvimento como um mito, como algo inalcançável em tais modos.

Há mais de trinta anos, Furtado (1974) já refletia sobre os padrões de consumo dos ricos, e alertava sobre a tentativa inviável de reprodução destes hábitos pelos países periféricos, tanto devido à expansão demográfica dos excluídos, como devido ao aumento do desperdício, promovendo assim, pobreza e degradação ambiental. Por conseguinte, a elevação da produtividade e a consequente acumulação do capital caracterizam a vigência de um sistema econômico excludente que contribui direta e efetivamente para o agravamento das disparidades sociais.

Na visão de Morin (1995) e Sachs (2007), o modelo econômico dominante funciona a partir da livre externalização dos custos socioambientais e da ampliação das desigualdades socioeconômicas. O desenvolvimento como é praticado, no sentido de crescimento, trata de uma concepção tecno-econômica extremamente reducionista, que ignora os problemas humanos, revelando, logo, que a noção de desenvolvimento se apresenta gravemente deturpada. Daly (2004) esclarece as diferenças entre os termos crescimento e desenvolvimento e afirma que é impossível sair da pobreza e da degradação ambiental através do crescimento econômico mundial. Enquanto “crescer” equivale a aumentar de tamanho por meio de assimilação ou acréscimo, “desenvolver-se” significa expandir os potenciais de algo, evoluir para um estado melhor. Dessa forma, observa-se que tais termos são empregados de maneira

equivocada, tomando o crescimento como se desenvolvimento fosse.

Enquanto que na perspectiva da microeconomia existe a imposição de limites ao crescimento a fim de alcançar o ótimo de produção para se obter maior lucro, Cavalcanti (2004) aponta para a falta de limites com a qual a economia opera em nível macro, acreditando que é sempre possível e desejável crescer. Não obstante, quanto maior o PIB de uma economia, em geral maiores são suas taxas de exploração dos recursos naturais e esgotamento dos recursos não-renováveis, bem como, maior a geração de resíduos e, conseqüentemente, o desperdício. Nessa ótica, constata-se que crescimento, ao se relacionar somente ao aspecto econômico, e desenvolvimento, multidimensional, se apresentam em vias opostas.

Dessa forma, os dados utilizados para apresentar o comportamento da economia nacional acabam por distorcer a realidade, uma vez que não incorporam em seu cálculo os custos sociais e ambientais provenientes do mimetismo cultural, que leva ao consumismo, e da degradação ambiental, decorrentes da busca pelo progresso econômico. A “vaca sagrada” dos economistas, como Celso Furtado se refere ao PIB, não passa de uma estratégia capitalista e globalizadora, na opinião do autor, que dá a falsa impressão que o país está se desenvolvendo de modo geral.

Cavalcanti (2004, p. 149) constata que no período de cinquenta anos após a Segunda Guerra Mundial, a população do Brasil praticamente triplicou e o PIB aumentou mais de 12 vezes. Todavia, como observa o autor, os avanços na economia nacional se deram paralelamente a desmatamentos maciços e conseqüente perda da biodiversidade, a queimadas para formação de pastagens e extração de recursos minerais, entre outras práticas nocivas ao ambiente. Além

do sistema ter avançado sua economia às custas da degradação de recursos naturais, aprofundou a desigualdade socioeconômica, com 21,5% da população situada abaixo da linha de pobreza nos anos 1990, final do período em consideração (UNDP, 2007/08).

Montibeller (2006) comenta sobre essa falsa ideia de desenvolvimento, sobretudo, durante a fase de forte expansão econômica mundial, a partir dos anos de 1950, se estendendo até o final dos anos 70. Tal ascensão ampliou e tornou mais visível a intensidade dos impactos ambientais gerados pela atividade produtiva, despertando a atenção, inicialmente, dos movimentos ambientalistas, os quais, por meio de conferências, encontros, declarações, cartas e outros meios mobilizaram a sociedade.

Ao contrário do que era apregoado na época do “milagre econômico” brasileiro (meados dos anos 70), o crescimento econômico caminha de encontro ao desenvolvimento sustentável, no sentido de a este se contrapor. Enquanto o desenvolvimento econômico a acumulação de riquezas eram entendidos como processos compatíveis, acreditava-se que o aumento dos indicadores econômicos refletisse também melhores condições sociais, de qualidade de vida e a proteção do ambiente. Todavia, ressalta aqui a segunda questão abordada por Celso Furtado e corroborada por Cavalcanti, de que o desenvolvimento, enquanto crescimento econômico que possibilitaria aos pobres desfrutar das mesmas condições dos ricos, é algo fantasioso.

O processo de acumulação, de fato, tende a aumentar o fosso entre pobres e ricos, e a generalização mundial dos padrões de consumo da minoria privilegiada não é algo possível, por ser depredador do meio ambiente, já que a economia é subsistema aberto da Terra, este um sistema

materialmente fechado, limitado. Por isso a necessidade de o desenvolvimento adotar uma nova orientação, que atente para a preservação da natureza, para o respeito à identidade cultural de todos os povos e com diretrizes igualitárias, com vistas à redução dos desperdícios provocados pela extrema diversificação e quantificação dos padrões de consumo dos povos mais ricos, o qual, caso fosse generalizado, levaria o mundo ao colapso.

## DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ECONOMIA ECOLÓGICA

Desenvolvimento sustentável, de acordo com Cavalcanti (2004), traz a ideia de que a economia e o bem-estar humanos devem ser promovidos causando apenas estresses que o sistema ecológico possa absorver, já que toda e qualquer atividade humana é causadora de danos ambientais, seja na extração de recursos naturais, beneficiamento ou posterior descarte. Nesse sentido, Cavalcanti (2004) e Daly (2004) afirmam que o modelo de desenvolvimento econômico baseado na economia neoclássica é incompatível com a sustentabilidade, já que seu objetivo último é crescimento econômico, independente dos meios para alcançá-lo. Cavalcanti (2004) explica que a economia neoclássica, nova versão da economia clássica e mais estreita, defende que o livre mercado é capaz de gerar a mais eficiente alocação dos recursos, a mais elevada produção, a mais justa distribuição de renda, o mais rápido progresso tecnológico e a melhor utilização da natureza. Ao contrário disso, críticos assinalam que a economia global está favorecendo o uso exacerbado e esgotamento dos recursos naturais, reprodução insustentável do modelo de consumo e desperdício dos países ricos, aumento da pobreza, sem que haja benefícios ao bem-estar da população menos favorecida. Nas palavras de Cavalcanti (2004, p. 150)

está ocorrendo: “passivo ambiental crescente e sempre mais infelicidade humana”.

Desse modo, surge a economia ecológica como um novo esforço da ciência para a gestão da sustentabilidade. Baseada na teoria geral de sistemas, matemáticas não-lineares, termodinâmica de não-equilíbrio e da economia enquanto ciência da vida, a economia ecológica impõe a necessidade de uma visão holística e transdisciplinar no estudo dos sistemas ecológicos e econômicos; pois, de acordo com Cavalcanti (2004, p.155) “são sistemas vivos complexos e adaptativos, que necessitam ser estudados como sistemas integrados em coevolução para que possam ser adequadamente compreendidos, trabalhados e desenvolvidos”. Visto que os problemas ambientais – buraco na camada de ozônio, mudanças climáticas, destruição da biodiversidade em diferentes ecossistemas, contaminação dos lençóis freáticos, escassez de água, entre outros – irão afetar a todas as pessoas, o autor defende a necessidade de enfrentamento em nível mundial, no que inclui a questão da tecnologia adequada e do seu livre uso pelas empresas, além de se avaliar os padrões de consumo/desperdício insustentáveis.

A crítica ecológica à ciência econômica começou há mais de cem anos. Martínez-Alier (2007, p. 46) afirma que “as contribuições essenciais de uma visão ecológica da economia existiam muito antes do nascimento de uma economia ecológica consciente de si mesma”. Isto é, anteriormente à ocorrência de reuniões, conferências e publicações na área, já se faziam aproximações entre esses campos do conhecimento; o autor atribui a demora para ocorrer a convergência conceitual entre ambos à rigidez das fronteiras existentes entre as ciências naturais e as sociais.

Preliminarmente à integração entre economia e ecologia, muitos eventos e

descobertas já contribuíam para a fundamentação e consolidação da convergência referida, a saber: a descoberta dos ciclos do carbono e dos nutrientes; o estabelecimento da primeira e segunda leis da termodinâmica (referentes a conservação de energia e entropia), por volta de 1850 e 1860; a distinção fundamental entre consumo endossomático (o qual é determinado biologicamente) e exossomático (consumo socialmente determinado) de energia pelos humanos, entre os anos de 1910 e 1920; e, sobretudo, a obra de Nicholas Georgescu-Roegen, denominada “A Lei da entropia e o processo econômico”, no ano de 1971, a qual representa o principal fundamento da crítica ecológica à economia convencional (MARTÍNEZ-ALIER, 1998, 2007).

Montibeller (2004) afirma que a partir da obra citada, os economistas ecológicos começaram a analisar considerando os fluxos físicos de energia e de materiais na transformação da matéria, que é a essência da economia. Fundamentados nas leis da termodinâmica, sobretudo na da entropia, chegaram à conclusão de que o aumento da entropia poderia ser freado através do uso racional de matéria e energia e das práticas de reciclagem. Em seguida, no ano de 1982, foi lançada a revista Economia Ecológica, na Suécia, como iniciativa da ecóloga Ann Mari Jansson. Em 1987, mesmo ano da publicação do Relatório Brundtland sobre o desenvolvimento sustentável, foi deliberada a fundação da Sociedade Internacional da Economia Ecológica, em Barcelona, e publicado o livro Economia Ecológica, de autoria de Joan Martínez-Alier e Klaus Schlüpmann. Dois anos mais tarde, ocorreu a primeira publicação da bem sucedida revista científica Ecological Economics. Na sequência, uma primeira Conferência Mundial foi realizada por economistas ecológicos em Washington, no ano de 1990, na qual a economia

ecológica foi definida conceitualmente como “a ciência e gestão da sustentabilidade” (MARTÍNEZ-ALIER, 2007).

Logo, enquanto a economia neoclássica analisa os preços através de uma concepção metafísica da realidade, a economia ecológica enxerga o planeta como um sistema aberto à entrada de energia solar e seu funcionamento exige tanto um fornecimento adequado de energia e matérias, quanto a disposição de maneira não contaminante dos resíduos produzidos (MARTÍNEZ-ALIER, 1998).

Cavalcanti (2010) afirma que a atividade econômica deve ser concebida como um sistema aberto dentro de um grande ecossistema, que representa o todo, sendo a economia uma de suas partes. Os insumos passam pelo sistema e se transformam em lixo ou matéria e energia degradadas. Sob o ponto de vista da termodinâmica, ocorre a transformação de matéria e energia de baixa entropia (recursos naturais) em matéria e energia de alta entropia (lixo).

Para Leff (2001), tendo em vista os princípios que hoje fundamentam a ordem econômica dominante, torna-se indispensável o desafio de transformar o paradigma insustentável da economia através de novos fundamentos e de uma nova teoria que leve em consideração a internalização das condições ecológicas e sociais. Nesse contexto, a contribuição mais relevante da economia ecológica, além de alertar sobre os custos ecológicos invisíveis ao mercado, é proporcionar a construção de outra racionalidade produtiva, que tenha como princípios a sustentabilidade ecológica, a equidade social e a diversidade cultural, enfim o desenvolvimento sustentável.

A economia ecológica, tal qual vem se consolidando desde 1980, estuda justamente como enfrentar a relação entre a economia e o meio ambiente através de uma visão sistêmica. Trata-se de um campo de estudos

transdisciplinar, estabelecido nos anos recentes, que visualiza a economia como um subsistema de um ecossistema físico global e finito (MARTÍNEZ-ALIER, 2007).

No entendimento de Leff (2001), em face de uma crise ambiental com a qual se questiona a racionalidade das bases econômicas, a economia ecológica está construindo um novo paradigma teórico e abrindo as fronteiras disciplinares dos diferentes campos científicos, com o objetivo de valorizar e incorporar as condições ecológicas do desenvolvimento. Sob esta perspectiva, a economia ecológica lança um olhar crítico sobre a degradação ambiental oriunda dos processos de produção e consumo, a partir da percepção dos limites ecológicos e entrópicos, “tentando sujeitar o intercâmbio econômico às condições do metabolismo geral da natureza” (LEFF, 2001, p. 44).

Na perspectiva do desenvolvimento sustentável como objetivo da economia ecológica, Daly (2004) elenca algumas de suas diretrizes: deter os níveis de consumo ora praticados através de taxações da exploração dos recursos naturais; fazer compensações financeiras reduzindo o imposto de renda dos mais desprovidos em face da elevação do rendimento público; explorar os recursos não-renováveis proporcionalmente à criação de substitutos renováveis, dentre outras.

Martínez-Alier (1998, p. 268) coloca:

O que é economia ecológica? É uma economia que usa os recursos renováveis (água, pesca, lenha e madeira, produção agrícola) em ritmo que não exceda sua taxa de renovação, e que usa os recursos esgotáveis (petróleo, por exemplo) em ritmo não superior ao de sua substituição por recursos renováveis (energia fotovoltaica, por exemplo). Uma economia ecológica conserva, assim, a diversidade biológica, tanto silvestre quanto agrícola. [...] é

também uma economia que gera resíduos apenas na quantidade que o ecossistema pode assimilar ou reciclar.

Todavia, esta modalidade da economia é muitas vezes vista equivocadamente como uma tentativa de imputar valores monetários aos bens e serviços ambientais. Na verdade, as pretensões de valoração ambiental e as iniciativas na tentativa de corrigir ecologicamente a contabilidade macroeconômica são características da economia ambiental neoclássica. São, todavia, aceitas pela economia ecológica como instrumentos para tomada de decisões, desde que considerem os limites físicos dos sistemas ecológicos. Para tanto, são empregadas ferramentas de gestão como avaliação ambiental integrada e avaliações ambientais multicriteriais para a tomada de decisões.

Cavalcanti (2004) propõe a compreensão termodinâmica do processo econômico como ponto importante da economia ecológica, pois a economia é um sistema aberto dentro do contexto biofísico, que se baseia em fluxos de energia e materiais. Portanto, se toda atividade humana significa transformação de energia, também a economia pode ser entendida em termos da termodinâmica, o que provoca uma mudança na atuação do processo econômico no sentido do manejo dos recursos naturais e da revisão da dinâmica do crescimento econômico.

Dessa forma, a economia ecológica não se compromete unicamente com a valoração monetária dos bens e serviços ambientais; é um tipo de análise que acima de tudo leva em consideração a natureza, por intermédio de indicadores físicos e sociais (MARTÍNEZ-ALIER, 2007). Nesse sentido, Cavalcanti (2004) expõe que a economia ecológica não é uma nova ciência ou disciplina, mas uma empreitada entre cientistas naturais e sociais e atores envolvidos em

ações concretas de desenvolvimento, para se chegar a um novo entendimento da realidade humana, do que se derivam considerações importantes para análise e política. Para ele, a economia ecológica tem o sentido de uma economia política da ecologia.

De modo geral, a economia ecológica, através de um campo metodológico variado expresso pelos esforços transdisciplinares, visa a construção de uma economia da sustentabilidade que integre e amplie o estudo e a gestão da economia e da ecologia, ou seja, do “lar da humanidade” e do “lar da natureza”, respectivamente (PORTO; MARTINEZ-ALIER, 2007).

A economia ecológica desenvolve e introduz os seguintes temas e métodos (MARTÍNEZ-ALIER, 2007): novos indicadores e índices de (in) sustentabilidade da economia; aplicação nos ecossistemas humanos de concepções ecológicas como capacidade de carga e resiliência; valoração dos serviços ambientais em termos monetários, mas também a discussão sobre a incomensurabilidade de valores; aplicação de métodos de avaliação multicriterial; macroeconomia ecológica e contabilidade do capital natural; noções de sustentabilidade “forte” e sustentabilidade “fraca”; as teorias do consumo e como este se relaciona com os impactos ambientais; instrumentos das políticas ambientais baseados, muitas vezes, no princípio da precaução.

Além disso, discute “a incapacidade da ciência normal para lidar com riscos, incertezas e a complexidade dos problemas socioambientais associados às atividades econômicas; a degradação socioambiental e a dívida ecológica associadas ao comércio internacional” (PORTO; MARTINEZ-ALIER, 2007, p. 504-505).

Martínez-Alier (1998) destaca que para caminhar da economia do desperdício para a

economia ecológica é preciso uma série de medidas, que devem ser aplicadas por vários decênios, começando pela redução de emissões contaminantes e uso de recursos naturais. Segundo o autor, tal objetivo pode ser alcançado mediante proibições legais, multas e sanções, bem como, incentivos e penalidades econômicas.

### **ESPAÇO SOCIOAMBIENTAL, TROCA DESIGUAL E SUSTENTABILIDADE**

No debate sobre sustentabilidade, a economia ecológica constrói dois conceitos-chaves: o de espaço socioambiental e o conceito de troca eco-econômica desigual. Troca ou intercâmbio, na ciência econômica, refere-se não somente a escambo, mas a todo processo relacionado à compra e venda. Assim, por exemplo, um recurso ambiental sendo comercializado a preço que não contempla todo o seu valor econômico, representa uma troca desigual no sentido ecológico.

Espaço socioambiental e troca desigual são dois conceitos importantes na discussão sobre a inter-relação entre países, regiões, cidades ou mesmo entre produtores individuais e consumidores, pela perspectiva da economia ecológica (MONTIBELLER, 2004). Segundo o autor referido, a ideia de que a inter-relação econômica entre dois territórios resulta em benefícios a ambos, baseada na lei ricardiana das vantagens comparativas, está equivocada; a relação entre eles pode provocar vantagens de um ante prejuízos do outro, sendo que desses últimos destacam-se os problemas ambientais. A compreensão desse fenômeno fundamenta-se nos dois conceitos principais referidos, troca econômico-ecológica desigual e espaço socioambiental, ambos desenvolvidos no âmbito da economia ecológica, cujo paradigma guiador é o de desenvolvimento sustentável.

De acordo com Leff (2001), a sustentabilidade emerge como uma necessidade de restabelecer o lugar da natureza na perspectiva da teoria econômica e das práticas de desenvolvimento e, por conseguinte, de assegurar a sobrevivência da humanidade por meio da internalização das condições ecológicas da produção. No contexto da descentralização da economia e da construção de uma racionalidade ambiental baseada em princípios não-mercantis, a sustentabilidade se definiria a partir de significados sociais e estratégias políticas diferenciadas.

Como conceito fundamental para a sustentabilidade, espaço socioambiental designa os lugares onde determinada economia capta recursos naturais e onde deposita seus rejeitos, de modo que o espaço socioambiental pode ser maior do que o espaço de produção. Nesse caso, a sustentabilidade depende, então, das condições de toda a área afetada por uma atividade, ou seja, sua “pegada ecológica” (MONTIBELLER, 2004). Para o autor, inspirado em Toledo (1993), a troca desigual é o mecanismo econômico de exploração da força-de-trabalho e consequente empobrecimento social e ecológico de setores e países.

Há dois tipos de troca desigual: a socioeconômica e a eco-econômica. A primeira refere-se a diferenciais de produtividade e salários entre os intercambiantes, conceitualmente elaborada por autores como Arghiri Emmanuel (1969) e Samir Amin (1973). A segunda, a troca eco-econômica desigual, é considerada por economistas ecológicos, como Joan Martínez-Alier e Elmar Altvater, referidos adiante, e levanta o problema de que os preços de mercado não contemplam os custos ambientais da produção da mercadoria, se o recurso é renovável ou não, e muito menos as condições de vida dos trabalhadores (MONTIBELLER, 2004).

Martínez-Alier (1994) evidencia a troca desigual não só na infra-valorização da força-de-trabalho dos pobres no mundo, na deterioração da relação de intercâmbio no que se refere a preços, mas também quanto ao “tempo de produção” (vende-se produtos extraídos cuja reposição é impossível ou demorada em troca de produtos de fabricação rápida).

Na obra *O Preço da Riqueza*, Altvater (1995) discute a riqueza de alguns países em detrimento da miséria de outros, isso porque o preço de produtos primários produzidos por países subdesenvolvidos não expressam o desgaste ambiental e social sofridos em seu território. Além disso, o autor chama a atenção para a externalização (a empresa não assume, não internaliza, os custos de danos provocados), pelas empresas, dos custos que deveriam ser privados, mas que são convertidos em custos sociais globais, como é o caso da poluição. Logo, considerando a extração de um bem ambiental por um país desenvolvido praticada em um país subdesenvolvido, por exemplo, tem-se o primeiro com elevada ordem no panorama mundial, enquanto no segundo se concentram as degradações da natureza e da sociedade (a miséria social). Cabe aqui a afirmação de Altvater (1995) ressaltada por Montibeller (2004), quando conclui que: o preço da riqueza de alguns é a miséria socioambiental de outros.

Sendo assim, a economia ecológica aponta a falta de inclusão das externalidades negativas do processo econômico aos preços dos produtos e entende também que isso não poderia ser corretamente calculado, uma vez que há a incomensurabilidade diacrônica ou inter-geracional – não se pode saber hoje qual será o exato valor de um bem para gerações futuras. De acordo com Martínez-Alier (1994), é o movimento ambientalista e não são os preços, quem revela os custos ecológicos do produto. Esse

movimento, então, aparece como indispensável para pressionar o mercado, seja através de leis, regulamentos, incentivos ou comportamento do consumidor dando preferência a produtos com selo verde, mesmo a preços mais elevados, a absorver nos preços pelo menos parte dos custos ecológicos.

Quanto à troca socioeconômica desigual, Montibeller (2004) coloca que esta se baseia no mecanismo em que mercadorias com idênticas quantidades de trabalho são intercambiadas por preços diferentes, denotando desigualdade nos salários de cada economia. Quando considerado também o caráter ecológico da desigualdade, tem-se a troca desigual total ou troca eco-socioeconômica desigual. De acordo com o autor, de modo geral, os países, regiões ou produtores individuais são pobres não por produzirem pouco, mas porque seus produtos são vendidos a preços baixos, existindo então, uma troca desigual que explora força-de-trabalho e causa empobrecimento social e destruição ambiental. Uma busca de interpretação utilizando o conceito de troca eco-socioeconômica desigual aplicado ao histórico e atual processo de exploração do carvão mineral na região Sul catarinense é feita por Montibeller, em artigo cujo título *Análise Econômica do Empobrecimento Socioambiental da Região Carbonífera de Santa Catarina* (2009) designa seu objetivo e os resultados do processo.

Cavalcanti (2004) sinaliza para o fato de os custos associados aos processos destruidores da natureza normalmente não serem computados negativamente nos cálculos econômicos tanto de compra e venda de produtos quanto ao cálculo do PIB, por exemplo. Acredita, por isso, que estimar o valor monetário de recursos naturais seria um mecanismo para avaliar se o desenvolvimento está sendo sustentável, por ter-se uma noção econômica das externalidades

negativas geradas. Celso Furtado, comentado por Cavalcanti (2003), defende que os impactos ou custos ambientais oriundos do processo econômico devem aparecer como valores negativos nos cálculos do PIB. A consideração desses cálculos estaria contribuindo para uma nova concepção quanto ao crescimento econômico, podendo até torná-lo negativo, significando que para crescer é preciso destruir. O impacto sobre as políticas públicas poderia ser expressivo, pois a “vaca sagrada”, crescimento do PIB, estaria revelando seu lado “profano”, e possivelmente levaria à redução do desperdício de recursos, já que assim se estaria diminuindo a parcela negativa inserida no PIB, ou a um outro tipo de crescimento – ao desenvolvimento.

O autor referido, Cavalcanti (2004), sinaliza também para o fato de ser atribuído valor zero a bens e serviços ambientais, dando-lhes a condição de “bens livres”. Por conta disso, a economia degrada e exaure ecossistemas, desmatando florestas, destruindo manguezais, tudo em prol de crescimento econômico sem avaliação dos danos decorrentes, muitas vezes irreversíveis. O autor aponta ainda, que os custos da destruição de uma bela paisagem ou da extinção de uma espécie são externalidades não incluídas nos cálculos econômicos. Assim, estimar o valor monetário de recursos naturais esgotados seria um mecanismo para avaliar se o desenvolvimento está sendo sustentável, ao menos por ter uma noção econômica das externalidades negativas geradas.

## VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL E O VET

Um instrumento capaz de revelar valores não considerados nos preços e, portanto detectar a troca eco-desigual, além de contribuir para decisões ambientalmente mais adequadas é o da valoração ambiental. Valoração

ambiental é um processo que visa conhecer todos os valores presentes em um bem da natureza, sejam estes apropriados ou não nos preços de mercado – neste caso, é feita uma imputação de valor. Utiliza-se a expressão Valor Econômico Total dos bens e serviços ambientais – VET, para designar essa ferramenta. Assim, por exemplo, uma floresta preservada tem seu valor definido pelo fato de existir e pelos serviços de regulação do clima, entre outros, conforme os componentes do VET que serão apresentados mais adiante.

O VET é um instrumento concebido no âmbito da economia ambiental neoclássica para valorar econômica e monetariamente bens e serviços ambientais. Embora criado por uma corrente da economia que é criticada pela economia ecológica, esta o considera em determinadas aplicações e circunstâncias. A valoração ambiental se faz importante diante da não precificação de valores dos bens e serviços naturais que agrava a extração de recursos e o depósito de rejeitos, além da degradação ambiental proveniente da implantação de projetos altamente predatórios, desmatamentos, entre outras inúmeras agressões cometidas ao meio ambiente.

Montibeller (2004) menciona que muitas vezes o baixo preço de um recurso natural não se deve à sua abundância, mas porque seu preço não engloba o valor ambiental nem a questão da equidade intergeracional, isto é, a importância do bem para as gerações futuras. De acordo com o autor, diante da dificuldade de mensurar valores corretos dos bens ambientais devido à questão da incomensurabilidade intergeracional e outras, esta será sempre uma fonte de troca eco-desigual por conta de que os valores são calculados no presente, pelas gerações atuais, manifestando-se quanto a possíveis preferências das gerações futuras. Mesmo assim,

Cavalcanti (2004) destaca não ser o valor monetário em si que interessa, mas sim o fato da valoração econômica total dos bens ambientais (VET) ter o intuito de valorizar, no sentido de agregar valor, o recurso natural.

Assim, a valoração ambiental busca atribuir valores econômicos aos bens e serviços da natureza e, ainda que não haja uma metodologia totalmente definida ou que os valores obtidos sejam corrigidos – e não corretos, em função da dificuldade de “comensurar o incomensurável” – é bastante impactante ao ser humano a associação com o valor (inclusive valores morais, éticos, de existência do bem ambiental, presentes no VET). A incomensurabilidade diz respeito à ausência de uma unidade comum de medida, o que não significa que não se pode, a partir de uma base racional, comparar decisões alternativas a partir de diferentes escalas de valores (MARTÍNEZ-ALIER, 1998).

O Valor Econômico Total corresponde ao somatório dos valores de uso com o valor de existência de um bem ou serviço ambiental, ou seja:  $VET = \text{Valor de Uso (atual + futuro)} + \text{Valor de Existência}$  (MONTIBELLER, 2008). O valor de uso atual refere-se ao uso efetivo do recurso ambiental, podendo ser direto, se o meio ambiente fornece recursos ao processo produtivo; ou indireto, referente àquilo que decorre das funções ecológicas (receptar e assimilar rejeitos do processo produtivo ou regularizar o clima através das florestas, por exemplo). O valor de uso futuro considera o uso potencial do bem ou serviço ambiental no futuro, inclusive pelas gerações vindouras, expresso em valores atuais. É considerado valor de opção, por ser uma possibilidade de usufruto futuro. O valor de existência diz respeito ao valor intrínseco da natureza, é não-instrumental no sentido de que não está relacionado a uso pelos seres humanos. Engloba o valor relacional

(referente à dependência de outros bens, objetos ou seres não-humanos ao bem considerado) e o valor objetivo (valor que independe de qualquer consideração; exige ética ambiental).

Os valores de existência são obtidos, geralmente, mediante o Método da Valoração Contingencial ou da Valoração Contingente, através dos conceitos de Disposição a Pagar (DAP) ou de Disposição a Aceitar Compensação (DAC), os quais dependem da manifestação das pessoas, em um mercado imaginário. Sendo avaliado pelas pessoas relacionadas direta ou indiretamente à questão pesquisada, esse valor pode ficar comprometido devido a pouca informação do avaliador, ao caráter egoísta ou à impossibilidade de captar certos valores. Montibeller (2008) afirma que somente uma população melhor informada ou conscientizada a respeito da importância da conservação e preservação do meio ambiente é capaz de avaliar de maneira “correta” o valor econômico de um bem ambiental. Isso seria o resultado de um processo sistemático de educação ambiental. De acordo com o autor, mesmo havendo alguns problemas na obtenção do VET, ele influencia significativamente nas decisões com relação a projetos em empreendimentos intimamente ligados ao meio ambiente, bem como interfere na aplicação da legislação ambiental em empreendimentos privados e públicos.

Visto isso, Kinpara (2006) compreende que na questão ambiental, a economia evoluiu da economia neoclássica à economia ambiental e desta à economia ecológica. Conforme o autor, a economia ambiental percebe o meio ambiente como repositório de resíduos do processo produtivo, e já a economia ecológica o entende como um subsistema aberto dentro do sistema maior, em que o sistema econômico está interligado aos

ecossistemas. Daly (2002 apud CAVALCANTI, 2004) defende a sustentabilidade ecológica, ou seja, a manutenção de estoques físicos de capital natural e não de seus correspondentes monetários.

Ainda que seja necessário diminuir do PIB os indicadores de recursos naturais degradados ou esgotados, Cavalcanti (2004) problematiza a valoração econômica dos recursos naturais no sentido de que existe o perigo de se acreditar que eles valem aquilo que os cálculos mostram e que são substituíveis. Nessa discussão, Leff (2000) se posiciona contrário à valoração ambiental, alegando que jamais o dinheiro poderá reviver processos vitais mortos por causa da busca por lucro, além de não existir certeza quanto aos impactos futuros de ações degradantes cometidas no presente, tampouco uma maneira de se valorar a estabilidade de um ecossistema.

No entanto, com o uso do VET, a economia ecológica não pretende “precificar” a natureza, mas exibir um valor econômico de seus recursos e o prejuízo irreversível de sua destruição, incorporando a noção de sustentabilidade ambiental no processo produtivo (KINPARA, 2006). Nesse sentido, o VET tem a finalidade de mensurar considerando valores de uso atual e futuro, e de não-uso, inclusive o valor de existência, com o qual, se busca o valor mais próximo da plenitude do bem ou serviço ambiental (no todo ou em parte não considerado nos preços); e então, é uma ferramenta muito importante nos processos de decisão, atuando favoravelmente à sustentabilidade socioambiental.

A gestão ambiental, estando cada vez mais complexa, precisa conhecer a dinâmica entre economia e natureza, encontrando medidas que favoreçam também o bem estar social. Isso implica dimensionar os benefícios e custos de manter ou recuperar, ou a perda que significa destruir determinado

patrimônio ambiental, compensando os gastos em preservá-lo, o que exige a valoração econômica do patrimônio. Nesse sentido, Montibeller (2006) defende que o VET seja considerado na gestão ambiental pública, sendo aplicado na legislação ambiental, pois o instrumento reconhece o valor de existência dos bens e serviços ambientais, o que favorecerá uma melhor relação entre projetos e meio ambiente. De acordo com autor, a inclusão do VET nas análises de um projeto ou de um empreendimento é um mecanismo importante para que os avaliadores dos órgãos competentes proponham com maior margem de acerto as medidas compensatórias ou mitigatórias ao meio ambiente, perante o Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA). Assim, ainda que comporte alguns problemas, o VET inclui menos subjetivismo do que seu não uso, e oferece benefícios como:

- # Medir a importância, através do valor que a população atribui a bens preservados ou ao meio ambiente não degradado ou recuperado, definindo assim prioridades em programas e projetos públicos;

- # Estipular valores de indenizações por dano moral ao meio ambiente, através de critérios socialmente estabelecidos, fazendo-se aplicar a legislação ambiental; e

- # Melhorar a gestão ambiental.

Norgaard (1999) entende a valoração econômica dos bens e serviços ambientais como fase de um processo interativo com o discurso moral e a tomada de decisão política. De modo geral, o emprego do Valor Econômico Total dos bens e serviços ambientais torna-se relevante à medida que a natureza passa a ser valorizada por sua própria existência e imprescindibilidade à vida em todas as suas manifestações, assim como à saúde e bem estar de todos.

Para finalizar, cabe considerar, ainda que de maneira sucinta, acerca da difusão e alcance do paradigma da sustentabilidade e dos instrumentos de decisão e gestão propostos pela nova área das ciências econômicas para sua efetividade. Evidências indicam a disseminação do conceito de desenvolvimento sustentável – o que de resto garante sua condição de paradigma, segundo Kuhn (1996) – e a relativa difusão e uso dos instrumentos referidos. Análises Benefício Custo Ambiental, nas quais é comum o uso do VET, tem sido apresentadas em artigos e livros. Seroa da Motta (1997) por exemplo, descreve e analisa vários casos de sua aplicação, porém não se tem notícia da efetiva contribuição dos resultados das análises para o fim de políticas públicas. Análises pela ótica dos fluxos físicos de energia e de materiais, em economia, são raras. O uso de indicadores e índices de sustentabilidade é mais difundido, inclusive com o foco de sustentabilidade e equidade no Relatório de Desenvolvimento Humano – 2011, da ONU (UNDP, 2011). Por outro lado, sondagens preliminares recentemente realizadas indicam que os cursos de ciências econômicas em geral, que deveriam estar se adequando na busca de melhorar a relação entre economia e meio ambiente, raro ou apenas marginalmente, ou somente em cursos esporádicos de especialização tratam da temática – e a programação do Conferência Rio+20, pela sua temática central, a Economia Verde, está a mostrar o quanto se espera dos economistas.

O limite, isto é, até que ponto os processos de gestão socioambiental podem avançar considerando o moderno sistema produtor de mercadorias - o capitalismo em seu formato contemporâneo -, é dado pela lógica do maior e mais imediato lucro no campo microeconômico e do crescimento da economia no âmbito macro. As questões socioambientais só marginalmente, no geral, entram

em suas considerações; mesmo assim somente quando resultam neutros ou favoráveis aos resultados da empresa – a principal unidade de produção. A questão dos limites da gestão socioambiental em sistemas capitalistas é, todavia, complexa – um ensaio analítico pode ser encontrado em Montibeller (2008) – já que sua menção se faz necessária, embora não coubesse em detalhes no escopo do presente trabalho.

Os instrumentos para processos de gestão da sustentabilidade, no qual se integram os mecanismos de decisão, foram explorados ao longo do presente texto reconhecendo décadas de esforço acadêmico e iniciativas de gestão privada e pública na direção da sustentabilidade, estas últimas não abordadas nos limites do presente artigo. A razão principal desse aporte teórico e prático reside em que muito pode ser feito visando melhorar a relação da economia com a natureza, apesar do limite da atuação referido.

## CONCLUSÕES

O principal objetivo deste artigo foi analisar de forma sucinta o surgimento e disseminação do novo paradigma do desenvolvimento sustentável e algumas das importantes formulações conceituais, teóricas e instrumentais elaboradas pela Economia Ambiental e pela Economia Ecológica, mediante pesquisa na literatura especializada. As proposições da nova área da ciência econômica, conforme visto, visam contribuir para decisões e gestão mais adequadas a uma melhor relação entre a produção e consumo de bens e serviços (economia) e a natureza, contrapondo-se ao paradigma do crescimento econômico e sua desconsideração dos problemas socioambientais.

Destacou-se a criação de conceitos como os de espaço socioambiental e de troca eco-

econômica desigual, importantes para as análises de como uma determinada sociedade pode estar enriquecendo econômica e ambientalmente, repassando para outras a sua insustentabilidade socioambiental. Assim, mediante a aplicação dos conceitos, o problema é revelado com o intuito de evitar que a sustentabilidade de um território se dê a expensas de degradação socioambiental de outros com o quais se relacione.

Nessa linha de raciocínio também opera o conceito de Valor Econômico Total dos Bens e Serviços Ambientais, o VET. Esse é um instrumento para imputar os valores inerentes à natureza e ao meio ambiente que o sistema econômico normalmente não incorpora nos preços, e assim obter decisões mais adequadas visando a economicidade socioambiental. Assim, VET, espaço socioambiental, troca econômica desigual, e outras elaborações da ciência econômica ambiental são formas analíticas que permitem desvendar processos de depauperamento e degradação social e ambiental, assim como contribuem na formulação de estratégias de desenvolvimento sustentável.

Argumentou-se acerca da forte disseminação do conceito de sustentabilidade, configurando-o como novo paradigma, e da relativa ainda escassa difusão e incorporação do instrumental elaborado pela Ciência Econômica Ambiental, seja no âmbito acadêmico como na contribuição a políticas públicas, passados quase meio século desde o surgimento dos novos conceitos. Enfrenta, ainda, a predominância do paradigma do crescimento econômico.

Trata-se, todavia, de instrumental em constante aprimoramento e disseminação, com os quais será possível análises mais acuradas da realidade que possibilitem traçar estratégias no âmbito empresarial como nas políticas públicas de desenvolvimento, visando melhores

resultados sociais e ambientais. Além disso, a Economia Ecológica reconhece o imperativo da superação do atual predominante modo de produção e consumo e propõe-se a mediar uma melhor compreensão da dinâmica sociedade-natureza, numa perspectiva ética em que a natureza seja valorizada por sua própria existência e imprescindibilidade à vida, bem como à saúde e bem estar de todos os seres. Nesse sentido, é imprescindível o desenvolvimento sustentável em todas as suas dimensões, e de forma equitativa entre todos os povos, garantindo sustentabilidade também às futuras gerações.

## REFERÊNCIAS

- ALTVATER, E. **O preço da riqueza**. São Paulo: Ed. da UNESP, 1995.
- AMIN, S. **Le développement inégal**. Paris: Ed. De Minuit, 1973.
- CAVALCANTI, C. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. **Estud. Av.** v. 24, n. 68. 2010. p. 53-67.
- CAVALCANTI, C. Meio ambiente, Celso Furtado e o Desenvolvimento como Falácia. **Ambiente & Sociedade**, v. 5, n. 2, p. 73-84, jan./jul. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v5n2/a05v5n2.pdf>>. Acesso em abr. 2010.
- CAVALCANTI, C. Uma tentativa de caracterização da economia ecológica. **Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 1, p.149-156, jan./jun. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v7n1/23541.pdf>>. Acesso em mai. 2010.
- CMMAD – COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1998.

DALY, H. E. Crescimento sustentável? Não, obrigado. **Ambiente & Sociedade** v. 7, n. 2, p. 197-202, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v7n2/24695.pdf>>. Acesso em: nov. 2009.

EMMANUEL, A. **L'échange inégal**. Paris: Maspero, 1969.

FURTADO, C. **O mito do desenvolvimento econômico**. RJ: Paz e Terra, 1974.

LEFF, E. Economia ecológica e ecologia produtiva. In: LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade e poder**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001, p. 42-55.

LEFF, E. **Ecologia, capital e cultura: racionalidade ambiental, democracia participativa e desenvolvimento sustentável**. Blumenau: Ed. da FURB, 2000. 275p.

KINPARA, D. I. A valoração econômica de recursos minerais: o caso de rochas como fontes alternativas de nutrientes. **Espaço & Geografia**, v. 9, n.1, 2006. p. 43-61.

KUHN, T. **The structure of scientific revolutions**. Chicago: The University of Chicago Press, 1996.

MARTÍNEZ-ALIER, J. **O ecologismo dos pobres: conflitos ambientais e linguagens de valoração**. São Paulo: Contexto, 2007.

MARTÍNEZ-ALIER, J. **Da economia ecológica ao ecologismo popular**. Blumenau: Ed. da FURB, 1998.

MONTIBELLER F, G. Análise econômica do empobrecimento socioambiental da Região Carbonífera de Santa Catarina. In MILIOLI, G. et all (orgs.) **Mineração de Carvão, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável no Sul de Santa Catarina**, Curitiba: Juruá, p. 227-237, 2009.

MONTIBELLER F, G. **O mito do desenvolvimento sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. Florianópolis: EdUFSC, 2008, 3a. ed. 306 p.

MONTIBELLER F, G. Gestão Ambiental e VET: Valor Econômico Total dos bens ambientais na gestão socioambiental pública. **Revista de Estudos Ambientais**, v.8, n.2, 20-35, 2006.

MONTIBELLER F, G. Espaço socioambiental e troca desigual. **Interthesis**, PPGICHUFSC, v. 1, n. 2, p. 1-20, 2004. Disponível em: <:/www.periodicos.ufsc.br/index.php/interthesis/article/view/635/10764>. Acesso em: mar.2010.

MORIN, E. **Terra-Pátria**. Porto Alegre: Sulina, 1995, p. 69.

NORGAARD, R. Valoração ambiental na busca de um futuro sustentável. In: CAVALCANTI, C. (Org). **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. 2. ed. São Paulo: Cortez: Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1999. p.271-298.

PORTO, M. F; MARTINEZ-ALIER, J. Ecologia política, economia ecológica e saúde coletiva. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 23, Sup. 4. 2007. p. 503-512.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI**. In: Rumo à ecossocioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento. São Paulo: Cortez, 2007. p. 174-200.

SEROA DA MOTTA, R. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. RJ : IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1997.

UNDP United Nations Development Programme. **Human Development Report 2007/2008**.

UNDP United Nations Development Programme. **Human Development**

**Report 2011 -Sustainability and Equity: a Better Future for All**. HDR 2011

Recebido em: fev/2011  
Aprovado em: mar/2012

# Avaliação de impactos socioambientais de microempresas de lavagens de veículos: uma contribuição à gestão ambiental

## Assessment of social and environmental impacts of micro car washes: a contribution to the environmental management

### RESUMO

O artigo objetivou analisar os impactos socioambientais das empresas de lavagem de veículos da cidade de Campina Grande-PB e a percepção ambiental dos empresários, no intuito de contribuir para a inserção da gestão ambiental nesse setor empresarial. O universo amostral consistiu em 20 empresas de lavagem de veículos, correspondendo a 33% das microempresas existentes na cidade. Os resultados demonstraram que esses empreendimentos representam importante contribuição econômica e social, apesar de provocarem impactos ambientais negativos, denotando a iminente necessidade de implantar um sistema de gestão ambiental nesse setor, sendo para isso indispensável a Educação Ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microempresas de lavagem de veículos; impacto socioambiental; Educação Ambiental e Gestão ambiental.

### ABSTRACT

The article attempts to analyze the environmental impacts of car washing companies in the city of Campina Grande –PB, and environmental perception of entrepreneurs in order to contribute to the integration of environmental management in the business sector. The sample universe consisted of 20 companies from washing vehicles, accounting for 33% of micro enterprises in the city. The results demonstrated that these developments represent important economic and social contribution, however, cause negative environmental impacts, indicating the imminent need to implement an environmental management system in this sector, for which, Environmental Education proves to be indispensable.

**KEYWORDS:** *Car wash enterprises; social and environmental impacts; environmental education and environmental management.*

### Luciene Gonçalves Rosa

Bióloga, Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente e Doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, PB, Brasil  
luciene\_gr@hotmail.com

### José Tavares de Sousa

Mestre em Engenharia Civil, Doutor em Hidráulica e Saneamento, Prof.<sup>o</sup> do Depto de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil  
jtdes@uol.com.br

### Vera Lúcia Antunes de Lima

Mestre em Recursos Hídricos e Doutora em Engenharia Agrícola. Prof.<sup>a</sup> do Depto de Engenharia Agrícola da UFCG, Campina Grande, PB, Brasil  
antuneslima@gmail.com

### Monica Maria Pereira da Silva

Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente e Doutora em Recursos Naturais. Prof.<sup>a</sup> do Depto de Ciências Biológicas da UEPB, Campina Grande, PB, Brasil  
monicaea@terra.com.br

### Luciana Maria Andrade da Silva

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba. Prof.<sup>a</sup> da Rede Municipal de Massaranduba – PB, Brasil.  
l\_uuu@hotmail.com

### Gilmara Henriques Araujo

Graduada em Ciências Biológicas e Mestranda em Biologia Celular e Molecular pela UFPB, Campina Grande, PB, Brasil  
gilmaraha@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

A problemática ambiental tem gerado a necessidade de mudanças de percepção em diversos setores da sociedade, inclusive no setor empresarial. Neste norte, Donaire (2009) enfatiza que as constantes pressões exercidas tanto pela sociedade civil, quanto por organizações governamentais exigem uma nova postura de interação entre as empresas e o meio ambiente, de forma que considerem não apenas as questões de ordem econômica, mas incluam os aspectos de ordem político-social e ecológica.

Perfilhando-se tal entendimento, durante o processo de internalização da pauta ambiental das empresas, podem ser identificadas três fases distintas: na primeira o objetivo é o controle de poluição, procedendo-se através de instalações de equipamentos adequados; na segunda, a preocupação encontra-se na prevenção da poluição; e na terceira, objetiva-se a integração do controle de poluição na gestão administrativa. Nessa última fase, as empresas deixam de apenas cumprir a legislação ambiental, tornando-se pró-ativas, passando a considerar o meio ambiente como estratégia empresarial, através da implementação da Gestão Ambiental (BARBIERI, 2004).

A inflexão das empresas no sentido da gestão ambiental, de acordo com Borger (2006), exige uma visão integrada da empresa e o envolvimento de todos os segmentos. Quintas (2008) acrescenta que a inserção da gestão ambiental transpassa o processo produtivo, requerendo mudanças na percepção ambiental de empresários e funcionários, e a Educação Ambiental torna-se uma ferramenta fundamental por apresentar-se como prática emancipatória e transformadora, comprometida com a construção de um futuro sustentável.

De tal modo, autores como Simons (2006) e Jacobi et al. (2009) ressaltam a relevância de se inserir a Educação Ambiental como estratégia para gestão ambiental, por favorecer mudanças de ordem socioambiental, pautando-se inclusive em questões de foro político. Layrargues (2004) enfatiza ainda que a realização da Educação Ambiental nessas organizações adquire nítida visibilidade à medida que a ação educativa ganha um foco privilegiado, girando em torno da disseminação do critério da ecoeficiência, no sentido de mover o metabolismo industrial na direção da sustentabilidade.

Ramalho Pombo e Magrini (2008) avaliaram a situação das empresas brasileiras quanto à inserção da gestão ambiental, verificando que o setor empresarial está cada vez mais assumindo uma postura pró-ativa com relação ao meio ambiente, adquirindo capacidade de competir no mercado internacional globalizado. No entanto, a pesquisa também revelou que o maior número de certificações está centrado nas empresas de grande porte, fato justificado pelos altos custos relacionados à inserção da gestão ambiental, que vem a ser um obstáculo para as empresas de pequeno porte.

As microempresas e empresas de pequeno porte, embora apresentem papel crucial na economia brasileira, englobando cerca de 99,2% de todas as empresas do país, quase 60% dos empregos e 20% do Produto Interno Bruto (PIB), constituindo-se na geração de renda para inúmeras famílias, principalmente nos municípios de pequeno e médio porte (KOTESKI, 2004), ainda representam sério desafio com relação às questões ambientais (LAYRARGUES, 2004), por privilegiar o aspecto econômico em detrimento dos demais aspectos que constituem o princípio da sustentabilidade.

Nesse contexto, o desempenho das microempresas e empresas de pequeno porte de

lavagem de veículos motiva a reflexão acerca de suas práticas, por apresentar vertentes paradoxais: à medida que contribuem para o crescimento econômico local, com geração de emprego e renda, também são consideradas atividades impactantes ao meio ambiente, por conterem derivados do petróleo, como óleos e graxas, substâncias surfactantes, alta concentração de matéria orgânica, sólidos suspensos e metais pesados (BROWN, 2002). Outro impacto de igual dimensão refere-se ao elevado consumo de água da atividade, pois estimativas registradas em países como México, Japão e China pelos autores Smith e Shilley (2009) e Fall, (2007), mostram que são utilizados de 50 a 378 litros de água por veículo, dependendo do tipo de sistema operacional adotado.

Costa et al. (2007), estudando os impactos socioambientais de lava-jatos no interior do estado da Paraíba, enfatizam que em média são consumidos 100 litros de água para lavagem de um veículo, e ainda segundo os proprietários, a maioria não apresenta sistema de tratamento de águas residuárias geradas, encaminhando-as, assim, diretamente para a rede coletora de esgoto sanitário.

Por outro lado, o aumento da frota de veículos no país, que atualmente encontra-se em torno de 65 milhões de unidades (BRASIL, 2011), tem contribuído para o aumento do número dessas empresas de lavagem de veículos, despertando por sua vez a preocupação para essa problemática, de forma a incentivar a implantação de gestão ambiental empresarial nesse setor, o que conduzirá ao entendimento da necessidade de tratamento das águas residuárias produzidas e a inserção de práticas tecnológicas e sociais sustentáveis (BARBIERI, 2004).

É importante destacar que, conforme Rubio et al. (2007), por ser uma atividade que vem se

desenvolvendo recentemente, existem ainda poucos trabalhos voltados para essa temática. Considerando ainda que as limitações das pesquisas nessa área implicam especialmente em desconhecimento dos impactos decorrentes e de alternativas tecnológicas voltadas à mitigação ou eliminação dos poluentes produzidos pelas atividades desses empreendimentos, objetivou-se com este trabalho analisar os impactos socioambientais das empresas de lavagem de veículos da cidade de Campina Grande-PB e a percepção ambiental dos empresários, no intuito de contribuir para a implantação de sistema de gestão ambiental nesse setor.

## 2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

### 2.1 Caracterização da pesquisa

O trabalho foi realizado no período de novembro de 2009 a julho de 2010 na cidade de Campina Grande – PB, consistindo de uma pesquisa participante como retratam Thiollent e Silva (2007).

### 2.2 Caracterização da área de estudo

O município de Campina Grande, localizado na microrregião e na mesorregião do agreste paraibano, apresenta população de 385 mil habitantes, sendo considerado como um município de médio porte (IBGE, 2010), exercendo forte influência política e econômica sobre os demais municípios do Estado. De acordo com Costa et al. (2007), no ano de 2006 já havia em torno de 40 empresas de lavagem de veículos, das quais 57,5% não apresentavam licenciamento ambiental e a maioria dessas empresas não fazia nenhum tratamento prévio das águas residuárias.

### 2.3 Procedimento de coleta de dados e Análise de dados

A pesquisa foi desenvolvida em três etapas: a primeira etapa consistiu no levantamento geográfico das empresas de lavagem de veículos de Campina Grande-PB; na segunda, analisou-se o número de empresas legalizadas e o cadastro da JUCEP - Junta Comercial da Paraíba (PARAIBA, 2009) e realizaram-se visitas aos proprietários desses empreendimentos, com o intuito de reconhecimento da área de estudo, o que permitiu delinear o universo amostral de 20 empreendimentos, correspondente a 33,4% dos empreendimentos desse setor na cidade; e na terceira etapa, ocorreu a elaboração e aplicação de entrevista semiestruturada com os proprietários das empresas de lavagem de veículos que constituíam o universo amostral, e por último, aplicou-se o tratamento estatístico.

Para a entrevista semiestruturada foram considerados os impactos socioambientais, tomando-se por base os indicadores apresentados por Panpanit (2002) e Fall et al. (2007), organizando-a da seguinte forma: quantificação do consumo de água usada para lavagem de cada veículo em relação ao tempo de serviço, origem da água utilizada (subterrânea, pluvial ou da rede pública), quantificação dos insumos empregados em cada procedimento. Além de questionamentos que permitissem a identificação da percepção ambiental dos proprietários das empresas de lavagem de veículos pesquisadas.

Para a organização dos dados foi utilizado como instrumento o programa estatístico Statistical Package for Social Sciences – SPSS 17.0 for Windows<sup>®</sup>. Quanto à análise, os dados foram tratados de forma quantitativa e qualitativa, utilizando-se da triangulação que, conforme Thiollent e Silva (2007), permite que os resultados apresentem maior credibilidade, por

serem apreciados de forma quantitativa e descritivas, de forma a valorizar a visão dos atores sociais envolvidos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Impactos socioambientais das microempresas de lavagem de veículos da cidade de Campina Grande-PB

#### 3.1.1 Situação atual das empresas de lavagem de veículos pesquisadas

A identificação da situação atual das empresas de lavagem de veículos de Campina Grande-PB foi iniciada através de um levantamento geográfico desses empreendimentos. O resultado do censo realizado demonstrou que existem atualmente cerca de 60 agências de lavagem de veículos, localizadas nos bairros que apresentam perfil comercial. No entanto, conforme relatório da Junta Comercial da Paraíba (PARAIBA, 2009), apenas 20 destas empresas apresentam licença de funcionamento, sendo estas foco da pesquisa, estando localizadas no mapa da cidade de Campina Grande-PB (Figura 1).

No caso das 20 agências de lavagem de veículos pesquisadas (100% das empresas legalizadas), constatou-se que a maioria desses empreendimentos conta com quatro pessoas em seu quadro de funcionários. De acordo com a classificação do Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequena Empresa, esses empreendimentos classificam-se como microempresa e empregam 70% das pessoas economicamente ativas do país, contribuindo como um fator de estabilidade social e de desenvolvimento regional (SEBRAE, 2010).

No Estado da Paraíba, atualmente há 82 mil microempresas, sendo as empresas de serviços as que mais têm se desenvolvido (SEBRAE, 2010). No município de Campina Grande,



localização: quanto mais próximo aos bairros com perfil comercial, maior será a movimentação nessas empresas; associados a isso há também a eficiência no atendimento e a qualidade no serviço prestado, como enfatiza um proprietário entrevistado nesse trabalho:

“A qualidade do serviço é fundamental, mesmo que os funcionários façam bem feito, estou sempre olhando e atendo os clientes no que for possível”.

Além desses fatores diferenciais verificados nas microempresas de lavagem de veículos pesquisadas, Zimmermann (2008) enfatiza que a quantidade de veículos lavados semanalmente nessas empresas pode ainda ser influenciada por aspectos como: período sazonal, o procedimento de lavagem e cotação de mercado.

### 3.1.2 Consumo e origem da água utilizada na lavagem de veículos

Na Tabela 1 estão expostos os resultados referentes ao consumo e a origem da água utilizada na lavagem de veículo das empresas pesquisadas.

De acordo com Brown (2006), as empresas de lavagem de veículos podem consumir elevada quantidade de água, com variações de acordo com o tipo de lavagem (manual ou mecânica), acessórios empregados (bomba, compressor, bico de atomização). Há ainda fatores como a situação do veículo e o tamanho de veículo (veículos de passeio, veículos de carga).

Segundo o relato dos proprietários, 35% desses empreendimentos utilizam de 30 a 50 litros de água por veículo. No entanto, um percentual significativo chega a consumir 120 litros de água por veículo, e 20% alegaram não saber quantos litros de água são gastos na lavagem.

Os impactos ocasionados pelo consumo excessivo de água nas empresas de lavagem de veículos na cidade de Campina Grande

envolvem dimensões ambientais, sociais e econômicas, haja vista que a cidade está localizada em uma região semiárida com restrições no uso de água, tendo apenas o reservatório Epitácio Pessoa, para abastecê-la, o qual já passou por períodos com baixos volumes, quase entrando em colapso total. A produção de águas residuárias da lavagem de veículos pode causar sérios impactos ambientais se forem lançados no meio ambiente sem tratamento adequado, a exemplo das concentrações de óleos e graxas e surfactantes, que podem provocar a formação de camada de óleo e escumas que dificultam as trocas gasosas necessárias à respiração e fotossíntese da biota aquática; ou ainda, se forem encaminhados para o sistema de tratamento de esgoto do município, podem causar entupimentos nas tubulações das redes coletoras (JORDÃO; PESSÔA, 2009), implicando em prejuízos econômicos e sociais, uma vez que os custos financeiros para manutenção da estação de tratamento poderiam ser aplicados em outros setores, a exemplo da educação.

Segundo Magalhães et al. (2002), as águas residuárias produzidas na cidade de Campina Grande, juntamente com o efluente final da Estação de Tratamento de Esgotos, são lançadas na bacia do rio Bodocongó, que atravessa a cidade e que, conseqüentemente, encontra-se intensamente poluído.

Esses impactos negativos aos recursos hídricos oriundos da lavagem de veículos se agravam nos grandes centros urbanos, a exemplo da cidade de São Paulo, onde, segundo pesquisa realizada por Almeida et al. (2010), 15 mil veículos são lavados a cada dia, e as empresas de transporte urbano consomem cerca de 2,200,000 m<sup>3</sup> de água por ano nessa atividade, sendo que apenas uma minoria dessas empresas faz o tratamento e reuso dessas águas residuárias no próprio empreendimento. Segundo Rubio et al. (2007), a lavagem de

veículos (passeio e transporte) consome aproximadamente 3,7 milhões de m<sup>3</sup>. ano-1 no Brasil, o equivalente ao gasto mensal de uma cidade com 600 mil habitantes.

Esses impactos socioambientais demonstram a ausência de responsabilidade social empresarial dessas empresas de lavagem de veículos, que segundo Santos (2003) deve visar à manutenção e melhoria das condições ambientais, minimizando ações potencialmente agressivas ao meio ambiente e disseminando as práticas e conhecimentos adquiridos. Os proprietários das microempresas pesquisadas encontram-se distantes dos princípios da sustentabilidade.

Quando aos resultados referentes à procedência da água utilizada na lavagem de veículos nas microempresas pesquisadas (Tabela 1), observou-se que a maioria (85%) faz uso de água de poços artesianos para a realização de suas atividades, salientando que 15% dos proprietários informaram que usam água de mais de uma fonte, a exemplo das águas de chuva. A captação dessa água, conforme Zimmermann (2008) é uma opção economicamente viável e sustentável, por reduzir a extração de águas subterrâneas.

Tesore Coelho e Duarte (2003) colocam que a utilização das águas subterrâneas como insumo básico para o abastecimento público ou industrial requerem dispositivos institucionais que disciplinem, controlem e fiscalizem o seu exercício. A falta de instrumentos legais coloca em risco a qualidade dos aquíferos e estes, uma vez poluídos, são de difícil recuperação com custos em geral muito elevados (DIAZ et al., 2009).

No estado da Paraíba, a captação e uso de água de poço artesiano, inclusive para o uso nas empresas de lavagem de veículos, requer a outorga de direito de uso da água que está disciplinada pelo Decreto nº 19.260/97, expedida pela Agência Executiva de Gestão das

**Tabela 1.** Quantidade e origem da água utilizada em lavagem de veículo. Campina Grande-PB. Novembro de 2009 a julho de 2010.

<b>Quantidade de água utilizada (L)</b>	<b>(%)</b>	<b>Origem da água</b>	<b>(%)</b>
30 a 50	35	Água de abastecimento pública	8,7
51 a 80	30	Água de carro pipa	8,7
81 a 100	5	Água de poço	73,9
101 a 120	10	Água de chuva	8,7
Não soube responder	20		
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>100</b>

L: litros

**Tabela 2.** Insumos utilizados para a lavagem dos veículos. Campina Grande-PB. Novembro de 2009 a julho de 2010.

<b>Insumos utilizados</b>	<b>(%)</b>
Detergente	15,9
Xampu	28,6
Cera de polimento	28,6
Óleos lubrificantes	7,9
Outros materiais de limpeza	19,0
<b>Total</b>	<b>100</b>

Águas do Estado da Paraíba - AESA (PARAÍBA, 1997). A comprovação do Termo de outorga do uso da água é um dos diplomas legais exigidos para que as empresas de lavagem de veículos obtenham a licença ambiental. Consequentemente, todas as empresas pesquisadas (100% licenciadas) apresentam o Termo de outorga de direito de uso da água. No entanto, verifica-se que não há fiscalizações que controlem o uso excessivo dessas águas subterrâneas nas empresas legais como também nas demais empresas de lavagem de veículos da cidade (66,6%) que não apresentam licença ambiental e provavelmente fazem uso de água de poços artesianos sem a devida outorga.

Constatou-se que há necessidade de políticas públicas que atuem de forma preventiva e de controle da poluição dos recursos hídricos, assim como na sensibilização da população sobre a

importância do uso dos recursos naturais de forma sustentável.

### 3.1.3 Insumos utilizados na lavagem de veículos nas microempresas pesquisadas

Na Tabela 2 estão expostos os resultados referentes aos materiais usados na lavagem, limpeza e lubrificação dos veículos. Verifica-se que os insumos mais utilizados pelas empresas de lavagem pesquisadas são compostos derivados do petróleo, os quais são formados principalmente por hidrocarbonetos aromáticos e poliaromáticos, que apresentam elevado potencial de toxicidade (TIBURTIUS et al., 2005). Os óleos e graxos presentes em águas residuárias descartadas, ao alcançarem córregos ou rios, tendem a ser absorvidos pelos vegetais aquáticos como também pelos que crescem às margens, interagindo com os sedimentos,

podendo afetar os organismos que habitam esses ambientes ou que se alimentam destes sedimentos (BERTI et al., 2009).

No intuito de maior investigação e identificação de possíveis impactos ambientais negativos quanto à utilização de insumos na lavagem de veículos das empresas pesquisadas, foi perguntado aos proprietários qual é o consumo semanal de detergentes e óleo na lavagem de veículos (Tabela 3).

Os resultados expostos na Tabela 3 demonstram que embora algumas empresas utilizem uma quantidade razoavelmente reduzida de detergente (1,5 a 5 litros - 15%), um percentual considerável consome (15%) até 50 litros por semana.

Os detergentes são compostos extremamente impactantes por apresentarem como principais constituintes os surfactantes, que ao serem lançados

**Tabela 3.** Quantidade de detergente e de óleo utilizada semanalmente na lavagem dos veículos. Campina Grande-PB. Novembro de 2009 a julho de 2010

<b>Quantidade de detergente (L/semana)</b>	<b>(%)</b>	<b>Quantidade de óleo (L/semana)</b>	<b>(%)</b>
1,5 a 5,0	15,0	1,5 a 3	15,0
7,5 a 10	40,0	5 a 15	10,0
12 a 15	10,0	15 a 18	5,0
20 a 25	20,0	Não respondeu	15,0
50	10,0	Não soube informar	15,0
Não soube informar	5,0	Não usa	40,0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>100</b>

no meio ambiente sem o devido tratamento podem causar sérios problemas aos corpos aquáticos, tais como: diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, devido à diminuição da tensão superficial da água; diminuição da permeabilidade da luz, por manter as partículas presentes em suspensão; além de acelerar o processo de eutrofização, devido à presença de fosfatos na sua composição (PENTEADO et al., 2006).

Quanto ao uso de óleo na lavagem de veículos, verificou-se que apesar de 15% dos entrevistados afirmarem usar de 1,5 a 3 litros de óleo semanalmente, e 40% não fazer uso de óleo, há microempresas que usam de 15 (10%) a 18 litros (5%) de óleo por semana. Embora seja um percentual menor, torna-se relevante ao considerar que esses compostos, por serem constituídos de hidrocarbonetos, provocam desequilíbrios nos corpos hídricos por afetar a fauna e a flora aquática, devido ao elevado potencial de toxicidade e a capacidade de biomagnificação e bioacumulação nos diversos níveis tróficos. (BRITO et al., 2005; TIBURTIUS et al., 2005). Sabe-se que os hidrocarbonetos aromáticos como o benzeno, tolueno e xileno (BTX), têm efeitos mutagênicos, carcinogênicos, teratogênicos (KAYAL et al., 1995).

Percebe-se a necessidade de um gerenciamento adequado das atividades que envolvam a presença de derivados do petróleo, tal qual a lavagem de veículos, como

ferramenta indispensável para minimizar a poluição dos recursos hídricos, haja vista que podem ser fontes potenciais de poluição.

### 3.2 Aspectos legais e as microempresas de lavagem de veículos pesquisadas

Como a lavagem de veículos é uma atividade que causa impactos socioambientais, a instalação e funcionamento desse tipo de empreendimento requer o licenciamento ambiental, que deve estar em concordância com os seguintes diplomas legais: Constituição Federal, art. 225 (BRASIL, 1988); Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981); Resolução do CONAMA 237/1997 (BRASIL, 1997); Resolução do CONAMA 273/2000 (BRASIL, 2000) e a Resolução do CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

A licença ambiental deve ser expedida pelo órgão ambiental responsável, que no caso da cidade de Campina Grande-PB, até o ano de 2010, cabia à Superintendência de Administração do Meio Ambiente – SUDEMA, segundo Lei 6.757/99 (PARAÍBA, 1999). No entanto, no início do corrente ano, a Coordenadoria do Meio Ambiente, que atualmente faz parte da Secretaria de Obras e Serviços urbanos e Meio Ambiente, passou a expedir o licenciamento ambiental pautada na Lei Complementar de Nº 042 de 24 de setembro de 2009 que dispõe sobre o Código de Defesa do Meio Ambiente do Município de

Campina Grande e dá outras providências (CAMPINA GRANDE, 2009).

No caso específico das empresas de lavagem de veículos, para a liberação da licença ambiental, conforme a Resolução 273/2000, compete ao órgão responsável exigir o tratamento prévio com a instalação de caixa de areia e caixa separadora de água e óleo como forma de reduzir os poluentes presentes nas águas residuárias produzidas por esses serviços.

Considerando as 20 empresas de lavagem de veículos focos da pesquisa, foi verificado que embora apresentassem a licença administrativa, conforme os dados fornecidos pela Junta Comercial da Paraíba (PARAÍBA, 2009), os resultados demonstram que 15% não apresentam licença ambiental. Esse fato é preocupante, pois demonstra descaso dos órgãos responsáveis, haja vista que a solicitação da licença administrativa requer o preenchimento dos requisitos legais exigidos (MELLO, 2006) que é este tipo de licença, a qual é composta pela licença prévia (LP), licença de instalação (LI) e de operação (LO), sendo requisito dentre outros aspectos, a instalação de sistema de tratamento das águas residuárias. Considerando-se que a cidade de Campina Grande apresenta 60 microempresas de lavagem de veículos, sendo que 40 dessas (66,6%) estão trabalhando informalmente, ou seja, sem a licença administrativa e

consequentemente sem a licença ambiental, associando-se aos resultados verificados nessa pesquisa pode-se concluir que aproximadamente 82% dessas microempresas estão no mercado trabalhando informalmente, sem licença ambiental.

A licença administrativa permite que o empresário atue de forma a exercer a cidadania, cumprindo com os seus deveres e obtendo seus direitos, a exemplo da previdência social. Por outro lado, o licenciamento ambiental permite o controle das atividades desenvolvidas pelos empreendimentos que utilizam os recursos ambientais e são potencialmente poluidoras.

Mediante esses aspectos, foi questionado aos proprietários que apontassem as dificuldades para a não legalização, os quais destacaram principalmente: a burocracia (50%, falta de credibilidade no ramo de empresas de lavagens de veículos (25%) e dificuldades financeiras (25%). As frases dos proprietários entrevistados nesse trabalho reforçam estes resultados.

“O meu maior motivo é a burocracia excessiva, grande números de documentos”.

“Não sei se irei permanecer nesse ramo”.

“Não tenho condições financeiras”.

“Meu negócio é pequeno e a burocracia é grande”.

Percebe-se que existem sérios entraves à legalização dessas empresas. Um dos maiores motivos, segundo os proprietários, refere-se à burocracia, que envolve o cumprimento dos requisitos necessários a cada uma das três etapas que compõem o licenciamento, tais como: o termo de outorga de uso da água, o projeto e instalação de sistema de tratamento da águas residuárias e dos resíduos; o laudo técnico das análises físico-química das águas residuárias que estão sendo lançadas na rede pública de esgoto sanitário. Esses procedimentos são

extremamente necessários para se reduzir os impactos ambientais negativos das empresas de lavagem de veículos; no entanto, conforme os proprietários, isso requer investimentos financeiros, tornando-se outro obstáculo a petição da licença ambiental para as empresas pesquisadas.

Esses resultados denotam a necessidade de uma fiscalização ambiental mais intensa em todas as empresas de lavagem de veículos da cidade. E os proprietários desse tipo de empreendimento precisam estar sensibilizados da necessidade não apenas de legalização, mas da inserção de gestão ambiental nesse setor, porque precisam da licença até para conseguir investimentos de microcrédito através dos bancos de financiamento ou governamentais (OLIVEIRA, 2006). A ausência de legalização induz a prejuízos de ordem socioambiental, por provocar impactos ambientais que afetam direta ou indiretamente toda a sociedade; e prejuízos de ordem econômica para os empresários, como reconhecido por um proprietário entrevistado nesse trabalho:

“Já dei entrada na licença, mas ainda não saiu e por isso estou impedido de receber financiamento bancário”.

Com relação à existência de sistema de tratamento das águas residuárias geradas nas empresas de lavagem de veículos pesquisadas, pode-se verificar que a maioria (75%) apresenta o sistema de caixa de areia como tratamento dessas águas residuárias, o que implica diretamente na concentração de óleos e graxas a serem eliminados no ambiente.

Esse tipo de tratamento requer constante manutenção, principalmente em dias de maior movimento e de chuvas, evitando-se o processo de ressuspensão e carregamento de sólidos e a saturação da areia usada na remoção do óleo (GROBÉRIO et al., 2004). Esse sistema de tratamento

envolve outra problemática, que é o destino final da areia impregnada de óleo, que conforme os proprietários entrevistados (100%) são descartados em qualquer terreno baldio, tornando-a um passivo ambiental de alta periculosidade, haja vista que a poluição dos solos e das águas subterrâneas é um grave problema, podendo apresentar risco à saúde pública, por contato direto com a pele, por ingestão ou inaladas através de emissões de gases tóxicos; ou através das águas subterrâneas, que podem contaminar as redes de água potável e cursos de água superficiais, como também apresentar toxicidade para espécies nos ecossistemas terrestres e aquáticos (SÁNCHEZ, 2001).

Quanto às empresas pesquisadas que não realizam qualquer tratamento das águas residuárias (25%), essas águas são lançadas diretamente na rede coletora de esgotos, conforme relato dos proprietários dessas empresas, denotando descaso e descumprimento da legislação ambiental.

A ausência de tratamento dessas águas residuárias implica em problemas de ordem social, econômica e ambiental, haja vista que a excessiva carga de matéria orgânica e inorgânica causa poluição dos recursos hídricos e do solo, provocando desequilíbrios aos ecossistemas, além de afetar os mananciais ocasionando inadequação para seus múltiplos usos, afetando a qualidade de vida (PHILIPPI JR.; MARTINS, G., 2005). Também podem ocorrer riscos à saúde, tendo em vista a contaminação desses corpos hídricos, por metais pesados contidos nessas águas residuárias, implicando em custos financeiros com a manutenção da saúde pública e recuperação dos sistemas aquáticos e edáficos.

A necessidade de gerenciamento das atividades nas empresas de lavagem de veículos torna-se nítida, assim como a necessidade de investimento em

Educação Ambiental no intuito de sensibilizar os empresários para a tomada de uma nova postura de responsabilidade social empresarial.

### 3.3 Percepção ambiental de proprietários de microempresas de lavagem de veículos quanto aos impactos ambientais ocasionados pelas atividades.

Com relação à percepção dos proprietários a respeito do conhecimento de alguma lei ambiental que trate das atividades de seus empreendimentos, a maioria (75%) respondeu que não conhecia nenhuma Lei. E, embora o percentual considerável (25%) tenha afirmado conhecer, quando indagados sobre as mesmas, não demonstraram clareza. Os depoimentos dos empresários entrevistados nesse trabalho denotam a falta de conhecimento da legislação pertinente:

“Só conheço a lei de separação de água e óleo”.

“Já ouvi falar na Lei da água residuária”.

“Conheço a Lei da Sudema”.

Os depoimentos identificados indicam a ausência de conhecimentos e a necessidade de investimentos em cursos de capacitação ou mesmo cursos técnicos, cujo componente de Educação Ambiental esteja presente. De forma que esses empresários possam conhecer e compreender as normas e leis que regem a instalação e funcionamento desse tipo de empreendimento.

Outra questão abordada junto aos proprietários foi se as atividades de lavagem de veículos causavam algum tipo de impacto ambiental: 45% dos proprietários responderam que “não”, enquanto 55% afirmaram que “sim”.

Quando questionados sobre quais são os impactos causados, o grupo pesquisado destacou a “ausência de tratamento das águas residuárias, assim como o óleo queimado, a soda cáustica, o

Solupam (detergente desengraxante) usados. Esses resultados corroboram a pesquisa realizada por demonstrar que a maioria dos proprietários tem conhecimento de que as águas residuárias oriundas das atividades de seus estabelecimentos são impactantes ao meio ambiente; no entanto, ainda não se encontram sensibilizados para se sentirem responsáveis na tomada de decisões e buscarem alternativas para minimizar esses impactos.

Figueiredo e Guarim Neto (2009) enfatizam a necessidade de investimentos na realização de Educação Ambiental no setor empresarial, ressaltando a relevância da percepção ambiental por oportunizar reflexões e práticas compatíveis com a Educação Ambiental dialógica, ética, política, econômica e social, de forma a construir cidadãos aptos a tomada de decisões em prol do individual e do coletivo, e empresas que optem realmente por práticas de cunho sustentável.

## 4. CONCLUSÕES

As microempresas de lavagem de veículos pesquisadas que atuam em Campina Grande-PB apresentam potencial em termos de geração de emprego e renda, informais e formais, participando de forma efetiva do desenvolvimento local.

A maioria das microempresas de lavagem de veículos de Campina Grande-PB não apresenta licença administrativa, atuando na ilegalidade (66,7%). A outra fração tem licença administrativa (33,3%). No entanto, 15% dessas ainda não apresentam licença ambiental.

Observou-se que as microempresas de lavagem de veículos de Campina Grande-PB causam diferentes impactos negativos, dentre os quais: elevado consumo de água (de 30 a 120 litros por veículo) e de insumos, como detergentes (consumo médio de

0,32 litros por veículos), óleos lubrificantes (tendo consumo médio de 0,08 litros por veículos) e, conseqüentemente, geração de águas residuárias potencialmente poluidoras.

Conforme os resultados, 25% dessas empresas não têm sistema de tratamento das águas residuárias geradas; e aquelas que têm sistemas de caixa de areia, lançam a areia impregnada com o óleo em terreno baldio, transformando-se em um passivo ambiental, desobedecendo à legislação específica e desrespeitando a sua responsabilidade sócia e ambiental.

Apesar dos impactos ambientais negativos, verifica-se que ainda não há fiscalização das atividades desenvolvidas nas empresas de lavagem de veículos por parte do órgão ambiental competente, assim como registro de multas e penalidades.

Quanto à percepção dos proprietários envolvidos na pesquisa, observou-se que desconhecem as leis ambientais relacionadas com as atividades dos seus empreendimentos, mas sabem que podem causar impactos ao meio ambiente. No entanto, ainda não se encontram sensibilizados para buscar soluções sustentáveis.

Portanto, os resultados denotam iminente necessidade de investimento em Educação ambiental, de forma a contribuir para a implantação de gestão ambiental nesse setor empresarial, reduzir os impactos negativos ao meio ambiente e colaborar para a sustentabilidade local.

## 5. REFERÊNCIAS

AGYAPONG, D. Micro, Small and Medium Enterprises' Activities, Income Level and Poverty Reduction in Ghana – A Synthesis of Related Literature. **International Journal of Business and Management**. Ghana, v. 5, n.12; p.196 – 209, 2010.

ALMEIDA, C. M. V. B.; BONILLA, S. H.; GIANNETTI, B. F. Identifying improvements in water management of bus-washing stations in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**. Brazil, v. 54, p. 821-831, set. 2010.

ANGHER, A. J. **Vade Mecum**: acadêmico de direito. 10 ed. São Paulo: Rideel, 2010. 2025 p.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental**: Conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo: Saraiva, 2004. 382 p.

BERTI, A. P.; DÜSMAN, E.; SOARES, L. C.; GRASSI, L. E. A. Efeitos da contaminação do ambiente aquático por óleos e agrotóxicos. **SaBios: Rev. Saúde e Biol.**, Campo Mourão, v. 4, n. 1, p. 45-51, jan./jun. 2009.

BORGER, Fernanda Gabriela. **Responsabilidade corporativa: A dimensão ética, social e ambiental na gestão das organizações**. In JÚNIOR VILLELA, A.; DEMAJORIVIC, J. (Org) Modelos e Ferramentas de Gestão Ambiental, desafios e perspectivas para as organizações. São Paulo: Senac, São Paulo, 2006. 401 p.

BRITO, F. do V.; OLIVEIRA, A. S. DE, NEVES, H. C.; *et. al.* Estudo da Contaminação de Águas Subterrâneas por BTEX oriundas de postos de distribuição no Brasil. 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS. Out, 2005, Salvador-BA. **Anais...** Disponível em: [http://www.portalabpg.org.br/PDPe tro/3/trabalhos/IBP0563\\_05.pdf](http://www.portalabpg.org.br/PDPe tro/3/trabalhos/IBP0563_05.pdf) . Acesso em: 06 set. 2009.

BROWN, C. **Water Conservation in the Professional Carwash**, International Carwash Association, 2002.

\_\_\_\_\_. **Vehicle wash Systems**. International Carwash Association, 2006.

BRASIL, **Constituição Federal do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL, **Lei Complementar n. 123, de 14 de Dezembro de 2006**. Dispõe sobre o estatuto nacional da Microempresa e empresa de pequeno porte. Disponível em: <http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/leiscomplementares/2006/leicp123.htm> Acesso em: 16 agosto de 2010.

BRASIL, Ministério das Cidades, **DENATRAN** - Departamento Nacional de Trânsito, RENAVAL - Registro Nacional de Veículos Automotores. Frota 2011. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/frota.htm>. Acesso em: 10 de junho de 2011.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>. Acesso em 01 maio 2010.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Resolução CONAMA nº 273, de 29 de novembro de 2000**. Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=271>. Acesso em 01 maio 2010.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá

outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>.> Acesso em: 01 maio 2010.

BRASIL, Ministério do Trabalho. Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED), **Perfil do Município - 2010**. Disponível em: [http://perfildomunicipio.caged.gov.br/seleciona\\_uf\\_consulta.asp?uf=pb](http://perfildomunicipio.caged.gov.br/seleciona_uf_consulta.asp?uf=pb) . Acesso em: 10 de março de 2011.

BRASIL, **Política Nacional de Meio Ambiente**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismo de formulação e aplicação, e dá outras providências Brasília, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 20 de março de 2011.

CAMPINA GRANDE (Cidade), **Lei Complementar Nº 042, de 24 de setembro de 2009**. Dispõe sobre o Código de Defesa do Meio Ambiente do Município de Campina Grande e dá outras providências, 2009.

COSTA, M. J. C.; SOUSA, J. T.; LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SANTOS, K. D. Impactos Socioambientais dos lava-jatos em uma cidade de médio porte. **Saúde e Ambiente - Health and Environment Journal**. Joinville-SC. v. 8, n 1, p. 32 – 38, jun. 2007.

DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa**. Rio de Janeiro: Atlas, 2009. 176 p.

DIAZ, J. I.; BRANCO, O. E. A.; CARVALHO FILHO, C. A.; VELÁSQUEZ, L. N. M.; RODRIGUES, P. C. H. Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas no município de Araguari utilizando o modelo drástico. 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Olinda/PE. **Anais...** Olinda/PE: ABES, 2009.

FALL, C.; VÁZQUEZ, C. M. L.; MOLEON, M. C. J.; BÃ, M. K.; DELGADO, C. D.; PULIDO, D. G.;

- CHAVEZ, M. L. Carwash wastewater: characteristic, volume, and treatability by gravity oil separation. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**. Mexico. v. 6, n. 002, p.174 - 184, 2007.
- FIGUEIREDO, J.; GUARIM NETO, G. Aspectos da percepção ambiental de um grupo de empresários de Sinop, mato grosso, Brasil. **Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.** Bauru - SP, v. 22, jan a jul, p. 12 A 39, 2009.
- GROBÉRIO, F.; BRAGA, F. S.; SOUZA M. R.; BERTOLDE, A. I.; NASCIMENTO, D. I. Caracterização De Resíduos Sólidos Oleosos de Postos de Serviço Automotivo da Cidade de Vitória-Es. In: 22<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Joinville/SC. **Anais...** Joinville/SC: ABES, 2004.
- IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** – Censo Demográfico 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/tpwindow.htm?1>> Acesso em: 10 de março de 2011.
- IBGE, **Cadastro Central de Empresas 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/tpwindow.htm?1>.
- JACOBI, P. R. TRISTÃO, M.; FRANCO, M. I. G. C. A função social da educação ambiental nas práticas colaborativas: participação e engajamento. **Caderno CEDES**, Campinas- SP, v. 29, n. 77, 63-79 p., 2009.
- JORDÃO; E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. ABES: Rio de Janeiro, 5 ed., 2009. 940 p.
- KAYAL S.; CONNELL, DW. Polycyclic aromatic hydrocarbons in biota from the Brisbane River Estuary. **Estuar. Coast. Shelf. Sci.** Australia, v. 40, p. 475-493, 1995.
- KHALIL, R. O.; RODRIGUEZ, M. V. R. Responsabilidade social nas Microempresas: estudo de caso de microempresas da Baixada Litorânea e região dos Lagos do estado do Rio de Janeiro. **Boletim Técnico Organização & Estratégia**. Rio de Janeiro, v. 3 n. 2 p. 178 – 189, 2007.
- KOTESKI, M. A. Ambiente econômico. **FAE BUSINESS**. Nº 8, mai. 2004.
- LAYRARGUES, P. P. **Identidade da Educação Ambiental brasileira**. Ministério do meio ambiente, Brasília, 2004, 156 p.
- MAGALHÃES, N. F.; CEBALLOS, B. S. O. NUNES, A. B. A., GHEYI, H. R.; KONIG, A. Principais impactos nas margens do Baixo Rio Bodocongó - PB, decorrentes da irrigação com águas poluídas com esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.128-135, 2002.
- MELLO, C. A. B. **Curso de Direito Administrativo**. 21 ed. São Paulo: Malheiros, 2006. p. 418.
- OLIVEIRA, O. J. Pequena empresa no Brasil: Um estudo de suas características e perspectivas. **Integração**. São Judas Tadeu – SP. Ano XVII, n. 44, 5-15p. 2006.
- PARAÍBA (Estado), **Junta Comercial do Estado da Paraíba – JUCEP**. Relatório do Cadastro - Atividades selecionadas: Serviços de lavagem, lubrificação e polimento de veículos automotores, 2009.
- PARAÍBA (Estado), **Lei Estadual n. 6.757, de 08 de julho de 1999**. Dispõe sobre transformação da Superintendência de Administração do Meio Ambiente - SUDEMA, em autarquia e dá outras providências. 1999. Disponível em: <[www.sudema.pb.gov.br/assude/index.../leis/...leis/49-lei-6757](http://www.sudema.pb.gov.br/assude/index.../leis/...leis/49-lei-6757)> Acesso em: 16 de agosto, 2010.
- PARAÍBA (Estado), **Decreto nº 19.260 de junho de 1997** - Regulamenta a outorga de direito de uso dos recursos hídricos. 1997. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/outorga/>. Acesso em: 10 de março de 2011.
- PANPANIT, S. **Oily wastewater treatment by coupling membrane Filtration and ozonation**. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia) Instituto de Tecnologia e Escola Ambiental da Ásia. Tailândia. Abril, 2002.
- PHILIPPI JR, A.; MARTINS, G. Águas de abastecimento. In: **Saneamento, saúde e ambiente. Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, 118 – 180 p, 2005.
- PENTEADO, J. C. P.; EL SEOUD, O. A.; CARVALHO, L. R. F. Alquilbenzeno Sulfonato Linear: Uma abordagem ambiental e analítica. **Revista Química Nova**, São Paulo, v.29, n.5, 1038-1046, 2006.
- QUINTAS, J. S. A educação no processo de gestão ambiental. In: educação ambiental no Brasil. **Um salto para o futuro**. Ano XVIII boletim 01 - Março de 2008.
- RAMALHO POMBO, F.; MAGRINI, A. Panorama de aplicação da norma ISO 14001 no Brasil. **Gestão de Produção**. São Carlos-SP, v. 15, n. 1, p. 1- 10, 2008.
- RUBIO, J. ZANETI, R. N.; ALVARES, C. L. A. Reuso de água de lavagem de ônibus via floculação - flotação. **Revista de Saneamento Ambiental**, n. 132, 37- 42 p., 2007.
- SÁNCHEZ, L. E. **Desengenharia. O passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais**. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2001, 256 p.
- SANTOS, M. A. **Empresas, meio ambiente e responsabilidade social: Um olhar sobre o Rio de Janeiro**.

2003. Trabalho de Conclusão de Cursos. (Monografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Rio de Janeiro, 2003.

SEBRAE- Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequena Empresa (Org.) **Anuário do trabalho na micro e pequena empresa: 2009**. 3. ed. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos [responsável pela elaboração da pesquisa, dos textos, tabelas e gráficos]. – Brasília; São Paulo: SEBRAE; DIEESE, 2010. Disponível em: [http://www.dieese.org.br/anu/Sebrae\\_completo2009.pdf](http://www.dieese.org.br/anu/Sebrae_completo2009.pdf). Acesso em: 10 de janeiro de 2011.

SIMONS, M. O.; JÚNIOR, V.; DEMAJOROVIC, J. **Educação Ambiental na empresa: mudando uma cultura**. In: Modelos e Ferramentas de Gestão Ambiental, desafios e perspectivas para as organizações. São Paulo: Senac, 2006.

SMITH, D. J.; SHILLEY, H. **Residential Car Washwater Monitoring Study**. City of Federal Way, Washington, Public Works, Surface Water Management, 2009. Disponível em <http://www.carwash.org/SiteCollectionDocuments/2009%20FW%20CarWash%20water%20Monitoring%20Study.pdf>. Acesso em: 20 de setembro de 2009.

TESORE COELHO, V. M., DUARTE, U. **Perímetro de proteção para fontes naturais de águas minerais**. Revista Águas Subterrâneas, nº 17, p. 77-91, 2003.

TIBURTIUS, E. R. L.; PERALTA-ZAMORA, Patrício. Degradação de BTXS via processos oxidativos avançados. In: **Quim. Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, jan- Fev, 61 – 64 p., 2005.

THIOLLENT, M.; SILVA, G. de O. Metodologia de pesquisa-ação na área de gestão de problemas ambientais. **Revista eletrônica de**

**comunicação, informação e inovação em saúde**, Rio de Janeiro, v.1, n.1. Jan/Jun, 93-100 p., 2007.

WU, C.; YOUNG, A. Critical operating problems and survival rates in small firms: a look at small business institute clients. **Journal of Developmental Entrepreneurship**. New York, v. 7, n.1, 1 – 23 p., Apr. 2002.

ZIMMERMANN, V. E. **Desenvolvimento de tecnologia alternativa para tratamento de efluentes visando a reutilização da água de postos de lavagem de veículos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, 138 p., 2008.

Recebido em: abril/2011  
Aprovado em: mar/2012

# A utilização das espécies arbóreas da floresta de várzea da Ilha de Sororoca, Ananindeua, Pará, Brasil por moradores locais

The use of tree species in floodplain forest of the Island of Sororoca, Ananindeua, Pará, Brazil by local communities

## RESUMO

O objetivo da pesquisa foi identificar a utilização das espécies arbóreas por moradores ribeirinhos da Ilha de Sororoca, localizada no município de Ananindeua, Pará, Brasil. A metodologia consistiu na identificação das espécies com DAP  $\geq 10$  cm em 2 ha de floresta de várzea e respectivas informações sobre a forma de uso e a parte usada das espécies. Foram registradas 53 espécies em 47 gêneros e 21 famílias, onde Fabaceae, Arecaceae e Lecythidaceae apresentaram o maior número de espécies. *Euterpe oleracea* Mart. e *Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb. foram relacionadas em seis categorias de usos. As principais categorias de usos das espécies concentraram-se na construção (34%) e artesanato (31%). Concluiu-se que a articulação comunitária junto aos órgãos públicos pode ser uma alternativa para estabelecer medidas educativas visando dar subsídios para a comercialização dos frutos e para a gestão racional dos recursos por meio da conservação e valorização do saber local.

**PALAVRAS-CHAVE:** Composição florística, recursos florestais, comunidades humanas.

## ABSTRACT

The objective of this research was to identify the uses of tree species by residents of the Island of Sororoca, Ananindeua, Pará, Brazil. The methodology consisted in the identification of tree species with DBH  $\geq 10$  cm in 2 ha of floodplain forest and in the information about the use and used part of the identified species. We recorded 53 species in 47 genera and 21 families, where Fabaceae, Arecaceae and Lecythidaceae had the largest number of species. *Euterpe oleracea* Mart. and *Virola surinamensis* (Rol. Rottb. ex.) Warb. were listed in six categories of uses. The types of species uses focused on the construction (34%) and craft (31%). It was concluded that the joint community with public agencies may establish measures for grants educators the marketing of fruit and rational management of resources through conservation and enhancement of local knowledge.

**KEYWORDS:** Floristic composition, forests resources, human communities.

### Adrielson Furtado Almeida

Bacharel em Turismo, Mestre em Ciências Ambientais na Universidade Federal do Pará - Belém, PA, Brasil.  
adrielsonfurtado@hotmail.com

### Mário Augusto Gonçalves Jardim

Pesquisador Titular III, MCT/Coordenação de Botânica, Museu Paraense Emílio Goeldi - Belém, PA, Brasil

## INTRODUÇÃO

As populações humanas que ocupam as florestas das várzeas tropicais convivem com grande diversidade de recursos naturais e, para sobrevivência, desenvolvem com base nas suas experiências algumas técnicas de exploração visando o estabelecimento de sistemas próprios de manejo, que permitam suprir suas necessidades com baixo prejuízo ambiental (PINTO et al. 2006; ALBUQUERQUE; ANDRADE, 2002).

A gestão sustentável dos recursos vegetais madeireiros e não-madeireiros pelas populações tradicionais, denominadas varzeiros é uma das opções para a conservação da biodiversidade (GAMA et al., 2005). O manejo sustentado tem sido aplicado às espécies arbóreas que promovem a maior auto-sustentabilidade e ocorrem em maiores densidades, garantindo o sustento de famílias no estuário amazônico (SCOLES, 2009; JARDIM, 1996).

Pesquisas sobre o uso de espécies vegetais por comunidades humanas em florestas de várzeas do Estado do Pará foram realizadas por Amorozo e Gély (1988); Jardim (1996); Jardim e Anderson (1987); Jardim e Cunha (1998); Jardim e Medeiros (2006); Jardim et al. (2007); Jardim et al. (2008); Martins et al. (2005) mostrando que as espécies arbóreas possuem potencial na fabricação de artesanatos e na comercialização de frutos. Contudo, Almeida (2010) ao analisar as atividades extrativistas de uma floresta de várzea na Ilha de Sororoca na região insular de Ananindeua, verificou que a exploração dos recursos florestais está direcionada à produção de carvão para fins comerciais e usos domésticos. Esta exploração está condicionada ao fato da própria comunidade vislumbrar apenas ganhos econômicos, sem ao menos se preocupar com possibilidades lucrativas advindas de outras espécies.

Isso leva a crer que, a falta de informações sobre os diversos usos, exclusivamente das espécies arbóreas, talvez ainda seja um impedimento para que a comunidade local possa redirecionar suas atividades extrativistas, evitando assim, a prática do desmatamento e estabelecendo novos paradigmas de sustentabilidade. De certa forma, a diversidade de usos de maneira racional poderá minimizar a perda da biodiversidade local e incentivar o envolvimento em outros setores produtivos.

Neste contexto, surge a seguinte questão: quais as espécies arbóreas têm potencial de uso em uma floresta de várzea do estuário amazônico, corroborando com a hipótese de que todas as espécies registradas possuem potencial de uso. Portanto, objetivou-se com este trabalho identificar as espécies arbóreas de um trecho da floresta de várzea na ilha de Sororoca, Ananindeua, Pará e seus respectivos usos pela comunidade local.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na ilha de Sororoca (nome popular da planta *Phenakospermum guianensis* Aubl.) em uma floresta de várzea flúvio-marinha do estuário do rio Pará, no município de Ananindeua (PA), localizada nas coordenadas geográficas (01°16'7,5" S e 48°21'0,5" W). A densidade populacional abrange cerca de 210 moradores concentrados na parte norte da ilha, em virtude da proximidade com o núcleo de fundação da comunidade e aos locais de acesso à área urbana e 75 moradores residem nas margens dos rios próximos as áreas florestais.

Os ecossistemas predominantes na ilha estão representados por florestas pluviais tropicais e aluviais caracterizados por vegetação de terra firme (com textura argilosa e arenosa) e áreas alagáveis. As principais atividades

econômicas praticadas pelos moradores locais são: o extrativismo animal, através da pesca artesanal de peixes, o extrativismo vegetal e a agricultura familiar (ALMEIDA, 2010).

Para análise da composição florística foram realizadas visitas em 15 domicílios, dos quais apenas oito proprietários concordaram com a pesquisa e permitiram a alocação de parcelas. Em cada propriedade foi demarcada uma parcela de 50 x 50 m subdividida em cinco transectos de 10 x 50 m, correspondendo a uma área amostral total de 2 ha com distância de 100 a 200 m entre as parcelas. A definição do tamanho e do número de parcelas foi de acordo com a suficiência amostral para florestas de várzeas (JARDIM et al., 2008; JARDIM; MEDEIROS, 2006). Nas parcelas, todas as espécies arbóreas lenhosas e palmeiras com DAP  $\geq$  10 cm (diâmetro à altura do peito = 1,30 m do solo) foram amostradas e identificadas.

A identificação botânica foi realizada in loco com auxílio de um parobotânico e em seguida confirmada com as coleções do herbário do Museu Paraense Emilio Goeldi (MG), sendo adotada a classificação de famílias do APG III (2009).

Para obter informações sobre o uso das espécies foi elaborado um questionário para cada espécie identificada na composição florística contendo o nome científico e o popular, a forma de uso e a parte utilizada pela comunidade. O questionário foi testado com cinco informantes-chaves da comunidade, e posteriormente, aplicado para 40 moradores nos meses de agosto e setembro de 2009. Em seguida foi calculada a Frequência Relativa baseada pela fórmula: FRP:  $NTI \times 100/n$  (%), onde: FRP = frequência relativa da planta; NTI = número total de informações; n = número de citações da planta/categoria (AMOROZO; GÉLY, 1988). Os usos foram agrupados em seis categorias: alimentar (Al); artesanato (Ar);

Tabela 1 - Especificações das categorias de usos citadas pela comunidade da floresta de várzea da Ilha de Sororoca, Ananindeua, Pará, Brasil.

Categorias de uso	Indicações
Alimentar	Batida (suco com cachaça); fruto comestível; licor; óleo para fritura; palmito e vinho (polpa da fruta misturada com água e açúcar).
Artesanato	Breu para calafetar barco; cabo de enxada; construção de canoas e barcos; coronha de espingarda; espinho para pegar peixe; gaiola; látex como cola; látex para borracha; matapi; móveis; óleo da semente para fazer sabão; rolha de garrafa; sapopemas para remos e semente para adubo; folha nova para confeccionar chapéu e semente para anel, brinco e colar.
Combustível	Lenha e carvão.
Comercial	Breu; fruto; látex; óleo da semente e semente.
Construção	Barrote; caibro; estaca; esteio; folha para cobertura de casa; madeira para assoalho; madeira para laje; moirão para cerca; pernamanca; ripa; tábuas; travessa e vara para trapiche.
Medicinal	Banho da folha para coceira; casca para anemia; casca para dor de barriga; casca para dor de cabeça; casca para dor de estômago; casca para dor de garganta; casca para esipla; casca para hemorróidas; fruto para anemia; fruto para coceira; látex para impigem; látex para rasgadura; látex para verminoses; óleo da semente para reumatismo; óleo para fazer sabão e raiz para verminoses.

combustível (Cb); comercial (Cm); construção (Ct) e medicinal (Me) e, as partes usadas em sete categorias: raiz (Rz); caule (C); casca (Cs); folha (Fl); fruto (Fr); látex (Lt) e semente (S), conforme estabelecido por Coelho-Ferreira (2008), Jardim e Medeiros (2006) e Martins et al. (2005) e em seguida foi calculado o percentual de usos e as partes usadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram registradas 53 espécies distribuídas em 47 gêneros e 21 famílias. Fabaceae apresentou o maior número de espécies (13 spp.), seguida por Arecaceae (7 spp.) e Lecythydaceae (5 spp.). Destas, 49 espécies (92,45%) são utilizadas pela comunidade, à exceção de *Erythrina fusca* Lour., *Bombax munguba* Mart. & Zucc., *Triplaris gardneriana* Weed. e *Myrcia* sp.

As especificações de cada categoria de uso estão apresentadas na Tabela 1. Considerando todas as espécies citadas, os usos concentraram-se em construção (34%), artesanato (31%), e alimentação (23%), seguida por combustível (19%), medicinal (17%) e comercial (13%), e as principais partes usadas foram o caule (41%), fruto (26%), semente e casca (10%), seguida da folha (7%), látex (5%) e raiz (1%).

*Euterpe oleracea* Mart., *Carapa guianensis* Aubl., *Mauritiella armata* (Mart.) Burret, *Genipa americana* L., *Syagrus inajai* (Spruce) Becc., *Astrocaryum vulgare* Mart., *Inga nobilis* Willd. e *Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radlk. corresponderam a 100% da frequência relativa, ou seja, foram citadas pelos 40 informantes, principalmente quanto ao uso dos frutos na alimentação e do caule em construções (pontes, esteios e assoalhos) (Tabela 2).

Quanto à diversidade, de usos em relação às 49 espécies destacaram-se: *Euterpe oleracea* Mart. (6 usos), *Virola surinamensis* (Rol.ex Rottb.) Warb. (6) e *Spondias mombin* L., *Hymenaea courbaril* Mart., *Ormosia paraensis* (Ducke) Ducke e *Symphonia globulifera* L. f., com cinco indicações de usos (Tabela 2).

Estudos sobre a composição florística de florestas de várzeas dos Estados do Pará e Amapá mostraram que Fabaceae, Arecaceae, Lecythydaceae, Moraceae e Malvaceae apresentaram o maior número de espécies (CARIM et al. 2008; JARDIM, 2006; JARDIM et al. 2007; JARDIM; VIEIRA, 2001; RABELO et al., 2000; SANTOS; JARDIM, 2006; GAMA et al., 2002). Resultados semelhantes também foram encontrados neste estudo para essas famílias.

A presença destas famílias e respectivas espécies em ambientes

Tabela 2 - Frequência relativa (FR%), usos e partes usadas de 49 espécies arbóreas da floresta de várzea da Ilha Sororoca, Ananindeua, Pará, Brasil.

Família	Espécie	Nome local	FR%	Usos	Parte Usada
Arecaceae	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaizeiro	100	Al, Ar, Cm, Ct, Me	F, S, C, Rz
Meliaceae	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	100	Ar, Cm, Ct, Me	F, C
Areacaceae	<i>Mauritiella armata</i> (Mart.) Burret	Caranã	100	Al, Ar, Ct	F, C, Flh, C
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	Genipapo	100	Al, Ar, Ct, Me	F, C
Arecaceae	<i>Syagrus inajai</i> (Spruce) Becc.	Inajá	100	Al, Ar, Ct	F, C, S, Fl
Arecaceae	<i>Astrocaryum vulgare</i> Mart.	Tucumã	100	Al, Ar, Cm, Ct	F, Fl, S, C
Fabaceae	<i>Inga nobilis</i> Willd.	Ingá xixica	100	Al, Cb	F, C
Sapotaceae	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	Abiu	100	Al, Cm	F
Lecythidaceae	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Sapucaia	94,12	Al, Ar, Ct, Me	F, C, Fl
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Taperebá	94,12	Al, Cb, Cm, Ct, Me	F, C, Cs
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Jacareúba	88,23	Ar, Ct, Me	C, Cs
Fabaceae	<i>Swartzia racemosa</i> Benth.	Pitaica	82,35	Ar, Cb	C
Fabaceae	<i>Campsiandra laurifolia</i> Benth.	Acapurana	82,35	Ar, Cb, Ct, Cm	C
Clusiaceae	<i>Rhedia macrophylla</i> (Mart.) Planch. & Triana	Bacuri-pari	82,35	Al	F
Goupiaceae	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiúba	82,35	Ar, Ct	C
Fabaceae	<i>Inga edulis</i> Mart.	Ingá cipó	82,35	Al, Cb, Cm	F, C
Euphorbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A. Juss.) Mull.Arg.	Seringueira	82,35	Ar, Cb, Cm	Lt, S, C
Myristicaceae	<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	Ucuúba	82,35	Al, Ar, Cb, Ct, Me	F, S, C
Myristicaceae	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Ucuúbarana	76,47	Ar, Ct, Me	C, Cs, F, S
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jutai	76,47	Al, Ar, Ct, Cm, Me	C, F, Lt, Cs
Lecythidaceae	<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori	Matamatá	76,47	Cb, Ct	C
Fabaceae	<i>Diploptropis martiusii</i> Benth.	Sucupira	76,47	Ar, Cm, Ct	C
Fabaceae	<i>Ormosia paraensis</i> Ducke	Tento	70,59	Ar, Cb, Cm, Ct	C, S
Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	Ananin	70,59	Ar, Cb, Cm, Ct, Me	Lt, C
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i> L.	Mangue	70,59	Ar, Ct,	C
Sapotaceae	<i>Manilkara siqueiraei</i> Ducke.	Maparajuba	70,59	Al, Ar, Ct, Cm,	C, F
Arecaceae	<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	Murumuru	70,59	Al, Ar, Cm	S, F
Fabaceae	<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) Kuntze	Pracaxi	64,71	Cb, Me	C, S, Cs
Chrysobalanaceae	<i>Licania macrophylla</i> Benth.	Anoerá	64,71	Al, Ar, Ct	C, F, S
Humiriaceae	<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.	Uxirana	58,82	Al, Ar, Ct,	C, F, Cs
Arecaceae	<i>Manicaria saccifera</i> Gaertn.	Bussu	58,82	Ar, Cb, Ct	S, C, Cs
Fabaceae	<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	Mututi	58,82	Ar, Cb	C
Calophyllaceae	<i>Caraipe grandifolia</i> Mart.	Tamaquaré	52,94	Ar, Ct	C
Fabaceae	<i>Vatairea guianensis</i> Aubl.	Fava bolacha	52,94	Me, Ct	F, C
Hypericaceae	<i>Vismia cayennensis</i> (Jacq.) Pers.	Lacre branco	52,94	Ct, Cb, Me	C, Lt
Chrysobalanaceae	<i>Licania guianensis</i> (Aubl.) Griseb.	Macucu	47,06	Ar, Ct	C, Cs

Tabela 2 - Frequência relativa (FR%), usos e partes usadas de 49 espécies arbóreas da floresta de várzea da Ilha Sororoca, Ananindeua, Pará, Brasil.

Família	Espécie	Nome local	FR%	Usos	Parte Usada
Moraceae	<i>Ficus maxima</i> Mill.	Caxinguba	41,18	Ct, Me	Lt, M, F
Fabaceae	<i>Macrobium angustifolium</i> (Benth.) R.S. Cowan	Ipê da várzea	41,18	Ar, Ct, Cb, Me	C, Cs, Fl
Meliaceae	<i>Trichilia quadrijugata</i> Kunth	Xixuá	41,18	Al, Ct, Cb	C, F
Fabaceae	<i>Swartzia polyphylla</i> DC.	Pacapeua	35,29	Cb	C
Boraginaceae	<i>Cordia goeldiana</i> Huber	Freijó	29,41	Ar, Ct	C
Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp.	Goiabarana	23,53	Al, Ct	F, C
Malvaceae	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Mamorana	23,53	Me	Cs
Lecythidaceae	<i>Allantoma lineata</i> (Mart. & O. Berg) Miers	Serú	23,53	Al	F
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Tapirira	17,65	Ct, Cb	C
Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp.	Goiabinha	11,76	Al	C
Fabaceae	<i>Zygia latifolia</i> (L.) Fawc. & Rendle	Jarandea	11,76	Al, Ar, Cb,	F, C
Lecythidaceae	<i>Gustavia augusta</i> L.	Geniparana	5,88	Al	F
Malvaceae	<i>Quararibea guianensis</i> Aubl.	Inajarana	5,88	Ar, Ct	C

Usos: **Al** (alimentar), **Ar** (artesanato), **Cb** (combustível), **Cm** (comercial), **Ct** (construção), **Me** (medicinal). Partes Usadas: C (caule), Cs (casca), F (fruto), Fl (folha), Lt (látex), Rz (raiz), S (semente).

sujeitos às inundações são decorrentes de processos biológicos como por exemplo a fixação de nitrogênio pelas raízes de algumas espécies, principalmente da família Fabaceae (JUNK, 1984) e a reprodução sexuada e assexuada de *Euterpe oleracea*, *Mauritiella armata* e *Astrocaryum vulgare* (JARDIM; STEWART, 1994; SANTOS; JARDIM, 2006).

O intensivo uso das palmeiras pode estar relacionado à presença constante nestes ambientes inundáveis, em consequência da facilidade de adaptação às condições do solo e do teor de umidade em relação às outras espécies (JARDIM et al., 2007; JARDIM; CUNHA, 1998). Portanto, a densidade populacional das palmeiras favorecerá a disponibilidade de frutos e, por conseguinte, a utilização para fins alimentar e comercial (JARDIM, 1996; JARDIM; STEWART, 1994; SCOLE, 2009;).

*Euterpe oleracea* apresentou o maior número de categorias de usos corroborando com Amorozo e Gély (1988); Castro et al. (2009); Gama et al. (2002); Jardim e Cunha (1998); Jardim et al. (2008); Martins et al. (2005); Ribeiro et al. (2007) citada principalmente nas atividades extrativistas por meio dos frutos para alimentação e comercialização e *V. surinamensis* como a espécie de maior demanda em madeira para comércio no estuário amazônico (GAMA et al., 2002) e também por moradores do Parque Ecoturístico do Guamá na cidade de Belém (PA) (RIBEIRO et al., 2007). Isto revela o potencial arbóreo existente na área, que pode ser uma estratégia de valorização das espécies pela população local visando melhores condições de auto-sustentabilidade.

Os usos das partes vegetais para confecção de artesanatos e para construções justificam o fato do caule ser a parte mais usada pela comunidade. Contudo, este tipo de atividade compromete drasticamente a sobrevivência das

espécies (JARDIM; MEDEIROS, 2006; JARDIM et al., 2008; MARTINS et al., 2005), pois, cerca de 37 espécies são utilizadas neste processo, que segundo Jardim et al. (2008) implica na derrubada da árvore ou na retirada da casca, ocasionando drásticas perdas às populações vegetais.

Esta comprovação é alarmante e ao mesmo tempo contraditória mediante às inúmeras possibilidades produtivas, principalmente, pelo fato da comunidade estar localizada próximo do centro urbano, o que favoreceria o mercado interno com a comercialização de frutos do açazeiro, como já foi registrado em diversas áreas de várzeas do estuário amazônico, em decorrência da alta densidade populacional da espécie (CARIM et al., 2008; CASTRO et al., 2009; JARDIM; ANDERSON, 1987; SANTOS; JARDIM, 2006) e no potencial de mercado interno e externo (JARDIM, 1996; JARDIM; ANDERSON, 1987; JARDIM; MEDEIROS, 2006; JARDIM; STEWART, 1994; SCOLE, 2009).

Com base nas inúmeras possibilidades de usos da palmeira açai como umas das espécies mais citadas é que se propõe como estratégia para a produção e sustentabilidade dos açazais a instalação de um arranjo produtivo local; a viabilização de crédito e capacitação sobre manejo e comercialização dos frutos aos produtores locais e a implantação e monitoramento de políticas públicas para contribuir na conservação das práticas tradicionais de manejo e na valoração das demais espécies florestais.

## CONCLUSÃO

É importante que por meio da articulação comunitária sejam discutidas e implementadas medidas educativas junto aos órgãos públicos para obtenção de apoio financeiro principalmente para as atividades extrativistas com as espécies com

valor de mercado, visando dar subsídios à comercialização de frutos. Essas medidas poderiam minimizar a exploração de matéria-prima para o artesanato e para construções. A gestão racional destes recursos pela comunidade possibilitará a conservação da biodiversidade da floresta de várzea da ilha de Sororoca contribuindo para ações de uso contínuo, para a conservação e a valorização do saber local.

## AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq pelo apoio financeiro ao projeto Pesquisa científica e capacitação local como indicadores sustentáveis para restauração ambiental da flora da APA de Algodual-Maiandeuá, Maracanã, Pará, Brasil. Processo 561808/2010-4.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, U. P.; ANDRADE, L. H. C. Conhecimento botânico tradicional e conservação em uma área de caatinga no estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.16, n.3, p.273-285, 2002.
- ALMEIDA, A. F. **Análise etnoecológica da floresta de várzea da ilha de Sororoca, Ananindeua, Pará, Brasil**. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará. 61p., 2010.
- AMOROZO, M. C. M.; GÉLY, A. Uso de plantas medicinais por caboclos do Baixo Amazonas. Barcarena, PA, Brasil. **Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi, sér. Bot.**, v.4, n.1, p.47-131, 1988.

APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III.

**Botanical Journal of the Linnean Society**, v.161, p.105-121, 2009.

CARIM, m.j.v.; JARDIM, m.a.g.; MEDEIROS, T.D.S. Composição florística e estrutura de floresta de várzea no município de Mazagão, Estado do Pará, Brasil. **Scientia Forestalis**, v.36, n.79, p.191-201, 2008.

CASTRO, A. P.; FRAXE, T. J. P.; SANTIAGO, J. L.; MATOS, R. B.; PINTO, L. C. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. **Acta Amazonica**, v.39, n.2, p.279-288, 2009.

COELHO-FERREIRA, M. R. Notas etnobotânicas sobre as plantas medicinais. In: JARDIM, M. A. G.; ZOGHBI, M. G. B. (Org.). **A flora da Resex Chocará-Mato Grosso (PA): Diversidade e usos**. Coleção Adolpho Ducke: MPEG, Belém. p.63-90, 2008.

GAMA, J. R. V.; BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Manejo sustentado para floresta de várzea na Amazônia oriental. **Revista Árvore**, v.29, n.5, p.719-729, 2005.

GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. M. Composição florística e estrutura da regeneração natural de floresta secundária de várzea baixa no estuário amazônico. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.559-566, 2002.

JARDIM, M. A. G.; BATISTA, F. J.; MEDEIROS, T. D. S.; LOPES, I. L. M. A floresta de várzea: espécies arbóreas e usos. In: JARDIM, M. A. G.; ZOGHBI, M. G. B. (Org.). **A flora da Resex Chocará-Mato Grosso (PA): Diversidade e usos**. Coleção Adolpho Ducke: MPEG, Belém, p. 25-36, 2008.

JARDIM, M. A. G.; SANTOS G. C.; MEDEIROS, T. D. S.; FRANCEZ, D. C. 2007. Diversidade e estrutura de palmeiras em floresta de várzea do

estuário amazônico. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v.2, n.4, p.67-84, 2007.

JARDIM, M. A. G.; MEDEIROS, T. D. S. Plantas oleaginosas do Estado do Pará: composição florística e usos medicinais. **Revista Brasileira de Farmácia**, v.87, n.4, p.124-127, 2006.

JARDIM, M.A.G.; Vieira, I.C.G. Composição florística e estrutura de uma floresta de várzea do estuário amazônico, Ilha do Combu, Estado do Pará, Brasil. **Bol.Mus.Para.Emilio Goeldi, sér.Bot.**, v.17, n.2, p.333-354, 2001.

JARDIM, M. A. G.; CUNHA, A. C. C. Usos de palmeiras em uma comunidade ribeirinha do estuário amazônico. **Bol. Mus.Para. Emilio Goeldi, sér. Bot.**, v.14, n.1, p.69-77, 1998.

JARDIM, M. A. G. Aspectos da produção extrativista do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no estuário Amazônico. **Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi, sér. Bot.**, v.12, n.1, p.137-144, 1996.

JARDIM, M. A. G.; STEWART, P. J. Aspectos etnobotânicos e ecológicos de palmeiras no município de Novo Airão, Estado o Amazonas, Brasil. **Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi, sér. Bot.**, v.10, n.1, p.69-76, 1994.

JARDIM, M. A. G.; ANDERSON, A. B. Manejo de populações nativas de açaizeiro no estuário amazônico. Resultados preliminares. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v.15, n.1, p.1-18, 1987.

JUNK, W.J. Ecology of várzea, floodplain of the Amazonian White-water Rivers. In: SIOLI, H. (Ed.). **The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Dr. W.Junk Publishers, Dordrecht, p.215-243, 1984.

MARTINS, A. G.; ROSÁRIO, D. L.; BARROS, M. N.; JARDIM, M. A. G.

Levantamento etnobotânico de plantas medicinais, alimentares e tóxicas da ilha do Combu, município de Belém, estado do Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Farmácia**, v.86, n.1, p.21-30, 2005.

PINTO, E. P. P.; AMOROZO, M. C. M.; FURLAN, A. Conhecimento popular sobre plantas medicinais em comunidades rurais de mata atlântica – Itacaré, BA, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.20, n.4, p.751-762, 2006.

RABELO, F.G.; ZARIN D.J.; OLIVEIRA, F.A.; JARDIM, F.C.S. Regeneração natural de florestas estuarinas na região do rio Amazonas – Amapá – Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v.2, n.34, p.129-138, 2000.

RIBEIRO, A.S.S.; PALHA, M.D.C.; TOURINHO, M.M.; WHITEMAN, C.W.; SILVA, A.S.L. Utilização dos recursos naturais por comunidades humanas do Parque Ecoturístico do Guamá, Belém, Pará. **Acta Amazonica**, v.37, n.2, p.235-240, 2007.

SANTOS, G. C.; JARDIM, M. A. G. Florística e estrutura do estrato arbóreo de uma floresta de várzea no município de Santa Bárbara do Pará, Estado do Pará, Brasil. **Acta Amazonica**, v.36, n.4, p.437-446, 2006.

SCOLES, R. El quintal y las frutas: recursos econômicos y alimentares em La comunidade negra de Itacoã, Acará, Pará, Brasil. **Acta Amazonica**, v.39, n.1, p.1-12, 2009.

Recebido em: julho/2011  
Aprovado em: mar/2012

# Análise espacial de eventos de secas com base no índice padronizado de precipitação e análise de agrupamento

## Spatial analysis of drought events in the Piauí state based on standardized precipitation index and cluster analysis

### RESUMO

A ocorrência de eventos de secas influencia de forma negativa o desenvolvimento sócio-econômico de regiões semiáridas. Neste estudo foi utilizado o Índice Padronizado de Precipitação – SPI, em diferentes escalas temporais para identificar e quantificar a intensidade e duração das secas ocorridas no Estado do Piauí. Foi analisada a relação entre as secas e sub-regiões delimitadas pelos métodos de agrupamentos K-means e Ward. Apenas alguns eventos de seca permaneceram nas escalas maiores do SPI 12 e 24 meses, sendo que a maioria deles ocorreu entre as partes centrais e sul do Estado. A comparação de eventos de seca com os de El-Niño mostrou que há correlação positiva entre eles, principalmente quando se trata dos eventos de seca mais intensos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise de agrupamento; IPP e semiárido.

### ABSTRACT

The occurrence of drought impacts negatively on the socio-economic development of semiarid regions. This study used the Standardized Precipitation Index - SPI, on different time scales to identify and quantify the intensity and duration of droughts in the Piauí state. The relationship between droughts and the dry sub-regions were evaluated by the clustering methods K-means and Ward. Only a few drought events were classified on larger scales (12 and 24 months) of the SPI, the majority of which occurred between the southern and central parts of the state. The comparison of drought events with El Niño showed a positive correlation, especially for the most intense drought events.

**KEYWORDS:** Cluster analysis; SPI and semiarid

**Roni Valter de Souza Guedes**  
Meteorologista, D.Sc., Pós-Graduando, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG  
Campina Grande, PB, Brasil  
roniguedes84@yahoo.com.br

**Maria José Herculano Macedo**  
Licenciada em Matemática, D.Sc., Pós-Graduanda, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG  
Campina Grande, PB, Brasil  
mariejhm@hotmail.com

**Francisco de Assis Salviano de Sousa**  
Meteorologista, Prof. Associado D.Sc., Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG  
Campina Grande, PB, Brasil  
fassis@dca.ufcg.edu.br

## INTRODUÇÃO

Em todo o Planeta, entre 1967 e 1992, as secas afetaram 50% do total de 2,8 bilhões de pessoas que sofreram todos os tipos de catástrofes naturais. Por causa de impactos diretos e indiretos 1,3 milhões de vidas humanas foram perdidas, de um total de 3,5 milhões de pessoas mortas por catástrofes (OBASI, 1994). Assim sendo, percebe-se a importância do monitoramento das secas (evolução ao longo do tempo, frequência e intensidade).

As secas dependem dos sistemas meteorológicos que atuam na região, do relevo e dos fenômenos climáticos de grande escala que influenciam as variáveis que definem o comportamento e a circulação da atmosfera. Muitas regiões do globo estão suscetíveis a ocorrência de secas, principalmente as regiões equatoriais onde a insolação é maior. No Nordeste Brasileiro, além de fatores físicos e geográficos, a seca pode estar associada a fenômenos como o El Niño/Oscilação Sul e o Dipolo do Atlântico (aquecimento/esfriamento do Atlântico Norte/Sul) (MELO, 1999; ALVES, 1997).

O índice de seca conhecido por SPI (em inglês, Standardized Precipitation Index) foi desenvolvido por McKee et al. (1993) com o objetivo de monitorar e analisar a seca em diferentes escalas de tempo. Esse índice é vantajoso em relação aos demais porque utiliza apenas dados mensais de precipitação, variável monitorada em todas as estações meteorológicas. Desde que foi proposto, o SPI vem sendo usado em vários estudos, devido sua capacidade de quantificar o déficit ou excesso de precipitação em diversas escalas temporais e permitir comparações entre regiões com diferentes características climáticas. Assim, diversos trabalhos científicos têm demonstrado o seu potencial no monitoramento do fenômeno das secas, determinando

sua intensidade e espacialização (BUSSAY et. al, 1999; SZALAI e SZINELL, 2000; LANA et. al, 2001; HUGHES e SAUNDERS, 2002; TSAKIRIS & VANGELIS, 2004; TONKAZ, 2006; BLAIN & BRUNINI, 2007, MACEDO et. al, 2010).

A análise de agrupamento é uma técnica estatística de análise multivariada e tem como objetivo principal classificar os indivíduos de uma população, que são conhecidos por suas características, em grupos que sejam homogêneos intragrupos e heterogêneos intergrupos. Essa técnica é utilizada por diversos pesquisadores para os mais diversos fins, merecendo destaque na área meteorológica. Gong & Richman (1995) aplicaram várias técnicas de análise de agrupamento a dados pluviométricos na região central e leste da América do Norte a fim de identificar o melhor desempenho dos métodos não hierárquicos em relação aos hierárquicos. Ramos et al. (2001) analisaram padrões pluviométricos no Nordeste da Espanha através dos métodos de agrupamento K-Means e Ward. O primeiro método revelou classificação semelhante e o segundo apresentou maior poder de discriminação. Já Unal et al. (2003) testaram cinco métodos de agrupamentos a dados de temperatura, o destaque ficou com o método de Ward.

Historicamente o Nordeste do Brasil, principalmente a região semiárida, apresenta sérios problemas de disponibilidade de recursos hídricos. A escassez, às vezes, mais severa em alguns municípios provoca impactos sociais, econômicos e ambientais. A identificação da severidade da seca ou falta de disponibilidade de água requer uma metodologia que também espacialize os pontos mais críticos, a fim de que as autoridades municipais, estaduais e federais possam tomar decisões quanto à proposta de solução para cada caso, objetivando minimizar os efeitos da estiagem prolongada. Na literatura especializada se destacam várias

metodologias no sentido de desenvolver índices de chuva capazes de detectar longos períodos de estiagens, bem como classificá-los em termos de intensidade e duração, definindo diferentes tipos de seca.

O objetivo deste trabalho é o de quantificar e espacializar a ocorrência de secas do tipo severa e extrema, nas escalas temporais de 3, 6, 12 e 24 meses no estado do Piauí, utilizando o Standardized Precipitation Index - SPI ou Índice Padronizado de Precipitação – IPP. Após delimitar sub-regiões pluviometricamente homogêneas pelos métodos de agrupamento de Ward e K-means.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram usados os totais mensais precipitados de 33 postos pluviométricos do Estado do Piauí, fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA), cujas séries apresentam longo período de registros (1963-2000) e estão espacialmente bem distribuídos, conforme mostra a Figura 1A. Já no gráfico da precipitação média anual (Figura 1B) é possível verificar que os maiores valores de chuva ocorrem no litoral, acima de 1300 mm e os menores sobre a região sudeste do estado do Piauí, região semiárida, chegando a valores inferiores a 700 mm próximo à divisa com o estado do Pernambuco.

### 2.1 Índice Padronizado de Precipitação (IPP)

O cálculo do IPP ou SPI requer uma série de dados mensais com no mínimo trinta anos. O índice é determinado a partir das funções de densidade de probabilidade que descrevem as séries históricas de precipitação em diferentes escalas de tempo. Os dados de totais mensais precipitados de cada um dos postos pluviométricos foram

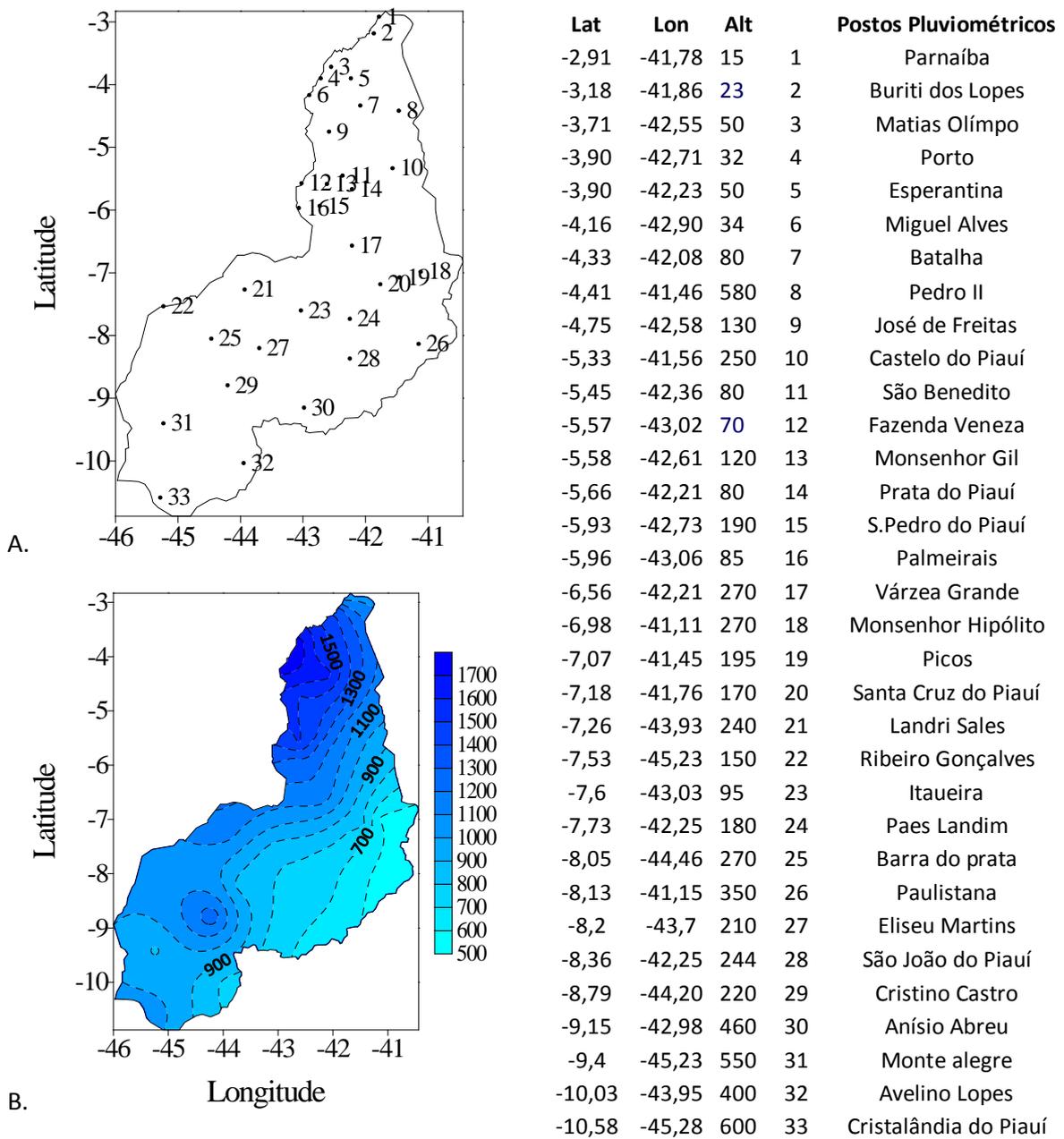


Figura 1 - Distribuição espacial dos postos pluviométricos selecionados (A) e distribuição espacial da precipitação média anual (B).

ajustados à distribuição de probabilidade Gama, equação 1.

$$g(x) = \frac{1}{B^a \Gamma(a)} x^{a-1} e^{-x/b} \quad (1)$$

em que  $a > 0$  é o parâmetro de forma;  $b > 0$  é o parâmetro de escala e  $x > 0$  é quantidade de chuva precipitada. A função Gama é obtida através da equação 2:

$$\Gamma(a) = \int_0^{\infty} y^{a-1} e^{-y} dy \quad (2)$$

Os parâmetros  $a$  e  $b$  da função densidade de probabilidade Gama são estimados para cada posto pluviométrico e escala de tempo de interesse. Para estimar os parâmetros  $a$  e  $b$  se utilizam as soluções de Máxima Verossimilhança.

$$\hat{a} = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right)$$

em que: 
$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

e, 
$$\hat{b} = \frac{\bar{x}}{\hat{a}}$$

$N$  é o número de observações da amostra e  $\bar{x}$  é o valor médio dos dados de chuva.

A função acumulada de probabilidade Gama é dada pela equação 3:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{a})} \int_0^x t^{\hat{a}-1} e^{-t} dt \quad (3)$$

A função Gama  $\Gamma(a)$ , não é definida para  $x=0$ , mas como a amostra dos dados de precipitação

pode conter zeros, a probabilidade acumulada (equação 4) é dada:

$$H(x) = q + (1-q)G(x) \quad (4)$$

em que  $q$  é a probabilidade de ocorrer um zero. Se  $m$  for o número de zeros em uma série de  $n$  dados de precipitação, então  $q = m/n$ . Segundo Abramowitz & Stegun (1965) a relação entre as distribuições de probabilidade Gama e Normal pode ser obtida através das equações 5 e 6, sendo seus parâmetros obtidos pelas equações 7 e 8, respectivamente:

$$Z = SPI = - \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right)$$

para  $0 < H(x) \leq 0,5$  (5)

$$Z = SPI = + \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right)$$

para  $0,5 < H(x) < 1,0$  (6)

Sendo,  $c_0 = 2,515$ ;  $c_1 = 0,803$ ;  $c_2 = 0,010$ ;  $d_1 = 1,433$ ;  $d_2 = 0,189$ ;  $d_3 = 0,001$ ;

em que 
$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(H(x))^2}\right)}$$

para  $0 < H(x) \leq 0,5$  (7)

e 
$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1-H(x))^2}\right)}$$

para  $0,5 < H(x) < 1,0$  (8)

O cálculo do SPI inicia com o ajuste das séries de totais mensais precipitados à função densidade de probabilidade Gama. Em seguida, a probabilidade acumulada de ocorrência de cada total mensal é estimada. A função Normal inversa Gaussiana é aplicada a essa probabilidade resultando no valor SPI. O evento seca ocorre no

período em que o valor do índice é continuamente negativo. O evento seca cessa quando os valores se tornam positivos.

Como o SPI é normalizado, climas úmidos e secos podem ser representados. Desse modo, este índice pode monitorar tanto os períodos úmidos quanto os secos (TSAKIRIS & VANGELIS, 2004). Análises pontuais ou regionais de valores do índice SPI em diversos postos fornecem informações locais dos impactos de diferentes tipos de seca. De acordo com Pires (2003), os primeiros efeitos são oriundos da seca meteorológica, que aponta déficits da precipitação em relação a valores normais, mostrando um desequilíbrio entre a precipitação e a evaporação. Depois ocorre a seca agrícola que reduz a disponibilidade hídrica no solo, prejudicando as culturas existentes. Quando a duração aumenta surge a seca hidrológica, que se relaciona com os níveis médios de água nos reservatórios superficiais, subterrâneos e depleção de água no solo.

Os tipos de secas estão associados diretamente às escalas temporais do SPI, quanto maior a duração, maior o déficit hídrico e consequentemente maiores os prejuízos econômicos e sociais. SPI até 3 meses reflete as condições de água no solo em curto e médio prazos e fornece a estimativa da precipitação sazonal. O SPI-3 meses é também sensível às grandes variações na magnitude da chuva em regiões e períodos do ano em que a precipitação é muito reduzida ou muito elevada, sendo assim torna-se indispensável à climatologia da região. A informação do SPI-6 meses está associada às anomalias das reservas de água e às vazões dos rios. O SPI-9 meses fornece indicação de padrões de precipitação, uma vez que as secas podem demorar uma estação do ano ou mais para ocorrerem. O SPI-12 meses está diretamente associado à escassez de água em forma de vazão, e aos níveis de água

Tabela 1 – Classificação de secas baseada no SPI

Valores do SPI	Classe
2,00 ou mais	Chuva extrema
1,50 a 1,99	Chuva severa
1,00 a 1,49	Chuva moderada
0 a 0,99	Chuva fraca
0 a -0,99	Seca fraca
-1,00 a -1,49	Seca moderada
-1,50 a -1,99	Seca severa
-2,00 ou menos	Seca extrema

dos lençóis subterrâneos. É interessante observar que as escalas maiores do SPI tendem a esconder algumas ocorrências de precipitação, pois valores positivos ficam inseridos na precipitação acumulada de cada período. Ou seja, valores negativos em escalas maiores não significam ausência total de precipitação no período. A determinação do valor do índice negativo ou positivo para certo período (escala) é feita por comparação com os totais de precipitação para o mesmo período (escala) de todos os anos da série. Valores de SPI inferiores a -1,5 para essas escalas temporais representam um bom indicador de que impactos significativos estão ocorrendo no setor agrícola, assim como em outros setores. Desse modo, neste trabalho foram detectadas apenas as secas com valores abaixo de -1,5, correspondentes às categorias severa e extrema (DOMINGOS, 2006).

## 2.2 – Métodos de Agrupamentos (Cluster)

Existem dois tipos de métodos ou algoritmos de classificação de grupos. O primeiro é o método hierárquico, em que a partição dos grupos se dá a partir de um mínimo de grupos não definidos inicialmente. Os grupos majoritários são divididos em sub-grupos minoritários agrupando aqueles indivíduos que apresentam características semelhantes. A estrutura final das classes é

apresentada sob a forma de uma árvore de classificação (dendrograma) que apresenta uma síntese objetiva dos resultados. Enquanto, o segundo é o método não hierárquico de classificação o número de grupos é definido a priori. Nos dois métodos de agrupamentos a classificação dos indivíduos em grupos distintos é feita a partir de uma função de agrupamento e de um critério matemático de agrupamento (EVERITT, 1993).

O método K-means possui um algoritmo de aprendizagem que organiza n objetos em k partições cada uma representa um grupo. O funcionamento dele é descrito por dividir os objetos em k grupos e, a partir da similaridade do valor da média dos atributos numéricos, agrupar os demais objetos em torno destes grupos previamente indicados.

O método de Ward é um método hierárquico que utiliza a distância euclidiana para medir a similaridade ou dissimilaridade entre os indivíduos. Propõe ainda que em qualquer fase da análise a perda de informação que resulta do agrupamento de elementos entre grupos seja medida pela Soma dos Quadrados dos Desvios (SQD) de cada ponto à média dos elementos do grupo à qual pertence (EVERITT, 1993).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram destacadas aqui apenas as secas de categorias mais

intensas, com valores de SPI abaixo de -1,5, ou seja, categorias severas e extremas, pois elas são mais capazes de identificar os problemas mais críticos nos recursos hídricos do Estado do Piauí, apontando os meses de precipitação acumulada bem abaixo da média do mesmo período. Na Tabela 1 é possível verificar todas as secas severas e extremas, identificadas nos 33 postos em análise, para as escalas do SPI de 3 e 6 meses, com os respectivos anos de ocorrências e durações. Pelo SPI - 3 meses verifica-se que em 18 postos ocorreram secas do tipo severas e ainda duas secas do tipo extrema, nos municípios de Cristalândia e Itaueira, marcados em negrito. O posto de Palmeirais apresentou cinco ocorrências de secas severas. O SPI - 6 meses, identificou 16 postos com secas do tipo severa. É interessante observar que algumas secas apontadas pelo SPI - 3 também foram identificadas pelo SPI - 6 no mesmo ano. Esse fato mostra que suas intensidades foram mais significativas, pois acabaram afetando diferentes escalas temporais, ou ainda, a precipitação ocorrida no período não foi suficiente pra suprir o déficit hídrico para a escala maior.

Outra observação é que algumas secas ocorridas no SPI - 6 não foram detectadas pelo SPI - 3, isso significa que houve ocorrência de baixas magnitudes de precipitação em determinado mês que impediu a seca no trimestre, mas foi insuficiente para impedir a ocorrência de secas severas em períodos maiores.

Tabela 2. Descrição da ocorrência e duração de secas severas e extremas nas escalas de 3 e 6 meses no período de 1963 a 2000.

Postos	IPP-3			IPP-6		
	Anos (início/fim)	Duração (meses)	Tipo	Anos (início/fim)	Duração (meses)	Tipo
1. Parnaíba	1990	7	Severa	1987/88 1990	12 11	Severa
2. Buriti dos Lopes				1992/93	21	Severa
3. Matias Olímpio				1991/94	38	Severa
4. Porto				1981 1982/83	10 22	Severa
5. Boa Esperança	1990	4	Severa			
6. Miguel Alves	1999	2	Severa			
9. José de Freitas	1964/65	5	Severa	1980/81	12	Severa
11. São Benedito	1990	4	Severa			
13. Monsenhor Gil	1982/83	3	Severa	1994/95	6	Severa
14. Prata do Piauí	1982/83	16	Severa	1980/83	37	Severa
15. São Pedro do Piauí	1990	4	Severa			
16. Palmeirais	1982/83	11	Severas			
	1987/88	7				
	1990	4				
	1995	3				
18. Monsenhor Hipólito	1997	2				
	1992/93	10	Severa			
19. Picos	1992	4	Severa	1964/65 1982/84	10 15	Severas
20. Santa Cruz do Piauí	1982/83	9	Severas			
	1992	4		1982/84	15	Severa
21. Landri Sales	1963	3	Severas	1971/72	11	Severas
	1986/87	4		1983	2	
22. Ribeiro Gonçalves				1972/73	9	Severa
23. Itauera	1969	3	Extrema			
	1980	5	Severa			
25. Barra do Prata	1980	5	Severas	1982/83	13	Severas
	1982/83	9				
	1986/87	8		1985/87	20	
	1994/95	4				
26. Paulistana				1975/76	11	Severa
28. São João do Piauí				1991	9	Severa
29. Cristino Castro	1980	2	Severa			
32. Avelino Lopes	1993/94	3	Severa	1975/76	10	Severa
33. Cristalândia	1982/83	3	Severa	1984	2	Severas
				1986/87	9	
	1984	2	Extrema	1997/99	25	

Na Tabela 3, o SPI – 12 meses revelou 10 postos com secas, sendo nove severas e uma extrema em Paulistana, sendo esta, identificada anteriormente no SPI-06 com categoria severa. Já o SPI - 24 meses resultou em 5 postos com secas severas. Assim como foi visto na Tabela 2, algumas secas severas foram identificadas em várias escalas do índice usado, por

exemplo, em Barra do Prata a seca de 1986 foi identificada nas escalas de 3, 6, 12 e 24 meses, significando que a precipitação ocorrida durante o período de pelo menos três anos não foi suficiente para melhorar a situação hídrica no município, nem mesmo em pequena escala.

A confirmação de que os recursos hídricos do Estado do Piauí são bastante vulneráveis a

alterações no clima se deu pela quantidade de secas identificadas pelas categorias fraca e moderada. Embora não sejam tão intensas elas indicam tendência de escassez hídrica, tendo em vista que fenômenos de escala global, como por exemplo, El Niño, podem reduzir a atuação dos sistemas meteorológicos de escala regional. Portanto, categorias de secas menos

Tabela 3. Descrição da ocorrência e duração de secas severas e extremas nas escalas de 12 e 24 meses no período de 1963 a 2000.

Postos	IPP-12			IPP-24		
	Anos (início/fim)	Duração (meses)	Tipo	Anos (início/fim)	Duração (meses)	Tipo
1. Parnaíba	1990/91	14	Severa			
3. Matias Olímpio				1991/95	45	Severa
11. São Benedito				1990/95	53	Severa
16. Palmeirais	1980/84	40	Severa			
19. Picos	1982/84	25	Severa			
20. Santa Cruz do Piauí	1982/84	25	Severa			
23. Itaueira	1982/84	17	Severa			
25. Barra do prata	1986/89	35	Severa	1986/89	37	Severa
26. Paulistana	1975/77	16	Extrema			
27. Eliseu Martins	1982/84	27	Severa	1983/85	27	Severa
28. São João do Piauí	1982/84	24	Severa			
32. Avelino Lopes	1975/77	24	Severa	1976/77	24	Severa

Tabela 4. Classificação dos anos em relação aos fenômenos El Niño/La Niña.

Anos (início/fim)	Classificação
1972/73	El Niño
1978/79	El Niño
1982/83	El Niño
1983/84	La Niña
1990/95	El Niño
1997/98	El Niño
1998/00	La Niña

Fonte: CPTEC, 2010 e El Niño e La Niña, 2010.

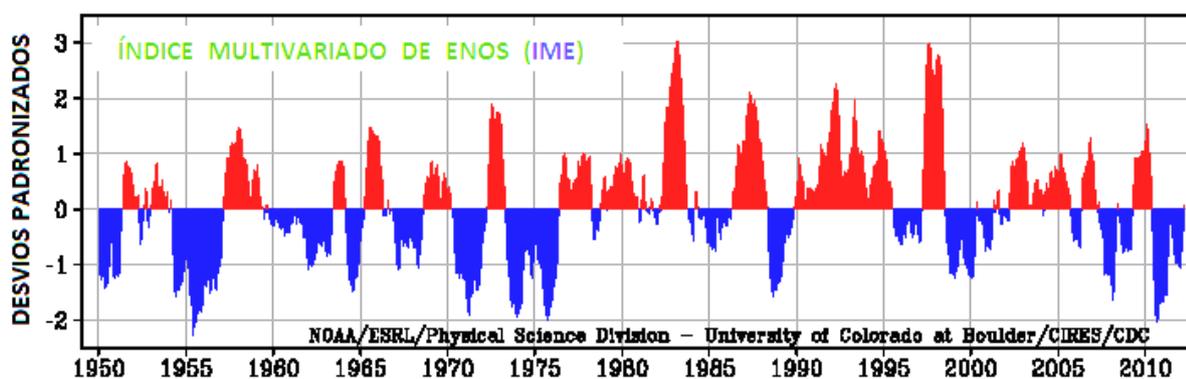


Figura 2. Variação do índice multivariado de enos. Fonte: NOAA (2012).

intensas podem evoluir para mais intensas, dependendo da atuação de fenômenos externos. Segundo Alves (1997), a atuação de fenômenos externos impede o posicionamento “constante” do sistema Zona de

Convergência Intertropical (ZCIT) para o setor norte do Nordeste brasileiro. A precipitação no norte do Piauí está diretamente associada a este sistema.

A maioria das secas severas mostradas nas Tabelas 2 e 3 ocorrem concomitantemente com os eventos de El Niño de 82/83 e 90/95. O evento de La Niña de 83/84 parece ter atuado no Piauí cessando

algumas secas, mas não foi forte o suficiente para se prolongar e recuperar o armazenamento hídrico na região, pois, ocorreram eventos de secas nesses anos como também nos anos de 85 a 88. A Tabela 4 mostra os períodos com ocorrência de El Niño ou La Niña de acordo com CPTC (2010).

A intensidade do fenômeno El Niño Oscilação Sul – ENOS, para cada ano, a Figura 2 mostra o comportamento do Índice Multivariado de Enos (IME), que considera na sua composição as seguintes variáveis: pressão ao nível do mar, as componentes zonal e meridional do vento na superfície, a temperatura da superfície do mar, a temperatura do ar na superfície e um indicador de nebulosidade. Através desta figura é possível comparar a ocorrência de todas as secas ocorridas no Piauí com os El Niños, os valores mostram que nos períodos de 82/83 e 90/95 citados anteriormente são fortes e prolongados, mostrando que existe uma boa correlação entre as secas e o IME para este Estado. No entanto, duas localidades (Paulistana e Avelino Lopes) apresentaram ocorrência de seca nos anos de 75/77 que são anos de La Niña. Ou seja, a relação nem sempre é positiva, pois existem outros sistemas atuantes e fatores locais que também interferem, como orografia (ambas as localidades estão em região de serras) e ausência de umidade.

A Figura 3 mostra a espacialização dos eventos de secas severas/extremas sobre o estado do Piauí, de acordo com o SPI, em diferentes escalas temporais. Como visto nas Tabelas 2 e 3, o número de secas é menor para escalas maiores devido ao nível crítico que os recursos hídricos devem atingir para se verificar secas nas escalas de 12 ou 24 meses. É comum nos estados do Nordeste Brasileiro, a ocorrência de períodos de estiagem acima de 6 meses. As secas detectadas pelos SPI - 3 e 6 meses se devem aos baixos índices de precipitação em dado

mês, deixando o acumulado trimestral ou semestral abaixo da média do mesmo período. Já nos SPI - 12 e 24 meses, a ocorrência de secas é menor visto que algumas áreas se recuperaram durante o período chuvoso, ou seja, para a seca ser detectada é necessários muitos meses com índice de chuva abaixo da média a fim de que não haja recuperação dos valores críticos desse índice no período. Isso ocorre com mais frequência na parte central do Estado, conforme a Figura 3C do SPI - 12 meses.

De acordo com as análises de agrupamentos realizadas por estes autores em Macedo et. al. (2009) encontrou-se três grupos homogêneos para o Piauí com a utilização do método K-means e em por Guedes et. al. (2010) quatro grupos pelo método de Ward. Os resultados comprovam que o segundo método tem maior poder discriminante, visto que separa os grupos não apenas por padrão de precipitação, mas também por intensidade, Figuras 4 e 5.

Comparando as Figuras 3 e 4, se observa que as secas afetam todos os grupos de ambos os métodos para escalas menores. Isso era esperado devido à alta variabilidade da chuva no Estado, e também comprova que os mecanismos causadores da seca atuam em todo o Estado, reforçando a influência da circulação de grande escala. As escalas maiores do SPI (12 e 24 meses) tiveram a maioria dos seus eventos de seca localizados nas partes sul e central, onde se observam menores frequências e intensidades de chuva, conforme a Figura 1B da precipitação média anual e a Figura 5 da precipitação mensal por região, o que torna os efeitos ainda mais graves. Também podem ser notadas ocorrências de secas, mesmo na região mais úmida do Estado (porção norte), em todas as escalas do SPI, como, por exemplo, nos postos de Parnaíba para o SPI-12 meses e Matias Olímpio para o SPI-24 meses. Esse fato demonstra que o SPI pode ser

apropriado tanto para regiões secas quanto para úmidas, mas deve-se observar que para regiões áridas o SPI identifica melhor as escalas temporais maiores que o período de estiagem, ou durante período com chuva, pois este identifica as variações temporais quando compara os valores de chuva com as normais climatológicas, se em um período a média é muito baixa, o SPI nesta mesma escala não identifica secas intensas. De acordo com Wu et al. (2007), a análise para 4 semanas dentro de um período seco em uma região árida não permite identificação de categorias secas pelo SPI. Por isto, neste trabalho se considerou apenas períodos superiores a 3 meses, com destaque para as escalas de 12 e 24 meses do SPI. Assim, as regiões com altos índices pluviométricos apresentam ocorrência de secas quando esses índices decrescem de forma significativa de modo a interferir diretamente na oferta hídrica.

A disponibilidade hídrica vista na Figura 1B apresenta irregularidade sazonal, mostrada na Figura 5, para cada grupo, delimitado pelo método de Ward (Figura 4B). Observe que existem dois padrões de precipitação para o Piauí, os grupos 1 e 2 representam o primeiro padrão, com precipitação mais intensa de janeiro a maio, oriunda do litoral, por isso o grupo 1 (verde escuro) possui valores maiores que no grupo 2 (verde claro). O segundo padrão é representado pelos grupos 3 e 4, com precipitação iniciando em novembro e finalizando em abril. Os valores do grupo 4 (amarelo lima) são maiores que os do grupo 3 (laranja), isso indica que os sistemas precipitantes vêm do sul. As chuvas mais intensas na parte norte do Estado são explicadas pela proximidade do Oceano Atlântico, que serve de fonte de energia e umidade para os sistemas atuantes de escala regional ZCIT, Vórtice Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) e também local (brisas marítimas, lacustre e vale montanha). Já na

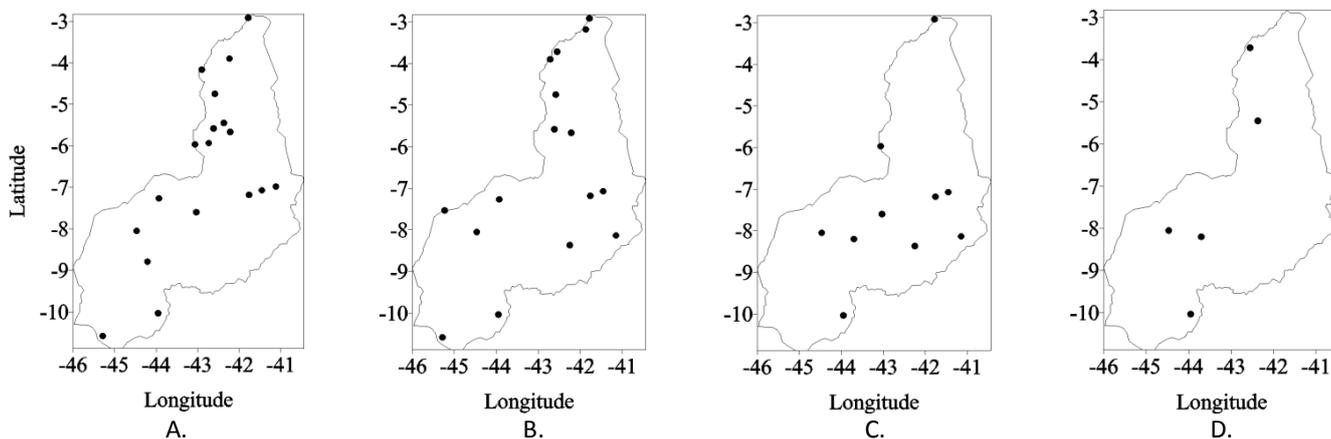


Figura 3. Distribuição espacial da ocorrência de secas severas no estado do Piauí, (A) SPI-3 meses, (B) SPI-6 meses, (C) SPI-12 meses e (D) SPI-24 meses.

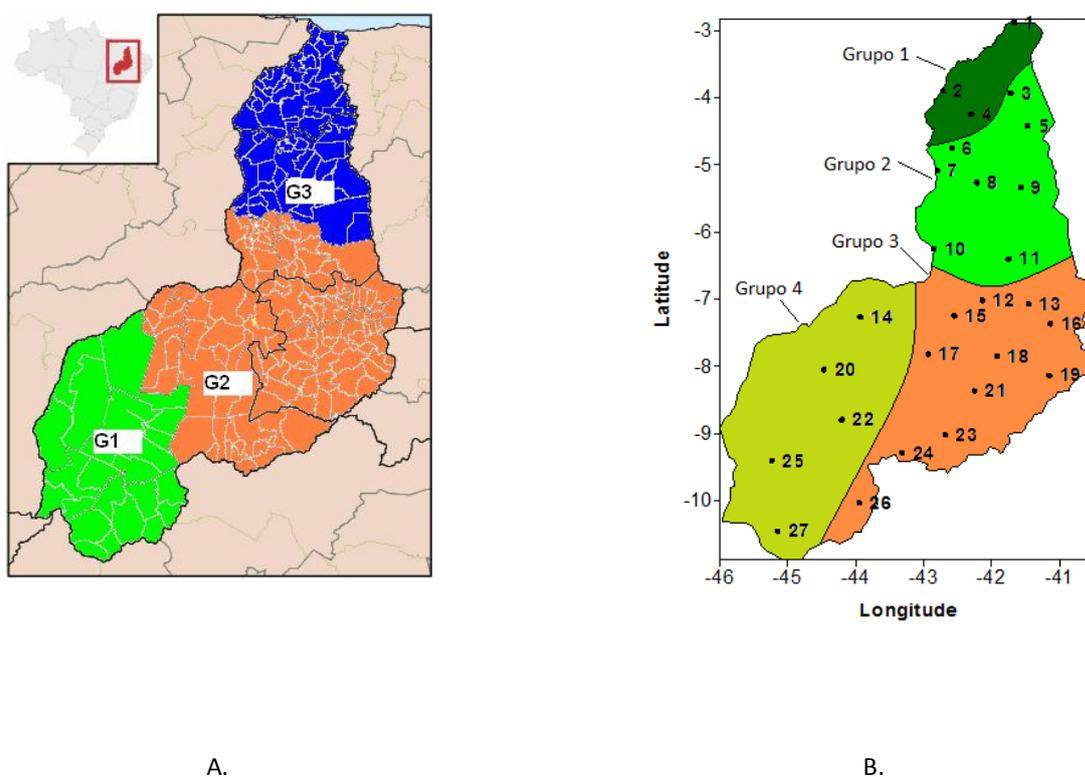


Figura 4. Grupos homogêneos de precipitação para o Piauí, (A) K-means, (B) Ward. Fonte: GUEDES, et. al. (2010)

parte sul e central a chuva anual é menor e influenciada pela umidade vinda da Floresta Amazônica, pela ZCOU (Zona de Convergência de Umidade formada sobre o planalto central) e pela circulação secundária, haja vista que o sul do Estado é uma região serrana.

A ocorrência de secas na parte sul e principalmente na parte central é mais propícia, pois a dinâmica dos sistemas meteorológicos fica prejudicada no

interior do continente devido à orografia e ausência de fontes energéticas. Isto produz uma maior vulnerabilidade às alterações da atmosfera produzidas por eventos externos que acabam reduzindo a precipitação como mostra a Figura 5 nos grupos 3 e 4. Com uma menor disponibilidade de recursos hídricos o ar se torna menos úmido sobre a região e a precipitação pode ficar abaixo da média se a umidade

oriunda de outros locais for alterada de alguma forma.

#### 4. CONCLUSÃO

O Estado do Piauí apresenta irregularidade pluviométrica devido à sua localização geográfica e ao relevo acentuado na região sudeste. Essa região apresentou maior frequência de ocorrência de secas nas escalas temporais de 3 e 6 meses, sendo mais comum a seca

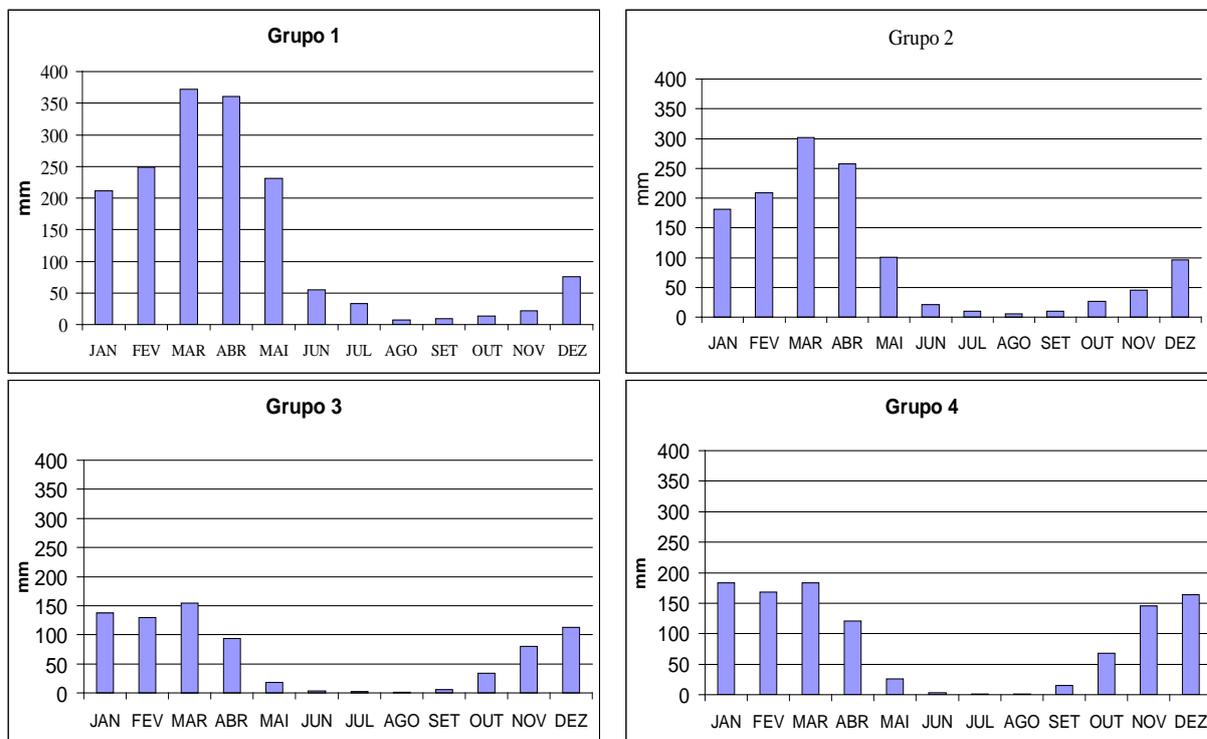


Figura 5. Precipitação média mensal referente ao período 1963 a 2000 de cada região homogênea (grupo).

meteorológica, estas secas devem estar relacionadas a atrasos no início do período chuvoso ou ter o seu fim antecipado. O SPI também identificou a ocorrência de secas nas escalas de 12 e 24 meses, caracterizando secas agrícolas e hidrológicas, com maior concentração na parte central do Estado, que é a região com menor total pluviométrico e com maior variabilidade, indicando que a maior duração das secas também está associada ao acoplamento com o período de estiagem, agravando a situação ainda mais.

A maioria dos eventos de secas em todas as escalas temporais teve relação positiva com anos de El Niño. Os anos de 1982/1984 e 1990/1995 apresentaram secas em vários postos pluviométricos distribuídos por todo o Estado. Essas secas se correlacionaram com os eventos de El Niño forte ocorridos em 1982/83 e 1990/95. Como a precipitação se origina de vários fatores, nem sempre a grande escala atua como fator dominante, nos postos de Avelino Lopes e Paulistana ocorreram secas nos anos de 1975/1976, porém em presença do fenômeno La Niña. Isso mostra que existem outros fatores que podem influenciar também na ocorrência de

precipitação sobre o Piauí. Outro fator de grande escala que altera bastante a configuração dos sistemas e consequentemente a chuva no Nordeste é o dipolo do Atlântico. Os anos de El Niño com dipolo positivo são propícios a seca, por isto é recomendado que se faça uma análise das configurações do Atlântico sobre os anos de seca identificados neste trabalho.

Algumas secas foram identificadas pelo SPI nas escalas temporais de 3, 6, 12 e 24 meses. Esses eventos merecem maior atenção devido ao impacto importante na disponibilidade hídrica do Estado, sendo as secas de escala maior mais agravantes. A região centro-sul do Estado carece de mecanismos de previsão e projetos para mitigação dos efeitos de secas - essa região, além de apresentar baixos índices pluviométricos, é influenciada negativamente por eventos externos que reduzem a oferta de recursos hídricos em relação à expectativa climatológica, caracterizando as categorias de secas detectadas pela metodologia aqui utilizada.

A identificação e a análise das secas mostrou que a grande escala influencia a intensidade e que apenas os fenômenos ENOS não são

determinantes, pois é provável que o Atlântico também produza alterações significativas. Estes resultados indicam que a seca está presente em todas as décadas sobre o Estado do Piauí e, por isto, a implantação de projetos nas áreas mais suscetível deve ser contínuo. Os órgãos operacionais devem focar a previsão das secas a partir das variações negativa de TSM sobre o Pacífico e principalmente sobre o Atlântico na costa nordestina. A aplicação do SPI pode mostrar a tendência de déficit hídrico com as escalas menores e seu agravamento com o aumento gradual da escala, sendo possível a identificação pontual por município que apóie análises em situações de emergência ou calamidade pública.

## 5. AGRADECIMENTOS

*Os autores agradecem a ANA pela disponibilização dos dados utilizados no estudo, e ao CNPQ/CAPES pelo fornecimento das bolsas de estudo.*

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOWITZ, M., STEGUN, I. A. **Handbook of Mathematical Functions with formulas, graphs, and mathematical tables**, 1046 pp, 1965.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Sistema de informações hidrológicas (HidroWeb). Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em 26 abr. 2010.
- ALVES, J. M. B. Aspectos climatológicos do nordeste brasileiro com ênfase a região semi-árida: principais causas da variedade pluviométrica interanual. IN: 1º SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, **anais...** Petrolina, 1997.
- ARAÚJO, S. M. B. **Estudo da Variabilidade Climática em Regiões Homogêneas de Temperaturas Médias do ar no Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.
- BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Análise Comparativa dos índices de seca de Palmer, Palmer Adaptado e índice padronizado de precipitação no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.1, p.105-111, 2007.
- BUSSAY, A.; SZINELL, C.; SZENTIMERY, T. Investigation and Measurements of Droughts in Hungary. Hungarian Meteorological Service, Budapest, Hungary, 1999.
- DOMINGOS, S. I. S. **Análise do índice de seca standardized precipitation index (SPI) em Portugal Continental e sua comparação com o Palmer drought severity index (PDSI)**. Tese (Licenciatura). Universidade de Lisboa, Portugal, 62p, 2006.
- EVERITT, B. S. **Cluster analysis**. Heinemann Educational Books, London: Academic Press, 3ª edição, p.170, 1993.
- GONG, X.; RICHMAN, M. R.; On the application of cluster analysis to growing season precipitation data in North America East of the Rockies. **Journal of Climate**, v.8, p. 897-924, 1995.
- GUEDES, R. V. S.; LIMA, F. J. L.; AMANAJÁS, J. C.; BRAGA, C. C. Análise em componentes principais da precipitação pluvial no estado do Piauí e agrupamento pelo método de Ward. **Revista de Geografia**, Recife, pp 218-233, 2010.
- HUGHES, B. L. E SAUNDERS, M.A. A Drought climatology for Europe, **International Journal of Climatology**, pp 22, 1571-1592, 2002.
- LANA, X.; SERRA, C.; BURGUENO, A. Patterns of monthly rainfall shortage and excess in terms of the standardized precipitation index, **International Journal of Climatology**, pp 21, 1669–1691, 2001.
- MACEDO, M. J. H.; BRAGA, C. C.; DANTAS, F. R. C.; SILVA, E. D. V. Variabilidade espacial e da pluviometria no Estado do Piauí. 3º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, **anais...** Canela: Sociedade Brasileira de Meteorologia, outubro, 2009.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to times scale. In: EIGHT CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8.,1993, Boston. **Anais American Meteorological Society**. Boston: Preprints, p.179-184, 1993.
- MELO, J. C. O fenômeno El Niño e as secas no Nordeste do Brasil. **Raízes**, ano XVIII, v. 20, p. 13-21, 1999.
- NOAA, [National Oceanic and Atmospheric Administration](http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/#data), Earth System Research Laboratory, <http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/#data>, acesso em junho, 2012.
- OBASI, G.O.P. WMO's role in the international decade for natural disaster reduction. **Bulletin American Meteorological Society**, 75 (1), 655–1661, 1994.
- PIRES, V. **Frequência e Intensidade de Fenômenos meteorológicos extremos associados a precipitação**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia da Terra, Universidade de Lisboa, Portugal, pp.98, 2003.
- SZALAI S, SZINELL C. Comparison of two drought indices for drought monitoring in Hungary — a case study. In DROUGHT AND DROUGHT MITIGATION IN EUROPE, Vogt JV, Somma F (eds). Kluwer: Dordrecht; 161–166, 2000.
- TSAKIRIS, G; VANGELIS, H. Towards a drought watch system based on spatial SPI. **Water resources management**, v.18, p. 1-12, 2004.
- TONKAZ, T. Spatio-temporal assessment of historical droughts using SPI with GIS in GAP. Region, Turkey. **Journal of Applied Sciences**, v.12, n.6, p. 2565-2571, 2006.
- UNAL, Y.; KINDAP, T.; KARACA, M. Redefining the climate zones of Turkey using cluster Analysis. **International Journal of Climatology**, v.23, p.1045–1055, 2003.
- WARD, J. H. Hierarchical grouping of optimize an objective function. **Jornal American Statistical Association**, 58:236-244, 1963.
- WU, H.; SVOBODA, M.D.; HAYES, M.J.; WILHITE, D.A.; WEN, F. Appropriate application of the Standardized Precipitation Index in arid locations and dry seasons, **International Journal of Climatology**, V.27, P.65-79, 2007

Recebido em: junho/2011  
Aprovado em: junho/2012

# Gestão Ambiental Municipal: objetivos, instrumentos e agentes

## Municipal Environmental Management: objectives, instruments and actors

### RESUMO

Uma política ambiental deve apresentar três elementos para que sua formulação seja exitosa: objetivos claros; instrumentos; agentes. O presente trabalho objetivou explorar a política ambiental do município de Santo André no que tange aos três elementos supramencionados. Por meio da pesquisa bibliográfica e documental notou-se que a política ambiental de Santo André apresenta os três elementos formais determinantes para o êxito da política ambiental e sugere-se a realização de avaliação dos processos de formulação e implementação das políticas públicas ambientais no município para verificar se objetivos, instrumentos e agentes contribuem para a efetividade da implementação da política municipal.

**PALAVRAS-CHAVE:** gestão ambiental municipal; políticas públicas ambientais; objetivos, instrumentos e atores.

### ABSTRACT

An environmental policy should have three elements for its successful formulation: goals; tools; agents. This study aimed to explore the environmental policy of the city of Santo André in relation to the three elements mentioned above. Through the research literature and documents was noted that the environmental policy of the city Santo André presents the three formals elements essential to the success of environmental policy and suggest the implementation of assessment procedures for the formulation and implementation of environmental public policies in the city to verify the objectives, tools and agents contribute to the implementation of environmental policy is effective.

**KEYWORDS:** *municipal environmental management; environmental public policies; objectives, instruments and actors.*

### Marcela Riccomi Nunes

Bióloga, Mestre em Saúde Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP)  
São Paulo, SP, Brasil  
nunes.marcela@gmail.com

### Arlindo Philippi Jr

Engenheiro civil, Doutor em Saúde Pública.  
Professor da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP)  
São Paulo, SP, Brasil.  
aphij@usp.br

### Valdir Fernandes

Cientista Social, Doutor em Engenharia Ambiental,  
Professor da FAE e da Universidade Positivo (UP)  
Curitiba, PR, Brasil  
vfernandes@up.edu.br

## INTRODUÇÃO

A gestão ambiental tem como objetivo estabelecer, recuperar e/ou manter o equilíbrio entre a natureza e sociedade, por meio da administração dos ecossistemas naturais e sociais com vistas ao desenvolvimento das atividades humanas e à proteção dos recursos naturais, dentro de parâmetros pré-definidos (Philippi Jr & Bruna, 2004). Caracteriza-se, portanto, nas afirmações de SOUZA (2000), como um conjunto de procedimentos que visam à harmonização entre as atividades antrópicas e o meio ambiente; entre o desenvolvimento das sociedades humanas e qualidade ambiental. As ações em gestão ambiental, por conseguinte, devem embasar-se em processos efetivos de formulação e implementação de uma política capaz de garantir diretrizes e normas para ações eficientes e eficazes.

Para que uma Política Ambiental apresente êxito em sua implementação, é necessário integrar e articular elementos complexos e fundamentais para a gestão dos recursos naturais e da qualidade de ambiental. Elementos que integram as dimensões social, econômica, ecológica, política e cultural (MILARÉ, 1999).

Neste contexto, uma etapa extremamente importante para se alcançar resultados práticos efetivos é a fase de formulação da Política Ambiental, que deve apresentar uma estrutura formal clara, organizada e consistente, possibilitando o êxito de sua implementação. Uma política ambiental deve apresentar, em sua estrutura formal, três elementos básicos: i) *objetivos*, que devem deixar claro os motivos pelos quais a política deve ser implementada; ii) *instrumentos*, que são os meios para se atingir os objetivos propostos; iii) *agentes*, que representam os atores implementadores da política ambiental (SOUZA, 2000).

Com base nestas três categorias, este artigo enfoca a fase

de formulação da política e objetivou contextualizar os instrumentos de gestão na política ambiental municipal.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Quanto ao foco, trata-se de estudo de caso no Município de Santo André, localizado na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Quanto à fonte de dados, é, sobretudo pesquisa documental e bibliográfica, contemplando documentos oficiais, tais como: a Lei nº 6.938/81, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente; a Lei nº 7.733/98, que institui a Política Municipal de Gestão e Saneamento Ambiental do Município de Santo André e as atas do Conselho Municipal de Gestão e Saneamento Ambiental de Santo André (COMUGESAN); a Lei nº 9.795/99, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental; a Lei nº 9.605/98, de Crimes Ambientais; Lei Federal nº 10.257/2001, que institui o Estatuto das Cidades.

Além disso, foram utilizadas informações relevantes ao tema, obtidos por meio do *website* da Prefeitura Municipal de Santo André (PMSA), do Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André (SEMASA) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

### Instrumentos de gestão ambiental municipal

Instrumentos, no âmbito das Políticas Públicas, são os recursos utilizados para atingir os objetivos de uma determinada Política Pública. Assim sendo, os instrumentos de gestão ambiental são os meios utilizados para se atingir os objetivos propostos por uma Política Ambiental (SOUZA, 2000; IBAMA, 2006) e, por isso, devem ser listados de maneira clara na estrutura formal da política, permitindo sua utilização de

maneira articulada, sempre que possível.

Segundo VARELA (2001), os instrumentos podem ser divididos em dois tipos:

- *Instrumentos de Comando e Controle*: apresentam caráter regulatório e visam identificar problemas ambientais específicos, onde normas, regras e padrões devem ser obedecidos para haver a adequação dos agentes às metas ambientais impostas pela política ambiental. Esses instrumentos englobam: Padrões ambientais de qualidade e de emissão; Controle do uso do solo; Licenciamento, Estudos de Impacto Ambientais; Penalidades (multas, compensações, etc).

- *Instrumentos Econômicos*: são instrumentos de incentivo de mercado e caracterizam-se pelo uso de taxas, tarifas ou certificados de propriedade. Estimulam a eficiência produtiva, a utilização de tecnologias limpas e o menor consumo de matérias primas. Podem ser, por exemplo, os subsídios econômicos a determinados procedimentos de práticas agrícolas sustentáveis ou de redução desses incentivos no caso, por exemplo, de atividades agrícolas que causem impactos negativos ao meio ambiente. Podem ser chamados de mecanismo poluidor-pagador, quando o instrumento utilizado faz com que o poluidor pague pelo dano causado, ou usuário-pagador, quando o usuário paga pelo custo social total que o produto gera ao meio ambiente.

Os Instrumentos Econômicos permitem que se atinjam as metas com um custo menor do que os dos Instrumentos de Comando e Controle.

Como mostra a Tabela 1, os instrumentos de gestão ambiental podem, também, possuir ações diretas – elaboradas especificamente para resolver questões ambientais – ou ações indiretas – resultantes de legislação não diretamente relacionada à questão ambiental, mas que acaba por colaborar para soluções ou

Tabela 1 – Exemplos de Instrumentos de ação direta e indireta

<b>INSTRUMENTOS DE COMANDO E CONTROLE</b>	
<b>DIRETOS</b>	<b>INDIRETOS</b>
Padrões de emissão para fontes específicas	Controle de equipamentos
Zoneamento	Rodízio de automóveis
<b>INSTRUMENTOS ECONÔMICOS</b>	
<b>DIRETOS</b>	<b>INDIRETOS</b>
Taxas e tarifas	Impostos
Subsídios à produção mais limpa	Subsídios a produtos similares nacionais

Fonte: Adaptado de VARELA, 2001

agravamento dos problemas relativos ao meio ambiente (VARELA, 2001).

Na esfera Federal, a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), se enquadra nos três parâmetros citados por SOUZA (2000): possui o objetivo claro de preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana; apresenta 13 instrumentos de gestão, como o zoneamento ambiental e a avaliação de impactos ambientais; define os aspectos institucionais ao prever a criação de um Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) constituído por órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e das Fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental.

De acordo com a desejável municipalização dos Sistemas do Meio Ambiente, viabilizada pela Constituição Federal Brasileira de 1988, deve-se aplicar às políticas públicas ambientais as peculiaridades ecológicas, sociais, culturais e econômicas de cada região.

Neste sentido, MILARÉ (1999) afirma que para a gestão ambiental municipal ser efetiva é necessário haver a implantação, em âmbito local, de uma política ambiental e de um conjunto de estruturas

organizacionais que atuem por meio de diretrizes normativas e operacionais e que interajam com as esferas Estaduais e Federal, constituindo um Sistema Municipal do Meio Ambiente (SISMUMA).

Desta forma, a partir da política ambiental, os municípios passam a dispor de uma estrutura institucional e organizacional capaz de gerir as questões ambientais locais mediante o apoio da legislação vigente.

Dentro deste contexto, para haver a efetiva institucionalização da política ambiental dentro do SISMUMA, o município, além de um órgão executivo e de um Conselho Municipal do Meio Ambiente, deve utilizar o subsídio de instrumentos que viabilizem a gestão, como um Fundo do Meio Ambiente, uma Agenda 21 Local, um Código Florestal, dentre outros. Os Conselhos Municipais do Meio Ambiente são instâncias onde a sociedade civil organizada tem participação no processo decisório, constituindo um local de discussão e disseminação de informações, onde as questões de interesse da sociedade e do Poder Público local são debatidas frente aos desafios ambientais locais (PHILIPPI JR *et al.*, 2004).

A Resolução nº 327, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 19 de dezembro de 1997, que regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na PNMA, representa uma possibilidade a mais para a inserção dos municípios na gestão ambiental. Com essa Resolução, os

municípios passam a dispor de atribuições de licenciamento ambiental, sendo este um importante instrumento de gestão.

No entanto, apesar desse instrumento estar previsto na PNMA, segundo o IBEG (2008), 47,6% dos municípios que possuem Conselhos do Meio Ambiente, apenas 25,8% realizam licenciamento ambiental de impacto local e 27,9% possuem instrumento de cooperação com órgão estadual de meio ambiente para delegação de competência de licenciamento ambiental relacionado a atividades que vão além do impacto ambiental local.

Da mesma maneira, a Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências, é outra importante demonstração da relevância de os municípios apresentarem uma estrutura ambiental. Esse instrumento lhes dá o direito de exercer o poder de polícia para aplicar a legislação, mas também demonstra o dever legal do agente administrativo de zelar pelos interesses ambientais, o que mostra aos governantes a necessidade de fortalecer ou consolidar seus órgãos ambientais.

A necessidade de criação de um Fundo de Meio Ambiente é também disposto na lei supra mencionada. Este instrumento possibilita a melhoria da implementação de ações rumo à estruturação do município nas

questões ambientais, pois o mesmo receberá o repasse dos recursos provenientes da cobrança das multas relativas às infrações, como determina o art. 73, da referida lei.

Segundo o IBGE (2008), do total de municípios brasileiros com Conselho do Meio Ambiente, apenas 22,6% possuem Fundo do Meio Ambiente.

Contudo, não basta que os instrumentos sejam apenas descritos na política ambiental e implementados de maneira isolada. Eles devem ser utilizados de forma articulada entre si, como demonstra SOUZA (2000), que exemplifica a implementação do zoneamento ambiental como um instrumento estratégico de planejamento e de localização de atividades que contribui diretamente com a simplificação na elaboração do Estudo de Impacto Ambiental e efetividade do Licenciamento Ambiental.

Além dos instrumentos mencionados, é importante lembrar que deve ser realizado o constante monitoramento das condições ambientais.

Para tanto, os processos de formulação e implementação de políticas devem ter o suporte de indicadores, previamente selecionados de acordo com o tipo de monitoramento (IBAMA, 2006).

Da mesma forma, o próprio desenvolvimento precisa ser avaliado por meio de instrumentos que possibilitem determinar o seu grau de sustentabilidade. Nesse sentido, os indicadores são instrumentos que permitem mostrar a realidade de um dado sistema e devem ter validade, objetividade e consistência. Além disso, dentre outras características, precisam ter coerência e ser sensíveis a mudanças no tempo e no sistema; ser de fácil entendimento; contribuir para que haja a participação da população local no processo de mensuração; ser baseados em informações facilmente disponíveis; e permitir a relação com outros indicadores (VAN BELLEN, 2005).

A qualidade ambiental refletirá o grau de efetividade da gestão ambiental local. Em vista disso, o IBAMA (2006) evidencia a importância do monitoramento ambiental por meio de indicadores que expressem condições qualitativas e quantitativas. Dessa forma, os indicadores para o monitoramento ambiental devem ser capazes de descrever os estados e as tendências dos recursos ambientais, a situação socioeconômica local e o desempenho de instituições no cumprimento de suas atividades.

No caso da gestão de recursos comuns a outros municípios, como cursos d'água, o IBAMA (2006) sugere que se criem consórcios para atender as exigências do monitoramento. É indiscutível a importância de se avançar no conhecimento sobre gestão ambiental e sua interface na promoção da saúde pública, da justiça social e viabilidade econômica. Para tanto, a consolidação de efetivas formas de gestão e a avaliação de políticas, baseadas no aporte de indicadores, é essencial como fator de orientação na tomada de decisão (VAN BELLEN, 2005).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Instrumentos da Política Ambiental no Município de Santo André

Santo André é um dos municípios brasileiros que possui uma Política Ambiental Municipal. A figura 1 mostra a sua localização na RMSP, integrando um grupo de municípios de relevante importância industrial, conhecidos como Região do Grande ABCD – Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul e Diadema – comumente se considera também os municípios de Rio Grande da Serra, Mauá e Ribeirão Pires.

O município é formado pela área urbana - o distrito-sede de Santo André - e pela Área de

Proteção Ambiental - o distrito de Paranapiacaba e Parque Andreense.

Ambos os distritos são separados por um braço da represa Billings e totalizam 174,38 km<sup>2</sup> de área, sendo que 61,9% (107,93 km<sup>2</sup>) do território, que compreende o distrito de Paranapiacaba e Parque Andreense, inserem-se em Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais (APRM) e abrigam as sub-bacias hidrográficas dos rios Grande e Pequeno, sendo que pequena parcela do território insere-se na bacia do rio Mogi, que verte suas águas para a Baixada Santista (PMSA, 2007).

Em virtude das diferenças entre os dois distritos, para que houvesse uma melhora na qualidade socioambiental do município, considerando as peculiaridades e necessidades de cada região, algumas estratégias foram instituídas.

Como exemplo, pode-se citar a formulação e a implementação da Lei nº 7.733/98 que instituiu a Política Municipal de Gestão e Saneamento Ambiental (PMGSA), e a criação da Subprefeitura de Paranapiacaba e Parque Andreense, em 2001, que possibilitou a descentralização da gestão ambiental.

Com a implantação da PMGSA, a dimensão ambiental foi introduzida às políticas socioeconômicas, o que representou um avanço nas políticas ambientais locais e propiciou ações visando à melhoria ambiental e a qualidade de vida da população.

O Projeto Cidade Futuro, que representa a Agenda 21 Local, é uma proposta de planejamento para o município, com a participação ativa da comunidade, e abrange discussões sobre desenvolvimento econômico, desenvolvimento urbano, qualidade ambiental, inclusão social, educação, identidade cultural, reforma do estado, saúde e combate à violência urbana (CIDADE FUTURO, 2008).

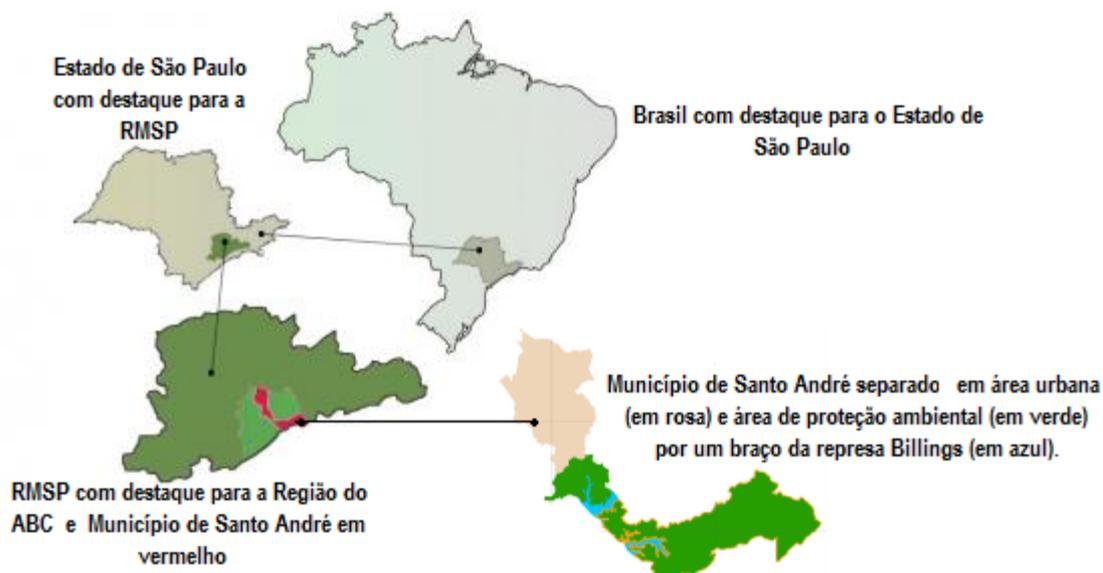


Figura – Localização geográfica do Município de Santo André, SP  
 Fonte: Adaptado de SUMÁRIO DE DADOS DE SANTO ANDRÉ, 2008

No entanto, para que o projeto se torne uma realidade local, é essencial a integração de estratégias. Neste contexto, o objetivo da PMGSA é o de manter o equilíbrio do meio ambiente, buscando o desenvolvimento sustentável, fornecendo diretrizes para o Poder Público e para a coletividade na defesa, conservação e recuperação da qualidade e salubridade ambiental, promovendo, conseqüentemente, a saúde pública (SANTO ANDRÉ, 2005).

Levando-se em consideração a existência de objetivos claros, a PMGSA define, então, em seu Capítulo IV, a criação do Sistema Municipal de Gestão e Saneamento Ambiental (SIMGESA) como agente organizador e coordenador das ações ambientais.

É definido como o conjunto de agentes institucionais que se integram, de modo articulado e cooperativo, para a formulação das políticas, definição de estratégias e execução das ações de saneamento ambiental. Objetiva garantir níveis crescentes de qualidade ambiental, possuindo o dever de defender, proteger e conservar os recursos naturais para o benefício das

gerações atuais e futuras (SEMASA, 2008a).

O SIMGESA é integrado pelo COMUGESAN, como órgão consultivo e deliberativo; pelo SEMASA, como órgão técnico e executivo; e pelos órgãos colaboradores: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação; Secretaria de Serviços Municipais; Secretaria de Educação e Formação Profissional; Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Emprego; Secretaria de Cidadania; Secretaria da Saúde; Secretaria de Cultura, Esportes e Lazer; Guarda Municipal e Núcleo de Participação Popular.

O Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André (SEMASA), que desde 1969 era responsável somente pela distribuição de água e coleta de esgoto, passa a assumir a Gestão Ambiental a partir de 1998 e passa a unir ações que buscam níveis crescentes de salubridade ambiental (SEMASA, 2008b).

Cabe ao SEMASA implementar os objetivos e os instrumentos da Política Municipal de Gestão e Saneamento Ambiental. Desta forma, a gestão ambiental do município procura, por meio de um planejamento ambiental, a

educação, a preservação, a conservação, a fiscalização, o licenciamento ambiental, o controle e a recuperação ambiental, incentivando a participação popular em suas ações.

Com objetivos e agentes estabelecidos, lista-se os instrumentos para a gestão ambiental em âmbito local. Deste modo, a PMGSA prevê, em seu Artigo 12, a utilização de 17 instrumentos para a gestão ambiental no município.

Esses instrumentos, em sua maioria, já fazem parte de políticas ambientais mais amplas (Federal ou Estadual), o que mostra a tentativa de contemplar, em sua política municipal, os preceitos da legislação maior.

Nesse contexto, os incisos V, VI, IX, XII, XIII, XIV, XV e XVI (que instituem, respectivamente: normas, padrões, critérios e parâmetros de qualidade e ambiental; o zoneamento ambiental; o licenciamento ambiental renovável, o controle e a adequação de atividades efetiva ou potencialmente degradadoras ou poluidoras; a avaliação de impactos ambientais e as análises de riscos; programas e projetos de controle do impacto; os incentivos à criação ou

absorção e desenvolvimento de novas tecnologias voltadas à melhoria da qualidade ambiental; a criação de unidades de conservação; o cadastro técnico de atividades e o Sistema de Informações Ambientais;) reproduzem os instrumentos já previstos pela Política Nacional do Meio Ambiente, não havendo especificidade em âmbito local.

Os incisos X e XI, que estabelecem, respectivamente, a fiscalização de quaisquer atividades de uso e exploração, inclusive comercial, dos recursos hídricos e as fiscalizações ambiental e sanitária e as penalidades administrativas, já são disciplinados pela Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/98), que estabelece os critérios e diretrizes para a aplicação das sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

O inciso XVII, define a educação ambiental como instrumento, se insere dentro de uma política mais ampla. Trata-se da Lei 9.795/99 que institui a Política Nacional de Educação Ambiental e que apresenta seus princípios e diretrizes próprios.

Ao mesmo tempo em que o Capítulo IV da referida lei cria o Sistema Municipal de Gestão e Saneamento Ambiental e estabelece COMUGESAN e SEMASA como agentes organizadores e coordenadores das ações ambientais, os incisos de I e III, do Artigo 12, estabelecem os mesmos como instrumentos da política ambiental local, o que retrata incoerência conceitual.

O Plano Diretor, estabelecido como instrumento no inciso VII, é definido pelo Estatuto das Cidades - Lei Federal nº 10.257/2001 - como um instrumento básico para orientar a política de desenvolvimento e de ordenamento da expansão urbana do município. Deve, portanto, integrar os processos de planejamento municipal.

Além disso, a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que

regulamenta os Artigos 182 e 183 da Constituição Federal Brasileira de 1988, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências, prevê que o Plano Diretor é obrigatório para municípios com mais de 20 mil habitantes, que integrem regiões metropolitanas, que apresentem áreas de interesse turístico ou que estejam situados em áreas de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental na região.

O caráter inovador no estabelecimento dos instrumentos da PMGSA é visto no inciso VII, que institui a setorização dos sistemas de abastecimento de água como instrumento de gestão.

Segundo BARRETO *et al* (2006), em muitos locais no Brasil, ainda é precária a qualidade da prestação dos serviços de abastecimento de água urbano devido, principalmente, ao aumento indiscriminado de extensões das redes de distribuição. Tal situação acarreta dificuldades de controle no sistema e a setorização é sugerida como requisito para o controle de sistemas de abastecimento de água.

Além desse instrumento, os incisos II e IV estabelecem, respectivamente, o FUMGESAN e o PLAGESAN, que também apresentam caráter mais específico.

O PLAGESAN se coloca como um instrumento estratégico que estabelece novos mecanismos de controle e melhoria da qualidade ambiental uma vez que procura integrar e articular os planos diretores setoriais (abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem, gerenciamento integrado de resíduos sólidos e o de Defesa Civil) com a Agenda 21 Local - o Projeto Cidade Futuro.

O FUMGESAN tem como objetivo concentrar recursos para projetos de interesse ambiental no âmbito local.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Enfatizou-se que a fase de formulação de uma Política Ambiental é etapa fundamental para o êxito de um processo de gestão ambiental, sendo que os três elementos básicos propostos por SOUZA (2000) - objetivos claros, instrumentos de gestão e agentes implementadores - devem se apresentar, em sua estrutura formal, de maneira organizada, consistente e clara. Tal organização contribuirá, para a gestão, conjugação e equilíbrio, levando em conta a complexidade inerente às dimensões social, econômica, ecológica, política e cultural, conforme propõe Milaré (1999).

Com base nestes pressupostos, objetivou-se contextualizar os instrumentos de gestão na política ambiental municipal no contexto do município de Santo André (SP).

Com base na literatura e legislação, infere-se que os instrumentos dependem das necessidades locais e devem possibilitar uma efetiva gestão ambiental com base na realidade local. No entanto, percebe-se que falhas de gestão são reflexos da não utilização articulada ou da utilização de instrumentos não apropriados às especificidades locais. Isso se deve a falta de articulação entre as esferas e legislações Federal, Estadual e Municipal.

A possibilidade de se municipalizar a gestão pública permite que esses instrumentos sejam abordados de forma específica, baseando-se em legislação maior, para que haja inovação na política local. No caso de Santo André há uma política bem estruturada considerando objetivos, instrumentos e agentes implementadores. Grande parte dos instrumentos adotados pela PMGSA já se encontram especificados em planos e políticas mais amplas, demonstrando o empenho do Município em se adequar à

legislação maior com vistas à qualidade ambiental.

Entretanto, carece ainda de um processo de monitoramento e avaliação, por meio de indicadores sociais, econômicos e ambientais. Acrescenta-se ainda, a importância de monitorar a qualidade da participação social como elemento fundamental do monitoramento. Observa-se que esse tipo de avaliação de resultados não acontece na prática do Município.

Dentro deste contexto, sugere-se a realização de uma avaliação dos processos de formulação e implementação das políticas públicas ambientais no Município de Santo André, por meio de estudos realizados por equipe interdisciplinar e que aborde, de maneira integrada, não apenas a estrutura formal da Política Ambiental, mas, também, os aspectos complexos que influenciam a implementação da política, tais como as dimensões social, econômica, ecológica, política e cultural do local. Dessa forma, seria possível a realização de uma avaliação mais completa ao verificar se a estrutura formal adotada - objetivos, instrumentos e agentes - contribui, de fato, para a implementação efetiva da Política Ambiental, bem como se a complexidade que envolve sua implementação pode resultar em adequações em sua estrutura formal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO, G. C.; GOMES, D. M.; GUTIERREZ, L. A. C. L.; PEREIRA, J. A. R. P. **Impacto da setorização no abastecimento de água em áreas urbanas**. VI SEREA - Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água. João Pessoa, 5 a 7 de junho de 2006. Disponível em: <<http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHO>

S/trabalho%20(1).pdf>. Acesso em: 12 fev 2009.

CIDADE FUTURO. **Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André**. Disponível em: <<http://www.semasa.sp.gov.br/scripts/display.asp?idnot=183>> Acesso em: 15 mar. 2008.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. **Cadernos de formação: Instrumentos de gestão ambiental municipal**. v.4. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2006. 80 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil dos Municípios Brasileiros: Meio Ambiente, 2008**. Rio de Janeiro: Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2008/munic2008.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2009.

MILARÉ, É. Instrumentos legais e econômicos aplicáveis aos municípios. In: PHILIPPI JR, A.; MAGLIO, I. C.; COIMBRA, J. A. A.; FRANCO, R. M. (Org.). **Municípios e meio ambiente: perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil**. São Paulo: ANAMMA; MPO, 1999. p. 33-46.

PHILIPPI JR; BRUNA, G. C. Política e gestão ambiental. **Curso de gestão ambiental**. In: PHILIPPI JR, A. ; ROMÉRO, M. A. de ; BRUNA, G. C. (Org.). São Paulo: Manole, 2004. cap. 18, p. 657-714.

\_\_\_\_\_; MALHEIROS, T. F.; SALLES, C. P.; SILVEIRA, V. F. **Gestão ambiental municipal: subsídios para estruturação de Sistema Municipal de Meio Ambiente**. Salvador: CRA, 2004. 128 p.

PMSA - Prefeitura Municipal de Santo André. **Santo André Cidade Futuro: agenda do milênio**. Santo André: Secretaria de Orçamento e

Planejamento Participativo da Prefeitura de Santo André, 2007. 61p.

SANTO ANDRÉ. Lei nº 7733 de 14 de outubro de 1998. Dispõe sobre a instituição da Política Municipal de Gestão e Saneamento Ambiental do Município de Santo André. In: **Caderno sobre a Política Municipal de Gestão e Saneamento Ambiental de Santo André**. Santo André: Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André, 2005.

SEMASA – **Saneamento Ambiental Santo André**. Disponível em: <<http://www.semasa.sp.gov.br/scripts/display.asp?idMenu=130>> Acesso em 15 mar. 2008a.

\_\_\_\_\_. **Saneamento Ambiental Santo André**. Disponível em: <<http://www.semasa.sp.gov.br/scripts/display.asp?idMenu=130>>. Acesso em: 15 mar. 2008b.

SOUZA, M. P. **Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e prática**. São Carlos: Riani Costa. 2000. 112p.

SUMÁRIO DE DADOS 2008. Ano base: 2007. Santo André: **Subprefeitura de Paranaíacaba e Parque Andreense**.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: Uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: FGV, 2005. 256 p.

VARELA, C. A. **Instrumentos de Políticas Ambientais, Casos de Aplicação e seus Impactos**. São Paulo: EAESP/FGV. NPP- Núcleo de Pesquisas e Publicações, Relatório de Pesquisa no. 62, 2001.

Recebido em: agosto/2010  
Aprovado em: mar/2012



**ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**

Av. Beira-Mar, 216, 13º andar  
Castelo | Rio de Janeiro | RJ | Brasil | CEP 20021-060  
Tel: (21) 2277-3900 Fax: (21) 2262-6838

[www.abes-dn.org.br](http://www.abes-dn.org.br)