

A Revista Geográfica Acadêmica tem por objetivo publicar artigos científicos, artigo de comunicação, artigo de revisão conceitual, notas técnicas, relatórios de pesquisa, publicação didática, manuais técnicos, notas de campo, resenhas e biografias sobre geomorfologia, pedologia, biogeografia, geografia urbana, climatologia, geografia agrária, educação ambiental, geografia do turismo e geografia cultural.

Qualis da Capes (Ano-Base 2007): **Geociências: B4 Interdisciplinar: B4**

The Geográfica Acadêmica is an electronic journal. The aims are publications about geomorphology, pedology, biogeography, urban geography, climatology, rural geography, environment education, geography of tourism and cultural geography.

#### COMISSÃO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Thiago Morato de Carvalho (INPA) - editor chefe/ in-chief [editor@rga.ggf.br]

Celso Morato de Carvalho (INPA)

#### COMISSÃO CIENTÍFICA/SCIENTIFIC BOARD

Adauto Souza Ribeiro (UFS)

Aguinaldo Silva (UFMS)

André L. Faria (UFV)

Antonio Henrique Klein (UNIVALI)

Celso Morato Carvalho (INPA)

Danielle Pereira da Costa (UEA)

David Adams (UEA)

Débora Pinto Martins (Université Lumière Lyon 2)

Deivison Molinari (UFAM)

Dinalva Donizete Ribeiro (UFG)

Dirce Maria Antunes Suertegaray (UFRGS)

Edgar Aparecido Costa (UFMS)

Eduardo Silva Pinheiro (UFAM)

Edvard Elias Souza Filho (UEM)

Fernando Campagnoli (SIPAM)

Ione Ivonete Burmester Morato de Carvalho (CEFET-SE)

Jan-Hendrik May (Universität Bern)

João Afonso Zavattini (UNESP)

João B.P. Cabral (UFG)

João Osvaldo Rodrigues Nunes (FCT/UNESP)

João Thadeu de Menezes (UNIVALI)

Jorge Alberto Villwock (PUCRS)

Lylían Coltrinari (USP)

Marília Kerr Amaral

Marisa Prado Gomes (EMBRAPA-GO)

Mauricio Meurer (Université Lumière Lyon 2)

Rafael Ávila Rodrigues (UFV)

Silvio Rodrigues (UFU)

Tatiana Schor (UFAM)

Thiago Morato Carvalho (Editor chefe)

Valter Antonio Becegato (UDESC-CAV)

Wellington Vilar (CEFET-SE)

Zilda de Fátima Mariano (UFG)

#### AVALIADORES CONVIDADOS (V.3, N.2, XII – 2009)

Ana Paulina Aguiar Soares (UEA)

Isaque dos Santos Sousa (ILMD/FIOCRUZ)

Jureth Couto Lemos (ESTES/UFU)

**Indexadores:** Sumários.org; Periódicos Capes; AGORA (Access to Global Online Research in Agriculture - FAO); Geoscience e-Journals; EBSCO Publishing; Genamics JournalSeek; GeoRef database; GALE Cengage Learnig; LATINDEX; CGP - American Geographical Society Library, IAG; DOAJ - Directory of Open Access Journals; PDP - Portal Domínio Público MEC/SEED/DITEC); Ocean Technology; Policy and Non-Living Resources; Meteorological and Geostrophysical Abstracts; Water Resources Abstract; ICAAP - Journal Database; SJSU - Electronic Journals Index; Portal do LIVRE!; Open J-Gate; Portal do SEER; Eletronic Journals Library; E-journals.Org; Word Press.Org; NSDL (National Scince Digital Library); EMSL (Earth and Mineral Scince Library); e-Periodicos (Sistema de Bibliotecas da Unicamp).

**Repositórios/Repositories:** Scribd iPaper; DocStoc; Calaméo

## SUMÁRIO / CONTENTS

### ARTIGOS / PAPERS

- ESTIMATIVA DO BALANÇO SEDIMENTAR DA BACIA DO RIO TIJUCAS (SC-BRASIL) A PARTIR DA APLICAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO SWAT / *ESTIMATE OF SEDIMENT BUDGET OF THE TIJUCAS RIVER BASIN APPLYING SWAT HYDROLOGIC MODEL*  
Jean Berná Paim; João Thadeu de Menezes ..... 5-14
- APLICAÇÃO DE IMAGENS IKONOS II E TM/LANDSAT-5 NA ELABORAÇÃO DE UMA BASE CARTOGRÁFICA PARA A RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL MAMIRAUÁ – AMAZONAS / *APPLICATION OF IKONOS II AND TM/LANDSAT-5 SATELLITES DATA FOR DIGITAL BASE MAPPING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT RESERVE MAMIRAUÁ, AMAZON, BRAZIL*  
Josimara Martins Dias; Adalene Moreira Silva; Newton Muller Pereira ..... 15-27
- ANÁLISE DO MEIO FÍSICO DA SUB-BACIA DO RIO VACACAÍ-MIRIM-RS/BRASIL / *ANALYSIS OF THE PHYSICAL ENVIRONMENT OF WATERSHED VACACAÍ-MIRIM-RS/BRAZIL*  
Aline Batista Ferreira; Kárita Botelho Silvestre; Emerson Figueiredo Leite; Roberto Rosa; Waterloo Pereira Filho ..... 28-34
- INCIDÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DA TUBERCULOSE NA CIDADE DE MANAUS/AM, BRASIL / *INCIDENCE AND DISTRIBUTION THE TUBERCULOSIS IN MANAUS/AM, BRAZIL*  
Michael Guimarães de Souza; Eduardo da Silva Pinheiro..... 35-43
- COMPARAÇÃO MICROCLIMÁTICA ENTRE DOIS IMÓVEIS NOS MUNICÍPIOS DE SÃO PAULO E SÃO ROQUE / *MICROCLIMATIC COMPARISON BETWEEN TWO BUILDINGS IN THE MUNICIPALITIES OF SÃO PAULO AND SÃO ROQUE*  
Cláudio Eduardo Andreoti ..... 44-56
- REGIMES DE TEMPERATURA DO AR EM REGIÃO MONTANHOSA / *REGIMES OF AIR TEMPERATURE IN MOUNTAIN REGION*  
Fabrício Marcos Oliveira Lopes; Dalton de Morisson Valeriano ..... 57-67
- O CAPITAL COMUNITÁRIO E O PPC: A PARTICIPAÇÃO PÚBLICA, PRIVADA E COMUNITÁRIA NA CONSTRUÇÃO DO DESENVOLVIMENTO LOCAL / *THE COMMUNITARIAN CAPITAL AND THE PPCP: THE PUBLIC, PRIVATE AND COMMUNITARIAN PARTICIPATION IN THE CONSTRUCTION OF THE LOCAL DEVELOPMENT*  
Sebastião Sibá Machado Oliveira ..... 68-77
- A CRISE DO MEIO AMBIENTE ENTRE AS VÁRIAS AGENDAS CONTEMPORÂNEAS / *THE CRISIS OF ENVIROMENT BETWEEN DIFERENT APPOINTMENTS CONTEMPORARY*  
Boaz Antonio de Vasconcelos Lopes ..... 78-84
- ELABORAÇÃO DE UM TUTORIAL DE CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA COMO ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE GEOMORFOLOGIA / *DEVELOPMENT OF A GEOMORPHOLOGICAL CARTOGRAPHY TUTORIAL AS ALTERNATIVE TO TEACHING GEOMORPHOLOGY*  
Thallita Isabela Silva; Sílvio Carlos Rodrigues ..... 85-94

### MANUAIS / HANDBOOK

- TUTORIAL DE CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA  
Thallita Isabela Silva; Sílvio Carlos Rodrigues (64p.)



**Revista eletrônica de Geografia e áreas afins**  
**Electronic Journal of Geography and correlated areas**  
**Contato: editor@rga.ggf.br**



**Revista Geográfica Acadêmica by RGA is licensed under a Creative Commons Atribuição-Uso Não-Comercial-Vedada a Criação de Obras Derivadas 2.5 Brasil License.**  
**Based on a work at [www.rga.ggf.br](http://www.rga.ggf.br).**

**Permissions beyond the scope of this license may be available at <http://www.rga.ggf.br>**

## ESTIMATIVA DO BALANÇO SEDIMENTAR DA BACIA DO RIO TIJUCAS (SC-BRASIL) A PARTIR DA APLICAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO SWAT

### ESTIMATE OF SEDIMENT BUDGET OF THE TIJUCAS RIVER BASIN APPLYING SWAT HYDROLOGIC MODEL

Jean Berná Paim  
jimmpaim@hotmail.com

João Thadeu de Menezes  
thadeu@univali.br

Universidade do Vale do Itajaí  
Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar (CTTMar)  
Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto

#### RESUMO

Adotar uma bacia como uma unidade hidrológica para entender os processos físicos relacionados à produção de água e de sedimentos é importante, pois suas características (área, forma e relevo) podem determinar seu uso de maneira sustentável. O objetivo é testar a aplicabilidade do modelo hidrológico SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) na bacia hidrográfica do rio Tijucas para quantificar a produção de água e sedimentos. Concomitantemente a isso foram aplicadas técnicas de geoprocessamento juntamente com a criação de um banco de informações geográficas para auxiliar na descrição da região. Este banco inclui dados diários de precipitação e temperatura para a bacia hidrográfica, mapas de solo, uso e ocupação da terra, além do modelo digital de elevação (MDE) que combinados formam as Unidades de Resposta Hidrológica (HRU's). Séries temporais de vazão e sedimentos observados são importantes para calibrar e validar os parâmetros de saída do modelo. Após a calibração, a estação 102 apresentou um Coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe - COE de 0.6, indicando um bom ajuste do modelo em representar os dados observados. Também foi elaborado um mapa de produção de sedimentos da BHRT, onde a média para os 10 anos de modelagem variou entre 0.5 ton/ha, chegando a 9.0 ton/ha em algumas microbacias.

**Palavras-chave:** SWAT, Bacia Hidrográfica, Rio Tijucas, Modelos Hidrológicos.

#### ABSTRACT

Adopt a basin as a hydrological unit to understand the physical processes related to the water and sediment production is important because its characteristics (area, shape and topography) can determine its use in a sustainable manner. This study is aim in the test of the applicability of hydrologic model SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) in the Tijucas River Basin to quantify the water and sediment production along it sub-basins. Together, geoprocessing techniques were applied with the creation of a database of geographical information to describe the region. On this database is included the daily precipitation an temperature data of the gauges distributed on the watershed, soil data, a land use map and the digital elevation model (DEM) to create the Hydrologic Response Units (HRU's). A time series with flow values and sediment concentration measured are very important to calibrate and validate the model output parameters. After the calibration of the initial results, the Flow Gauge number 102 presented a Nash and Sutcliffe Coefficient - COE = 0.6 indicating a good adjust of the model. The results were used to create a sediment production map for Tijucas River Basin, when the 10 years average ranged between 0.5 ton/ha and 9.0 ton/ha in some sub-basins.

**Keywords:** SWAT, HRU's, Tijucas River Basin, Hydrologic Model.



## 1. INTRODUÇÃO

É importante entender os processos que se relacionam direta ou indiretamente no comportamento de uma bacia hidrográfica, sendo que esta é uma etapa fundamental para agir de maneira eficiente no gerenciamento ambiental dos recursos disponibilizados por ela. A acelerada taxa de erosão do solo é amplamente reconhecida como um problema global.

A avaliação das perdas de solo é de fundamental importância na adoção de práticas que visam minimizar a sua degradação do solo, uma vez que o uso e ocupação das terras, juntamente com as características topográficas e climáticas irão determinar o balanço sedimentar da bacia hidrográfica (Martins *et al.*, 2003). Sabe-se que o transporte e deslocamento de grandes massas de sedimento ao longo da bacia podem alterar o ciclo hidrológico, a contribuição de sedimentos para o litoral, além de afetar o seu uso, conservação e gestão.

A realização de estudos direcionados a bacias hidrográficas tem a necessidade de compreender o funcionamento do balanço hídrico, dos processos que controlam o movimento da água e os impactos de mudanças do uso da terra sobre a quantidade e qualidade da água, sedimentos e nutrientes (Whitedead e Robinson, 1993). De acordo com Zakia (1998), a área de uma bacia influencia na quantidade de água que esta é capaz de produzir (deflúvio); o relevo e a forma regem a taxa e o regime desta produção de água, sendo fundamental nos processos de sedimentação e; o padrão de drenagem afeta a disponibilidade de sedimentos e a taxa de formação do deflúvio. Por estes motivos, grande parte das características físicas da bacia é controlada ou influenciada pela sua estrutura geológica.

Tucci (2001) descreve que os modelos hidrológicos são ferramentas desenvolvidas cientificamente para melhor entender e representar o comportamento das bacias hidrográficas (escoamento superficial e subterrâneo) e prever condições para cenários diferentes dos que são observados.

De forma concomitante à aplicação da modelagem, é requerido o auxílio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), empregado na construção de um banco de dados georreferenciados para que se realize a manipulação e combinação dos

dados, além de outros tipos de análises (Alves, 1990).

Assim, o modelo SWAT – *Soil and Water Assessment Tool* - foi escolhido para realização da simulação da quantidade de água e sedimentos capaz de ser gerada ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas. O modelo SWAT acoplado ao SIG ArcGIS® da ESRI oferece uma simulação com parâmetros distribuídos e contínuos ao longo do tempo, possibilitando ainda configurar a bacia hidrográfica de maneira eficiente e flexível (Zhou e Fulcher, 1997).

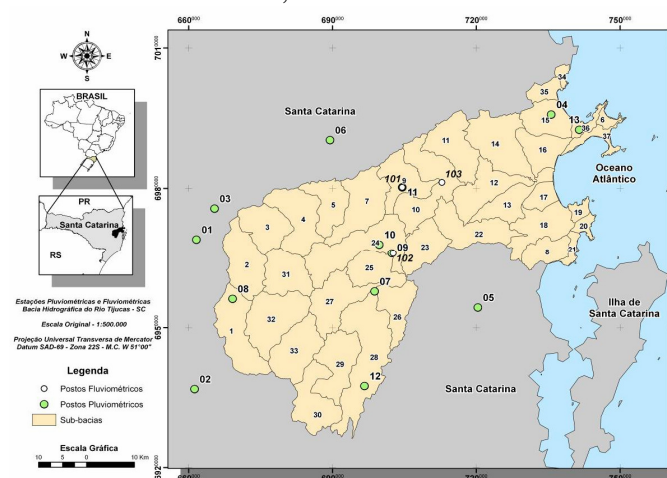
O resultado gerará mapas temáticos que mostrarão a produção sedimentar ao longo das sub-bacias. Para isto, deverão ser consideradas suas características geológicas, climáticas e os diferentes usos e ocupação da terra.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudo

A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Tijucas (BHRT) que ocupa uma área de aproximadamente 2840km<sup>2</sup> (Figura 1), distribuindo-se ao longo do Litoral Centro Norte do Estado de Santa Catarina. Abrange os municípios de Angelina, Canelinha, Leoberto Leal, Major Gercino, Nova Trento, Rancho Queimado, São João Batista e Tijucas.

Bacia hidrográfica da Região Hidrográfica Oito (RH8) situa-se dentro dos limites geográficos: 738.415m e 694.063m; 6.954.339m e 6.995.100m.



**Figura 1** – Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Tijucas, com as sub-bacias analisadas (SANTHI, 2001). Os

postos pluviométricos e fluviométricos estão destacados com pontos brancos e verdes.

De acordo com a classificação climática de Köppen, na faixa leste do Estado o clima é do tipo “mesotérmico úmido com verão quente (Cfa)” e na região de planalto (> 800m) o clima é “mesotérmico úmido com verão seco (Cfb)”. O relevo é do tipo montanhoso, fortemente ondulado com solos rasos a pouco profundos (Santa Catarina, 2007). A precipitação é considerada regular, com média de 1600 mm anuais.

A região preserva sinais de floresta tropical atlântica e vegetação litorânea. O rio Tijucas é formado pela união dos rios: Bonito (27 km de extensão), Engano (39 km) e Garcia (20 km).

## 2.2. Modelo Swat (Soil and Water Assessment Tool)

O modelo desenvolvido na *Agricultural Research Service (ARS – órgão ligado a USDA – United States Department of Agriculture)* é uma ferramenta de domínio público criado para prever o impacto das práticas do gerenciamento de solo, sedimentos, produtos químico-agrícolas e água sobre bacias hidrográficas que estão sujeitas a diferentes variações de solo, gerenciamento e uso de terra em longos períodos de tempo (Srinivasan *et al.*, 2002).

O SWAT é um modelo baseado fisicamente que requer informações (dados de entrada) específicas sobre o clima, as propriedades do solo, topografia, vegetação e as práticas de gerenciamento do solo que ocorrem ao longo do curso da bacia hidrográfica de interesse. Assim, os processos físicos associados ao movimento da água, ao movimento dos sedimentos, ao crescimento da vegetação, ao ciclo de nutrientes, entre outros (Neitsch *et al.*, 2000).

O modelo foi desenvolvido para verificar os efeitos resultantes das modificações do uso e da ocupação do solo sobre a produção/contribuição de sedimentos da bacia hidrográfica para o sistema, bem como no escoamento superficial e subterrâneo (Srinivasan *et al.*, 2002).

Além da capacidade de integrar os dados sobre o manejo do solo e o uso de terra, o SWAT se difere de outros modelos físicos em sua capacidade de separar a bacia em sub-bacias e Unidades de Resposta

Hidrológica (HRU's – *Hydrological Response Units*). A bacia como um todo é dividida em unidades menores, que apresentam características comuns de solo e uso de terra (Machado, 2002) a partir da seleção de pontos sobre a rede de fluxo, que funcionam como um controle. Desta forma, o modelo pode fornecer dados de saída, como a descarga fluvial em pontos específicos da rede de drenagem do rio (Bekiaris *et al.* 2005).

De acordo com Srinivasan e Arnold (1994), a estrutura de dados que são parâmetros de saída é dividida em sete componentes principais: hidrologia, clima, sedimentos, crescimento vegetal, manejo agrícola, nutrientes e pesticidas.

## 2.3 Dados de Entrada e Análises Estatísticas

Os arquivos vetoriais referentes às sub-bacias e aos cursos de água foram disponibilizados pela EPAGRI-SC (Empresa de pesquisa agropecuária e extensão rural de Santa Catarina). O número de HRU's geradas levou em consideração um nível de sensibilidade de 20% para o uso e ocupação de solo e declividade e 10% para os tipos de solo (NEITSCH *et al.*, 2000).

O Modelo Digital de Elevação foi adquirido junto a Embrapa, oriundo da missão da NASA denominada SRTM (*Shuttle radar topography mission*) e disponível para *download* pelo programa Brasil em Relevo, assim como o mapa com a classificação de solos na escala 1:250.000 (EMBRAPA, 1999). Após reclassificadas, foram obtidas oito classes de solo (Tabela 1).

**Tabela 1** – Classes de solo da BHRT.

Reclassificação dos solos	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
<b>Afloramentos Rochosos</b>	2	0,071
<b>Areia Quartzosa Marinha</b>	15	0,53
<b>Cambissolo</b>	2024	71,494
<b>Dunas e Areias de Praia</b>	13	0,459
<b>Salos Litólicos</b>	279	9,855
<b>Podzólico Vermelho-Amarelo</b>	308	10,88
<b>Glei Pouco Húmico</b>	170	6,005
<b>Outros</b>	20	0,706

Os dados físico-hídricos referentes a cada uma das oito classes foram compilados de Baldissera (2005) para o banco de dados do modelo.

O mapa de uso e ocupação do solo foi produzido a partir do uso da imagem de satélite Landsat\_5\_TM (R5G4B3 de 02/09/2002), posteriormente recortada e georreferenciada para abranger somente a área estudada.

Foram definidas sete classes de uso e ocupação do solo durante o processo de classificação da imagem (Tabela 2).

Séries históricas diárias de precipitação e vazão de todas as estações foram obtidas em <http://hidroweb.ana.gov.br>. As tabelas com os dados diários de temperatura foram criadas com as séries históricas diárias de duas estações meteorológicas localizadas nas cidades de São José e Florianópolis.

**Tabela 2** – Classes de Uso e Ocupação do Solo para a BHRT.

Uso e ocupação do solo	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Água	35,12	1,24
Urbanização	162,97	5,76
Floresta	1438,75	50,82
Reflorestamento (Pinos)	139,95	4,94
Áreas alagadas	59,35	2,11
Agricultura	715,01	25,26
Pastagem/Solo exposto	279,79	9,88

São usadas duas análises estatísticas para comprovar a eficiência do modelo. Primeiramente foi usado o Coeficiente de Nash-Sutcliffe - COE. Seu cálculo é baseado na Equação 01, sendo que o resultado pode variar de menos infinito até 01 positivo. O valor de 01 indica que a simulação do evento foi realizada perfeitamente pelo modelo.

$$COE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Em - Es)^2}{\sum_{i=1}^n (Em - \bar{E})^2} \quad (1);$$

Em = evento observado para o período analisado;

Es = evento simulado para o mesmo período;

E = média do evento observado,

n = número de eventos.

Para apoiar os resultados, o desvio padrão (Dv) em porcentagem também é analisado segundo a Equação 2. Valores de Dv próximos de 0,00% indicam um melhor ajuste do evento simulado com relação ao evento que foi observado.

$$D_v [\%] = \frac{E - E^*}{E} \cdot 100 \quad (2);$$

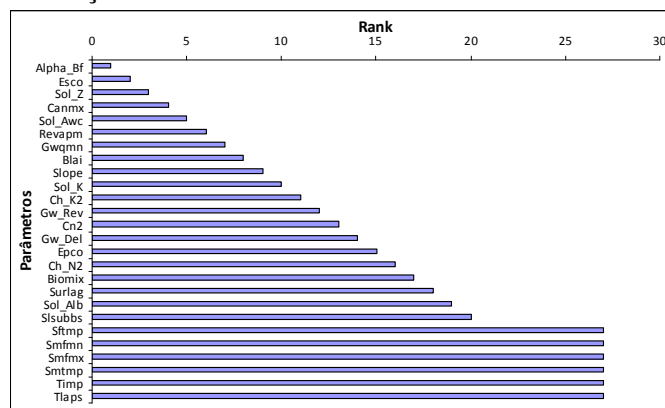
E = evento observado para o período analisado;

E\* = evento simulado para o mesmo período.

### 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análise de Sensibilidade

Foram analisadas 27 variáveis apresentadas na Figura 2, que contém um valor de *ranking* definido após a análise, para cada variável. Um menor valor do *ranking* indica uma maior influência do parâmetro sobre o resultado final da simulação para determinada variável, neste caso, a vazão (Arnold *et al.*, 2005). Variáveis com *ranking* cujo valor é de 27 não exercem nenhuma influência sobre o valor final do parâmetro analisado, portanto a variável correspondente pode ser excluída do processo de calibração.



**Figura 2** - *Ranking* dos parâmetros depois de realizada a Análise de Sensibilidade.

Os resultados de saída do modelo são influenciados por diversas variáveis que atuam sobre o fluxo superficial, fluxo de base, infiltração de água no solo, profundidade de cada horizonte do solo, entre outros. Uma descrição mais detalhada sobre cada variável pode ser encontrada no manual do modelo SWAT. A Tabela 3 apresenta uma breve descrição

das variáveis que foram consideradas durante a realização da análise de sensibilidade.

**Tabela 3** – Descrição dos parâmetros e *ranking* de cada uma das variáveis após a realização da Análise de Sensibilidade do modelo SWAT.

Parâmetro	Rank	Descrição
Alpha_BF	1	Fator alfa do fluxo de base (dias)
Esco	2	Fator de compensação da evaporação do solo
Sol_Z	3	Profundidade do solo (mm)
Canmx	4	Armazenamento máximo de água no dosse vegetativo (mm)
Sol_awc	5	Capacidade de água disponível (mm H <sub>2</sub> O / mm solo)
Revapmn	6	Profundidade de água limite no aquífero raso para ocorrer "revap" (mm)
Gwqmn	7	Concentração de nitrato na água subterrânea contribuinte (mgN/L)
Blai	8	Índice máximo de área foliar
Slope	9	Declividade média mais acentuada (mm/m)
Sol_K	10	Condutividade hidráulica saturada (mm/h)
Ch_k2	11	Condutividade hidráulica efetiva do canal (mm/ano)
Gw_revap	12	Coefficiente de re-evaporação da água subterrânea
Cn2	13	Valor do curva número inicial do <i>Soil Conservation Service</i>
Gw_delay	14	Retardo do escoamento subterrâneo
Epc0	15	Fator de compensação da retirada das plantas
Ch_n2	16	Coefficiente de Manning do canal principal
Biomix	17	Eficiência da mistura biológica
Surlag	18	Tempo de retardo do escoamento superficial
Sol_alb	19	Albedo do solo
Ssubbsn	20	Comprimento da declividade média (m)
Sftmp	27	Temperatura da neve (graus celcius)
Smfmn	27	Fator de derretimento da neve em dezembro (mmH <sub>2</sub> O/oC/dia)
Smfmx	27	Fator de derretimento da neve em junho (mmH <sub>2</sub> O/oC/dia)
Smtmp	27	Temperatura de base para derretimento de neve (oC)
Timp	27	Fator de retardo da temperatura do bloco de neve
Tlaps	27	Taxa de variação da temperatura (oC/km)

### 3.2 Calibração do Modelo Swat

De acordo com a metodologia proposta por Santhi *et al.* (2001), os seguintes parâmetros tiveram o seu valor alterado: i) o CN2 foi multiplicado por 0,75, para que seu valor fosse reduzido em 25%; ii) a

variável ESCO teve seu valor acrescido até o máximo permitido, que é de 1,0; iii) o SOL\_AWC também teve o seu valor alterado até o máximo permitido, que é de 0,6; iv) o GWQMN teve seu valor substituído por 5000 e; v) o RCHRG\_DP, teve seu valor alterado para 1,0.

A última variável citada, (RCHRG\_DP - fração de percolação do aquífero profundo) melhorou os resultados apenas para a Sub-bacia 09. Portanto, acabou sendo descartada e se optou por apresentar os valores resultantes apenas da mudança das outras quatro variáveis mencionadas.

**Tabela 3** - Valores de R<sup>2</sup> (após o ajuste), COE E Dv (%) antes e após a calibração.

	R <sup>2</sup>	COE (sem ajuste)	Dv (% sem ajuste)	COE (ajustado)	Dv (ajustado)
<b>Estação 101 (09)</b>	0.56	-1.85	63.43	0.40	- 28.12
<b>Estação 102 (24)</b>	0.81	-23.51	72.09	0.63	- 4.01
<b>Estação 103 (10)</b>	0.60	0.12	-86.38	0.36	-23.00

Fazendo um comparativo entre as médias mensais para os dez anos da simulação dos três postos fluviométricos foram encontrados valores de desvio padrão em porcentagem variando entre -8% e 16% (Tabela 4). O COE obteve uma melhora significativa após a calibração dos resultados para as estações das microbacias 10 e 24, sendo que para a sub-bacia 09, o valor encontrado não satisfaz as condições necessárias para confirmar a eficiência da modelagem (-0,01), indicando um péssimo ajuste do modelo mediante estas condições.

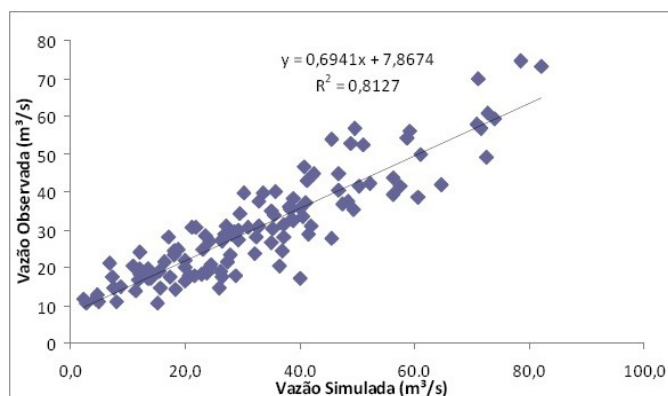
O valor de COE de 0.73 encontrado na microbacia 24 atingiu um patamar onde indica que a calibração utilizada foi muito eficiente (Krysanova *et al.*, 1998 apud Machado, 2002).

Os resultados obtidos na estação 102, localizada na sub-bacia 24 indicam uma calibração realizada com sucesso para este ponto de controle. O valor do coeficiente de correlação linear levando em consideração os dados observados *versus* os dados simulados foi de aproximadamente 0,81 (Figura 3). Na figura 4 é apresentada a série histórica de vazão simulada e observada, utilizando a precipitação média do período relativo para efeito de comparação.

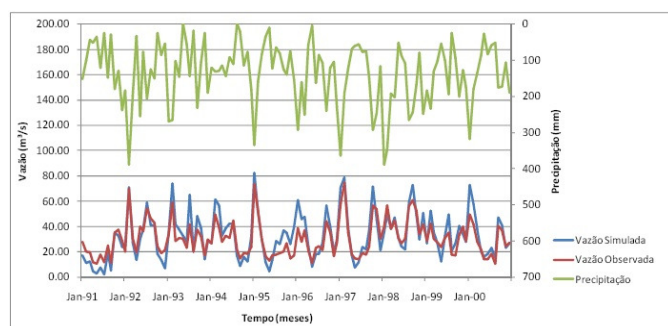
A inconsistência do modelo em simular os dados observados ocorreu no início da série, onde ocorreu um erro do modelo em reconhecer as médias de pluviosidade (janeiro/91 a julho/91) para efetuar os cálculos de vazão e no período que compreende entre junho/95 a abril/96, onde não foram encontradas evidências para justificar a incoerência dos valores simulados.

**Tabela 4** - Coeficiente de correlação  $R^2$ , COE e Dv (%) para as médias mensais ao longo do período simulado.

Vazão Simulada x Vazão Observada	$R^2$	COE	Dv (%)
Estação 101 (Sub-bacia 09)	0.6183	-0.01	16.23
Estação 102 (Sub-bacia 24)	0.9547	0.73	-5.47
Estação 103 (Sub-bacia 10)	0.8502	0.5	-7.98



**Figura 3** – Coeficiente de correlação linear para a Estação 102 (Sub-bacia 24)



**Figura 4** – Vazão observada x vazão simulada para a estação 102 (sub-bacia 24) no eixo principal e no eixo secundário a série histórica de precipitação do posto pluviométrico desta sub-bacia.

Moriasi *et al.* (2007) propõe que os resultados encontrados para o COE devem exceder o valor de 0.5 para que o modelo seja considerado satisfatório para a predição hidrológica mensal. Considerando este critério para ambos os índices (COE e  $R^2$ ), os resultados foram considerados satisfatórios apenas para a Estação 102 na microbacia 24, que replicou corretamente a vazão e os outros indicadores hidrológicos. Levando em conta a média mensal, as estações 102 e 103 estariam de acordo com o critério estabelecido por Moriasi *et al.* (2007).

Os fracos desempenhos obtidos pelas outras estações podem ser atribuídos em parte a representação inadequada dos dados de chuva requeridos ou a falta de postos de coleta pluviométrica ao longo da bacia hidrográfica estudada, impossibilitando a coleta de dados que sejam espacialmente representativos para esta variável (Bouraoui *et al.*, 2004). Outros fatores que podem afetar negativamente os resultados gerados pelo modelo compreendem a falta de calibração do modelo (Bosch *et al.*, 2004), erros na série temporal de dados de vazão que estão sendo comparados (Harmel *et al.*, 2006) e curtos períodos selecionados para a calibração e validação do modelo (Muleta e Nicklow, 2005b).

As séries de dados utilizadas não podem ser contestadas uma vez que são disponibilizadas por órgãos governamentais e os dados faltantes ou inexistentes foram substituídos corretamente pelo usuário para garantir uma maior eficiência do processo de modelagem. O período de simulação de dez anos é maior até que muitos outros encontrados na literatura referente ao SWAT, mas é sempre importante ressaltar que séries históricas maiores sempre estão mais passíveis a presença de erros.

Ao contrário de outros autores e estudos, como por exemplo, os realizados por Baldissera (2005), Machado (2002) e Prado (2005), não foram considerados outros cenários para comparar a produção de sedimentos. Optou-se por trabalhar apenas com a configuração atual de uso e ocupação de terras existente atualmente para a BHRT. Machado (2002) calibrou o escoamento superficial e atingiu um COE igual a 0,90, e para produção de sedimentos o COE encontrado foi de 0,82. Baldissera (2005) não encontrou resultados favoráveis de COE para os postos de monitoramento utilizados em todos os



cenários que foram propostos.

Desta forma, optou por realizar um teste ‘t’ de Student para comparar a médias observadas a conseguiu um ajuste de 0,7156 e considerado-o favorável. Prado (2005) concluiu que é muito importante aplicar o manejo correto em Áreas de Preservação Permanente (APP’s), obtendo produções menores de sedimentos em condições onde estas estão delimitadas corretamente, sendo áreas importantes no controle contra a erosão.

O modelo SWAT analisa a produção de sedimentos para cada sub-bacia em função das variáveis hidrológica, climáticas, físicas do solo e geomorfológicas. É considerado o uso de solo e ocupação de terra predominante para estimar a produção de sedimentos. BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) citam a introdução de Áreas de Preservação Permanente em áreas ocupadas por pastagens, diminui a exposição dos solos mais suscetíveis a erosão. Isto acarreta em um aumento da rugosidade do solo, fazendo com que a água permaneça mais tempo na superfície do solo, aumentando assim, a taxa de infiltração.

Dentro do cenário proposto, um mapa contendo a média da produção de sedimentos de cada sub-bacia ao longo do período de 10 anos analisado foi confeccionado a partir dos dados de saída do modelo para esta variável (Figura 5).

Pode ser visualizado que nas microbacias 03, 04 e 18, a produção de sedimentos chega ao valor de até nove toneladas por hectare (9,0 ton/ha) por ano. Dentro dos resultados apresentados, algumas hipóteses podem ser levantadas sobre os motivos que estariam levando estas regiões a serem potenciais zonas de erosão.

As sub-bacias 03 e 04 estão situadas onde o tipo de solo Cambissolo não é predominante, e aparecem regiões onde o solo é identificado como sendo do tipo Litólico ou Podzólico Vermelho-Amarelo. O Cambissolo é um dos solos mais resistentes ao processo de erosão, e além do mais, a faixa por onde se estende este tipo de solo é bastante vegetada, aumentando a rugosidade do solo e diminuindo a ação hídrica sobre ele. Os solos Litólicos são rasos e apresentam textura argilosa, o que os torna um pouco resistentes ao processo erosivo. Já os solos Podzólicos que apresentam uma fração mais arenosa são mais suscetíveis a perdas de

sedimento por ação da água (Bertoni e LOMBARDI Neto, 1990).

A microbacia de número 18 está situada em uma região onde a atividade agrícola é predominante acrescida da ação da chuva e da água superficial que age sobre o solo (Figura 6).

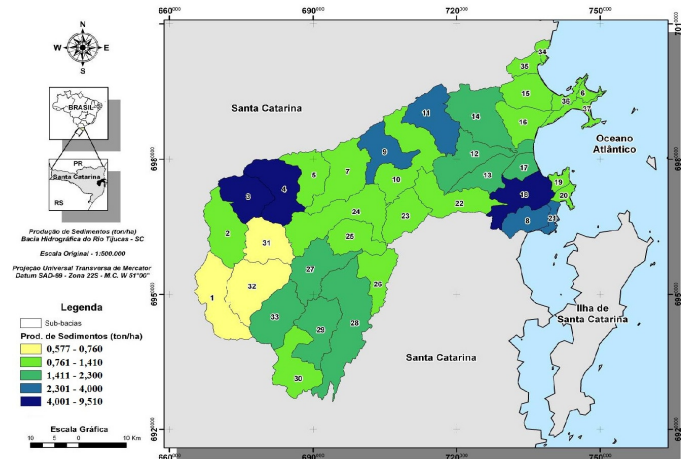


Figura 5 - Distribuição espacial da produção de sedimentos (ton/ha) por microbacia na BHRT.

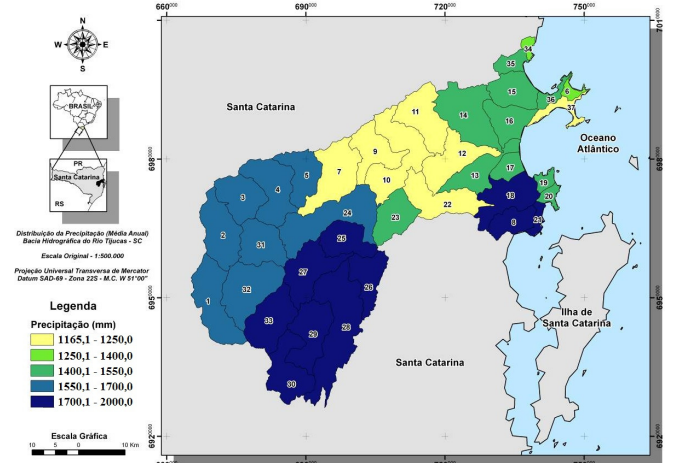


Figura 6 – Distribuição da precipitação para a bacia hidrográfica do rio Tijucas.

O resultado do mapa da Figura 7 mostra como é o comportamento da velocidade da vazão ao longo da bacia hidrográfica do rio Tijucas. É apresentada uma média para o período de dez anos em que foram usados os dados para a simulação.

De acordo com as variáveis de saída, as médias podem variar de 0,18 a 5,77 m<sup>3</sup>/s nas regiões

de maior altitude e nas zonas mais costeiras que não fazem parte da área de drenagem dos canais principais, chegando até a atingir valores médios de  $49,67\text{m}^3/\text{s}$  nas áreas onde os cursos de água se apresentam em estágio mais desenvolvido. A tabela 5 apresenta as médias mensais observadas e calculadas para a década de 1990 determinadas após o processo de modelagem.

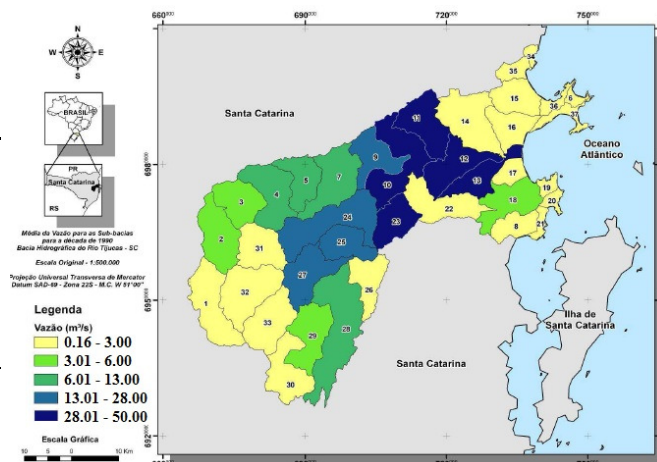
**Tabela 5** - Médias mensais da vazão observada e simulada para a década de 1990 para a BHRT.

	Estação 101/ Sub-bacia 09		Estação 102/ Sub-bacia 24		Estação 103/ Sub-bacia 10	
	Vazão Simulada ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Vazão Observada ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Vazão Simulada ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Vazão Observada ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Vazão Simulada ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Vazão Observada ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
<b>Janeiro</b>	15.88	13.96	45.30	39.64	72.72	66.38
<b>Fevereiro</b>	19.56	21.77	55.21	49.39	91.21	82.18
<b>Março</b>	8.09	11.15	36.42	31.63	55.59	51.12
<b>Abril</b>	6.21	10.31	23.53	23.99	39.11	42.55
<b>Mai</b>	5.56	10.22	18.39	22.10	33.57	38.33
<b>Junho</b>	10.59	10.97	23.44	23.39	40.33	43.45
<b>Julho</b>	13.13	14.95	33.33	29.72	56.82	47.59
<b>Agosto</b>	12.68	16.26	26.69	25.48	48.72	43.08
<b>Setembro</b>	14.00	12.58	37.93	31.30	64.46	48.23
<b>Outubro</b>	12.97	13.20	38.52	35.30	69.43	52.94
<b>Novembro</b>	6.83	13.91	25.07	27.44	41.78	42.12
<b>Dezembro</b>	9.36	10.01	28.73	27.53	45.76	46.80

O comportamento das médias de vazão calculadas atingiu um padrão esperado, uma vez que as cabeceiras e áreas localizadas a montante são regiões onde ocorre a produção de água (nascentes). Sendo assim, o terreno é bastante recortado e os cursos de água ainda não estão bem formados. À medida que a água vai escoando para as regiões mais baixas da bacia hidrográfica, os cursos de água de ordem inferior vão convergindo e formam os cursos de água de maior ordem, mais desenvolvidos e com maior capacidade de transportar grandes volumes de água e sedimentos.

Na zona costeira, o mapa mostra que ocorre uma pequena redução nos valores médios observados na área onde aparece o exutório da bacia. Este fato

pode ser atribuído a menor declividade presente nesta região. Apesar do canal principal (rio Tijucas) suportar uma grande carga de sedimentos e água, a ação da gravidade não atua mais nesta região da mesma forma que atua nas áreas onde foram encontrados os maiores índices de vazão, reduzindo o fluxo por unidade de área.

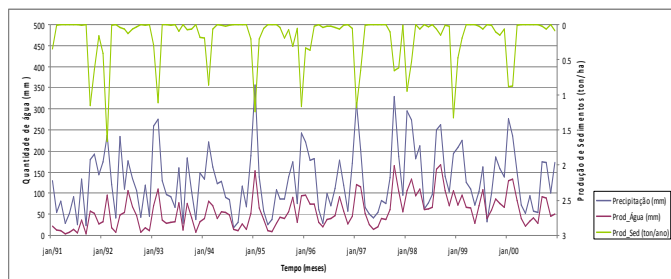


**Figura 7** - Mapa de Média de Vazão de Longo período para os 10 anos de simulação.

Bosch *et al.*, (2004) realizaram um estudo comparando os resultados do modelo SWAT e de outros modelos que possuem rotinas aplicadas ao transporte de sedimentos, hidrologias, pesticidas e nutrientes e concluíram que os valores de volume de vazão mensais são muito bem representados pelas saídas do modelo, exceto para os meses onde é registrada a ocorrência de algum evento extremo de tempestade.

A Figura 8 apresenta uma série temporal para os 10 anos de simulação propostos pelo presente estudo. São observados os comportamentos da precipitação, da produção de água e da produção de sedimentos para o período analisado. É visualizado que o comportamento da produção de água acompanha os picos de precipitação, ou seja, a produção de água está intrinsecamente ligada à quantidade de chuva precipitada. Ainda pode ser observado que nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro), ocorre um pico na produção de sedimentos média ao longo de toda a bacia hidrográfica, em função da maior quantidade de água precipitada que é disponibilizada para o escoamento superficial.

O SWAT foi criado e é compatível com as mais diversas práticas de agricultura que podem ser realizadas pela ação humana, porém, este não é o objetivo central do trabalho. Sendo assim, erros qualitativos podem estar associados com os valores apresentadas para a produção de solos, uma vez que somente um posto de vazão obteve um coeficiente de eficiência favorável a partir dos dados de vazão mensais.



**Figura 8** - Produção de Água, Produção de Sedimentos e Precipitação Média para os 10 anos simulados pelo modelo SWAT para a BHRT.

## 5. CONCLUSÕES

Apenas parte dos resultados simulados obtiveram os índices estatísticos necessários para garantir a eficiência do modelo em representar o ambiente real. Mesmo assim é possível inferir em hipóteses sobre os resultados de maneira qualitativa e não de forma quantitativa.

Desta forma, as microbacias 03, 04 e 18 foram estabelecidas como as HRU's onde a produção de água e de sedimentos foi mais significativa para o período estudado. Nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro), a produção de sedimentos sempre foi mais significativa, acompanhando o pico de precipitação e produção de água que são maiores ao longo deste período.

Para o presente trabalho, uma das limitações mais significativas foi à falta de dados sobre produção e concentração de sedimentos ao longo da bacia hidrográfica.

Embora o modelo seja sensível a mais de uma centena de variáveis, resultados muito bons após a calibração realizada depois da análise de sensibilidade, seguindo a metodologia de Santhi *et al.* (2002) foram atingidos. É necessário salientar a importância de estudar cada uma destas variáveis e a

influência destas nos resultados finais, para não comprometer a índole e a validade do estudo realizado.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço a FAPESC – Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina, por ter financiado o projeto durante os seus 12 meses de desenvolvimento.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, D.S. Sistema De Informação Geográfica. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 1., 1990. São Paulo, Anais... São Paulo: Usp, Escola Politécnica. P.66-78. 1990.

Arnold, Jg; Srinivasan, R.; Muttiah, R.S.; Williams, J.R. Large Area Hydrologic Modeling And Assessment. Part I: Model Development. Journal Of The American Water Resources Association, Temple, V. 34, N. 1, P. 73-89, 1998.

Arnold, J.G.; Fohrer, N. Swat 2000: Current Capabilities And Research Opportunities In Applied Watershed Modeling. Hydrological Processes, V.19, P. 563-572, 2005.

Baldissera, G.C. Aplicabilidade Do Modelo De Simulação Hidrológica Swat (Soil And Water Assessment Tool), Para A Bacia Hidrográfica Do Rio Cuiabá/Mt. 2005. 144f. Dissertação (Mestrado Em Física E Meio Ambiente) – Instituto De Ciências Exatas E Da Terra, Ufimt, Cuiabá – Mt, 2005.

Bekiaris I.G.; Panagopoulos I.N.; Mikikou M.A. Application Of Swat (Soil And Water Assessment Tool) Model In The Ronnea Catchment Of Sweden. Global Nest Journal, Vol. 7, N°3, P.252-257, 2005.

Bertoni, J; Lombardi Neto, F. Conservação Do Solo. 2.Ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355 P.

Bosch, D. D.;J. M. Sheridan, H. L. Batten; J. G. Arnold.. Evaluation Of The Swat Model On A Coastal Plain Agricultural Watershed. J.American Water Resources. 2004.

Bouraoui, F., B. Grizzetti, K. Granlund, S. Rekolainen, And G. Bidoglio. Impact Of Climate Change On The Water Cycled And Nutrient Losses In A Finnish Catchment. J.American Water Resources. 2004.

Embrapa. Centro Nacional De Pesquisa De Solos. Sistema Brasileiro De Classificação De Solos. Brasília: Embrapa Produção De Informação; Rio De Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 P.

Harmel, R. D.; Cooper, R. J.; Slade, R. M.; Haney, R. L.;



- Arnold, J. G. Cumulative Uncertainty In Measured Streamflow And Water Quality Data For Small Watersheds. 2006.
- Machado, R.E. Simulação De Escoamento E De Produção De Sedimentos Em Uma Microbacia Hidrográfica Utilizando Técnicas De Modelagem E Geoprocessamento. 2002. 154 P. Tese (Doutorado Em Irrigação E Drenagem) – Escola Superior De Agricultura “Luiz De Queiroz”, Universidade De São Paulo, Piracicaba, 2002.
- Martins, S. G.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Ferreira, M. M.; Fonseca, S.; Marques, J. J. G. S. M. Perdas De Solo E Água Por Erosão Hídrica Em Sistemas Florestais Na Região De Aracruz (Es). Revista Brasileira De Ciência De Solo, V.27, N. 3, Pp. 395-403, Mai./Jun. 2003.
- Moriasi, D. N.; J. G. Arnold, Van Liew, M. W.; Binger, R. L.; Harmel, R. D.; Veith, T. Model Evaluation Guidelines For Systematic Quantification Of Accuracy In Watershed Simulations. J.American Water Resources. 2007.
- Muleta, M. K.; Nicklow, J. W. Sensitivity And Uncertainty Analysis Coupled With Automatic Calibration For A Distributed Watershed Model. J.American Water Resources. 2005b.
- Neitsch, S.L.; Arnold, J.G.; Willians, J.R. Soil And Water Assessment Tool – User’s Manual: Version 2000. Temple: Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, 2000. 458p.
- Prado, T.B.G. Evolução Do Uso Das Terras E Produção De Sedimentos Na Bacia Hidrográfica Do Rio Jundiá-Mirim. 2005. 72f. Dissertação (Mestre Em Agronomia) – Instituto Agrônomo, Universidade De Campinas, Campinas, 2005.
- Santa Catarina. – Panorama Dos Recursos Hídricos Em Santa Catarina. Florianópolis: Secretaria Do Estado Do Desenvolvimento Sustentável(Sds), Execução: Consórcio Engecorps – Tetraplan – Lacaz Martins. 2007.
- Santhi, C., Arnold, J.G., Williams, J.R., Dugas, W.A., Srinivasan, R., Hauck, L.M. October 2001. Validation Of The Swat Model On A Large River Basin With Point & Non-Point Sources, Journal Of The American Water Resources Association, Vol. 37, No. 5, 1169-1188pp.
- Santhi, C.; Arnold J. G.; Williams, J. R.; L. Hauck, M; Dugas, W. A. Application Of A Watershed Model To Evaluate Management Effects On Point And Nonpoint Source Pollution. Trans. Asae. 2002.
- Srinivasan, R.; Arnold, J.G. Integration Of A Basin-Scale Water Quality Model With Gis. Water Resources Bulletin, V.30, N.3, P.453-462, 1994.
- Srinivasan, R.; Arnold, J. G. Santhi, C. Tmdl Applications Using Swat. At Asae Conference Titled "Watershed Management To Meet Emerging Tmdl Environmental Regulations Conference & Exhibition." Fort Worth, Tx. March 10, 2002.
- Tucci, C.E.M. Hidrologia: Ciências E Aplicação. 2.Ed. Porto Alegre. Ed. Ufrgs, Abrh, 2001. 943 P.
- Whitehead, P.G.; Robinson, M. Exprimental Basin Studies – An International And Historical Perspective Of Forest Impacts. J. Hydrol., Amsterdam, V.145, P.217-230, 1993.
- Zakia, M.J.B., Identificação E Caracterização Da Zona Ripáriaem Uma Microbacia Experimental: Implicações No Manejo De Bacias Hidrográficas E Na Recomposição De Matas Nativas. Tese De Doutorado. Eesc/Usp. 1998.
- Zhou, Y.; Fulcher, C., A Watershed Management Tool Using Swat And Arcinfo. Esri User Conference, Proceedings 1997.

## **APLICAÇÃO DE IMAGENS IKONOS II E TM/LANDSAT-5 NA ELABORAÇÃO DE UMA BASE CARTOGRÁFICA PARA A RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL MAMIRAUÁ – AMAZONAS**

### **APPLICATION OF IKONOS II AND TM/LANDSAT-5 SATELLITES DATA FOR DIGITAL BASE MAPPING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT RESERVE MAMIRAUÁ, AMAZON, BRAZIL**

Josimara Martins Dias

Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas  
josimara.dias@ige.unicamp.br

Adalene Moreira Silva

Instituto de Geociências, Universitário Darcy Ribeiro - Brasília  
adalene@unb.br

Newton Muller Pereira

Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas  
newpe@ige.unicamp.br

#### **RESUMO**

O objetivo desse artigo foi apresentar a metodologia desenvolvida para elaborar uma base cartográfica digital atualizada como suporte à gestão participativa da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, localizada no estado do Amazonas. Por se tratar de uma área de várzea, tanto a paisagem física quanto a organização social se alteram frequentemente e essa dinâmica demanda a atualização sistemática das bases cartográficas. Neste trabalho foram utilizadas imagens dos sensores orbitais IKONOS II e TM/LANDSAT 5, entrevistas com usuários e coleta de dados geográficos em trabalho de campo. Como resultado obteve-se uma base cartográfica com escala de mapeamento 1:100.000 e um banco de dados compatível com as referências locais, com os quais é possível gerar mapas temáticos atualizados para auxiliar o diálogo nos programas de manejo sustentável da Reserva Mamirauá e, assim, minimizar conflitos com as comunidades locais.

**Palavras chaves:** Amazônia, Gestão Ambiental, SIG, IKONOS

#### **ABSTRACT**

This paper has as purpose present the methodology developed to produce an updated digital map base support for participatory management Mamirauá Reserve of Sustainable Development in the state of Amazonas, Brazil. Because this protected area is situated within an area of flooded forest, both the physical landscape and social organization often change, and the dynamic demand the systematic update of cartographic databases. This work has images of orbital sensors IKONOS II and LANDSAT 5 TM, interviews with users and collecting spatial data in the Mamirauá Reserve. This work obtained a cartographic base at 1:100.000 scale and a geodatabase compatible with the local references, with which is possible to generate thematic maps updated to support dialogue in the sustainable management programs of the Mamirauá Reserve and minimize conflicts with communities.

**Keywords:** Amazon, Environmental management, GIS, IKONOS

## 1. INTRODUÇÃO

O instrumental fornecido pelas geotecnologias tem sido utilizado principalmente para a gestão e o monitoramento ambiental, atividades que demandam a interação e a negociação entre diferentes profissionais com suas fontes de informação, ou seja, são atividades que exigem ferramentas multidisciplinares. As geotecnologias revolucionaram vários métodos científicos de análise espacial, assim como as formas de controle e planejamento da organização espacial por agentes públicos e/ou privados (Castillo, 1999). A importância das geotecnologias em relação à aquisição de “informações ambientais”, conforme a expressão utilizada por Mello (2006), já foi demarcada inclusive pela Agenda 21 Global, especificamente nos Capítulos 35 e 40, denominados “Ciência para o Desenvolvimento Sustentável” e “Informações para a tomada de decisões” (Agenda 21 Global, 1992).

No conjunto das geotecnologias, o sensoriamento remoto e as técnicas de geoprocessamento exercem papel de destaque nas etapas de captura de dados, análise de informações e tomada de decisão. O ponto crucial do sensoriamento remoto está na capacidade de extrapolar a percepção visual humana sobre os objetos na Terra a partir da distinção entre as diferentes faixas do espectro eletromagnético. Assim, a combinação das especificidades de imagens orbitais de alta resolução espacial, temporal e espectral, com dados multifontes (entrevistas com usuários, análise de materiais analógicos, referências normativas para o local, etc.) contribui de forma decisiva à maior precisão nas análises geográficas, tais como a elaboração de Estudos de Impacto Ambiental e Planos de Manejo de Unidades de Conservação, entre outras aplicações.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) também fazem parte do conjunto das geotecnologias e fundamentais à tomada de decisão em atividades relacionadas à gestão ambiental, pois se configuram como um poderoso conjunto de ferramentas para armazenar, transformar, exibir dados georreferenciados e sobrepor camadas de informações espaciais. A evolução tecnológica desse sistema disponibilizou um conjunto de técnicas que têm auxiliado as ciências em geral, e, por isso, também é

caracterizado como “sistema de suporte à decisão” (Burrough, 1986).

As potencialidades de um SIG para a gestão ambiental podem ser sistematizadas, a saber: torna mais rápido o gerenciamento de bancos de dados geográficos, subsidiando a tomada de decisões; permite a elaboração de prognósticos; favorece a gestão territorial democrática e participativa por meio da disponibilização de informações à sociedade; e se ajusta ao planejamento interdisciplinar, na medida em que profissionais de diversas áreas podem trabalhar sobre uma mesma base com informações inter-relacionadas para a tomada de decisões quando a localização geográfica é uma característica fundamental (Garay e Dias, 2001; Jacintho, 2003).

Conforme Câmara e Monteiro (2009), trabalhar com as geotecnologias significa utilizar computadores e *softwares* específicos como instrumento de representação de dados espacialmente referenciados. Então, a implementação de diferentes formas de representação computacional do espaço geográfico é um problema central na elaboração de bases cartográficas. Para utilizar um SIG, é preciso que cada especialista transforme conceitos específicos de sua disciplina em representações computacionais, ou seja, implica em escolher as representações computacionais mais adequadas para capturar a semântica de seu domínio de aplicação. No caso específico da gestão de Unidades de Conservação de Uso Sustentável, nas quais deve existir um “Conselho Gestor” (Decreto n. 4.340/2002) com a função de estabelecer o diálogo entre pesquisadores, gestores e as comunidades tradicionalmente residentes nessas áreas, a elaboração e o uso de mapas temáticos com representações visuais e semânticas compreendidas por todos esses atores é fundamental.

No Brasil, as experiências com o uso de geotecnologias na gestão de Unidades de Conservação (atividade posterior à elaboração do Plano de Manejo) ainda são incipientes. Em geral, essas ferramentas são muito utilizadas nas atividades iniciais, ou seja, na delimitação da área e para a elaboração de seu Plano de Manejo, não ocorrendo continuidade posteriormente da aplicação de SIGs nas atividades relacionadas à gestão cotidiana dessas áreas protegidas. Essa carência ocorre principalmente pela dificuldade na obtenção de recursos para estruturar laboratórios próprios e a contratação de

recursos humanos capacitados para tal finalidade. Alguns exemplos de aplicação em áreas protegidas são os trabalhos desenvolvidos no Parque Estadual do Desengano – RJ (Jamel et al, 2007), na Reserva Florestal Adolpho Ducke – AM (Júnior et al, 2007), no Parque Nacional da Serra dos Órgãos - RJ (Cruz et al, 2009).

Soma-se a esse cenário o fato de que o mapeamento cartográfico sistemático oficial brasileiro em escalas grandes (disponibilizado por instituições federais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE) ainda é escasso na região norte do Brasil, configurando, de certa forma, um “vazio cartográfico”. De acordo com Oliveira (2006), apesar de importantes programas públicos de monitoramento ambiental, boa parte da cartografia disponível tem mais de 30 anos e, em 2007, somente 14% do território brasileiro estava mapeado na escala 1:50.000 e 3% na escala 1:25.000, que são escalas importantes para as atividades de planejamento.

A Amazônia, ícone das reivindicações internacionais pela preservação da biodiversidade e lócus de históricos conflitos sócio-ambientais, possui também importantes programas de monitoramento ambiental estruturados com geotecnologias, como o Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM), o Programa de monitoramento da floresta amazônica brasileira por Satélite (PRODES) e o Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER). Paralelamente a esses programas, as Unidades de Conservação são um dos instrumentos mais eficientes na promoção da proteção e conservação da biodiversidade na Amazônia (Queiroz, 2005).

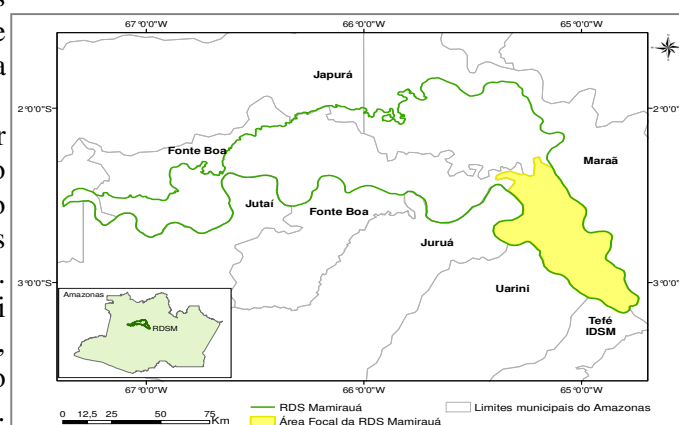
Em 2009, a região norte registrou o maior número de Áreas Protegidas Públicas delimitadas no Brasil, conforme dados do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e da pesquisa de Jenkins e Joppa (2009). Contudo, boa parte dessas Unidades ainda não possui Plano de Manejo adequado e/ou implementado, podendo ser definidas simbolicamente como “Unidades de Papel” (Medeiros, 2006; Brito, 2000). Então, no atual contexto, este trabalho apresenta a iniciativa de aplicação de geotecnologias na gestão da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (RDSM), localizada no estado do Amazonas, e descreve a metodologia desenvolvida para a

elaboração de uma base cartográfica digital atualizada em escala 1:100.000, a partir dos sensores orbitais IKONOS II, TM/LANDSAT 5 e de entrevistas com representantes dos usuários da reserva.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização geográfica da área de estudo

A área total da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá abrange 1.124.000 hectares e está inserida entre os municípios amazonenses Tefé, Maraã, Alvarães, Uarini, Juruá e Fonte Boa, distante 600 km a oeste da capital Manaus. Essa área também é definida especificamente como várzea do médio rio Solimões (Figura 1). Trata-se de uma área de floresta alagada, e a sua principal referência é a dinâmica sazonal do nível das águas. A sazonalidade é definida pelas estações de “vazante” (agosto a setembro), “seca” (outubro a novembro), “enchantes” (dezembro a abril) e “cheia” (maio a junho), conforme informações cedidas por representantes do manejo de pesca da Reserva Mamirauá. O alagamento sazonal do rio Solimões eleva o nível da água em média de 10 a 12 metros todos os anos. Assim, de acordo com Queiroz (2005), as várzeas são áreas de significativo valor ecológico devido ao alto grau de endemismo de espécies adaptadas às mudanças radicais da paisagem entre essas estações.



**Figura 1** - Localização da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Amazonas

A Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá é considerada como um modelo inovador e que influenciou a configuração do Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (Lei 9.982, 17/07/2002). Essa categoria de Unidade de Conservação foi criada na década de 1990 pelo governo do estado do Amazonas para proteger as áreas de relevante interesse ecológico habitadas por comunidades rurais, como é o caso de Mamirauá, e até então não havia nenhuma outra Reserva com o mesmo caráter no Brasil (Dias, 2008). Conforme o estabelecido pelo Decreto 4.340 de 22/08/2002, a gestão dessa categoria de Unidade de Conservação deve contar com um Conselho Gestor, do qual participam representantes de diversas instituições regionais e também de comunidades locais interessadas na conservação dos recursos naturais da área, ou seja, é obrigatória a gestão participativa.

No primeiro Plano de Manejo da Reserva Mamirauá, publicado em 1996, a área da Reserva foi dividida em Área Focal, com 260.000ha e Área Subsidiária, com 864.000 há, devido a sua grande extensão territorial. A primeira contém zonas de uso sustentável e de preservação permanente, gerenciadas pelo Instituto Mamirauá (IDSM) e a segunda será administrada de acordo com as experiências bem sucedidas da primeira. Assim, as normas do primeiro Plano de Manejo da Reserva, abrangem especificamente a Área Focal e foi elaborado a partir de pesquisas em diversas áreas do conhecimento científico e técnicas de “mapeamento participativo” com as comunidades ribeirinhas locais.

De acordo com Dias (2008), integrantes das comunidades ribeirinhas foram incentivados a desenhar a localização de suas vias de acesso e dos recursos naturais de maior uso para a posterior negociação dos limites das zonas de manejo sustentável. A partir dessa atividade, a Área Focal da Reserva foi subdividida em nove setores políticos (Aranapu, Barroso, Boa União, Horizonte, Ingá, Jarauá, Liberdade, Mamirauá e Tijuaca), de acordo com a organização prévia de representação das comunidades locais. Atualmente a Reserva é administrada pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM), cuja missão é produzir conhecimentos científicos e tecnologias apropriadas às demandas da realidade local em consonância com o manejo sustentável dos recursos

naturais e a inclusão social (IDSM, 2006).

As especificidades geográficas da várzea amazônica tornam a gestão participativa da Reserva Mamirauá um desafio permanente. Na estação da cheia boa parte da área permanece alagada e ocorrem significativas alterações morfológicas nos corpos d'água (Ayres, 2005; Jardim-Lima et al, 2005). Peixoto et al. (2007) ao analisarem imagens orbitais TM/LANDSAT 5 sobre a várzea no médio Solimões detectaram que no período de 26/19/1984 a 04/09/2005, a RDS Mamirauá obteve cerca de 17.800 ha ( $\approx 6,85\%$  da área focal) de áreas sedimentadas e cerca de 14.500 ha ( $\approx 5,57\%$  da área focal) de áreas erodidas, ficando com um saldo de áreas de 3.300 ha ( $\approx 1,27\%$  da área focal), aproximadamente.

A alteração nos nível das águas entre as estações do ano provoca mudanças significativas na paisagem, que, por sua vez, também influencia no deslocamento das comunidades ribeirinhas no intervalo de poucos anos (Lima, 1996), ou seja, é uma região natural e socialmente dinâmica. Em decorrência, ocorrem limitações quanto aos limites políticos estabelecidos para as atividades de manejo sustentável, como a quantidade e a localização de corpos d'água disponíveis para a pesca em um determinado setor da Área Focal. Tais alterações estão diretamente relacionadas aos conflitos na gestão da Reserva.

Os rios de água branca, como o Solimões, carregam muitos sedimentos criando extensas planícies inundáveis e um complexo ecossistema de ilhas, restingas, chavascais, paranás e outras formações específicas. No ecossistema de várzea o regime das águas afeta a geomorfologia, a flora e a fauna local, cria e destrói terrenos de forma veloz (Ayres, 2005). Essa área é conformada por uma rede diversificada de corpos d'água (rios, braços, paranás, furos, lagos, canais ou canos), ou seja, somente na Área Focal da Reserva Mamirauá há mais de 700 lagos (Dias, 2008).

Os processos geomorfológicos peculiares ao domínio morfoclimático amazônico influenciam nas formas resultantes da erosão pluviofluvial, que deram origem a elementos da drenagem da várzea amazônica. Tais elementos são os “igarapés”, “paranás” e “furos”, bem como, os lagos de terra firme e de várzea, conforme as denominações regionais (Nunes, 2008). Segundo Ab'Sáber (2003), a

nomenclatura popular para diferentes cursos d'água na Amazônia é muito rica e cada um desses nomes traduz conceitos obtidos através de vivências prolongadas, passando a ter, para os habitantes locais, um caráter referencial do espaço.

Nunes (2008) sistematizou a descrição física dessa rede de corpos d'água em seu trabalho. O extenso, largo e profundo braço de um grande rio, que na planície de inundação amazônica forma uma grande ilha, é denominado de "paraná". Os canais que nas várzeas amazônicas estabelecem comunicação entre o rio principal e o seu afluente mais próximo, acima da confluência definitiva, são os "furos". Os cursos de água de pouca extensão e reduzida largura, mas com bacias bem definidas, tanto da várzea como da terra firme, recebem o nome indígena de "igarapés" (Nunes, 2008).

Para as comunidades ribeirinhas da Reserva Mamirauá, a maior parte das formações de corpos d'água é denominada como "lagos" ou "paraná", os quais possuem também toponímias atribuídas historicamente, como, por exemplo, "lago Tucuxi", "Grande", "Cobra", entre outros (Dias, 2008). Todavia, de acordo com as estações da várzea, há corpos d'água temporários e perenes. A posição, o tamanho e o formato desses corpos d'água variam em poucos anos, podendo ocorrer até mesmo a extinção de alguns.

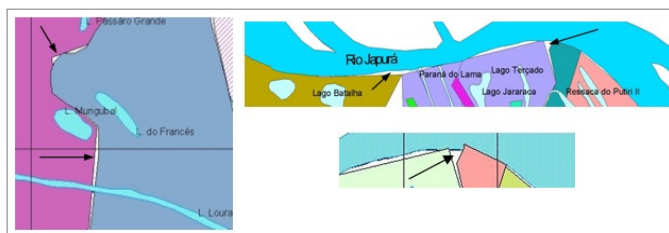
Muitos corpos d'água são utilizados para a pesca, que é tradicionalmente a principal atividade econômica das comunidades ribeirinhas locais. Assim, um aspecto importante que precisa ser considerado na gestão dessa área é a repartição dos "lagos" para cada setor político, que tem gerado conflitos internos quando há mudanças na posição geográfica, no tamanho ou na quantidade de lagos de um dado setor.

De acordo com o contexto apresentado, faz-se necessária a atualização sistemática das bases cartográficas digitais da Reserva Mamirauá para a produção de mapas temáticos em escalas de visualização maiores que 1:100.000. A metodologia a ser apresentada visa contribuir para destacar a potencialidade das geotecnologias como um instrumento que permite integrar as diferentes áreas de pesquisa do IDSM e a gestão das atividades de manejo sustentável através da implementação de SIGs.

## 2.2 Análise de dados cartográficos antigos e entrevistas com usuários

A primeira etapa do trabalho foi a coleta e análise do material cartográfico pré-existente, as demandas e expectativas em relação à aplicação de SIG na gestão das atividades de manejo sustentável na Reserva Mamirauá. Esse trabalho também contou com uma entrevista semi-estruturada realizada com os funcionários de informática do Instituto Mamirauá, coordenadores dos programas de manejo sustentável e alguns representantes de comunidades ribeirinhas residentes na Reserva.

O Instituto Mamirauá (IDSM) disponibilizou os dados cartográficos antigos que continham os setores políticos da Área Focal, a localização das comunidades ribeirinhas e a localização dos lagos da Área Focal. Esses dados foram digitalizados a partir de mapas analógicos com escala 1:250.000 produzidos no início da década de 1990. As toponímias das entidades não estavam corretamente cadastradas nos bancos de dados e havia erros topológicos típicos de um processo de digitalização feito por um operador sem experiência. A figura 2 apresenta alguns seguimentos extraídos de mapas temáticos que foram produzidos com a base cartográfica antiga com erros topológicos, conforme a indicação das setas pretas.



**Figura 2** – Segmentos de mapas temáticos antigos que apresentavam erros topológicos entre os setores políticos da RDSM (escala 1:50.000), os quais foram elaborados a partir da digitalização de mapas analógicos da década de 1990.

Com relação ao polígono de corpos d'água, detectou-se disparidades de toponímias para entidades com as mesmas coordenadas geográficas e toponímias iguais para entidades com coordenadas geográficas diferentes. Além dos dados cartográficos antigos, também foram realizadas entrevistas semi-

estruturadas com representantes dos Programas de Manejo Sustentável da Pesca, da Agricultura Familiar Sustentável, da Fiscalização e do setor de Informática. As entrevistas foram realizadas para captar a percepção dos usuários em relação à importância do instrumental do SIG na gestão da Reserva, as principais dificuldades para a sua utilização sistemática e, principalmente, para confirmar as toponímias das entidades para a nova base cartográfica.

A sistematização correta das respectivas toponímias no banco de dados geográfico também é fundamental para que as informações contidas nos mapas temáticos possam ser compreendidas adequadamente por todos os usuários. A principal função desses mapas é definir e divulgar as áreas de uso para cada comunidade ribeirinha residente na Reserva e, nesse sentido, a representação equivocada de uma dada delimitação territorial pode autorizar a exploração dos territórios vizinhos. Isso ocorre porque as comunidades locais compreendem bem a linguagem dos mapas como uma forma de representação de seus espaços de ação na Reserva e, principalmente, como uma referência normativa para os limites das áreas de manejo sustentável. Tal compreensão e aceitação é resultado das atividades de “mapeamento participativo”, desenvolvidas desde o primeiro Plano de Manejo da reserva, na década de 1990 (Dias, 2008).

Então, o presente trabalho definiu atualizar as camadas de informações vetoriais pré-existentes e cadastrar as corretas toponímias nos bancos de dados das seguintes camadas: comunidades locais, flutuantes de pesquisa, principais corpos d’água e limites políticos dos setores da Área Focal. Essas camadas foram vetorizadas a partir das imagens TM/LANDSAT-5 e IKONOS II disponibilizadas pelo IDSM para esse trabalho, conforme será apresentado no próximo tópico.

### **2.2.1 Elaboração das camadas vetoriais a partir das imagens orbitais disponíveis**

Após a avaliação das demandas a partir das entrevistas semi-estruturadas, partiu-se para a coleta das coordenadas geográficas das comunidades (ribeirinhas e indígenas) residentes no interior da Área Focal da Reserva e das bases de pesquisa

flutuantes. Para esse mapeamento foi utilizado o aparelho GPS de navegação *Garmin Map 76CS*, com precisão de 15 metros e configurado com Datum WGS 84, Fuso 20 Sul. Esta etapa foi realizada durante a expedição de campo na Reserva, em julho de 2007.

As coordenadas coletadas foram exportados para o formato de vetorial de pontos no *software ArcGis 9.2*. No total, foram mapeadas 58 comunidades e no banco de dados desse shapefile foram criados os campos para o “Nome” da comunidade, “População\_1998”, “População\_2005” e “População\_2008”, nos quais foram cadastrados os respectivos dados. Esses campos permitem a elaboração de séries históricas sobre a demografia local. Também foram criados campos específicos para a identificação da presença ou ausência de infra-estruturas de energia e comunicação, como, por exemplo, existência ou não de telefones, rádio e placas de energia solar nas comunidades.

A segunda etapa se concentrou no geoprocessamento das imagens orbitais disponibilizadas pelo Instituto Mamirauá para: IKONOS II e TM/LANDSAT 5. Essa etapa foi realizada com ajuda do *software ENVI 4.1 (Sulsoft)*.

O sensor IKONOS II, operado pela SPACE IMAGING - EUA, lançado em 1999, é um satélite comercial com alta resolução espacial. As faixas imageadas alcançam 13 km e na opção multiespectral (bandas 1-Azul, 2-Verde, 3-Vermelho e 4-Infra-Vermelho próximo) a resolução espacial é de 4 metros. Na opção pancromática esse sensor possui resolução espacial de 1m. A resolução radiométrica é de 11 bits (2048 níveis de cinza), ou seja, possui o poder de contraste e de discriminação nas imagens muito superior à maioria dos sensores orbitais existentes atualmente (Pinheiro, 2003; Rocha, 2007).

Devido ao alto custo dessas imagens, o Instituto Mamirauá adquiriu apenas uma amostra em relação à área total da Reserva para desenvolver estudos pilotos de modelagens em SIG e atualização da base cartográfica digital com alta resolução espacial (imagens foram compradas da empresa GeoEye). Para cobrir toda a área da Reserva seria necessário adquirir mais de 800 cenas do sensor IKONOS II e para cobrir a Área Focal são necessárias mais de 100 cenas.

A cobertura do maior número possível de ações



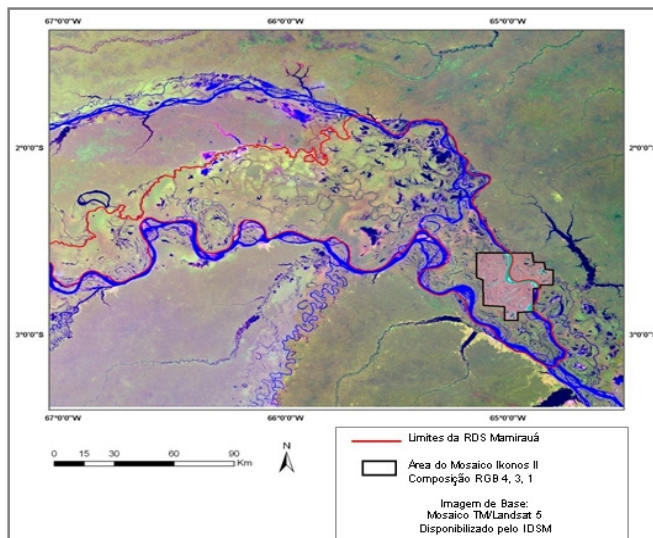
que demandam mapas temáticos na Reserva Mimirauá foi o critério utilizado pelos coordenadores do IDSM para a escolha da área-piloto do IKONOS II. A amostra adquirida possui 22 cenas, que foram imageadas no dia 09 de setembro de 2006 (estação de vazante na várzea amazônica) e registram somente 1% de nuvens. Essas cenas cobrem os setores políticos Jarauá, Tijuaca e Coraci, delimitados na Área Focal da Reserva (área pontilhada na Figura 2). As mesmas também foram adquiridas com sistema de projeção UTM, Datum WGS84, fuso 20 Sul e com interpolação pelo método de convolução cúbica.

Para complementar as áreas não cobertas pelas cenas IKONOS II, o presente trabalho também utilizou um mosaico formado por cenas do sensor TM/LANDSAT 5, que foi disponibilizado pelo Instituto Mimirauá (IDSM) já com a composição de bandas em falsa cor e nível 6 de correção. As cenas desse mosaico foram imageadas no dia 19 de agosto de 1999 (estação de vazante na várzea amazônica) e estão georeferenciadas com projeção UTM, Datum WGS84, fuso 20 Sul (órbitas-ponto 001-61, 002-61 e 002-62). Esse mosaico cobre toda a área da Reserva (1.124.000 hectares) com apenas 1% de nuvens, fatores que tornam essa imagem importante para o trabalho de elaboração da base cartográfica.

As imagens orbitais utilizadas nesse trabalho (IKONOS II e TM/LANDSAT 5) correspondem à estação de vazante na várzea amazônica. Imagens nessa estação possibilitam a identificação mais detalhada de corpos d'água perenes e também dos temporários. Na estação de seca a grande maioria dos lagos diminui muito em extensão e/ou secam; já na estação da cheia a área da Reserva permanece praticamente toda alagada. Tais alterações na paisagem dificultam a delimitação precisa dos limites e feições dos corpos d'água, principalmente dos mais utilizados nas atividades de manejo sustentável, por essa razão o IDSM disponibilizou imagens da estação de vazante. A figura 3 apresenta a área do mosaico TM/LANDSAT 5 e do IKONOS II.

A classificação e diferenciação entre os alvos é uma das funções prioritárias do processamento digital de imagens de orbitais. Dessa forma, para a correta distinção e identificação visual dos alvos, optou-se inicialmente pela reambulação temática das principais feições apresentadas no mosaico TM/LANDSAT 5. Os valores espectrais dos principais alvos foram

extraídos no *software* ENVI 4.2 e a confirmação foi realizada com aparelho GPS durante o mesmo campo em que foram coletadas as coordenadas geográficas das comunidades locais.



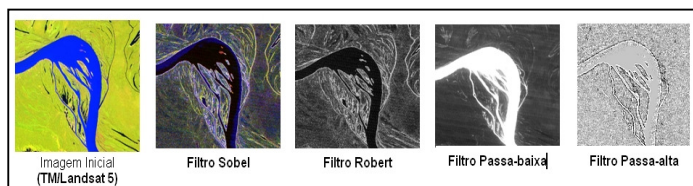
**Figura 3** – Mosaico TM/LANDSAT-5 e área coberta pelas 22 cenas do sensor IKONOS II (Dias, 2008).

Após a reambulação, foram aplicadas técnicas de realce da imagem LANDSAT a partir da filtragem de frequências. As técnicas de filtragem são muito empregadas no tratamento de imagens digitais com várias finalidades, tais como o realce de bordas, eliminação de ruídos, suavização de contraste ou ainda na identificação de feições lineares não perceptíveis na imagem original. Essas técnicas consistem em realçar seletivamente as feições de alta, média ou baixa frequência que compõem as imagens de sensoriamento remoto a partir das mudanças de um intervalo de Nível de Cinza (NC) para outro (Crosta, 1993).

Diferentes filtros foram aplicados no mosaico LANDSAT a partir da ferramenta Convolutions and Morphology (Envi 4.2), tais como Passa-baixa, Passa-alta, Passa-banda, Roberts e Sobel, que auxiliaram na distinção dos limites e formas das feições importantes para a base cartográfica, principalmente na delimitação dos corpos d'água presentes na Área



Focal da Reserva. A figura 4 apresenta um mesmo segmento do mosaico LANDSAT após a aplicação dos distintos filtros.



**Figura 4** – Filtros aplicados sobre o mosaico TM/LANDSATLANDSAT 5.

No trabalho de processamento das cenas IKONOS II foram criados quatro mosaicos com as 22 cenas, ou seja, um mosaico para cada uma das bandas do sensor: azul, verde, vermelho e infravermelho. Não foi necessário realizar correção radiométrica nas cenas IKONOS II, pois a qualidade das mesmas se mostrou satisfatória para a discriminação dos alvos do projeto da nova base cartográfica.

Posteriormente, foram geradas várias composições coloridas com os mosaicos e análise das opções que melhor ajudavam na distinção visual e classificação entre corpos d'água, bancos de areia, vegetação e áreas desmatadas. As aferições visuais utilizadas para a seleção das melhores composições para a classificação dos alvos foram de forma, tons de cor, texturas, localização e associações orientadas pela experiência de pesquisadores do IDSM.

As imagens LANDSAT com os filtros e as composições coloridas dos mosaicos IKONOS II foram exportados em formato .tiff para um novo projeto no *software* ArcGis 9.2. Os mosaicos IKONOS II foram registrados nesse mesmo *software* utilizando 12 pontos de controle bem distribuídos (transformação polinomial de 2º ordem) a partir da imagem TM/LANDSAT 5. Esse registro foi realizado para a adequada sobreposição das imagens e, assim, iniciar a vetorização manual dos corpos d'água.

Os alvos (corpos d'água) foram vetorizados no formato de polígonos, na escala 1:100.000, a partir da ferramenta ArcEditor, que disponibiliza uma série de funções específicas para a eliminação de erros no processo de digitalização, tais como linhas desconectadas ou polígonos abertos. Na tabela de atributos do arquivo dos corpos d' água foi incluído

os campos “nome do corpo d'água” (toponímias atribuídas pelos usuários), “setor político” e “tipologia” (para distinguir entre Canos, Igarapés, Paranás, etc., conforme as atribuições dos usuários).

Após a vetorização iniciou-se o processo de cadastramento e padronização das toponímias dos corpos d'água, que contou com coleta de dados existentes nos registros dos arquivos antigos da Reserva (no formato de pontos) e também com as entrevistas realizadas. Para a eliminação de divergências quanto às toponímias, durante as entrevistas foram utilizadas as cartas das imagens orbitais impressas em folhas A3, na escala 1:50.000 das imagens TM/LANDSAT 5 e IKONOS II. Assim, os entrevistados indicavam as toponímias para alvos sobre as imagens, que não constavam nas bases de dados antigas e/ou que apresentava divergências.

Finalmente, os limites políticos da Reserva foram atualizados com a correção dos erros topológicos de vizinhança entre os polígonos, ou seja, foi realizada apenas a atualização do shapefile existente no IDSM. Essa correção também foi elaborada com a ferramenta ArcEditor e as áreas dos respectivos setores foram mantidas conforme a definição do último Plano de Manejo da Reserva. Na tabela de atributos dos setores políticos (banco de dados geográfico) foi mantido o campo “nome do setor”.

#### 4. RESULTADOS

Com as entrevistas semi-estruturadas identificou-se que os programas de manejo florestal, manejo da pesca e manejo de agricultura familiar são as atividades que mais demandam mapas temáticos na Reserva, ou seja, produtos de um SIG. Especificamente, os coordenadores desses programas indicaram que as atividades que mais demandam mapas temáticos como instrumento de análise são: monitoramento ambiental (desmatamento, queimadas, comunidades ilegais, pesca ilegal); prospecção de recursos naturais; acompanhamento demográfico ou sócio-cultural; auxílio no planejamento das atividades de manejo; mapeamento específico para as pesquisas técnico-científicas e delimitação dos talhões de extração nas áreas de manejo florestal.

Em relação ao grau de contribuição das geotecnologias para a tomada de decisão, a maioria

dos entrevistados responderam que atualmente havia média contribuição para as atividades de manejo sustentável desenvolvidas na Reserva. As principais justificativas foram a falta de dados atualizados e/ou precisos nos mapas, a dificuldade em organizar bancos de dados com coordenadas geográficas de forma sistematizada e que os mapas apresentavam erros de coordenadas geográficas, pois as mesmas não foram anotadas adequadamente em campo porque não havia um corpo de profissionais especializados para tal atividade. Nesse sentido, os respondentes confirmaram que, se a atividade de mapeamento for mal conduzida, esse instrumento pode gerar mais conflitos com as comunidades locais. Os representantes das comunidades locais reconhecem quando os mapas apresentam informações diferentes em relação à realidade da organização espacial da Reserva que eles conhecem na prática e essa divergência gera desconfianças quanto às normas estabelecidas nas atividades de manejo sustentável.

A análise dos dados cartográficos pré-existent da RDSM confirmou os problemas relatados pelos entrevistados, pois havia erros estruturais referentes à topologia dos polígonos e no cadastro das toponímias. Assim, a estrutura dos dados cartográficos encontrados confirmou a necessária atualização da base cartográfica até então utilizada para as atividades de gestão e planejamento na Reserva Mamirauá. Os principais erros encontrados estão e que foram corrigidos estão listados a seguir:

1º Localização geográfica desatualizada das comunidades residentes no interior da Reserva;

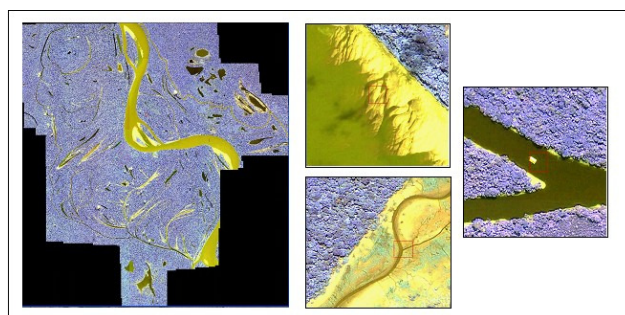
2º Corpos d'água com localizações geográficas diferentes, dentro de um mesmo setor político, com o mesmo atributo "nome" (toponímia) nos bancos de dados;

3º Corpos d'água ainda não identificados com as respectivas toponímias nas bases de dados antigas;

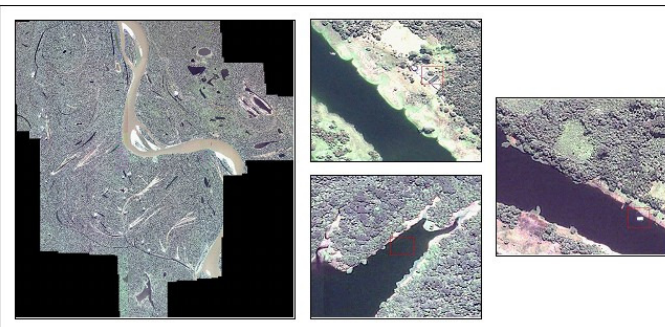
4º Inexistência de uma sistematização coerente para as categorias de corpos d'água entre os atributos dos shapefiles antigos. Não havia nenhuma base de dados com um campo específico para diferenciar as categorias de rios, lagos, canos, paranás, igarapés e ressacas, entre outras provenientes da cultura regional ou de trabalhos científicos sobre as características físicas da rede de corpos d'água da área.

Na etapa da digitalização dos alvos no mosaico TM/Landsat 5, os filtros de Robert e Sobel foram

mais eficientes para a distinção visual dos limites dos alvos na etapa da vetorização. Em relação aos mosaicos IKONOS II, a composição colorida RGB 1, 3, 4 se mostrou mais adequada para a identificação visual de bancos de areia e delimitação das ilhas; enquanto a composição RGB 3, 2, 1 foi mais adequada para a identificação das casas de comunidades ribeirinhas. Essas duas composições também se mostraram eficientes para distinção e delimitação visual dos corpos d'água presentes na Reserva, conforme pode ser verificado nas figuras 5 e 6.



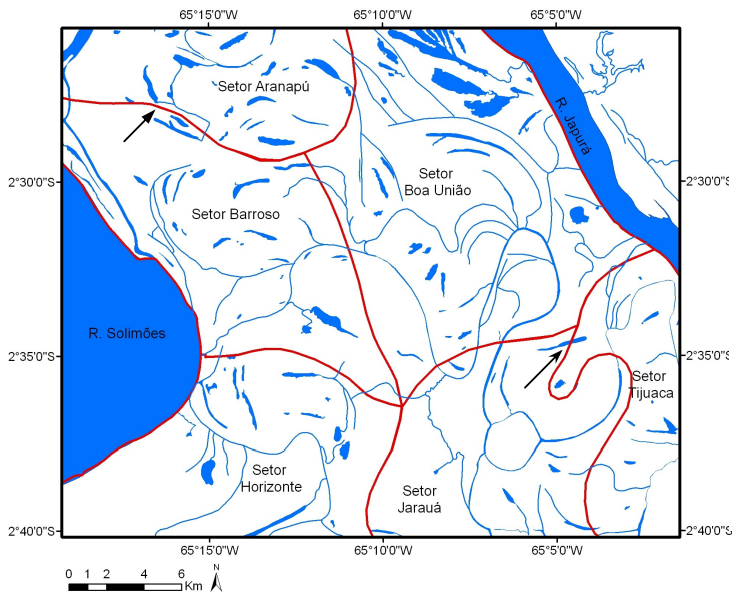
**Figura 5** - Mosaico IKONOS II, composição R1,G3, B4 e detalhes de bancos de areia e corpos d'água



**Figura 6** - Mosaico IKONOS II, composição R3,G2, B1 e detalhes da vegetação, áreas desmatadas e casas de comunidades ribeirinhas nas margens do Solimões

A partir das imagens utilizadas, foram vetorizados e cadastrados 753 corpos d'água na Área Focal da Reserva. A figura 7 apresenta um segmento Área Focal com os corpos d'água vetorizados e os setores políticos com a topologia corrigida (ambos em formato de polígonos). As setas pretas na Figura 6 indicam alguns corpos d'água que se encontram entre os limites de mais de um setor político e, de acordo

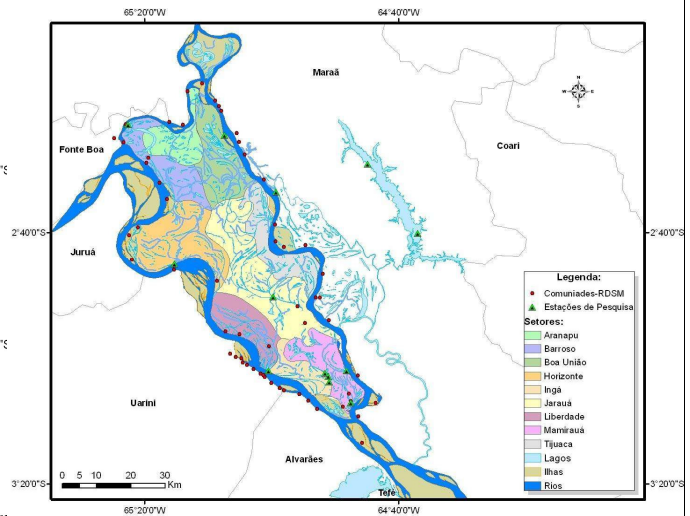
com os entrevistados, são exemplos de localidades setores políticos. com potencial para conflitos entre as comunidades locais no manejo da pesca.



**Figura 7** – Corpos d'água vetorizados e setores políticos na Área Focal da Reserva Mamirauá.

Foram geradas 5 arquivos referentes à Área Focal da Reserva Mamirauá: 1. Comunidades (pontos), 2. Flutuantes de Pesquisa (pontos), 3. Corpos d'água (polígonos), 4. Ilhas (polígonos), 5. Setores políticos (polígonos). As camadas possuem tabelas de atributos com toponímias padronizadas que possibilitam a inserção posterior de dados quantitativos e qualitativos associados aos identificadores dos registros centrais cadastrados (corpos d'água, ilhas, comunidades, etc.). Com as bases cartográficas atualizadas é possível gerar análises de proximidade (buffer), de distâncias, densidades de objetos ou ações que ocorrem na Reserva, entre outras opções que darão suporte ao planejamento e à elaboração de relatórios técnico-científicos. Assim, a nova base permite gerar mapas corocromáticos ou coropléticos em softwares de SIG que aceitem o formato *shapefile*.

A Figura 8 apresenta um mapa temático, que sobrepõe todas as camadas digitais atualizadas, destacando as comunidades residentes na área e os



**Figura 8** – Mapa temático atualizado da configuração espacial na Área Focal da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - Amazonas.

## 5. DISCUSSÃO

Existem diferentes metodologias para identificar as ameaças ou conflitos políticos que permeiam a gestão de uma Unidade de Conservação após a elaboração do Plano de Manejo. Dentre elas, pode-se considerar fundamental a implementação de um programa de monitoramento contínuo com Sistema de Informação Geográfica (SIG) para dar suporte ao planejamento e à gestão dessas áreas. O monitoramento representa a avaliação periódica de atributos quantitativos e qualitativos do ambiente, os quais podem ser ecológicos, físicos, sociais ou econômicos, possibilitando, assim, analisar problemas potenciais e planejar ações mitigadoras.

Contudo, caso não ocorra um controle de qualidade dos atributos inseridos no banco de dados para a definição quantitativa e qualitativa das entidades geográficas, o resultado final será um mapa colorido, capaz de impressionar, mas, na prática é impróprio para a tomada de decisões e/ou diálogo entre os usuários a área. Principalmente em Unidades de Conservação de Uso Sustentável, onde o uso dos

recursos precisa ser negociado e discutido entre atores com conhecimentos e objetivos diferentes sobre a natureza (pesquisadores, governantes e comunidades tradicionais). Dessa forma, controvérsias na delimitação de zonas de manejo e de proteção integral, bem como das toponímias dos alvos, podem gerar muitos conflitos.

A Reserva Mamirauá é um exemplo de destaque em relação ao objetivo de sustentabilidade dos recursos naturais na Amazônia brasileira e há cerca de cinco anos vem investimento em geotecnologias como instrumento de suporte à decisão na gestão das atividades de manejo sustentável. Por se tratar de uma região de várzea, cuja organização espacial (social e natural) está diretamente associada à dinâmica da rede hidrográfica ao longo do ano, a atualização da base cartográfica é uma demanda freqüente para a gestão e fiscalização da RDS Mamirauá.

Entre as camadas de informação em um SIG para a RDS Mamirauá, o detalhamento preciso dos corpos d'água é fundamental porque são alvos diretamente ligados às atividades de manejo da pesca nas comunidades ribeirinhas locais, atividade que historicamente tem gerado muitos conflitos na região. Outro fator importante a ser considerado é que os alvos mapeados (corpos d'água) sofrem alterações morfológicas rápidas através dos movimentos de massa sedimentar e a localização desatualizada ou imprecisa desses alvos pode gerar mais conflitos entre as comunidades locais, conforme os entrevistados relataram. Além da localização geográfica atualizada, as toponímias corretas também são importantes porque são referências históricas e tradicionais para as comunidades locais, as quais não podem ser negligenciadas na dinâmica democrática do Conselho Gestor de uma Unidade de Conservação de Desenvolvimento Sustentável.

As comunidades residentes na Reserva negociam a quantidade de lagos para cada setor, mas quando um corpo d'água se desloca para a área de outro setor ou seca definitivamente, as regras se desfazem e surgem conflitos pela exploração dos recursos de outro setor político. Nesse contexto, a sistematização da base cartográfica atualizada auxilia no diálogo entre os atores locais e na legitimação das diretrizes estabelecidas pelo Conselho Gestor da Reserva, pois os representantes das comunidades

locais, que participam dos programas de manejo sustentável, já estão habituados com a linguagem cartográfica utilizada desde a elaboração do primeiro Plano de Manejo.

Considerando que a maior parte das Unidades de Conservação delimitadas na Amazônia brasileira ainda não possui nem mesmo um Plano de Manejo, a possibilidade de avançar na direção de uma gestão participativa utilizando instrumentos como os mapas temáticos atualizados sistematicamente, com escala superior a 1:100.000 e com o intuito de mediar o diálogo entre os integrantes do Conselho Gestor, destaca o papel importante da RDS Mamirauá no cenário da Amazônia brasileira.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos em primeiro lugar ao Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá por ter permitido a realização da pesquisa na Reserva, pelo barco e demais equipamentos necessários para a realização dessa pesquisa. Agradecemos também o apoio dos pesquisadores e funcionários do Instituto Mamirauá, assim como dos representantes das comunidades Ribeirinhas que forneceram informações sobre as toponímias mais utilizadas para os alvos da base cartográfica durante as entrevistas.

Agradecemos o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao "Prêmio Samuel Benchimol 2006" e ao financiamento do Programa "Petrobrás Ambiental", os quais possibilitaram o desenvolvimento da dissertação de mestrado que deu origem ao artigo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, A. R. P; Queiroz, H. L. de. Relatórios anuais das atividades desenvolvidas na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Tefé: IDSM, 2003, 2004, 2005 e 2006.
- Ayres, J. M.; Queiroz, H. L. de, 2005. Corredores Ecológicos das Florestas Tropicais do Brasil. Belém: SCM.
- Agenda 21 Global, 1992. Comissão das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento.



- Disponível em: [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br) [acessado em março de 2009].
- Brito, M.C.W., 2000. Unidades de Conservação: intenções e resultados. São Paulo: Annablume/FAPESP.
- Burrough, P.A., 1986. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Oxford: Clarendon Press.
- Câmara, G., Davis, C.; e Monteiro, A. M. V., 2001. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos: INPE. Disponível em: [www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd) [acessado em novembro de 2009].
- Castillo, R., 1999. Sistemas orbitais e uso do território: integração eletrônica e conhecimento digital do território. São Paulo: DG-FFLCH-USP, Tese de Doutorado em Geografia.
- Cruz, Z. Q. da; Silveira, J. C.; Ribeiro, G. P., 2009. Ensaio de segmentação e classificação digital de uma unidade de conservação com imagens CBERS utilizando o sistema SPRING Estudo de caso: Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO). In: Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE/Natal, abril 2009, pp. 6853-6860.
- Crosta, A.P., 1993. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. Campinas: Editora da UNICAMP.
- Dias, J. M., 2008. A aplicação de Geotecnologias na Gestão da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Dissertação de Mestrado, IG-DPCT-UNICAMP.
- Garay, I. e Dias, B.F.S. (orgs), 2001. Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais – Avanços conceituais e novas metodologias de avaliação e monitoramento. Petrópolis: Vozes.
- Jacinto, L. R. de C., 2003. Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto como Ferramentas na Gestão Ambiental de Unidades de Conservação: O caso da APA do Capivari-Monos – SP. Dissertação de Mestrado, IG-USP.
- Jamel, C. E. G.; Figueiredo, C.; França, C. R. D. e Pintos, D. de O. d'El R., 2007. Utilização de geoprocessamento no zoneamento de unidades de conservação – O caso do Parque Estadual do Desengano – RJ. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis/INPE, abril 2007, p. 2737-2743.
- Jardim-Lima, D.; Piedade, M. T. F.; Queiroz, H. L. de; Novo, E. M. L. de M.; Rennó, C. D., 2005. A dinâmica do Pulso de inundação: aplicações de sensoriamento remoto na avaliação da área de águas abertas e morfologia dos lagos de várzea da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - Amazônia Central. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia/INPE, abril 2005, pp. 3069-3076.
- Júnior, J. de R. P.; Silva, P. A. da; Costa, L. A. da; Barros, S., 2007. Classificação da cobertura do solo por meio de imagem CBERS na área do entorno da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus-AM. In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia/INPE, abril 2005, pp. 1063-1065.
- Lima, D. de M., 1996. O Envolvimento de Populações Humanas em Unidades de Conservação. A Experiência de Mamirauá. In: Ramos, A. e Capobianco, J. P. (orgs.). Unidades de Conservação no Brasil: aspectos gerais, experiências inovadoras e nova legislação (SNUC). Documentos do ISA, n.1.
- Medeiros, R., 2006. Evolução das tipologias e categorias de Áreas protegidas no Brasil. In: Revista Ambiente e Sociedade, v. 9, n.1, p. 41-64.
- Nunes, G. M., 2008. Sensoriamento remoto aplicado na análise da cobertura vegetal das reservas de desenvolvimento sustentável Amanã e Mamirauá. Tese de Doutorado, IG-DGRN-UNICAMP.
- Oliveira, F., 2006. A CONCAR e o desafio de mapear o Brasil. In: Revista InfoGeo, n.45. Disponível em: [www.mundogeo.com.br/revistas-interna.php?id\\_noticia=7164](http://www.mundogeo.com.br/revistas-interna.php?id_noticia=7164) [acessado em março de 2008].
- Peixoto, J. M. A.; Nelson, B. W. e Wittmann, F., 2007. Utilização da técnica de detecção de mudanças para determinação do turn-over de sedimentos em uma floresta de várzea do médio rio Solimões. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis/INPE, abril de 2007, pp. 6901-6903.
- Pinheiro, E. S., 2003. Imagens com alta resolução espacial: novas perspectivas para o sensoriamento remoto. In: Revista Espaço e Geografia, vol.6, n.1,

pp. 49-69.

Queiroz, H. L., 2005. A reserva de desenvolvimento sustentável Mamirauá. In: *Revista Estudos Avançados*. vol.19 n.54, pp. 183-203.

Rocha, C. H. B., 2007. Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar. Juiz de Fora: UFJF.

Storni, A.; Peralta, M.; Marmontel, M. e Soares, I., 2006. Diagnóstico geral da RDSM. Tefé: IDSM.

## ANÁLISE DO MEIO FÍSICO DA SUB-BACIA DO RIO VACACAÍ-MIRIM-RS/BRASIL

### ANALYSIS OF THE PHYSICAL ENVIRONMENT OF WATERSHED VACACAÍ-MIRIM-RS/BRAZIL

Aline Batista Ferreira

Doutoranda em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia/Instituto de Geografia, PPGeo-UFU, v. João Naves de Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica - Sala 1H05 - CEP 38.408-100 - Uberlândia - MG, alineb\_ferreira@yahoo.com.br

Kárita Botelho Silvestre

Mestranda em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM/PPGGeo Avenida Roraima, nº 1000 Cidade Universitária Bairro Camobi - CEP 97105-900 - Santa Maria - RS, karitasilvestre@yahoo.com.br

Emerson Figueiredo Leite

Doutorando em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia/Instituto de Geografia, PPGeo-UFU, v. João Naves de Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica - Sala 1H05 - CEP 38.408-100 - Uberlândia - MG, figueiredo\_geo@yahoo.com.br

Roberto Rosa

Professor Dr. do Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia/Instituto de Geografia, PPGeo-UFU, v. João Naves de Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica - Sala 1H05 - CEP 38.408-100 - Uberlândia - MG, rrosa@ufu.br

Waterloo Pereira Filho

Professor Dr. da Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Departamento de Geociências. Prédio 17 - Campus da UFSM, Camobi - CEP 97105-900 - Santa Maria - RS, waterloopf@gmail.com

#### RESUMO

A pesquisa buscou avaliar o meio físico da sub-bacia do rio Vacacaí-Mirim por meio da elaboração de mapas temáticos de uso e ocupação da terra, geomorfológico e geológico. Para a aquisição dos dados foram utilizadas Cartas Topográficas: Santa Maria e Camobi ambas e imagens de satélite TM/Landsat 5, bandas 3, 4 e 5, outubro de 2008, e os softwares Cartalinx e Arcview. O uso da terra foi um dos parâmetros ambientais de fundamental importância, uma vez que apresenta a informação necessária para o planejamento da área de estudo, evitando assim possíveis desequilíbrios ambientais e conflitos de ocupação. A área de estudo foi compartimentada em quatro unidades geológicas: Serra Geral superior, Serra Geral inferior, Formação Botucatu e Formação Caturrita. O mapa geomorfológico da área de estudo foi dividido em três compartimentos, Depressão periférica, Planalto meridional Sul-brasileiro e o Rebordo do Planalto. Neste sentido, os estudos realizados, assim como os mapeamentos elaborados são imprescindíveis para conhecer a região e analisar a forma pela qual ocorre a transformação da paisagem e ocupação do espaço nesta região.

**Palavras-chave:** uso e ocupação da terra, análise do meio físico, parâmetros ambientais.

#### ABSTRACT

The research aimed evaluating the physical environment of the watershed of river Vacacaí-Mirim through the elaboration of land use and land occupation, geomorphologic and geologic thematic maps. To get the data we used Topographic Letters: Santa Maria and Camobi both and satellite images TM/Landsat 5, bands 3,4 and 5, october of 2008, and the softwares Cartalinx and Arcview. The land use was one of the environmental parameters of primordial importance, once it represents the information necessary to the studied area's planning, avoiding possible environmental unbalances and occupation conflicts. The studied area was compartmentalized into four geological units: upper Serra Geral, Lower Serra Geral, Botucatu Formation and Caturrita Formation. The geomorphologic map of the studied area was divided into three compartments: Peripheral Depression, South-Brazilian Southern Plateau and Edge Plateau. Therefore, the studies accomplished, as well as the prepared mapping are essential to know the region and analyze the way how the landscape transformation happens and the space occupation in this region.

**Keywords:** land use and land cover, physical environment analysis, environmental parameters.

## 1. INTRODUÇÃO

O termo “uso da terra”, como explica Novo (1989), refere-se a utilização cultural da terra, enquanto que o termo “cobertura da terra” ou “land cover” refere-se ao seu revestimento. A autora exemplifica esta diferenciação onde “áreas florestais que, embora sejam de um só tipo sob o ponto de vista de cobertura, podem ter diferentes usos: lazer, exploração de madeira, reservas biológicas, etc.”. Ainda, a expressão “uso da terra” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem.

O levantamento do uso da terra é de grande importância na medida em que os efeitos do uso desordenado causam degradação do ambiente (Rosa, 2007). No contexto da degradação ambiental como consequência da ação antrópica cita-se os acelerados processos erosivos, as inundações, os assoreamentos de reservatórios e cursos d'água.

Florenzano (2002) é enfática ao dizer que o sensoriamento remoto tem sido uma das ferramentas de importância para se detectar e mapear a superfície terrestre. As imagens de satélites tem proporcionado uma visão de conjunto multitemporal da superfície da Terra, e tem apresentado, através de uma visão sinóptica do meio ambiente, a possibilidade de estudos regionais e integrados, e revelado a dinâmica destes ambientes expressos nas transformações naturais e antrópicas.

Nessa assertiva, Rosa (2007) salienta que a aplicação do sensoriamento remoto no monitoramento do uso e ocupação da terra é primordial para a compreensão dos padrões de organização do espaço, uma vez que suas tendências possam ser analisadas. Para o autor, o monitoramento consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização de tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações.

Segundo Rosa et al (2004), bacia hidrográfica é uma área topograficamente definida pela drenagem de um canal fluvial ou por um sistema de canais fluviais conectados, de tal forma que toda água drenada nesse espaço tenha uma única saída. Cada bacia hidrográfica pode ser subdividida em bacias menores,

o que significa dizer que uma bacia hidrográfica é formada por um conjunto de pequenas bacias.

De acordo com Tucci (1997), é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório.

Pelo caráter integrador, Guerra e Cunha (1996) citaram que as bacias hidrográficas são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, pois, nessa ótica, é possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza.

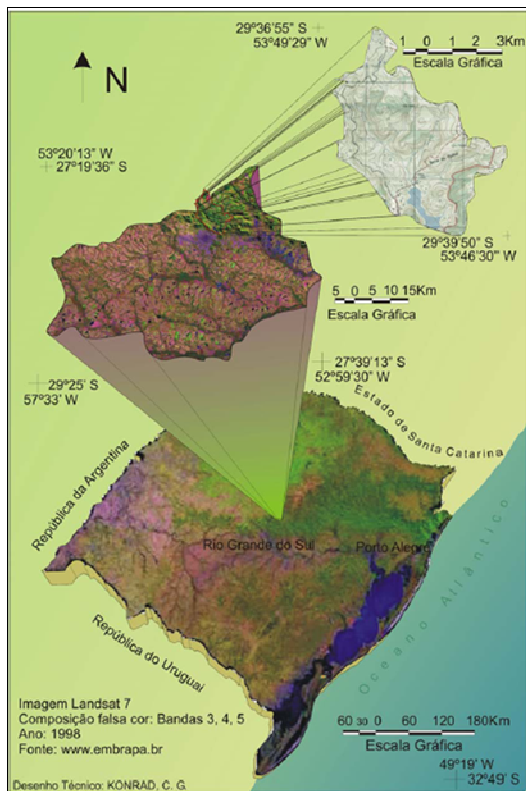
Nesta perspectiva, a pesquisa visou elaborar mapas temáticos de uso e cobertura da terra, geomorfológico e geológico com o intuito de realizar uma descrição e análise do meio físico da sub-bacia do Rio Vacacaí-Mirim.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da Área

O Estado do Rio Grande do Sul possui quatro grandes compartimentos geológico-geomorfológicos: Planalto, Depressão central, Escudo sul-rio-grandense e Planície costeira (Villwock e Tomazelli, 1995). A área em estudo, localizada-se no centro do estado nas coordenadas 29,61° e 29,70° de latitude sul e 53,71° e 53,83° de longitude oeste de Greenwich, e possui uma área de 6.367,39 ha.





**Figura 1** – Mapa de Localização da área de Estudo

Fonte: [www.embrapa.com.br](http://www.embrapa.com.br) e Diretoria de serviços Geográficos do Exército

Ocupa áreas de Planalto e da Depressão central (Castillero, 1984). A área pode ser dividida em três grandes compartimentos geomorfológicos com características morfológicas e geológicas distintas:

1) Região do Planalto: A zona das nascentes localizada na denominada região do planalto, é formado pelo vulcanismo da Bacia do Paraná, ocorrido no Mesozóico, com a presença de Basaltos, arenitos “intertraps”. A região é caracterizada pela presença de um relevo ondulado e suavemente ondulado, resultante do trabalho de dissecação fluvial na superfície do planalto. A drenagem tem padrão dendrítico, com vales em V ou de fundo plano (Pereira, Gracia Netto e Borim, 1985).

2) Rebordo do Planalto: É uma área de transição entre o Planalto e a Depressão central, caracterizada por escarpas abruptas. A drenagem flui no sentido da depressão central e é caracterizada por um padrão dendrítico com presença marcante dos vales em V, que por erosão regressiva provocam o festonamento da escarpa (Castillero, 1984).

3) Depressão Central é constituída por rochas sedimentares da bacia do Paraná que datam do Paleozóico e Mesozóico (Triássico), encobertos localmente por sedimentos cenozóicos e também recentes (planícies aluviais). Destaca-se na região uma topografia mais ou menos plana e suavemente ondulada com morros de forma arredondada (Castillero, 1984).

A vegetação da região é compreendida basicamente por formações florestais - Floresta subtropical, latifoliada de espécies semi-caducifólias, encontradas no rebordo do planalto, ao longo dos vales, em regiões de grande declividade, compreendendo formações montanas e submontanas; formações campestres - campos cobertos por gramináceas contínuas, entremeadas de subarbustos isolados e formações especiais correspondentes às matas de galeria e vegetação ribeirinha (Ruhoff et al, 2003).

O município de Santa Maria agrega vegetações dos campos limpos e da floresta sub-caducifólia subtropical. Os campos limpos constituem a pastagem natural, predominando em quase toda a Depressão Central do município, ocorrem também na porção do Planalto. Em meio aos campos é comum a presença de capões isolados de mata de pequeno e grande porte (Bortoluzzi, 1974).

Na transição entre o Planalto e a Depressão Central é ocupada pela floresta sub-caducifólia subtropical, a qual se constitui por dois estratos arbóreos distintos, um emergente e outro dominado. O estrato dominante apresenta árvores com altura variando entre 25 e 30 metros constituindo-se pelo predomínio de espécies leguminosas caducifólias, dentre as quais se destacam a grábia e o angico vermelho. O estrato dominado é constituído por árvores com alturas que não ultrapassam os 20 metros, caracterizando-se por uma grande diversidade florística de espécies predominantemente perenifólias, com considerável ocorrência de lauráceas: canela-guaicá, guajuvira e alegrim, entre outras. Além dos dois estratos arbóreos referidos, verificam-se também a ocorrência de estrato arbustivo, com alta frequência de indivíduos, principalmente os gêneros *Actinostemon*, *Sorocea* e *Trichilia*, entremeados pela intensa regeneração das espécies formadoras dos níveis arbóreos (Seplan, 1986).

O clima é subtropical úmido, constituído por invernos e verões definidos, separados por estações intermédias com aproximadamente dois meses de duração, e chuvas bem distribuídas ao longo do ano.

A região está ainda sujeita, no outono e no inverno, ao fenómeno do "veranico", que consiste de uma sucessão de dias com temperaturas anormalmente elevadas para a estação. De acordo com o sistema de classificação de Köppen, o clima é o subtropical "Cfa", com temperatura média anual de 19,3°C; a média das temperaturas máximas do mês mais quente (janeiro) é de 31,5°C e do mês mais frio (julho) atinge os 9,3°C; a temperatura mínima absoluta é geralmente de 0°C, e a máxima absoluta é de 35°C (Isaia, 1992). A precipitação média anual é superior a 1.500 mm, com uma frequência de 113 dias. Entretanto, esta região pode sofrer um déficit anual superior a 200 mm de precipitação. A umidade relativa do ar média anual é de 82%; os ventos predominantes são de leste e sudoeste, com frequência expressiva também para os ventos que sopram do quadrante norte. A região é periodicamente invadida por massas polares e frentes frias, responsáveis pelas baixas temperaturas (inverno) e pela regularidade na distribuição das precipitações (Maluf, 2000).

## **2.2. Para a elaboração deste trabalho foram utilizados os seguintes produtos cartográficos, a saber:**

- Cartas Topográficas:

- Santa Maria – Folha: SH. 22-V-C-IV-1
- Camobi – Folha: SH. 22-V-C-IV-2 .

- Imagens de satélite TM/LANSAT 5, bandas 3, 4 e 5, outubro de 2008 (escala aproximada 1:100.000);

- Softwares

O software Idrisi 32, desenvolvido pela Clark University, foi utilizado para o registro, georreferenciamento e recorte da área em estudo, utilizando a imagem TM/LANDSAT 5 nas bandas 3b4r5g. Primeiramente, fez-se o recorte da imagem banda por banda por meio do comando "Window" pertencente ao módulo "Reformat", em seguida, foi realizada a conversão do limite do município de vetor para raster, utilizando-se as imagens recortadas, após esse procedimento fez o recorte das bandas com o

limite através do comando "Overlay" pertencente ao módulo "GIS Analysis/Database Query", em seguida foi realizada composição colorida da imagem utilizando-se o comando "Composite" do módulo "Image Processing/Enhancement".

Após esses procedimentos, começou-se a digitalização das classes de uso da Terra para a elaboração do mapa de Uso da Terra através do comando "Digitize", localizado na barra de ferramentas. Após a digitalização dos usos, os arquivos foram exportados para o software Cartalinx, software destinado a construção de bases de dados espaciais, também desenvolvido pela Clark University, foi utilizado para converter os dados para o formato shapefile para serem trabalhados no software ARCVIEW 3.2a, pois possibilita capacidades de produção de mapas e de análise espacial destes. Ainda, permite organizar os dados utilizando bases de dados espaciais, responder a questões de índole espacial e alfanumérica de forma integrada e criar novos dados geográficos a partir dos dados existentes. Neste software os mapas foram tratados e elaborados sua versão final.

Alguns parâmetros ambientais foram utilizados para melhor interpretação das características físicas da área de estudo. Os parâmetros interpretados foram os geológicos, geomorfológicos e uso da terra, a elaboração dos mapas foi realizada pelos autores e da carta geotécnica de Santa Maria. A discussão sobre o uso da terra na sub-bacia se torna importante quando consideramos que o uso da terra é a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. Para que se faça uma análise de qualquer região é de extrema importância conhecer sua distribuição espacial e o manejo dos recursos agrícolas e florestais dessa área.

Os levantamentos de uso da terra são de necessários, uma vez que o uso desordenado dos espaços resulta em deterioração no ambiente. O parâmetro geológico e geomorfológico são importantes nesse estudo principalmente pelo fato desta sub-bacia apresentar uma complexidade geológica e geomorfológica, o que gera diversas formas de uso da terra e acentuados processos de erosão física e química.

## 4 RESULTADOS

A sub-bacia (SB) do Rio Vacacaí-Mirim (Figura 2), possui aproximadamente de 9,8% de sua área inserida na área urbana do município de Santa Maria, e cerca de 68,9% da área é ocupada por Vegetação e campos.

**Tabela 1** - Área ocupada pelas diferentes categorias de uso da terra, 2006.

Categorias	Área		
	ha	Km <sup>2</sup>	%
Barragem do DNOS	50,04	0,5004	1,57
Agricultura	627,92	3,2792	19,72
Área Urbana	312,00	3,1200	9,79
Campo	534,14	5,3414	16,77
Vegetação Arborea	846,67	8,4667	26,59
Vegetação Arbustiva	812,92	8,1292	25,53
Total	3183,69	31,8369	100,00

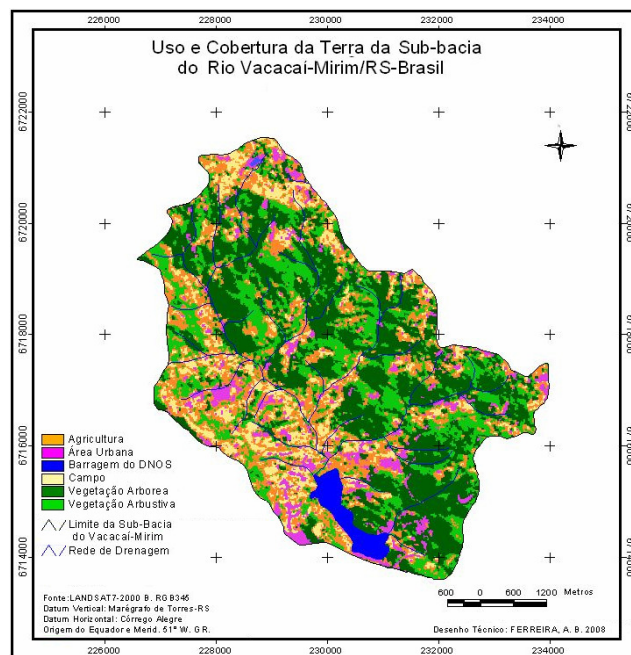
O leito do rio se encontra bastante degradado devido à prática inadequada da agricultura e o crescimento urbano de Santa Maria, o que leva a contaminação por meio de esgoto e resíduos sólidos lançados na água.

O uso inadequado de fertilizantes contribui também para a poluição da água do rio. O nível do rio também sofre com a prática da agricultura, principalmente de arroz, pois ao longo de seu leito são encontradas bombas para a captação de água para a irrigação, nos meses de verão, época em que o volume de água se encontra baixo devido às estiagens. Esse uso intensivo das terras nas margens do rio Vacacaí-Mirim, além de ocasionar erosão e assoreamento, também contribui para a deposição de sólidos no fundo do vale.

A sub-bacia possui uma declividade relativamente alta a montante, fato pelo qual ainda se tem grandes áreas preservadas. Nas áreas de baixa declividade são encontradas áreas de pasto e agricultura, que ocupam pouco mais de 10,3% da área total da microbacia (Goldani, 2006). A microbacia do rio Vacacaí-Mirim, também é responsável pelo abastecimento de água equivalente a 40% dos domicílios comerciais e residenciais da cidade de Santa Maria, por meio da Barragem do DNOS

(Departamento Nacional de Obras e Saneamento).

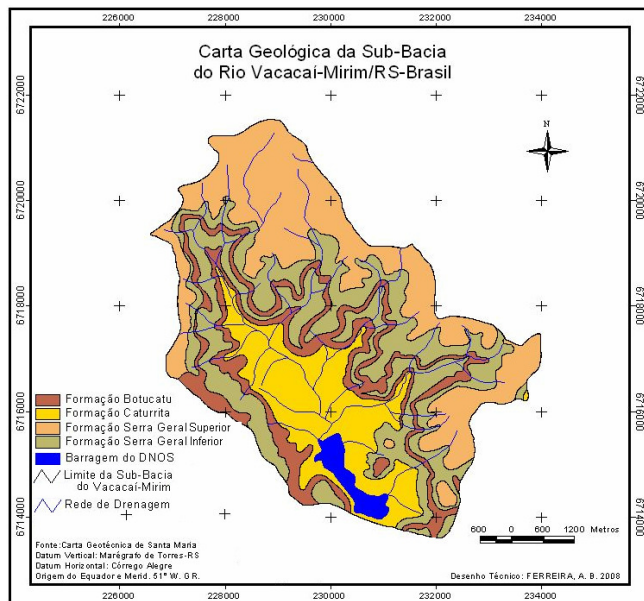
O uso da terra (Figura 2) foi caracterizado como um dos parâmetros ambientais de fundamental importância para o planejamento da área de estudo, evitando assim possíveis desequilíbrios ambientais e conflitos no uso da terra.



**Figura 2** – Uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Vacacaí-Mirim.

Na Figura 3 representada logo abaixo, representamos o caráter geológico da sub-bacia, é através desse parâmetro geológico que evidenciamos a heterogeneidade do terreno estudado devido à existência de diferentes formações e a ligação direta dessas subdivisões com a presença de processos erosivos atuantes na região. A área de estudo dividiu-se em quatro classes: Serra Geral superior, Serra Geral inferior, Formação Botucatu, Formação Caturrita. A formação Botucatu caracteriza-se por apresentar arenitos quartzosos, com algumas aparições de feldspato alterado cimentados por sílica ou óxido de ferros com estratificação cruzada de grande porte. Portanto são terrenos basicamente de areníticos pré-basalticos (Maciel Filho, 1990). A formação Caturrita é formada por depósitos sedimentares fluviais (Maciel Filho, 1990). A

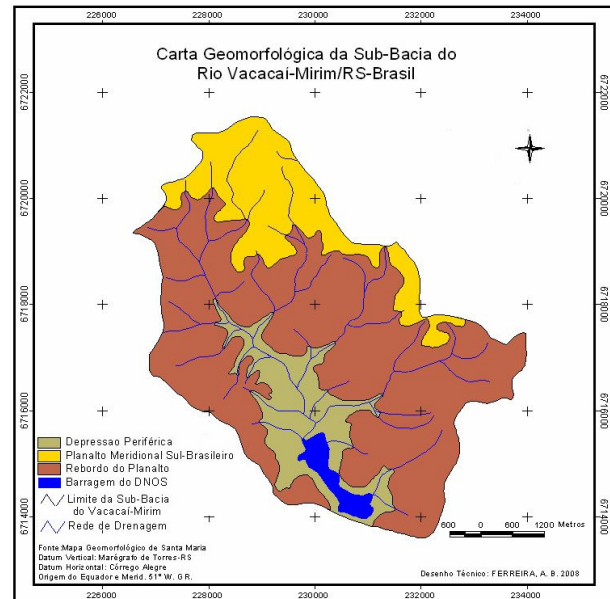
formação Serra Geral superior é formada por rochas vulcânicas básicas. A formação Serra Geral inferior, caracteriza-se por apresentar rochas vulcânicas ácidas.



**Figura 3-** Geologia da sub-bacia do rio Vacacaí-Mirim.

Leinz e Amaral (1980) considera que diversos fatores como o clima, rocha, topografia e regime fluvial, interferem de forma direta na formação de um rio, e esses fatores determinam também o tipo de intemperismo que pode ocorrer. Assim o parâmetro geomorfológico é de grande importância para o conhecimento da realidade ambiental da área de estudo.

O parâmetro geomorfológico da área de estudo foi dividido em três compartimentos, a Depressão Periférica, Planalto meridional Sul-brasileiro e o Rebordo do Planalto (Figura 4).



**Figura 4 -** Geomorfologia da sub-bacia do rio Vacacaí-Mirim.

## 5 CONSIDERAÇÕES

Os resultados apresentados na forma de mapas temáticos permitiram o conhecimento do meio físico da sub-bacia analisada.

Neste sentido, os estudos realizados, assim como os mapeamentos elaborados são imprescindíveis para conhecer a região e analisar a forma pela qual ocorre a transformação da paisagem e ocupação do espaço nesta região.

Com este estudo ficou claro que conhecer as características e os processos dos agentes da natureza e da sociedade através da análise dos vários elementos que a compõe é de fundamental importância para se alcançar à perspectiva da sustentabilidade sócio-ambiental de qualquer região.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bortoluzzi, C. A. 1994. Contribuição à geologia da região de Santa Maria Rio Grande do Sul, Brasil. Porto Alegre: Instituto de Geociências da UFRGS, p. 7-86. (Pesquisas, v.4)

Castillero, A. C. 1984. Uso da terra por fotografias aéreas no município de Santa Maria, RS. 47 f. Monografia (Especialização em Imagens Orbitais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

- Duarte, Cristiana Coutinho et al. 2009. Detecção de mudanças na cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Tapacurá – PE através da Análise por Componentes Principais. In Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30, INPE, p.5965-5772.
- Florenzano, Tereza Gallotti. Imagens de Satélite para Estudos Ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- Goldani, J.Z. 2006. Ocupação Antrópica e Sócio-Ambiental na área de captação do reservatório do DNOS Santa Maria – RS. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS
- Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. 1996. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: B. Brasil. p. 337-339.
- Isaia, T. 1992. Planejamento de uso da terra para o município de Santa Maria- RS, através do diagnóstico físico conservacionista das microbacias hidrográficas. Santa Maria. 60 p.
- Leinz, V.; Amaral, S.E. do. 1980. Geologia Geral. 8.ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 397p.
- Maciel Filho, C. L. 1990. Carta Geotécnica de Santa Maria. 1. ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. v. 1. 21 p.
- Maluf, J. R. T. 2000. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 141-150.
- Mello Filho, J. A. 1999. Estudo das microbacias hidrográficas, delimitadas por compartimentos geomorfológicos, para o diagnóstico físico - conservacionista. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS.
- Novo, E. M. L. M. 1998. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 2. ed., 3. Reimp. São Paulo: Ed.Blucher. 308 p.
- Pereira, P.R.B., Garcia Netto, L.R. & Borim, C.J.A. 1985. Contribuição à Geografia Física do Município de Santa Maria. Compartimentação Geomorfológica. Santa Maria, Departamento de Geociências, UFSM. pp.77 (Mimeografado).
- Rosa, R et al. 2004. Elaboração de uma base cartográfica e criação de um banco de dados georreferenciados da bacia do Rio Araguari – MG. In: LIMA, S. C.; SANTOS, R. J. (Org.) Gestão ambiental da bacia do Rio Araguari: rumo ao desenvolvimento sustentável. Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Geografia. Brasília: CNPq. p. 69 – 87.
- Rosa, R. 2007. Introdução ao Sensoriamento Remoto. 5. ed., Uberlândia: Ed. EDUFU.
- Ruhoff, A. L. et al. 2003. Mapeamentos de uso da terra e ocupação do espaço geográfico em Santa Maria, RS. Curitiba, n. 7, p. 87-94. Ed. UFPR. Disponível em <[http://coralx.ufsm.br/mundogeo/Links/Publicacao\\_arquivos/RAE-2004-22.pdf](http://coralx.ufsm.br/mundogeo/Links/Publicacao_arquivos/RAE-2004-22.pdf)> acesso em 22/08/2008.
- Sausen, T. M. 1996. Introdução ao sensoriamento remoto. Caderno de atividades. São José dos Campos: INPE.
- Seplan. 1986. Secretaria de Planejamento da Presidência da República. Levantamento dos recursos naturais. Rio de Janeiro, IBGE. 796 p.
- Tucci, C. E. M. jul/dez 1997. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 2, n. 2, p. 5-12.



# INCIDÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DA TUBERCULOSE NA CIDADE DE MANAUS/AM, BRASIL

## INCIDENCE AND DISTRIBUTION THE TUBERCULOSIS IN MANAUS/AM, BRAZIL

Michael Guimarães de Souza  
radgeo\_michael@yahoo.com.br

Eduardo da Silva Pinheiro  
pinheiro@ufam.edu.br

Universidade Federal do Amazonas, Departamento de Geografia

### RESUMO

O bacilo *Mycobacterium tuberculosis* está presente em diversos países, principalmente os emergentes, infectando uma grande quantidade de pessoas e colocando várias outras em situação de risco. O processo recente e acentuado de urbanização do Brasil contribuiu para a disseminação e proliferação de várias doenças dentre as quais a tuberculose. Essa doença é um mal típico de cidades que não acompanharam o vertiginoso crescimento populacional, tendo seus serviços básicos de saúde decadente ou ociosos. Os objetivos desta pesquisa foram: realizar uma análise histórica e geográfica da tuberculose na cidade; analisar e mapear a incidência dos casos da doença em Manaus; identificar as condições sociais e urbanas que promovem a disseminação da doença na cidade. Para tanto, foram realizados estudos histórico-geográficos da tuberculose na cidade de Manaus, a partir de levantamento bibliográfico e análise de dados médicos (2006 e 2007) da Secretaria Municipal de Saúde e Diretoria de Epidemiologia e Ambiente. Análises comparativas também foram feitas entre os dados de tuberculose e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Manaus está entre os municípios do Estado do Amazonas com o maior número de casos de tuberculose de todas as formas, ou seja, 1471 casos para o ano de 2006 e 1527 casos para o ano de 2007.

**Palavras-chave:** Tuberculose, Amazônia, IDH, SIG.

### ABSTRACT

The bacillus *Mycobacterium tuberculosis* is present in several countries, mainly in the emergent ones, infecting a large number of people and submitting many others to risk. The accentuated recent urbanization process in Brazil has contributed to dissemination and proliferation of several diseases including tuberculosis. This illness is a typical harm in cities that didn't headed the vertiginous growth population, presenting basic health care decadence or idle. The objectives of this research where: analysis of incidence level of tuberculosis in Manaus identify the social and urban conditions that promote the dissemination of this illness in the city and; map the spatial distribution of tuberculosis in town. Therefore historical-geographical studies took place in Manaus city, starting with bibliographic research and analysis of medical data (2006 and 2007) of municipal health department, epidemiology and environment directory. Comparative analysis between tuberculosis data and human development rank (HDR) have been made. Manaus is one of the municipalities in the Amazonas State with highest level of all types of tuberculosis, that means 1471 registered cases in the year 2006 and 1527 cases for the year 2007.

**Key words:** Tuberculosis, Amazon, Human Development, GIS.

## 1. INTRODUÇÃO

A história humana durante muito tempo registrou um elevado índice de epidemias que abrangem desde uma escala global até a local. Geralmente, o surgimento dessas doenças está relacionado ao convívio em sociedade, crescimento desordenado e a fluxos migratórios que modificam a paisagem alterando as relações existentes entre o homem e o ambiente (Rosen, 2006). O contexto histórico e social de algumas cidades reflete nitidamente seu tempo, o capitalismo promove uma intensa e desigual disputa e conseqüentemente uma divisão de classes na busca pelas melhores condições de vida e principalmente os melhores lugares na cidade (Carlos, 2001). A situação se agrava ainda mais devido inexistência e/ou não implementação e não execução de planejamento urbano, além das precárias condições de saúde em que vivem algumas populações periféricas do país, esses fatores podem favorecer o surgimento de algumas doenças, como a tuberculose (Guimarães, 1979).

No Brasil, a tuberculose representa um grave problema de saúde pública, contudo, segundo o Ministério da Saúde, a incidência de tuberculose caiu 27,58% em dez anos, os casos novos passaram de 82.934, em 1999, para 70.379, em 2008. Os dados positivos incluem a expansão do tratamento supervisionado e da realização de teste do Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV) (Brasil, 2009). A incidência da tuberculose é calculada com base no número total de casos em relação a cada grupo de 100 mil habitantes, o Brasil ocupa o 108º lugar no mundo. No país, esta doença é a 4ª causa de mortes dentre as doenças infecciosas e a 1ª em pacientes com (por extenso) Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (AIDS). Cerca de 70% dos casos estão concentrados em 315 dos 5.565 municípios. As maiores incidências estão nos estados do Amazonas (68,93 por 100 mil), Rio de Janeiro (66,56), Pernambuco (47,69), Pará (43,05) e Ceará (42,60). A região Centro-Oeste é a que apresenta as menores taxas do país. Em Goiás, são 13,88 por 100 mil habitantes. No Distrito Federal, 13,82 por 100 mil. A incidência entre os homens (cerca de 50 por 100 mil) é o dobro do que entre as mulheres. Já as populações mais vulneráveis são as indígenas (incidência quatro vezes maior do que a média nacional); portadores de HIV (30 vezes maior);

presidiários (40 vezes maior); e moradores de rua (60 vezes maior) (Brasil, 2009).

Na cidade de Manaus o crescimento e a fragmentação do espaço urbano foram fatores determinantes para o surgimento da tuberculose e de outras doenças que se proliferaram na cidade (Loureiro, 2004). Ao longo do tempo, a capital Amazonense passou por sucessivas crises e levantes econômicos, que ocasionaram a criação de um espaço heterogêneo, a cidade sofreu um crescimento desordenado com carência de infraestrutura e planejamento inadequado, especulação imobiliária, problemas de transporte e deficiência nos serviços de saúde pública. Segundo Guimarães (2001), em um primeiro momento o saneamento urbano representa um dos principais fatores para o controle dos processos de transmissão das doenças infecto-contagiosas. Diversos especialistas, descrevem a tuberculose com sendo uma doença socioeconômica (Guimarães, 1979; Batista, 1984; Xavier e Barreto, 2007) e é provocada por condições de vida sub-humana e deficiência na alimentação ou até mesmo por métodos ineficazes de controle de doença infecciosas por parte de programas de saúde pública. A tuberculose é uma doença infecto-contagiosa com evolução crônica, causada pelo bacilo de Koch (*Mycobacterium tuberculosis*) a sua transmissão ocorre por vias aéreas. O bacilo tem um período longo de divisão (16 a 20 horas), resistentes a medicamentos ou ação química, mas sensível a agentes físicos como o calor e a radiação ultravioleta (Brasil, 1974).

De acordo com os dados do Ministério da Saúde (2006), a cidade de Manaus detém o maior índice de casos de tuberculose do país registrando aproximadamente 82,7 casos por 100 mil habitantes, sendo que a média nacional é de 45 casos por 100 mil habitantes. A média de casos na cidade de Manaus é considerada alta pelo Centro Regional Especializado em Pneumologia Sanitária (CREPS) e pela Diretoria de Epidemiologia e Ambiente (DEPAM) fazendo-se necessária uma verificação de fatores que contribuem para a erradicação da doença na capital Amazonense.

Devido à necessidade de gerar mais informações que possam auxiliar o debate técnico e científico sobre a tuberculose na cidade de Manaus e que expliquem os altos números de casos positivos desta doença, este estudo teve como objetivos: realizar uma análise histórica e geográfica da

tuberculose na cidade; analisar e mapear a incidência dos casos da doença em Manaus; identificar as condições sociais e urbanas que promovem a disseminação da doença na cidade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na área urbana do município de Manaus, a qual possui uma superfície de 592,194 km<sup>2</sup> e está localizada entre as coordenadas geográficas 02° 56' 12,5" e 3° 09' 45,6" da latitude Sul e 59° 48' 44,4" e 60° 06' 54,7" longitude Oeste de Greenwich (Figura 1). Atualmente, de acordo com a contagem populacional do IBGE (2009), o município possui 1.738.641 habitantes com uma densidade populacional de 149,9 hab/km<sup>2</sup>. A maioria da população encontra-se nas zonas leste e norte da cidade, sendo a Cidade Nova (Zona Norte) o bairro mais populoso, com mais de 250 mil moradores. A população de Manaus representa 10,89% da população da região Norte e 49,9% do Estado do Amazonas. Segundo a Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico - SEPLAN (2009), no ano de 2000 a renda *per capita* média do município era de R\$ 262,40. A pobreza (medida pela proporção de pessoas com renda domiciliar *per capita* inferior a R\$ 75,50, equivalente à metade do salário mínimo vigente em agosto de 2000) era de 35,2% em 2000. O Índice de Gini, ou seja, o grau de desigualdade existente na distribuição de indivíduos segundo a renda domiciliar *per capita* em 2000 era de 0,64 (SEPLAN, 2009). Quanto aos serviços básicos, em 2000 apenas 75,1% dos domicílios urbanos eram abastecidos com água encanada, 99% continham energia elétrica e 91,3% eram servidos pela coleta de resíduos sólidos urbanos.

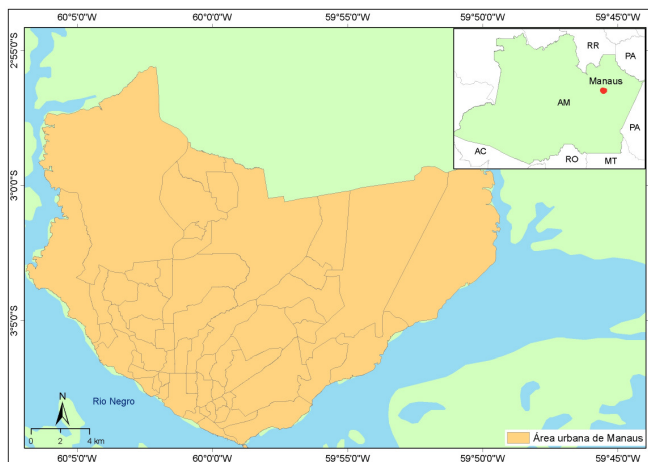


Figura 1 - Localização do município de Manaus, AM.

### 2.2. Procedimentos metodológicos

Os dados de tuberculose foram obtidos junto a Secretaria Municipal de Saúde de Manaus (SEMSA) e Diretoria de Epidemiologia e Ambiente (DEPAM), estes dados corresponderam aos casos notificados da doença para uma população de 100 mil habitantes, no período de 2006 e 2007. Estes dados foram espacializados a partir de uma base cartográfica, em escala 1:10.000, da Prefeitura Municipal de Manaus contendo o limite dos bairros da cidade. Para tanto, foi utilizada ferramentas de geoprocessamento disponíveis no *software ArcGIS 9.3*.

Para identificar as condições sociais e urbanas que promovem a disseminação da tuberculose foram feitas visitas técnicas as casas das áreas mais insalubres de Manaus e de bairros mais carentes na periferia da cidade. Os dois pontos mais extremos da cidade (ao Sul e ao Nordeste da área urbana, os bairros Centro e João Paulo, respectivamente) apresentam construções precárias com casas as margens de encostas e dentro dos leitos de igarapés, geralmente construídas de madeira, amontoadas umas sobre as outras, abrigando aproximadamente uma família de quatro a sete indivíduos distribuídos em um único cômodo.

Os dados de tuberculose foram comparados com as informações sobre o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) disponível pelo Atlas de Desenvolvimento Humana (SEPLAN, 2002). O período selecionado para análise dos dados foi somente de 2006 e 2007, em virtude da falta e



inconsistência de dados anteriores. A partir de 2003 ocorreu uma descentralização dos serviços de notificação de casos de Tuberculose a nível municipal, ocasionando uma perda de arquivo e impossibilitando a análise espaço temporal da doença na cidade (Marreiro et al., 2009). É importante citar a dificuldade em obter dados sobre a doença, uma vez que não há nenhum arquivo público na cidade que contenha dados sobre o período de maior crescimento da cidade relacionado com os números de casos notificados de tuberculose. Foram encontrados apenas citações de trabalhos isolados referentes às décadas de 1960, 1970 e 1980 do século XX período em que a cidade teve o seu maior crescimento e conseqüentemente, um aumento no número de casos notificados e óbitos das mais variadas patologias, dentre as quais a tuberculose.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Tuberculose uma doença oportunista

O processo de produção das doenças na Amazônia está relacionado à ocupação do homem a terra, às derrubadas de florestas para o cultivo e/ou ao aumento das áreas urbanas ocasionado pela migração crescente nos sucessivos períodos e levantes econômicos, que com o passar do tempo criam condições para a disseminação de doenças (Pinheiro, 2003; Galvão, 2003; Loureiro, 2004). Segundo Loureiro (2004), outro fator crucial que contribui para a identificação mais ampla na disseminação das doenças na Amazônia é o transporte fluvial que aparece em diversos registros de epidemias registradas na cidade de Manaus e interior do Estado do Amazonas. Varíola, sarampo e a malária foram às doenças mais comuns da região que estavam diretamente ligadas à entrada de migrantes nordestinos, que viajavam em condições sanitárias precárias nas terceiras classes das embarcações, muitas vezes já doentes desde suas regiões de origens, espalhando-as pelos seringais para onde eram enviados (Loureiro, 2004).

Durante o período de 1850 a 1900, a Amazônia brasileira passou por uma expressiva dinâmica espacial e econômica atribuída a um *boom* extrativista da borracha, esta demanda contribuiu para

o desenvolvimento econômico da cidade de Manaus. Segundo Corrêa (2005), a expansão urbana de Manaus ocorreu devido a uma competitividade comercial com Belém que com o passar dos anos aumentou o fluxo de capital e o número de estrangeiros que desembarcaram na cidade. Neste período, várias dessas pessoas adoeceram e morreram devido às denominadas patologias da borracha.

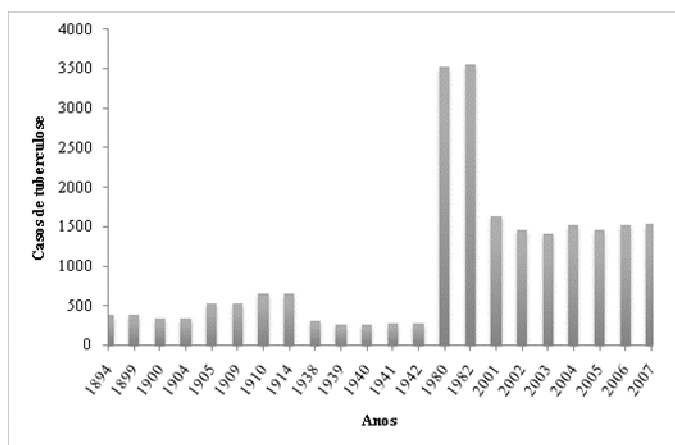
As péssimas condições de trabalho e moradias, salários baixos além de uma alimentação deficiente estão entre as principais causas para a proliferação de doenças, principalmente a tuberculose que se torna um grave problema de saúde pública no período da borracha. O clima Equatorial quente e úmido, também contribuiu para disseminação das doenças na cidade (Batista, 1976). O período da borracha forneceu uma importante contribuição para o entendimento de como esse processo ocorre em um espaço antes “inalterado” produzido e reproduzido determinadas doenças. Dentre as denominadas patologias da borracha (Tabela 2) chamava a atenção em particular para Manaus ao final do século XIX e início do século XX, a malária e a tuberculose que estavam na lista das principais doenças da cidade, motivo de preocupação para as autoridades responsáveis da época.

**Tabela 1** - Principais doenças que causaram óbitos em Manaus (1895-1914). Fonte: Pinheiro (2003).

Principais doenças	1895-1899	1900-1904	1905-1909	1910-1914	Total
Paludismo	2.754	4.565	2.241	2.649	12.209
Beribéri	370	556	561	445	1.950
Febre amarela	232	300	622	767	1.921
Tuberculose pulmonar	385	338	532	659	1.915
<b>Total de morte</b>	<b>3.741</b>	<b>5.759</b>	<b>3.956</b>	<b>4.520</b>	<b>17.995</b>

Segundo Batista (1984), na cidade em Manaus de 1914 até a década de 30, ocorreu uma depressão econômica tamanha que a “terra da promessa” passou a ser a “terra da precisão”. A partir desta depressão, as indústrias extrativistas e o comércio entraram em vertiginosa decadência, escassearam-se as rendas públicas, o padrão de vida baixou tanto que acabou por nivelarem ricos e pobres, o colapso se estendeu até meados de 1938. Neste período, devido

ao estado caótico dos serviços básicos e a carência de alimentos, ocorreu um aumento de doenças, embora os casos de tuberculose obtivessem uma pequena queda (Figura 2) (Pinheiro 2003; Loureiro 2004). Ainda que este declínio dos casos da tuberculose possa estar associado a deficiência na coleta de dados notificados da doença.



**Figura 2** - Série temporal dos casos de tuberculose Manaus 1884-2007. Fonte: Compilado de Batista (1984), Campos (1984), Pinheiro (2003) e Loureiro (2004).

Os elevados índices de tuberculose chamavam a atenção para a baixa imunidade dos habitantes visto que Manaus passava por uma crise que afetou também a distribuição de alimentos e diminuiu os itens alimentares de primeira necessidade. Observando a falta de alimentos na cidade, Batista (1984) avaliou as condições sociais da população manauara e relacionou com as deficiências nutricionais, – o nível calórico e protéico das décadas de 1930 e 1940 e verificou a deficiência de proteínas atribuída pela falta de carne em sua alimentação. O problema da carne fonte primordial de insubstituível de proteínas foi calculado pelo número de cabeças de gados abatidas na cidade de Manaus que não passava de 15, por vezes 13 para uma população tão crescente logo, não se chega ao extremo de só computar o fator da “carne” na cota dos alimentos ditos protetores e ricos em vitaminas (leite, ovos, verduras), deles nem há o costume de comer, nem muito menos os há em quantidade suficiente para a população (Batista, 1984).

Durante a década de 1960, Manaus sofreu um elevado crescimento urbano devido à implantação da

Zona Franca. Neste período, a cidade dobrou de tamanho ocasionando um crescimento desordenado e aquecimento da especulação imobiliária. A população que anteriormente estava empregada nos seringais migrou para a cidade com a esperança de mudar de vida, o crescimento demográfico neste período contou, sobretudo com a vinda de migrantes de outros Estados. Contudo, as oportunidades não foram proporcionadas a todos e diversas pessoas passaram a ocupar áreas verdes. No período de 1970 a 1980, a população de Manaus praticamente quadruplicou (Tabela 3) devido, principalmente a Zona Franca (Benchimol, 1981). A população passou de 200 mil habitantes na década de 1960, para 900 mil nos anos 1980 e, finalmente, 1,5 milhão em 2002.

**Tabela 3** - População da cidade de Manaus (1950-1980). Fonte: Mario (1990).

Unidades	População				Taxa de crescimento (%)		
	1950	1960	1970	1980	1950/60	1960/70	1970/80
<b>Situação urbana</b>							
Manaus	89.612	152.432	283.685	611.763	5,46	6,41	7,99
Estado	137.736	239.659	405.562	856.617	5,70	5,70	7,76
<b>Situação rural</b>							
Manaus	18.788	21.271	27.937	21.629	1,25	2,76	-2,53
Estado	376.363	481.556	549.832	573.472	2,50	1,33	0,42

É importante observar que o aumento progressivo dos casos de tuberculose ocorreu em datas históricas importantes. Em 1900, pode ser caracterizado como o período de crise da borracha. Na década de 1980 é período correspondente à consolidação da Zona Franca de Manaus (Jornal do Comércio, 2005). No que diz respeito a notificação de casos de tuberculose em Manaus com o passar dos anos o processo sofre mudanças, os dados referentes aos anos de 1894 a 1940 são notificados apenas os óbitos de 1941 aos dias atuais são notificados o número de óbitos e os casos positivos da doença bem como suas variantes, tal mudança se deve a melhora no diagnóstico e ao exame radiológico que só começou a ser realizado em junho de 1941; sempre por volta das 4h30 da manhã porque a força dos

geradores de Manaus não suportava a carga elétrica do aparelho (Batista, 1984).

Os dados referentes as décadas de 1950 a 1990 não foram encontrados nos arquivos públicos da cidade ficando somente alguns registros em artigos médicos de época. Em 1991, Manaus já contava com mais de um milhão de habitantes. As demandas por serviços públicos não ocorre na mesma proporção dos novos bairros. Na década de 1990, a Zona Norte da cidade tornou-se a mais populosa, seguida nasce a Zona Leste, onde a desorganização e ocupação do solo urbano contribuíram para o aumento da disseminação de determinadas doenças consideradas oportunista, devido à falta de infraestrutura dessas áreas dando início a uma segregação socioeconômica e espacial para grande parte da população.

### 3.2. A tuberculose em Manaus

Ainda que a tuberculose seja uma doença observada em Manaus desde o século XIX o combate a doença teve início em 1948 com a construção de um sanatório no bairro Cachoeirinha, o terreno foi doado pela Divisão Nacional de Tuberculose (DNT) e custeado em convênio com o estado do Amazonas (Batista, 1984). Em 1992, o Centro Regional Especializado em Pneumologia Sanitária (CREPS), tornou-se responsável pelos treinamentos e supervisões de toda a parte técnica dos laboratórios existentes na capital e interior do estado, no que se refere à tuberculose. O Centro foi de referência regional no tratamento da doença. Em 1998, foi registrada pelo CREPS à maior incidência de casos de tuberculose no estado, foram 2.012 casos dos quais 1.471 registrados em Manaus, o que colocou o Amazonas como o primeiro colocado de casos notificados de tuberculose no país (Dantas, 2006). O CREPS atendia até 2001, a todo o estado do Amazonas e teve suas atividades redirecionadas para 61 municípios do Amazonas em virtude da descentralização dos serviços ocorrida em 2003. Deixando o município de Manaus sob responsabilidade da Secretaria Municipal de Saúde (SEMSA).

Um dos fatores considerados mais importantes para estimar a falha no tratamento da tuberculose está no abandono do tratamento. A medicação para o tratamento da doença provoca reações muito fortes

entre as quais, náuseas, vômitos, diarreia, mal estar, dentre outras. Ao parar com a medicação esses sintomas desaparecem e o paciente apesar de avisado que a cura só ocorre depois de seis meses de tratamento, deixa de tomar o medicamento e quando a tuberculose retorna a bactéria já se torna resistente aos medicamentos, o que reduz drasticamente as chances de cura (Costa, 2000).

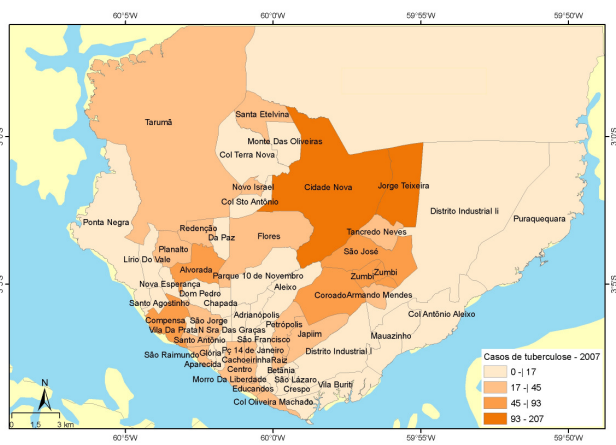
As pesquisas sobre o combate à tuberculose em Manaus ainda são incipientes. Os dados, arquivos ou fichas medicas dos pacientes encontra-se com ausência de informações, principalmente sem o endereço do paciente o que dificulta o mapeamento da tuberculose na cidade.

De acordo com os parâmetros do Ministério da Saúde (2006), no estado do Amazonas há uma taxa de cura baixa, qualquer localidade que tenha implantado o programa nacional de controle da tuberculose só consegue causar impacto epidemiológico se cura 85% dos doentes. A cura mais expressiva obtida pelo estado do Amazonas em 2006 foi de 77,8% taxa anual. A taxa de incidência de tuberculose de todas as formas no estado do Amazonas se mantém nos últimos cinco anos, em torno de 87,2 a 81,4 por 100.000 habitantes (Ministério da Saúde, 2008).

No ano de 2006, foram observados 1.471 casos positivos de tuberculose de todas as formas em Manaus (Dantas, 2006). Neste ano, o número de pacientes que abandonam o tratamento em Manaus foi entorno de 14%, sendo que a porcentagem admitida pelo Ministério da Saúde é de 10%. Ainda, em 2006, a média de mortalidade foi de 7%, a taxa média nacional de 3%. Para o ano de 2007, foram registrados 1.527 casos de tuberculose de todas as formas, com um acréscimo de 65 novos casos, elevando a taxa de incidência por 100 mil habitantes de 86,6% em 2006 para 88,5% em 2007. A taxa de abandono do tratamento caiu de 14% para 10% a mortalidade de 7% para 3% destaca a coordenadora do programa estadual, de combate a tuberculose (SEMSA, 2008).

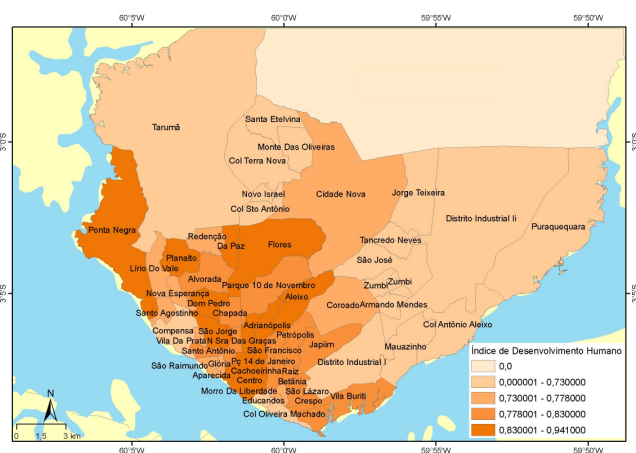
Na cidade de Manaus há uma distribuição desigual da tuberculose nos bairros (Figura 3), observando-se uma alta concentração de casos positivos em bairros deficientes dos aparatos urbanísticos e preferencialmente com Índice de

Desenvolvimento Humano (IDH) mais baixos (Figuras 3 e 4).



**Figura 3** - Distribuição dos casos de tuberculose na cidade de Manaus para o ano de 2007.

**Fonte:** Secretaria Municipal de Saúde de Manaus (SEMSA) e Diretoria de Epidemiologia e Ambiente (DEPAM).



**Figura 4.** Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos bairros de Manaus, AM. **Fonte:** SEPLAN (2006).

Conforme a SEPLAN (2000), no período de 1991 a 2000 o IDH de Manaus cresceu 3,89%, passando de 0,745 para 0,774. A educação foi o principal fator para o crescimento com 75,9%, seguida pela longevidade com 34,5% e pela renda com 10,3%. Caso se mantivesse esta taxa de crescimento do IDH o município levaria 39 anos para alcançar São Caetano do Sul (SP), o município com o melhor IDH do Brasil (0,919), Manaus é o município com o melhor IDH do Estado da região norte (0,774). Em relação aos outros municípios do Brasil, Manaus ocupa a 1194ª posição, sendo que 1193 municípios

(21,7%) estão em situação melhor e 4.313 municípios (78,3%) estão em situação pior ou igual (SEPLAN, 2000).

Os bairros Cidade Nova, Compensa, Jorge Teixeira apresentaram os maiores números de casos de tuberculose (Figura 3), nestes bairros observa-se um conturbado processo de ocupação irregular do solo urbano e valores médios para o Índice de Desenvolvimento Humano (Figura 4), o que pode auxiliar para o aumento dos casos da doença. É importante citar que não há um consenso entre pesquisadores sobre a relação entre o IDH e casos de tuberculose. Pesquisas realizadas em outras cidades brasileiras apontam diferentes relações. Lindoso et al., (2008), analisaram os óbitos por tuberculose na cidade de São Paulo, SP e verificaram que homens acima de 50 anos, migrantes e residentes em distritos com baixo IDH apresentaram maiores riscos de óbito. Acosta (2008), ao analisar os casos de tuberculose em Porto Alegre, RS descreve que as altas taxas de incidência da doença no município contrastaram com o seu IDH (0,865), considerado um índice elevado, ainda que a tuberculose seja uma doença com grande influência de fatores sociais da saúde.

Em Manaus, mais especificamente nos bairros com as maiores incidências da tuberculose ocorreu um crescimento do IDH entre os anos de 1991 a 2000. Neste período, no bairro Cidade Nova houve um crescimento de 2,15% do IDH, passando de 0,789 para 0,806, o item que mais contribuiu para esse acréscimo foi a longevidade com 75,0%, seguida pela renda com 15,4% e pela educação com 9,6%. O que coloca o bairro em uma posição considerada boa ocupando a 21ª posição em uma lista de 70 unidades de IDH (SEPLAN, 2000). O bairro Cidade Nova (Figura 3) foi criado na década de 80 para fornecer moradia para a população de baixa renda. No início foram 1.800 casas, para atender a população oriunda do interior do estado em busca de melhores condições de vida e trabalho no pólo industrial, além de habitantes às margens do rio Negro que habitavam palafitas. Atualmente, o bairro possui um intenso processo de especulação imobiliária, e uma população estimada em cerca de 300 mil habitantes (SEPLAN, 2000). Ocupações irregulares, loteamentos, conjuntos fechados de classe média e conjuntos populares para população de baixa renda recém construídos ou em fase de conclusão, essa divisão socioespacial

contribuí para uma alta densidade populacional e consequentemente um risco para a disseminação de doenças.

O bairro Jorge Teixeira (Figura 3) foi criado no contexto socioeconômico da década de 1980 com a expansão e investimentos pesados no pólo industrial de Manaus, e déficit habitacional alto. No bairro cerca de 80% das residências foram construídas em terrenos não apropriados a moradia (relevo acidentado e zonas alagadas) afastado do centro urbano. No período de 1991 a 2000, o IDH do bairro Jorge Teixeira cresceu 16,03%, passando de 0,599 para 0,695. O crescimento mais expressivo foi na educação, com 84,1% seguida pela longevidade, com 11,0% e pela renda, com 4,8%. Em relação às unidades de desenvolvimento humano de Manaus o bairro ocupa a 71ª posição apresentando uma situação ruim em relação às demais unidades (SEPLAN, 2000).

O bairro da Compensa (Figura 3) surgiu por volta de 1964 com um processo não pacífico de remoção da “cidade flutuante”. Neste ano, foram construídos conjuntos habitacionais para atender a demandas de moradores, entretanto, não atendiam um terço dos sem-tetos, fazendo com que essas pessoas procurassem abrigos invadindo vários terrenos nas imediações do centro da cidade. Este foi o caso das terras que pertenciam a família Borel Vinda da Alemanha, no período da segunda grande guerra. Esta família fixou residência em Manaus adquirindo parte da área que hoje é conhecida como bairro da Compensa (Jornal do Comércio, 2005). Entre 1991 a 2000 o IDH do bairro cresceu apenas 1,27% passando de 0,706 para 0,715, a dimensão que mais contribui foi à educação, com 272,4% seguida pela longevidade, com 172,4% e pela renda, com -344,8%. O IDH da unidade espacial em 2000 foi de 0,715 apresentando uma situação ruim, ocupando a 65ª posição (SEPLAN, 2000).

Avalia-se que o grande número de casos de tuberculose no bairro da Cidade Nova pode está mais relacionado à densidade populacional e a falha do programa de controle e combate da tuberculose do que as condições de moradias ou deficiência alimentar da população. Mesmo sendo um bairro em constante expansão seu IDH é considerado bom. Já os bairros Jorge Teixeira e Compensa apresentam maiores relações entre as condições sócio-econômicas

e número de casos de tuberculose. Verificando melhor atenção por parte do poder público e programas de controle e combate a doenças.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Avalia-se que a tuberculose avance à medida que a cidade cresce desordenadamente, em virtude dos constantes fluxos migratórios, aliada as condições de vida degradantes da população menos favorecida, onde a desinformação e carência nutricional favorece para a disseminação e manutenção de altos índices da doença na cidade.

A cidade possui deficiências nos serviços de transporte, saneamento básico e postos de saúde, contribuindo para a instalação da doença a médio e longo prazo em Manaus. Haja vista que o *Mycobacterium tuberculosis* sobrevive em ambiente favorável como, por exemplo, acúmulo de resíduos de 150 a 180 dias. Contudo, a fase mais importante do ciclo da tuberculose em Manaus está no que diz respeito a sua mobilidade espacial. O mapeamento constitui o método adequado para manter o controle em níveis aceitáveis. A partir do mapeamento verificou-se que os bairros de maior incidência, ou seja, os que ofereceram maior risco de transmissão da tuberculose no período estudado foram: Cidade Nova, Jorge Teixeira e Compensa. Os bairros citados devem ser objetos de atenção especial por parte dos programas de controle da Tuberculose, principalmente no que se refere ao abandono do tratamento, e a altos índices da doença.

Os resultados alcançados com o mapeamento podem ser melhorados se houver uma mudança de escala observável e uma coleta de dados mais precisa. Porém, para está mudança na escala é necessário melhorar a qualidade dos dados de pacientes atribuindo assim a criação de um banco de dados com informações sobre o paciente como o endereço e dados sobre o tratamento da doença. A falha na coleta dos dados e o pouco interesse pela manutenção de arquivos públicos por parte dos órgãos constituem um grande desafio para pesquisa futuras nessa área tendo que recorrer a trabalhos científicos e periódicos médicos.

Todo esse processo de controle deverá ser permanente, já que Manaus pela posição que ocupa

na região e no Estado recebe muitos imigrantes, o que a torna vulnerável à presença e instalação da tuberculose e de outras doenças contagiosas em sua população. Podemos concluir que foi intenção desta pesquisa contribuir para uma reflexão crítica e construtiva sobre o papel da real dimensão que a tuberculose tomou nos últimos 123 anos analisados, abrindo assim um novo caminho a ser trilhado rumo a um futuro diagnóstico da tuberculose na cidade de Manaus.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, L. W. 2008. O Mapa De Porto Alegre E A Tuberculose: Distribuição Espacial E Determinantes Sociais. Dissertação (Mestrado Em Epidemiologia), Ufrgs, Porto Alegre, 72p.
- Batista, D. 1984. A Equação Da Tuberculose Em Manaus: Dados Alarmantes, Razões Da Disseminação Da Doença, Profilaxia Da Tuberculose, A Liga E A Sua Obra, Façamos Um Hospital E Um Dispensário. Caderno Do Hospital Universitário De Manaus.
- Benchimol, S. 1981. Amazônia Legal Na Década 70/80; Expansão E Concentração Demográfica, Cedeam. Comissão De Documentação E Estudos Da Amazônia.
- Brasil. 2009. Incidência De Tuberculose Cai 27,58% Em 10 Anos. Disponível Em: <Http://Portal.Saude.Gov.Br/Portal/Aplicacoes/Noticias> Acesso Em: 31/08/2009
- Brasil. Ministério Da Saúde. Ação Antituberculose A Nível Periférico Do Ano De 1974. Brasília, Serviço Gráfico, Ibge. 1974.
- Carlos, A.F. 2001. Espaço-Tempo Na Metrópole. 1. Ed. São Paulo: Editor Contexto.
- Corrêa, R.L. Estudos Sobre A Rede Urbana. Rio De Janeiro. 2005 Ed. Bertrand Brasil.
- Costa, R. 2000. Tuberculose Uma Questão Social: Fatores Sociais Que Determinam O Recrudescimento Da Tuberculose. Manaus. 58 P. Trabalho Não Publicado.
- Dantas, J. 2006. Amazonas Maior Indicie De Tuberculose Do País. Jornal Acrítica, Manaus 11 Out. P 2.
- Galvão, M. 2003. A História Da Medicina Em Manaus. Editora. Valer, Manaus.
- Guimarães, R. 1979. Saúde E Medicina No Brasil, Contribuição Para Um Debate. 1 Ed. São Paulo: Graal.
- Jornal Do Comércio. 2005. Histórias Dos Bairros De Manaus Edição Especial Manaus 336 Anos. 9p.
- Lindoso, P.A.A.B.; Waldman, E.A.; Komatsu, N.K.; Figueiredo, S.M.De; Taniguchi, M.; Rodrigues, L.C. 2008. Perfil De Pacientes Que Evoluem Para Óbito Por Tuberculose No Município De São Paulo, 2002. Revista De Saúde Pública: 42(5): 805-12.
- Loureiro, A.J.S. 2004. História Da Medicina E Das Doenças No Amazonas. Editora Lorena. Manaus.
- Mario, L.M.; Moura, H.A. 1990. Migrações Para Manaus. Fundaj. Ed. Massangana Rio De Janeiro.
- Marreiro, L.Da S.; Cruz, M.A.; Oliveira, M.De N.F.; Garrido, M.S.2009. Tuberculose Em Manaus, Estado Do Amazonas: Resultado De Tratamento Após A Descentralização Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, 18(3): 237-24.
- Ministério Da Saúde. 2008. Perfil Epidemiológico Da Tuberculose Entre Casos Notificados No Brasil. Disponível Em <Http://Portal.Saude.Gov.Br/Portal/Saude/Visualizar\_Texto.> Acesso Em 26/04/08.
- Pinheiro, M.L. 2003. A Cidade Sobre Os Ombros: Trabalho E Conflito No Porto De Manaus 1899-1925. Ed. Governo Do Estado Do Amazonas. Manaus.
- Rosen, G. 2006. Uma História Da Saúde Pública. Traduzido Por Marcos Fernandes Da Silva Moreira 3.Edição Ed. Hucitec. São Paulo.
- Secretaria De Estado De Planejamento E Desenvolvimento Econômico (Seplan). 2002. Atlas De Desenvolvimento Humano De Manaus. Governo Do Estado Do Amazonas, Prefeitura De Manaus, Pnud, Fjp, Cd-Rom.
- Secretaria Municipal De Saúde (Semsu). Dados Sobre Incidência Dos Casos De Tuberculose Em Manaus. Comunicação Pessoal, 2008 – Tabela De Dados. Prefeitura De Manaus.
- Xavier, M.I.M.; Barreto, M.L. 2007. Tuberculose Na Cidade De Salvador, Bahia, Brasil: O Perfil Na Década De 1990. Cadernos De Saúde Pública. V.23 N.2 Rio De Janeiro.



## COMPARAÇÃO MICROCLIMÁTICA ENTRE DOIS IMÓVEIS NOS MUNICÍPIOS DE SÃO PAULO E SÃO ROQUE

### MICROCLIMATIC COMPARISON BETWEEN TWO BUILDINGS IN THE MUNICIPALITIES OF SÃO PAULO AND SÃO ROQUE

Cláudio Eduardo Andreoti  
Mestrando em Geografia Física – USP  
ceandreoti@usp.br

#### RESUMO

Este estudo busca analisar o comportamento microclimático de dois imóveis, nas cidades de São Paulo e São Roque, diferentes em função do uso do solo. Foram instalados registradores de temperatura e umidade do ar e os dados levantados foram submetidos a tratamento estatístico a fim de possibilitar a comparação. A partir dos resultados identificou-se valores de temperatura maiores e umidades relativas menores em São Paulo. Discute-se então a intensidade desses valores, as causas da variação microclimática e fatores contribuintes para as diferenças encontradas.

**Palavras-chave:** Climatologia, Clima Urbano, Ilha de calor, Cidade de São Paulo, Cidade de São Roque.

#### ABSTRACT

This study analyzes the micro climatic behavior of two properties in the cities of São Paulo and São Roque, differ according to land use. Data recorders were installed, collecting data on temperature and relative humidity and the data was analyzed statistically to allow comparison, results from the identified values for temperatures higher and lower relative humidity in São Paulo. We discuss then the intensity values, the causes of variation, and micro climatic factors contributing to these differences.

**Keywords:** Climatology, Urban Climate, Heat Island, City of São Paulo, City of São Roque.

## 1. INTRODUÇÃO

Sendo o local de “*habitat*” da maior parte da população humana atualmente, a cidade é por vezes considerada uma “anomalia” atmosférica e as diferenças entre a área urbanizada e os campos vizinhos evidenciam o caráter de forte derivação antrópica do meio ambiente urbano, razão para alterações na atmosfera citadina. Esse fato é de suma importância para justificar estudos geográficos sobre o Clima Urbano onde o geógrafo buscará encontrar razões nas ações da sociedade humana como a produtora dessas mudanças ambientais, muitas vezes acentuadas.

Tendo em vista estas considerações, nos atuais debates em torno dos problemas relativos ao possível aquecimento do planeta, estudos climáticos como o aqui realizado objetivam contribuir na construção do conhecimento a respeito das condições atuais do clima em uma grande metrópole tropical como São Paulo, buscando identificar os fatores que intensificam os valores de temperaturas já presentes na cidade e, a partir dos resultados obtidos, fornecer mais uma ferramenta que possa ser utilizada no planejamento urbano a fim de mitigar esses fatores.

A fim de alcançar isso, este trabalho buscou comparar os microclimas de dois imóveis um deles localizado na cidade de São Paulo e o outro fora da área urbana da cidade de São Roque, distantes cerca de 40 quilômetros e semelhantes em altitude, relevo e características climáticas teoricamente próximas sem se considerar o tipo de ocupação do solo.

Para coletar dados sobre cada microclima, foram instalados registradores de temperatura e umidade em imóveis localizados em ambos os municípios em dois períodos de tempo e durante esses períodos foram acompanhadas as condições sinóticas para a região na qual se insere os municípios.

A partir dos resultados foi feita uma tentativa de verificar a influencia da grande área urbana e a variação microclimática do imóvel ali localizado (o fenômeno denominado “*ilha de calor*”), quais as condições encontradas no clima no segundo imóvel e estudados possíveis fatores que contribuíram para os resultados encontrados.

Na revisão bibliográfica realizada para o trabalho, o primeiro conceito utilizado é o de *clima*, que seria a série de estados atmosféricos acima de um

lugar em sua sucessão habitual (Sorre, 1934), a *climatologia* é a ciência do clima que tem como característica principal o especial interesse pelas diferenças meteorológicas causadas pelas variações regionais, uma sequência de tempo meteorológico que demonstra padrões de desenvolvimento que conduzem ao ritmo (Monteiro, 1971).

O *clima urbano* é um sistema complexo (Sistema Clima Urbano, SCU) que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização, constituindo-se no núcleo do sistema, ele mantém relações íntimas com o ambiente regional imediato em que se insere e importa energia através de seu ambiente a ponto de gerar produtos que se incorporam ao núcleo ou são exportados para o ambiente, configurando-se como um todo de organização complexa que se pode enquadrar na categoria dos sistemas abertos (Monteiro, 1975).

Dentro do conceito de clima urbano, o fenômeno da “*ilha de calor*” urbana é fundamental para o entendimento das particularidades climáticas das cidades: um fenômeno climático que ocorre nos centros das grandes cidades devido a fatores como a elevada capacidade de absorção de calor de superfícies urbanas como o asfalto, construções de alvenaria, e outras, a falta de áreas revestidas de vegetação, alterando o albedo e, logo, levando a uma maior absorção de calor, a impermeabilização dos solos pelo calçamento e desvio da água por bueiro e galerias, reduzindo o processo de evaporação, assim não usando o calor para a evaporação (calor latente) e sim liberando calor sensível.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para coletar os dados climatológicos, foram utilizados registradores digitais marca ONSET *Stow Away*, modelo XTI02 de temperatura (TMD) e modelo SRHA02 de umidade relativa (HMD) que foram abrigados em Miniabrigos Meteorológicos Aspirados (MMA’s). Estes abrigos foram desenvolvidos pelo Laboratório de Climatologia e Biogeografia do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo e emprestados para realização do trabalho.

Esses registradores são equipamentos de custo baixo (em termos de instrumental técnico meteorológico), autônomos e de pequenas dimensões,

o que facilita sua instalação e operação, características desejáveis para este trabalho (Azevedo e Tarifa, 2001). Sua precisão é de cerca de 0,2°C para temperatura e 3% para umidade relativa. Os abrigos dão proteção contra a incidência direta da radiação, chuva e outros eventos que possam interferir nas medidas ou na integridade dos míni-registradores e, para uma melhor confiabilidade nos dados obtidos (Azevedo e Tarifa, 2001), os registradores são submetidos à ventilação contínua.

O equipamento foi instalado na parte externa das residências existentes nos imóveis durante dois períodos entre os anos de 2006 e 2007, com frequência horária dos registros, para acompanhar as variações do perfil ao longo do dia, o tempo e a frequência dos registros permitiu obter uma série longa e heterogênea de dados do ponto de vista meteorológico. Em cada posto, foram instalados registradores em duas alturas, de 1 e 4 metros do solo, visto que a maior parte das atividades humanas do dia a dia estão aí concentradas.

Para a análise dos dados coletados foi feita a comparação entre os registros de cada local e uma média das duas alturas para a comparação entre as cidades e por fim foi feita uma análise das diferenças entre as temperaturas e umidades relativas médias de cada cidade em razão das situações sinóticas encontradas no período.

Para auxiliar na interpretação dos dados colhidos e acompanhar os fenômenos meteorológicos de escala sinótica foi utilizado material obtidas no sítio da Marinha Brasileira e o acompanhamento dos Boletins de Monitoramento e Análise Climática (Climanálise) no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) uma vez que a simples abordagem desses dois aspectos do registro meteorológico (Temperatura do ar e Umidade Relativa) não é suficiente para apreensão da dinâmica processual (Monteiro, 1971).

Para o tratamento estatístico dos dados obtidos, os dados coletados foram agrupados em primeiro lugar por município e foi feita uma análise do perfil entre as duas alturas escolhidas comparando-as localmente entre si e também com sua correspondente no outro município a fim de se analisar o comportamento vertical da temperatura. Para compor os resultados, foram feitas análises a partir das médias e das diferenças das mesmas de

cada par de sensores de cada município a fim de traçar um perfil geral de cada imóvel para comparação. As seguintes ferramentas foram utilizadas para a inferência estatística dos dados obtidos:

- medidas de posição - média, mediana, máximo, mínimo e quartís;
- medidas de dispersão - amplitude, intervalo-interquartil, variância e desvio padrão;
- correlação e regressão - coeficiente de correlação linear de Pearson e reta ajustada.

O coeficiente de correlação de Pearson mede o grau da correlação entre duas variáveis, sendo normalmente representado por  $\rho$  assume apenas valores entre -1 e 1, sendo que se  $\rho = 1$  ocorre uma correlação perfeita positiva, se  $\rho = -1$  ocorre uma correlação negativa perfeita (se uma aumenta, a outra diminui) e se  $\rho = 0$  as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra. No caso deste trabalho a utilização dessa ferramenta estatística permite comparar os parâmetros em análise sob as mesmas forças climáticas para ambos os municípios.

## 2.1 Áreas de Estudo

Em termos geomorfológicos a região de estudo se situa nos planaltos e serras do leste-sudeste, complexa e formada por ciclos de dobramentos antigos sucedidos por intensa erosão e com modelado constituído por morros convexos com alta densidade de canais de drenagem (Ross, 2003), a capital paulista está encaixada nessa estrutura na Bacia Sedimentar do Alto Tietê, onde está localizado o imóvel da capital enquanto que o município de São Roque pertence à Bacia do Rio Sorocamirim, uma Sub-Bacia do Tietê, a figura 1 abaixo representa a área de estudo.

A diversidade das feições do clima dentro dessas duas grandes unidades regionais apesar de relacionada em parte com o relevo, não coincide plenamente com o mesmo. A Bacia Paulistana encaixada no Planalto Atlântico é uma faixa de limite entre os dois sistemas regionais, ocorre uma diminuição da pluviosidade em relação a áreas vizinhas do planalto e litoral levando a existência de um período seco, porém de menor intensidade que em áreas serranas do interior e, no período chuvoso ocorre a entrada da onda de Leste e a proximidade do

litoral permite a infiltração de perturbações litorâneas o que confere características diferenciadas ao período de baixa pluviosidade.

Deve-se considerar também a atividade humana com o complexo urbano e industrial da maior cidade da América do Sul, com as alterações ambientais provocadas como a presença de material particulado na atmosfera, impermeabilização do solo, alteração do relevo original e até a construção de grandes reservatórios de hidrelétricas como fatores de alteração nas características climáticas “naturais”.

O imóvel de São Paulo se localiza nas coordenadas geográficas  $23^{\circ} 30' 29''$  S /  $046^{\circ} 45' 22''$  W com altitude registrada de 760 m (equipamento utilizado: *Trimble Flightmate* GPS, banco de dados IBGE, SAD-69), zona noroeste da cidade e está edificado em uma região de uso do solo misto, industrial e residencial, porém para o estudo estará inserido na categoria taxonômica de organização geográfica do clima como topo-clima de Bairro (Monteiro, 1990).



**Figura 1** - Localização dos imóveis. Fonte: IGC-USP, sitio: [igc.sp.gov.br/copm\\_divmun.htm](http://igc.sp.gov.br/copm_divmun.htm), acesso em 20/05/06. Org. por Claudio E. Andreoti

A rua do imóvel em estudo se localiza na metade superior da vertente de uma colina voltada para Sudoeste, que hoje está totalmente urbanizada e em escala topoclimática está situada, dentro da Unidade Climática “Natural” do Município de S. Paulo classificada como Clima Tropical Úmido de Altitude do Planalto Paulistano – CI, várzeas e baixos terraços do Tietê caracterizados por elevada estabilidade atmosférica noturna e matinal, com nevoeiros e acumulação de ar frio neste período e com ventos fracos, calmarias e inversões térmicas, forte aquecimento diurno e características desfavoráveis à dispersão de poluentes (Tarifa e Armani, 2001).

O município de São Roque se situa na mesma faixa de

latitude da Capital, cerca de 40 km a Oeste desta e o clima assim como a Capital é do tipo Úmido da Face Oriental e Sub Tropical dos Continentes Dominado por massa de ar marítima tropical segundo (Monteiro, 1973), cujas características gerais já foram descritas, infelizmente, porém, não foi encontrado um nível topoclimático detalhado para a região como o encontrado para o município de São Paulo.

A cobertura vegetal original se encontra dentro da divisão fisionômica regional (Hueck, 1972) de Mata Pluvial das Encostas Montanhosas do Trecho Sul, o lote mede situa-se no meio de uma vertente voltada para Sudeste nas Coordenadas Geográficas  $23^{\circ} 28' 10''$  S /  $047^{\circ} 09' 21''$  W, altitude de 780m. Na parte superior do lote encontram-se uma residência e seu entorno é coberto por grama tipo São Carlos, excetuando-se um pequeno pomar com cítricos e algumas árvores de porte maior. Na linha de divisa com a rua há exemplares de Araucária (*Araucaria angustifolia*), *Pinnus sp*, Embaúba (*Cecropia sp.*), Farinha-seca (*Peltophorum dubium*), Amoreira (*Morus nigra*), Coquinho (*Syagrus romanzoffiana*) plantados pelo antigo proprietário e uma pequena horta. O terço inferior do lote é constituído por remanescente da Mata Pluvial das Encostas Montanhosas do Trecho Sul. Esta mata ciliar acompanha um pequeno curso d’água que é a divisa do lote.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

**3.1. Inverno (2006)** - Período de coleta dos dados: 29 de Maio á 26 de Agosto de 2006.

#### 3.1.1 Temperaturas

**Tabela 1** - Estatísticas dos dados coletados pelos sensores no período

Variável	N	Média	Mediana	S	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
SR1mT	1833	15,059	14,5	4,409	4,4	28,1	11,8	18
SR4mT	1833	15,955	15,3	4,584	5	28,9	12,6	19,1
SP1mT	1833	18,171	17,5	4,028	9,1	30,7	15,4	20,7
SP4mT	1833	17,981	17,1	4,365	8,7	31,8	14,9	20,7

A legenda das tabelas de temperatura apresenta as seguintes colunas:

- Variável: SP1mT (S. Paulo, sensor de 1 metro, Temperatura), SP4mT (S. Paulo, sensor a 4

metros, Temperatura), SR1mT(S. Roque, sensor de 1 metro, Temperatura) e SR4mT(S. Roque, sensor a 4 metros, Temperatura);

- N: numero de dados;
- S: desvio padrão;
- Mínimo e Máximo;
- Q1: 1o quartil;
- Q3: 3o quartil.

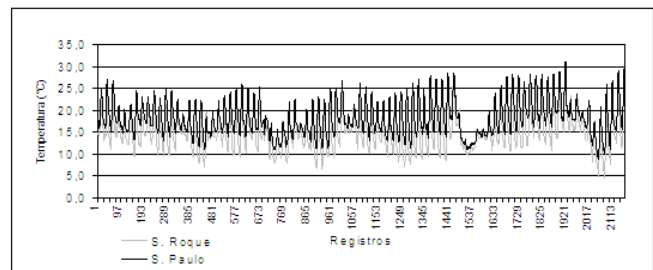
A tabela 1 acima representa as medidas de posição das temperaturas registradas em ambos os municípios, os resultados indicam temperaturas mais elevadas em São Paulo, com médias de 18,1°C a 1 metro de altura e 18°C a 4 metros para essa cidade contra respectivamente 15°C e 15,9°C para os registradores de São Roque. Todas as outras medidas apresentam temperaturas mais elevadas para São Paulo (mediana, moda, quartis, mínimos e máximos) e as amplitudes encontradas são as seguintes, SR1mT: 23,7°C, SR4mT: 23,9°C, SP1mT: 21,6°C e SP4mT: 23,10°C, ocorrendo, portanto uma variação levemente menor das temperaturas em São Roque do que em São Paulo.

A maior temperatura encontrada foi de 31,81 °C no dia 16 de agosto às 16 horas no sensor de 4 metros de altura de São Paulo (e no mesmo horário em São Roque registrava-se 27,6°C) enquanto que a temperatura mínima registrada no período em ambos os municípios foi de 4,37°C no dia 23 do mesmo mês entre 6 e 7 horas no registrador de 1 metro de altura de São Roque (em São Paulo, 10,45°C no mesmo momento), ou seja, uma diferença de quase 27,5°C em apenas 6 dias e meio.

**Tabela 2** - Estatísticas das medias dos pares de sensores de cada município.

Variável	N	Média	Mediana	S	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
SRTMd	2154	15,535	14,9	4,344	4,7	28,5	12,4	18,5
SPTMd	2154	18,175	17,5	4,033	8,9	31,1	15,3	20,625

Na tabela 2 acima, a variável SRTMd representa a média das temperaturas de São Roque e a variável SPTMd representa a média das temperaturas de São Paulo. A figura 2 a seguir representa as médias das temperaturas de cada par de sensor em cada município durante todo o período de coleta de dados.



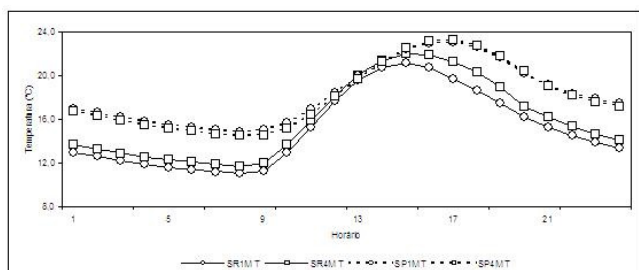
**Figura 2** - Médias das temperaturas registradas em São Roque e em São Paulo no período do inverno de 2006.

A equação de regressão das temperaturas registradas nas duas alturas em São Roque é  $y = 1,0308x + 0,3802$ , sendo o coeficiente de correlação de Pearson (0,994) bastante elevado, como seria de se esperar. De um modo geral, as temperaturas coletadas apontam para valores de temperatura mais elevados a 4 metros de altura em São Roque em relação a aquelas rentes á superfície no mesmo local e o inverso em São Paulo, resultado da maior absorção de radiação de onda longa pela superfície de alvenaria que mantém aquecido o ar próximo á superfície. A partir das médias dos pares de sensores de cada município foram obtidos os dados estatísticos apresentados acima .

Para o município de São Paulo, a equação de regressão dos dados,  $y = - 1,2534 + 1,0589x$ , o fator de correlação de Pearson é de 0,974 o que da indicação também de uma correlação linear positiva entre os dados dos sensores um pouco menos intensa que em São Roque, a levemente maior dispersão dos seus registros em relação ao primeiro município.

A análise das temperaturas médias de cada município indicam uma temperatura cerca de 2,6°C superior para São Paulo em relação a São Roque em praticamente todas as medidas de posição excetuando-se o quartil inferior e a temperatura mínima, aonde foi encontrada uma diferença de 4,2°C e a amplitude encontrada nessa serie de dados foi de 26,4°C e o desvio padrão é um pouco maior no caso de São Roque, indicando uma levemente menor homogeneidade na distribuição das temperaturas, ou seja, uma maior amplitude nas temperaturas (23,8°C ali contra 22,2°C em São Paulo), conforme o que já se havia encontrado na análise dos perfis verticais de temperatura.

O coeficiente de correlação linear das médias é de 0,891, positivo e linear e a equação da reta,  $y = 0,8277x + 5,3171$  prevê valores para o preditando (São Paulo) cerca de 2,5°C superiores na parte central dos dados, bastante conforme com o que foi encontrado nas medidas de posição.



**Figura 3** - Médias horárias registradas pelos 4 sensores de temperatura.

A análise das médias horárias do período que podem ser visualizadas na figura 3 acima indica que as menores temperaturas ocorrem entre 7 e 8:00 horas nos dois municípios enquanto que as maiores ocorrem entre 16 e 17:00 horas em São Paulo e no caso de São Roque, as maiores ocorrem cerca de uma hora mais cedo, ao contrário do relatado no material consultado para a pesquisa (Yoshino,1975). Segundo esse autor, os máximos de temperatura em áreas de floresta ocorrem posteriormente aos máximos das áreas não vegetadas próximas. Uma possível explicação para o fato é a influência da orientação das vertentes. A vertente de São Roque (SE) causa sombreamento do imóvel mais cedo que em São Paulo (SW). Neste caso, recebendo radiação até o final da tarde.

### 3.1.2 Umidade Relativa

As medidas de posição para a totalidade dos dados de umidade relativa representadas na Tabela 3 indicam uma tendência de ocorrência de umidades mais elevadas em São Roque, ali as médias para o período de coleta foram 94,7 % a 1 metro de altura e 90,1 % a 4 metros.

**Tabela 3** - Estatística dos dados coletados pelos sensores de umidade relativa.

Variável	N	Média	Mediana	S	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
SR1Mu	2154	94,685	100	12,417	30,2	100	100	100
SR4Mu	2154	90,87	100	15,482	27,7	100	85,8	100

SP1Mu	2154	89,546	100	18,741	31,6	100	85,3	100
SP4Mu	2154	85,915	100	20,554	27,8	100	71,9	100

Na tabela, a variável SP1Mu indica os valores para S. Paulo, sensor de 1 metro, umidade relativa, SP4Mu (S. Paulo, sensor a 4 metros, umidade relativa), SR1M (S. Roque, sensor de 1 metro, umidade relativa) e SR4Mu (S. Roque, sensor a 4 metros, umidade relativa).

De acordo com o autor citado anteriormente (Yoshino, 1975) a distribuição vertical da umidade se dá da seguinte maneira em áreas florestadas: alta no dossel e um pouco menor abaixo, aumentando novamente próximo a superfície e é máxima próxima ao solo. Em São Paulo, respectivamente 89,5 % e 85,9% e o perfil da umidade segundo as médias horárias para ambos os municípios pode ser descrito com os maiores níveis próximos ao solo baixando até os 4 metros e, num dia “modal” da série (poucas nuvens, temperatura de cerca de 16 a 18 °C pela manhã e máxima acima de 20 °C no decorrer do dia) a umidade é próxima de 100% até as 9 ou 10:00 horas, sendo mínima às 14:00 horas e voltando a ser próxima de 100% às 20 ou 21:00h.

As menores umidades registradas na série foram 27,7% em São Roque entre 14 e 15 horas de 24 de Agosto e 27,8% em São Paulo no dia 7 de Agosto, ambas nos registradores a 4 metros, apesar do imóvel do primeiro município estar localizado fora de área urbana e com razoável cobertura vegetal as menores umidades encontradas foram em São Roque uma vez que nos registradores de 1 m, as umidades foram as seguintes: 30,2% em São Roque e 31,6% em São Paulo, e refletindo esses números, as amplitudes encontradas foram maiores em São Roque: 69,8% a 1 metro, 72,3% a 4 metros, para São Paulo as amplitudes são respectivamente 68,4% e 72,2%.

A abordagem utilizada para obtenção de análises de dispersão confiáveis das Umidades Relativas encontradas utilizou o critério de se considerar apenas os menores registros de umidade selecionados a partir dos valores inferiores a 96% do sensor no qual se encontrou os valores mais altos de umidade (São Roque, 1 metro) - um valor arbitrário de corte em um procedimento escolhido devido ao comportamento da UR em regiões tropicais como a nossa, onde existe uma forte concentração de valores



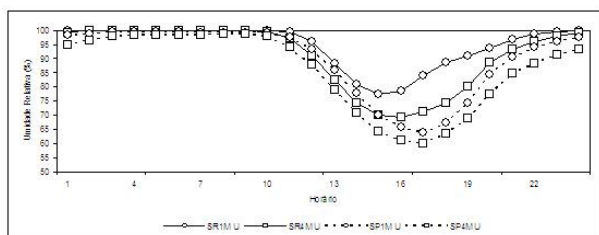
máximos (100%) nas horas noturnas o que leva a desvios nesse tipo de análise.

Em relação às médias das umidades de cada município do estudo, a tabela 4 a seguir apresenta os seguintes resultados:

**Tabela 4** - Estatística das médias de umidade dos municípios.

Variável	N	Média	Mediana	S	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
SRUmed	2154	92,786	100	13,666	29	100	92,1	100
SPUmed	2154	87,741	100	19,327	32,3	100	78,2	100

Variáveis: SRUmed representando a média dos pares de sensores de S. Roque e SPUmed que representa as médias de S. Paulo.

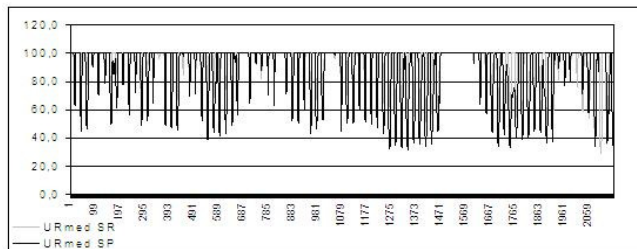


**Figura 4** - Médias das Umidades Relativas registradas em São Paulo e São Roque

A equação de regressão dos dados de umidade de São Roque é  $y = 0,8048x + 3,854$  e o valor de correlação de Pearson é de 0,997 indicando uma correlação linear positiva praticamente perfeita e desvio padrão dos dados deste município é de 0,9092 % de UR. Para São Paulo, a equação de regressão dos dados é  $y = 0,865x + 2,469$ , o fator de correlação de Pearson é de 0,983 o que da indicação também de uma correlação linear positiva entre os dados dos sensores, pouco menos intensa que em São Roque e com um desvio padrão de 1,764 % de UR.

As Umidades Relativas médias de cada município apresentadas na figura 4, indicam uma tendência de menor umidade para São Paulo em relação a São Roque de um modo geral; em todas as medidas de posição excetuando-se a UR mínima, são encontrados valores maiores para São Roque e a amplitude encontrada nesse município foi de 71% de UR contra 67,7% em São Paulo, apesar disso, o desvio padrão é um pouco menor no caso de São Roque, indicando uma levemente maior homogeneidade na distribuição das umidades. Assim como na análise anterior da variação vertical da

umidade de cada imóvel, também foi considerado para cálculo do coeficiente de correlação linear das médias e a equação da reta, valores inferiores a 96% pelos mesmos motivos levantados anteriormente.



**Figura 5** - Médias horárias registradas pelos 4 sensores de umidade relativa.

Considerando-se essa parte dos dados de umidade, o coeficiente de correlação linear das médias é de 0,986, bastante positivo e linear e a equação da reta é  $y = 1,49 + 0,741x$ . Quanto às médias horárias da umidade relativa do ar, ver figura 5, as menores umidades relativas ocorrem em São Roque às 15:00 horas a 1 metro de altura e uma hora após no sensor de 4 metros. Em São Paulo, ocorrem praticamente juntas em ambos os sensores por volta de 17:00 horas. Essa diferença de horários é consistente com os horários de temperaturas máximas diárias conforme já comentado sobre a influência da orientação das vertentes.

**3.2. Verão (2006 / 2007)** - Período de coleta: 09 de Dezembro de 2006 á 25 de fevereiro de 2007.

### 3.2.1. Temperatura

Nessa segunda série de registros representados na tabela 5, ocorreram temperaturas mais elevadas em São Paulo, com médias de 23,8°C a 1 metro de altura e 23,7°C a 4 metros para essa cidade contra respectivamente 22,4°C e 21,7°C para os registradores de São Roque. Todas as medidas apresentam temperaturas mais elevadas para São Paulo (mediana, moda, quartis, mínimos e máximos) e as amplitudes encontradas são as seguintes, SR1m: 18,4°C, SR4m: 18,2°C, SP1m: 17,2°C e SP4m: 16,9°C, ocorrendo, portanto uma variação maior das temperaturas em São Roque do que em São Paulo.

A equação de regressão dos dados para os registradores de São Roque é  $y = 0,9882x - 0,4102$  o valor de correlação de Pearson é de 0,958 é bastante elevado indicando correlação linear positiva e, para

São Paulo, a equação de regressão dos dados,  $y = 0,997x - 0,0279$  e o fator de correlação de Pearson é de 0,981.

**Tabela 5** - Estatísticas dos dados coletados pelos sensores no período

Variável	N	Média	Mediana	S	Míni mo	Máxi mo	Q1	Q3
2SR1mT	1871	22,403	21,54	3,159	15,09	33,48	20,22	24,59
2SR4mT	1871	21,729	21,06	3,26	15,09	33,33	19,43	23,74
2SP1mT	1871	23,804	23,04	3,079	17,81	34,98	21,54	25,45
2SP4mT	1871	23,704	23	3,13	17,44	34,37	21,5	25,41

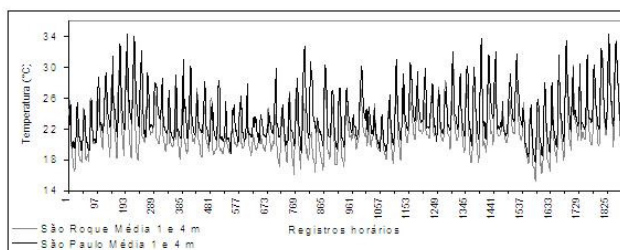
Nesta tabela, as variáveis 2SR1mT e 2SR4mT representam os valores das temperaturas para São Roque a 1 e 4 metros respectivamente e as variáveis 2SP1mT e 2SP4mT representam as temperaturas de 1 e 4 metros para São Paulo.

A análise das temperaturas médias de cada município apresentadas na tabela 6 e na figura 6, indicam uma temperatura cerca de 21,7°C superior para São Paulo em relação a São Roque em praticamente todas as medidas de posição excetuando-se a temperatura mínima, aonde foi encontrada uma diferença de 2,4°C e a amplitude encontrada nessa serie de dados foi de 19,1°C, bem menor que os 26,4°C de amplitude do inverno.

**Tabela 6** - Estatísticas das médias dos dados coletados nos municípios

Variável	N	Média	Mediana	S	Mínimo	Maximo	Q1	Q3
2SRTMd	1871	22,069	21,3	3,176	15,26	33,41	19,83	24,17
2SPTMd	1871	23,757	22,94	3,09	17,63	34,37	21,52	25,43

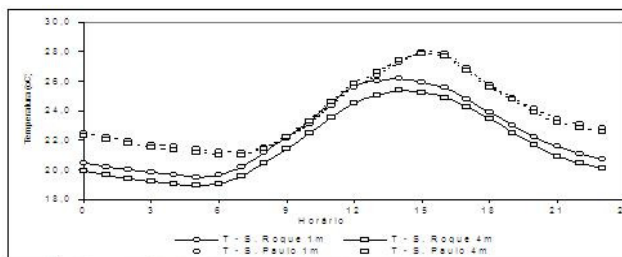
Variável 2SRTMd representa a média das temperaturas de São Roque e a variável 2SPTMd representa a média das temperaturas de São Paulo.



**Figura 6** - Temperaturas médias registradas no Verão 2006/2007.

O desvio padrão é um pouco maior no caso de São Roque, indicando uma menor homogeneidade na distribuição das temperaturas, ou seja, uma maior amplitude nas temperaturas (18,2°C ali contra 16,7°C em São Paulo). O coeficiente de correlação linear das médias é de 0,813, positivo e linear e a equação da reta,  $y = 6,30 + 0,791x$  prevê valores superiores para o preditando (São Paulo), bastante igual o que foi encontrado nas medidas de posição.

Conforme observado na variação diária de temperatura, figura 7, em São Roque temos máximas por volta das 14:00 horas enquanto que em São Paulo os picos de temperatura diária se dão por volta das 15:00.



**Figura 7** - Médias horárias registradas pelos 4 sensores de temperatura.

Assim como já comentado nas análises dos registros do inverno, a provável causa para essa diferença de horários é a posição das vertentes nas quais se situam os imóveis. Quanto às mínimas, elas ocorrem às 05:00 horas da manhã em São Roque e por volta das 07:00 horas em São Paulo.

### 3.2.2. Umidade Relativa

Conforme a tabela 7 as medidas de posição indicam novamente o predomínio de umidades mais elevadas em São Roque com médias para o verão de 95,9 % a 1 metro de altura e 95,6 % a 4 metros. Em São Paulo foram encontrados médias de respectivamente 91,4 % e 94,4% e o perfil da umidade foi inverso entre os dois municípios, em São Roque, maiores níveis próximos ao solo baixando até os 4 metros e em São Paulo maiores umidades a 4 metros.

As menores umidades registradas na série foram 36,3% 24 de Fevereiro às 15 horas em São

Roque e 33,7% em São Paulo no dia 23 de Fevereiro às 15 horas, ambas nos registradores a 1 metro, diferente do período anterior de coleta de dados, ambas as mínimas estão localizadas próximas ao solo. As amplitudes encontradas a 1 metro foram maiores em São Roque: 63,7% contra 66,3 em São Paulo e a 4 metros para São Roque 62,8% contra São Paulo com 61,9%.

**Tabela 7** - Estatística dos dados coletados pelos sensores de umidade relativa

Variável	N	Média	Mediana	S	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
2SR1mUR	1871	95,96	100	9,86	36,3	100	100	100
2SR4mUR	1871	95,61	100	9,96	37,2	100	98,8	100
2SP1mUR	1871	91,24	100	14,69	33,7	100	86,1	100
2SP4mUR	1871	94,45	100	12,43	38,1	100	100	100

Nesta tabela 2SR1mUR e 2SR4mUR indicam umidades a 1 e 4 metros em S. Roque e 2SP1mUR e 2SP4mUR indicam os resultados para S. Paulo.

Partindo do critério de utilizar os valores inferiores a 96% para análise das medidas de correlação e regressão dos dados, foram obtidos os resultados comentados a seguir na tabela 8, a equação de regressão dos dados de umidade de São Roque é  $y = 0,953x + 2,946$  e o valor de correlação de Pearson é de 0,995 indicando uma correlação linear positiva elevada.

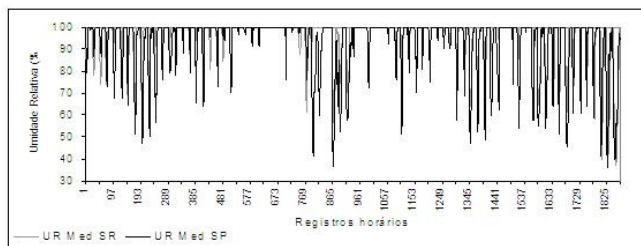
Para São Paulo, a equação de regressão dos dados é  $y = 1,1992x - 5,1933$ , o fator de correlação de Pearson é de 0,996 o que da indicação também de uma correlação linear positiva entre os dados dos sensores semelhante a São Roque.

Em relação às médias das umidades de cada município do estudo, foram encontrados os seguintes resultados:

**Tabela 8** - Estatísticas das médias de umidade relativa nos municípios.

Variável	N	Média	Mediana	S	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
2SRUMed	1871	95,787	100	9,845	36,8	100	99,4	100,0
2SPUMed	1871	92,85	100	13,388	35,9	100	93,05	100,0

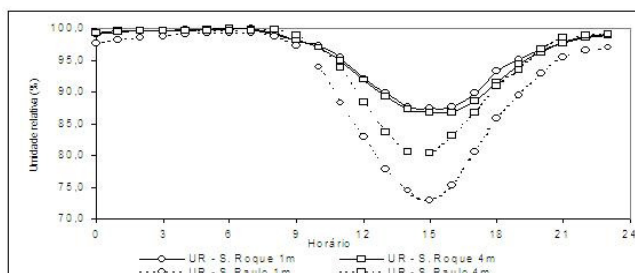
Variáveis: 2SRUMed representando a média dos pares de sensores de S. Roque e 2SPUMed que representa as médias de S. Paulo.



**Figura 8** - Médias das Umidades Relativas registradas em São Paulo e São Roque.

As Umidades Relativas médias indicam novamente uma tendência de menor umidade para São Paulo em relação a São Roque são apresentadas na figura 8, todas as medidas de posição possuem valores maiores para São Roque e a amplitude encontrada nesse município foi de 63,2% de UR contra 64,1% em São Paulo, o desvio padrão, elevado para ambos é um pouco menor no caso de São Roque, indicando uma maior homogeneidade na distribuição das umidades.

Assim como nas análises anteriores, também foi considerado para cálculo do coeficiente de correlação linear das médias e a equação da reta, valores inferiores a 96% pelos mesmos motivos levantados anteriormente. Para essas menores umidades médias o coeficiente de correlação linear das médias é de 0,711, positivo e linear e a equação da reta é  $y = 1,0036x - 10,784$ .



**Figura 9** - Médias horárias registradas pelos 4 sensores de umidade relativa

Para as umidades relativas registradas no verão estas coincidem com o comportamento das temperaturas ao longo do dia, figura 9, em São Paulo, onde temos as menores umidades relativas por volta das 15:00 horas. Também no caso de São Roque, os picos de temperatura diária se dão por volta das 14:00 ou 15:00 horas mais ou mesmo no mesmo período das menores umidades relativas.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a análise dos dados obtidos, o comportamento do imóvel de São Paulo foi, em geral mais quente e menos úmido que o imóvel localizado em São Roque.

As condições sinóticas foram acompanhadas através de cartas sinóticas da marinha (sítio: dhn.mar.mil.br, acessos entre 29/05/06 e 28/02/2007), imagens de satélite e boletins climatológicos do CPTEC (sítio: cptec.inpe.br, acessos entre 29/05/06 e 28/02/2007), as condições de tempo e pluviosidade foram acompanhadas por observação em campo quando possível e complementadas pelos dados e gráficos de pluviosidade das estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Mirante de Santana em São Paulo e de Sorocaba para São Roque (sítio: inmet.gov.br/html/observacoes.php, acessos entre 29/05/06 e 28/02/2007).

A figura 10 abaixo representa as diferenças das médias das temperaturas (Dif M T) e umidades relativas (Dif M UR) de São Roque em relação à São Paulo sob uma classificação de tipos de tempo (Tipo de Tempo) para o inverno de 2006 muito simplificada, para classificar esses tipos de tempo foram consideradas a atividade sinótica, pressão atmosférica média (Pm) obtida por  $Pm = (P-900)$  Hpa), precipitação, vento e nebulosidade de acordo com os dados coletados nas fontes citadas.

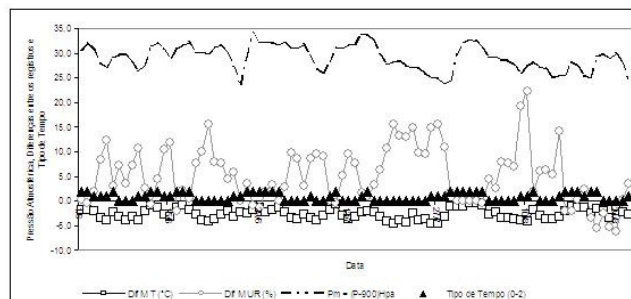
Os tipos de tempo atuante em função das variáveis apresentadas foram classificados da seguinte maneira:

0: *Intermediário*, corresponde, grosso modo, a períodos de predomínio de ar seco, sem nebulosidade significativa e pressão atmosférica mais elevada. Tempo estável.

1: *Pré-frontal*, caracterizado pelo aumento de nebulosidade, queda de pressão atmosférica e presença de precipitação, ainda que não

necessariamente obrigatória. Seria representativo da aproximação de um sistema frontal.

2: *Pós-frontal*, apresenta temperaturas em declínio, aumento da pressão atmosférica, nebulosidade e precipitação podem estar presentes.



**Figura 10** - Relação entre as diferenças médias diárias de Temperatura, Umidade Relativa e Pressão Atmosférica no Inverno em função da classificação simplificada do tipo de tempo.

A partir dessa classificação podemos perceber que no período de tempo do tipo intermediário as diferenças entre os registros são significativas e duradouras devido à queda de umidade característica do inverno, com seu baixo índice de pluviosidade e o predomínio de massas de ar seco.

Já caracterização do tempo pré-frontal foi mais difícil, mas de um modo geral, ainda que apresente algumas variações, aparecem os picos de diferença entre os registros.

A situação de tempo pós-frontal também é de fácil identificação, as baixas temperaturas, pluviosidade e umidade que chegam com a passagem da frente reduzem enormemente as diferenças dos registros entre os imóveis, a forte massa de ar que chegou no final de Julho e início de Agosto e os dias posteriores são bastante significativos desse tipo de tempo. Podemos considerar as condições meteorológicas bastante semelhantes nos dois imóveis no inverno, sendo que a pluviosidade acumulada durante o primeiro período foi de 144mm em São Paulo aonde choveu 11 e de 166 mm em Sorocaba com 9 dias de precipitação (INMET).

Quanto ao período de verão, a classificação e identificação dos tipos de tempo e sua influência nos microclimas estudados já não é tão simples uma vez que aparecem mais duas variáveis: as pancadas de cumulonimbus (Cb), frequentes devido à presença de radiação solar e umidade típicos da estação e a

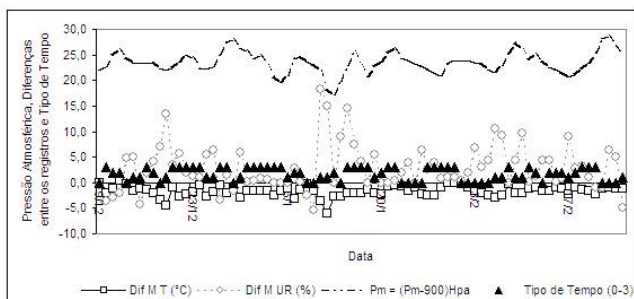


atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

A ZCAS pode ser identificada, em imagens de satélite, como uma banda de nebulosidade que se estende desde o sul da região Amazônica até a região central do Atlântico Sul, ou ainda em padrões de distribuição de radiação de onda longa. Os mecanismos que originam e mantêm a ZCAS não são totalmente conhecidos porém, estudos indicam que esse sistema sofre influências de fatores remotos e locais.

Sendo assim na classificação para o Verão foi adicionado mais um tipo de tempo e a figura 11 que as representa resulta do mesmo tipo de abordagem já explicada para a classificação do inverno, ressaltando novamente que é uma classificação bastante simples em vista das possibilidades de estados possíveis da atmosfera, mas considerada apropriada para este breve estudo:

3: Influencia de Chuva ou da ZCAS: nebulosidade ou chuva, persistente por dias e com altos índices de pluviosidade.



**Figura 11** - Relação entre as diferenças médias diárias de Temperatura, Umidade Relativa e Pressão Atmosférica no Verão em função da classificação simplificada do tipo de tempo.

As características dos tipos de tempo de 0 a 2 e seus efeitos sobre as diferenças entre os registros de temperatura e umidade relativa nos municípios são semelhantes as do inverno e quanto ao tipo de tempo 3, devido à elevada pluviosidade e nebulosidade que são características da atuação de ZCAS apresenta as menores diferenças entre os municípios, um exemplo significativo são os primeiros 6 dias de janeiro de 2007 quando choveu 107 mm em São Paulo e 127 mm na região de São Roque, com essa quantidade de precipitação as diferenças de umidade relativa entre os municípios desaparecem e a temperatura apresenta

diferença de cerca de 1,5°C entre os mesmos. Isso aponta para a importância da água como fator de equilíbrio térmico no sistema.

Segundo dados do INMET, o mês de janeiro de 2007 foi classificado entre os cinco mais chuvosos dos últimos 46 anos em grande parte das Regiões Sudeste e Centro-Oeste. Nestas áreas, as chuvas foram decorrentes principalmente de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a precipitação durante o verão foi maior em São Paulo, 833mm contra 544mm na estação de Sorocaba, ainda que os registros indiquem 44 dias nos quais houve a ocorrência de precipitação em São Paulo e 46 dias em Sorocaba, apontando para uma maior intensidade nas pancadas de chuva que aqui ocorreram no período de verão, os dias de ocorrência de chuva coincidem na maior parte dos casos, mostrando uma uniformidade significativa uma vez que muitas vezes essas chuvas nos meses de verão são em geral convectivas e, portanto, isoladas.

**Tabela 9** - Médias Mensais dos registros em São Roque e em São Paulo.

	São Roque		São Paulo	
	Temperatura	UR	Temperatura	UR
jun/06	14,9	96,0	17,4	91,3
jul/06	14,9	93,6	17,8	86,7
ago/06	16,7	87,5	19,1	85,1
dez/06	22,0	96,0	23,6	93,8
jan/07	21,4	94,9	23,2	95,0
fev/07	22,9	92,4	24,4	89,1

Admitindo, portanto que as forçantes atmosféricas durante os dois períodos de coleta de dados foram razoavelmente uniformes nos dois municípios, as temperaturas e umidades relativas médias mensais registradas dão uma dimensão bastante genérica da intensidade da ilha de calor urbana do imóvel de São Paulo os dados colhidos apontam para uma maior diferença no período do inverno como visto na tabela 9, sugerindo que muito mais do que a temperatura, o fator de maior contribuição para as diferenças climáticas urbanas é a umidade, ou a capacidade de conservá-la seja no solo, seja na atmosfera.

A análise efetuada sob os tipos de tempo indica que essa diferença é variável em função das condições sinóticas da circulação regional no

limite próximo ao Trópico, aonde os municípios se situam, em geral devido à alterações na umidade presente, sendo que a diferença entre as temperaturas e umidades relativas, tabela 10, é acentuada em condições de tempo pré-frontais ou durante o predomínio da Massa Tropical Atlântica e diminui sob a atuação da massa de ar polar e sob condições de formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul que em geral configura elevados índices de pluviosidade para São Paulo.

**Tabela 10** - Médias das diferenças encontradas por tipo de tempo.

Estação	Elemento	Tipo de Tempo			
		0	1	2	3
Verão	Média de Dif M T (°C)	-1,4	-2,6	-1,5	-1,5
	Média de Dif M UR (%)	2,7	6,8	1,0	1,7
Inverno	Média de Dif M T (°C)	-3,2	-3,1	-1,4	
	Média de Dif M UR (%)	6,9	8,9	0,2	

Obs: São Roque em relação à São Paulo.

Outro dos fatores que contribuem para as diferenças de temperatura e umidade entre os imóveis é a entrada de energia no sistema e a absorção da radiação de onda curta de acordo com o tipo de cobertura do solo urbano e rural é primordial para entendimento dos processos que acentuam o calor urbano.

Foi feita, a título de exemplificação, uma estimativa simples do saldo de onda curta para as superfícies onde foram instalados os registradores, aleatoriamente foi escolhida a data de 15 de dezembro para o cálculo de radiação global em superfície (R<sub>glo</sub>), aonde se chegou ao valor incidente de radiação de cerca de 27,1 MJ/m<sup>2</sup>, a partir dele e dos índices de Albedo da grama = 0,23 e asfalto = 0,95 teremos um saldo radiativo de cerca de 20,8 MJ/m<sup>2</sup> para a primeira e 25,7 MJ/m<sup>2</sup> para o asfalto ou seja, a superfície coberta de asfalto se aquecerá mais do que a grama, e além disso o asfalto também não dissipará a energia em processos como transpiração e fotossíntese vegetais que acontecem no gramado. Esses processos biofísicos e bioquímicos envolvem a presença de umidade e, esta é de suma importância no sistema climático.

Reforçando o resultado, podemos citar os

primeiros dias de Janeiro de 2007 nos quais houve grande precipitação em ambos os municípios e que não por acaso, foram também os dias de menores diferenças entre os parâmetros acompanhados. Essa situação perdurou durante os sete dias consecutivos nos quais choveu. Ao fim do período, no entanto, as diferenças voltaram a se acentuar, evidenciando a pouca capacidade de retenção de umidade da grande cidade.

A impermeabilização dos solos e o desvio da água para bueiros e galerias reduzem o processo de evaporação, não usando o calor para evaporação (calor latente), mas sim liberando calor sensível. Nada disso contribui para um conforto térmico em áreas pavimentadas como as cidades, além de reforçar a necessidade de áreas verdes, importantes no balanço de radiação, na absorção de gás carbônico, da umidade do ar além da própria superfície permeável que é o solo atuar na absorção das águas pluviais amenizando outro grande problema urbano relacionado ao clima: as enchentes.

Somam-se ainda outros fatores conhecidos que contribuem para o maior aquecimento urbano como o aquecimento pela presença das atividades humanas, concentração de poluentes que aumentam o efeito estufa mediante e a re-emissão de radiação de ondas longas para a superfície terrestre e a alteração da rugosidade superficial com consequente influência sobre a circulação atmosférica local e a partir de todos esses fatores pode-se começar a entender a importância de um planejamento que leve em conta os efeitos do clima sobre os habitantes das cidades.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azevedo, T.R. 2001. "O fluxo de calor gerado pelas atividades humanas" in TARIFA, J. R. e AZEVEDO, T. R.(Orgs.). Os climas na cidade de São Paulo teoria e prática. GeoUSP,4, Pró-reitoria de cultura e extensão universitária.Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. FFLCH/USP. GEOUSP – (Coleção Novos Caminhos), v.4 p. 71-93.
- Huek. K. 1972. As florestas da América do Sul.São Paulo: Polígono/Brasília: Univ. de Brasília. 466p.
- Monteiro, C.A.F. 1971. "Análise rítmica em climatologia: problemas de atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho", Climatologia, n. 1, Instituto. de Geografia da Universidade de São Paulo. 21 p.



Monteiro, C.A.F. 1973. A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo – estudo geográfico sob a forma de Atlas, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo. 129 p.

Monteiro, C.A.F. 1975. Teoria e clima urbano. Tese de livre docência apresentada á Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo.244 p.

Monteiro, C.A.F. 1990. “Por um suporte teórico e pratico para estimular estudos geográficos do clima urbano no Brasil”, Revista GEOSUL, v. 5, n. 9, UFSC, Ed. da UFSC, Florianópolis. p. 20-60 .

Ross, J. S. (org.) 2003. Geografia do Brasil. EDUSP, São Paulo. 540 p.

Sorre , M. 2006. Objeto e método em climatologia, Tradução Prof. Dr. José Bueno Conti, DG/ FFLCH/USP. Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo. n. 18, p. 89-94.

Tarifa, J.R. e Armani, G. 2001. Os Climas Urbanos. In: TARIFA, J.R. & AZEVEDO, T.R. (Orgs.). Os climas da Cidade de São Paulo: Teoria e Prática. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade São Paulo: Laboratório de Climatologia. FFLCH/USP. GEOUSP – (Coleção Novos Caminhos), v.4, p. 47-71.

Yoshino, M.M. 1975. Climate in a small area: an introduction to local meteorology, University of Tokyo. Japan. 549 p.

## REGIMES DE TEMPERATURA DO AR EM REGIÃO MONTANHOSA

### REGIMES OF AIR TEMPERATURE IN MOUNTAIN REGION

Pabrício Marcos Oliveira Lopes  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE  
Caixa Postal 51171- 900, Fone: (081) 3320-6246 Recife – PE, Brasil  
pabricio@depa.ufrpe.br

Dalton de Morisson Valeriano  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
dalton@ltd.inpe.br

#### RESUMO

Este trabalho avalia o simulador de microclima montanhoso (MTCLIM em inglês *Mountain Climate Simulator*) para extrapolação de temperaturas mínima e máxima do ar na região da Serra da Mantiqueira, Brasil, usando dados de PCD (Plataforma de Coleta de Dados) em diferentes condições de céu, em 2003. As simulações foram comparadas com medições de PCD usando regressão linear. Os dados da PCD localizada na cidade de Queluz em São Paulo foram utilizados para simular as mínimas e máximas de 271 pontos da serra. Os resultados mostraram que para locais com a mesma altitude, o modelo superestimou as temperaturas máximas diárias ( $T_x$ ) e subestimou as mínimas ( $T_n$ ), independente das condições de céu reinante. Os locais com diferentes elevações e céu claro, o modelo estimou a  $T_x$  com boa concordância e erro de 1,4°C. Com a inclusão da cobertura de nuvens, o modelo melhorou a estimativa de  $T_x$ , mas o erro aumentou para 1,7°C. A presença de nuvens, em combinação com o relevo, atenuou a distribuição espacial das temperaturas máximas mensais na serra. A ausência de nuvens causou diminuição nas mínimas mensais. O modelo pode ser utilizado em locais com a mesma elevação. Os regimes mensais das máximas e mínimas apresentaram comportamentos similares à variabilidade sazonal da região.

**Palavras-chave:** Modelo MTCLIM, variáveis climáticas, Serra da Mantiqueira.

#### ABSTRACT

This work evaluates the *Mountain Climate Simulator* (MTCLIM) in the extrapolation of minimum and maximum daily air temperatures in the region of the Serra of Mantiqueira, Brazil, using data from DCP (*Automatic Data Collection Platform*) in different sky conditions in the year of 2003. Comparison between simulated results and data of DCP were conducted through linear regression analysis. Data from DCP localized in city from Queluz in São Paulo were used to extrapolation minimum and maximum daily air temperature in 271 points of the sierra. The results obtained to locations with the same altitude showed that the model overestimated maximum daily ( $T_x$ ) and underestimated minimum ( $T_n$ ) independent of sky conditions. The locations different elevations and clear skies, the model estimated the  $T_x$  with good agreement and an error of 1.4°C. With the inclusion of cloud cover, the model improved the estimate of  $T_x$ , but the error increased to 1.7°C. The presence of clouds reduced the spatial distribution of maximum monthly in the mountain. The absence of clouds caused decrease in the minimum monthly. The model can be applied to station at the same altitude. The regime monthly of temperature presents similar regime to the regional seasonal variability.

**Keywords:** MTCLIM model, climatic variables, cloudy.

## 1. INTRODUÇÃO

A temperatura do ar é medida por termômetros instalados em estações meteorológicas automáticas ou convencionais a uma altura de 1,25 a 2m em relação ao solo. Nessa altura, forma-se uma camada de ar que é aquecida ou resfriada, basicamente, pelos processos de condução e de emissão de radiação infravermelha. Os termômetros indicam a temperatura do ar dessa camada que atinge seu valor mínimo próximo do nascer do Sol, e seu máximo, duas horas após o meio-dia solar (Geiger, 1965; Vianello e Alves, 1991). A variação diária da temperatura do ar afeta a abertura e o fechamento dos estômatos de uma folha, e conseqüentemente os processos de transpiração e fotossíntese (Larcher, 1995). A respiração do caule de uma árvore, que ocorrem continuamente, também é controlada pelas oscilações diárias da temperatura do ar (Waring e Running, 1998). No entanto, a modulação desses processos ecofisiológicos depende da qualidade das medidas da temperatura do ar.

Geralmente, os termômetros são montados em estações automáticas, instaladas em locais planos, livres de obstáculos e de fácil acesso. A coleta é feita via satélite e um centro pesquisa encarrega-se da disseminação dos dados <cptec.inpe.br>. Também são medidos e disponibilizados precipitação pluvial, radiação solar incidente e umidade relativa do ar de vários locais do Brasil. Esses elementos meteorológicos são afetados pela altitude, relevo, aspecto, latitude, continentalidade, tipo de solo, vegetação, estações do ano, etc (Vianello e Alves, 1991). Desse modo, quando os domínios espaciais são locais, as medidas feitas por uma estação meteorológica em uma única altitude não podem capturar a variabilidade espacial de uma região topografia bastante pronunciada (Hungerford et al., 1989). Esse problema de exatidão de representação espacial é mais perceptível em região montanhosa, onde a variabilidade ambiental é acentuada devido aos fatores climáticos e a escassez de plataformas meteorológicas em diferentes altitudes. Isso dificulta a produção de mapas de temperatura do ar em alta resolução espacial para dar suporte aos estudos de ecossistemas montanhosos (Lopes, 2006).

Em resposta à escassez de informações meteorológicas necessárias à modelagem de processos ambientais, a temperatura do ar pode ser modelada a partir da representação da topografia por Modelo Numérico de Terreno (MNT) e de sua análise em Sistemas de Informações Geográficas (Holbo e Luvall, 1989; Band et al., 1993). Além disso, na ausência de nebulosidade ou precipitação pluvial, a curva diária da temperatura do ar mostra-se bem comportada, podendo, teoricamente, ser representada por uma série trigonométrica de senos e cossenos (Hungerford et al., 1989). Desse modo, um dos modelos que leva em conta o efeito do relevo, aspecto, altitude e tipo de cobertura vegetal sobre a temperatura do ar local é o MTCLIM (*Mountain Climate Simulator*). O modelo infere temperaturas máxima e mínima do ar em locais local no topo de um morro, de uma serra ou de uma montanha (Running et al., 1987; Hungerford et al., 1989). Além disso, a lógica do modelo MTCLIM define requisitos mínimos de aplicação das variáveis meteorológicas para simular os regimes climáticos montanhosos (Thornton et al., 1997).

O modelo MTCLIM foi aplicado e avaliado, inicialmente, por Running et al (1987) em seis locais separados de 90 km ao redor da estação meteorológica do aeroporto de Missoula (46°55'N; 114°05'W; 975m) em Montana demonstrando boas correlações para as temperaturas mínima e máxima do ar, e que devia ser feita correções no gradiente vertical de temperatura. Hungerford et al (1989) corrigiram esse erro e aplicaram o modelo MTCLIM também em Montana, obtendo boas estimativas das temperaturas máxima e mínima do ar. As saídas do modelo MTCLIM têm sido usadas por Glassy e Running (1994) que utilizaram a temperatura mínima do ar em vez da temperatura do ponto de orvalho para calcular respiração e evapotranspiração em ambientes semi-áridos e áridos dos Estados Unidos. Novas adaptações no modelo MTCLIM foram feitas para simulação das temperaturas mínima e máxima do ar em ambientes de climas árido (Kimball et al., 1997; Thornton et al., 2000) e de clima tropical (Thornton e Running, 1999; Baigorria et al., 2000). Ressalta-se que o modelo MTCLIM é sensível ao intervalo diurno de temperatura; portanto, os gradientes verticais de

temperaturas máxima e mínima do ar devem ser estimados separadamente (Thornton e Running, 1999). No Brasil, o modelo MTCLIM tem sido endereçado a fornecer as entradas em modelos de processos fisiológicos (Almeida e Landsberg, 2003) e de evapotranspiração potencial (Lopes, 2006) em ecossistemas florestais.

Desse modo, este trabalho tem por objetivo avaliar o uso do MTCLIM em condições de céu claro e de céu nublado em uma região da Serra da Mantiqueira, a partir de medidas realizadas em Plataformas de Coletas de Dados do Vale do Rio Paraíba do Sul, SP.

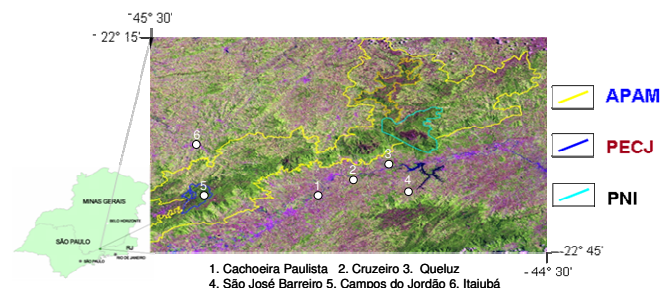
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo abrange uma porção da Serra da Mantiqueira e do Vale do Rio Paraíba do Sul no sudeste do Brasil.

A Serra da Mantiqueira apresenta fortes gradientes ambientais, tendo em sua orientação leste-oeste pequena variação latitudinal. Além disso, ela é adequada para avaliar influência de efeitos estritamente topográficos como: altitude, orientação de encosta, posição e tipos de superfícies (Lopes, 2006). Este caráter de sua topografia favorece as precipitações, uma vez que ela atua no sentido de aumentar a turbulência do ar pela ascendência orográfica e, que se intensifica durante a passagem dos sistemas frontais e das linhas de instabilidades (Lemos, 2000). A orografia resulta em precipitações pluviiais anuais entre 1.000mm a 2.000mm na Serra da Mantiqueira, e entre 1.000mm a 1.600mm no Vale do Rio Paraíba do Sul. Na Serra da Mantiqueira, o inverno é frio e o verão é brando, com temperaturas médias anuais do ar variando de 18°C a 19°C e umidade relativa do ar maior que 70%.

A vegetação da Serra da Mantiqueira classifica-se como Floresta Pluvial Montana até a cota de 1.800m e Campos de Altitude em cotas superiores. Duas grandes unidades de conservação ambiental estão instaladas na serra: o Parque Estadual de Campos do Jordão (PECJ) com uma área de 8.341ha e o Parque Nacional do Itatiaia (PNI) com 30.000ha. A maior parte destas unidades de conservação encontra-se dentro da Área de Proteção Ambiental da Mantiqueira (APAM, 400.000ha)

(Figura 1). Também, verificam-se áreas antrópicas tanto na serra quanto no vale.



**Figura 1** - Porção da Serra da Mantiqueira e do Vale do Rio Paraíba do Sul no sudeste do Brasil. Os círculos em branco representam a localização das PCDs. Linha amarela é a Área de Proteção Ambiental da Mantiqueira (APAM), Linha azul é o Parque Estadual de Campos do Jordão (PECJ), Linha azul claro é o Parque Nacional do Itatiaia (PNI). Adaptado de Silva (2003)

Os dados de temperatura máxima e mínima do ar e precipitação pluvial foram obtidos das PCDs de Cachoeira Paulista (22° 40'S, 45°00'W; 520 m), Queluz (22°32'S; 44° 46'W; 520 m) e Campos de Jordão (22°45'S, 45°36'W; 1800 m) fornecidos pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) referente ao ano de 2003. As PCDs coletam temperaturas máxima e mínima do ar a cada minuto e agrega o resultado para intervalos de três horas, amostradas. A precipitação corresponde ao valor acumulado a cada três horas, zerando o acumulador automaticamente todo dia 1° de cada mês <cpotec.inpe.br>. Os dados de temperaturas mínimas do ar considerados foram os das 0900GMT (*Greenwich Mean Time*), enquanto que os de temperatura máxima do ar das 1800GMT. Para a precipitação pluvial, o horário considerado foi o das 1200GMT.

### 2. 1. Descrição do simulador de microclima montanhoso

O simulador MTCLIM extrapola temperaturas máxima ( $T_x$ ) e mínima ( $T_n$ ) do ar observadas em uma estação meteorológica no vale para um local de interesse em cima de uma serra ou montanha. As variáveis são calculadas para locais com características semelhantes (topografia e vegetação), definidas a priori. A estação e o local de interesse podem estar em diferentes altitudes, inclinações e exposições solares (Hungerford et al., 1989). Os

elementos climáticos para cada área de interesse são estimados de acordo com as variáveis medidas em apenas uma estação. Os dados fornecidos pela estação meteorológica são:  $T_x$  e  $T_n$  e precipitação pluvial, em escala diária. Do local de estudo, onde se deseja inferir os dados, são necessários elevação, declividade, aspecto, ângulos horizontais leste e oeste, Índice de Área Foliar (IAF) e gradiente vertical de temperatura. Este gradiente pode ser estimado, individualmente, para as temperaturas média, máxima e mínima do ar, fazendo a razão entre as diferenças de temperaturas do ar pelas diferenças de altitudes de dois postos meteorológicos. O valor dessa razão é de  $-0,65^\circ\text{C}/100\text{m}$  para a atmosfera-padrão.

## 2.2. Temperaturas máxima e mínima do ar

Inicialmente, assumi-se que a função horária da temperatura diária do ar tem uma forma senoidal. A temperatura média diária do local de interesse é calculada usando temperaturas máxima e mínima diárias do ar fornecidas pela estação meteorológica localizada no vale. A integração da função seno sobre os três quadrantes produz a seguinte equação para a temperatura média diária do local de interesse expressa por Parton e Longan (1981):

$$T_{x_{est}} = T_{x_{med}} + \frac{Z_{est} - Z_{med}}{1000} \times \Gamma_x \quad (^\circ\text{C}) \quad (1)$$

$$T_{n_{est}} = T_{n_{med}} + \frac{Z_{est} - Z_{med}}{1000} \times \Gamma_n \quad (^\circ\text{C}) \quad (2)$$

$$T_{med} = \frac{T_{x_{est}} + T_{n_{est}}}{2} \quad (^\circ\text{C}) \quad (3)$$

em que  $T_{x_{est}}$ ,  $T_{x_{med}}$ ,  $T_{n_{est}}$ ,  $T_{n_{med}}$  são as temperaturas máxima, mínima e média diárias do ar simuladas para o local de interesse sobre a serra, respectivamente;  $\Gamma_x$  e  $\Gamma_n$  são os gradientes verticais de temperaturas máxima e mínima do ar, respectivamente.

Para melhorar a simulação da  $T_x$  pelo modelo foi introduzido o fator de transmitância ( $t$ ) que relaciona a irradiância solar incidente estimada pelo modelo TOPORAD e a refletância de nuvens do sensor Image do satélite GOES-12 (Lopes, 2006). O fator de transmitância é a razão entre as quantidades de irradiância solar real (céu-nublado + céu-claro) pela irradiância solar de céu-claro, ambas simuladas

pelo modelo TOPORAD (Lopes et al., 2007). A correção para  $T_x$  em condições de céu nublado é dada por:

$$T_{x_{est\_corr}} = (T_{x_{med}} - T_{x_{est}}) \times t + T_{x_{est}} \quad (^\circ\text{C}) \quad (4)$$

Logo, a temperatura média diária do ar,  $T_d$ , é expressa por:

$$T_d = 0,212 \times (T_{x_{est\_corr}} - T_{med\_est}) + T_{med\_est} \quad (^\circ\text{C}) \quad (6)$$

em que a constante 0,212 é o coeficiente de ajuste aplicado à  $T_{med\_est}$ ;  $T_{x_{est\_corr}}$  é a temperatura máxima estimada corrigida pela produto do resíduo entre a temperatura máxima observada  $T_{x_{med}}$  e a  $T_{x_{est}}$  simulada pelo modelo MTCLIM para céu claro e a transmitância adicionado a  $T_{x_{est}}$ .

## 2.3. Espacialização das temperaturas máxima e mínima do ar

Os dados de  $T_x$  e  $T_n$  da plataforma de Queluz foram usados como entrada no modelo MTCLIM para inferir dados em 271 pontos distribuídos sob a área do Parque Nacional do Itatiaia, RJ. Em seguida, foram feitas espacializações empregando técnica de interpolação conhecida como Krigeagem. Este método é baseado em duas funções: o semivariograma e o covariograma que descrevem a dependência espacial dos dados (Genton e Gorsch, 2002). Um semivariograma ( $\gamma(h)$ ) pode fornecer uma descrição concisa da extensão da variabilidade espacial, permitindo representar quantitativamente a variação de um fenômeno regionalizado no espaço (Huijbregts, 1975). Os modelos esférico e gaussiano foram os que apresentaram melhores ajustes para a temperaturas máxima e mínima do ar.

## 2.4. Análises estatísticas

Os valores estimados foram correlacionados com os observados pela análise de regressão, considerando os seguintes índices de validação das equações: A precisão, dispersão dos valores em torno da média, é dada pelos coeficientes de correlação ( $r$ ) ou de determinação ( $R^2$ ). A partir dos dados da PCD de Cachoeira Paulista foram inferidos valores meteorológicos para Queluz e para Campos do Jordão, para testar se o modelo pode ser aplicado para

locais com mesmas elevações (Cachoeira Paulista x Queluz) e diferentes elevações (Cachoeira Paulista x Campos do Jordão), respectivamente. O desempenho do modelo foi avaliado usando cinco parâmetros estatísticos: (1) Erro médio (EM); (2) Raiz do Erro Quadrático Médio (REQM); (3) Concordância (d) (Willmott et al., 1985); (4) Coeficientes de correlação (r) e de determinação ( $R^2$ ) expressos por:

$$EM = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N O_i - P_i \quad (5)$$

$$REQM = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (O_i - P_i)^2} \quad (6)$$

$$d = 1 - \frac{\left( \sum_{k=1}^N O_i - P_i \right)^2}{\sum_{k=1}^N (|P_i - O_i| + |O_i - O|)^2} \quad (7)$$

em que  $P_i$  são os valores estimados;  $O_i$  são os valores observados e  $O$  é a média dos valores observados;  $N$  são os pares de valores observados e estimados das variáveis;  $\sigma(k)$  é o erro padrão para o local  $k$ .

O EM indica o grau de tendência da estimativa do modelo e pode ser próximo de zero. Os valores de REQM mostram a precisão da estimativa. A concordância (d) refere-se à exatidão ou à aproximação dos dados estimados com os observados, seus valores variam de 0 (zero) para nenhuma concordância e 1 (um) para concordância perfeita entre eles. O desempenho do modelo MTCLIM foi avaliado utilizando o índice  $c$  proposto por Camargo e Sentelhas (1997), como sendo:  $c = r \times d$ . O critério de interpretação do desempenho do modelo MTCLIM pode ser assim adaptado como desempenho: ótimo ( $c > 0,85$ ), muito bom ( $0,75 \leq c \leq 0,85$ ), bom ( $0,66 \leq c \leq 0,75$ ), mediano ( $0,61 \leq c \leq 0,65$ ), sofrível ( $0,51 \leq c \leq 0,60$ ), mau ( $0,41 \leq c \leq 0,50$ ), péssimo ( $c \leq 0,40$ ).

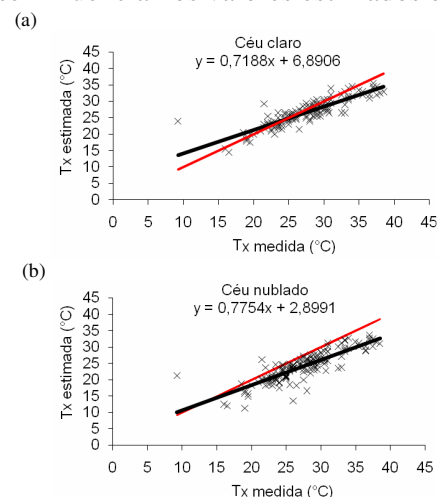
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Locais com a mesma elevação

O modelo MTCLIM foi avaliado em locais com a mesma elevação em relação ao nível médio do mar e o efeito da cobertura de nuvens sobre a  $T_x$  diária. Ressalta-se que a estimativa da  $T_n$  diária não

leva em consideração os efeitos de nuvens, devido à ausência de imagens do satélite GOES-12 próximo ao nascer do Sol.

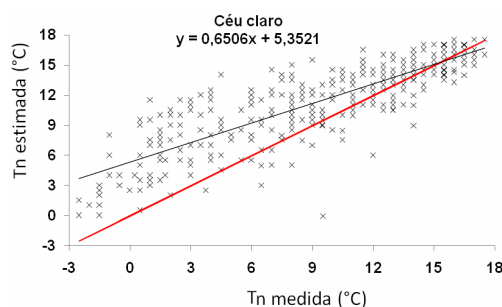
A Figura 2a mostra os dados diários de  $T_x$  inferidos a partir da PCD de Cachoeira Paulista (altitude, 520m) para a de Queluz (altitude, 520m) em condição de céu limpo para o ano 2003. Na Figura 2a constatou-se que os efeitos do relevo explicam 76% ( $R^2=0,76$ ) da estimativa da  $T_x$  com REQM de  $3,0^\circ\text{C}$ . A introdução do efeito da cobertura de nuvens e do IAF (Índice de Área Foliar) foi utilizada no modelo MTCLIM para atenuar  $T_x$  (Figura 2b). A  $T_x$  estimada apresentou boa correlação ( $R^2=0,71$ ) para Queluz, mas a REQM aumentou para  $3,9^\circ\text{C}$  (Figura 2b). Em ambos os casos, o modelo MTCLIM tende a superestimar  $T_x$  com um EM de  $+0,29^\circ\text{C}$  para condição de céu claro e de  $+0,36^\circ\text{C}$  para céu nublado. Contudo, a simulação de  $T_x$  apresentou concordância perfeita ( $d=1,0$ ) e desempenhos muito bons ( $c=0,84$ ) e ótimos ( $c=0,87$ ) independente das condições de céu reinante sobre local estudado. A PCD de Cachoeira Paulista está a 30 km da PCD de Queluz. De acordo com Hungerford et al. (1989), os erros do modelo podem ser reduzidos se os dados de entrada forem de uma estação meteorológica bem próxima do local em que se deseja fazer as simulações. Isso reduziria os erros introduzidos pela diferença de cobertura de nuvens sobre a estação meteorológica e o local de interesse. Lopes et al. (2004) também observaram que a distância entre a estação meteorológica e o local de interesse influencia nos valores estimados de  $T_x$  e  $T_n$ .



**Figura 2** - Temperatura máxima do ar ( $T_x$ ) medida e estimada pelo modelo MTCLIM para Queluz (a) em condição de céu claro e (b) em condições de céu nublado em 2003.

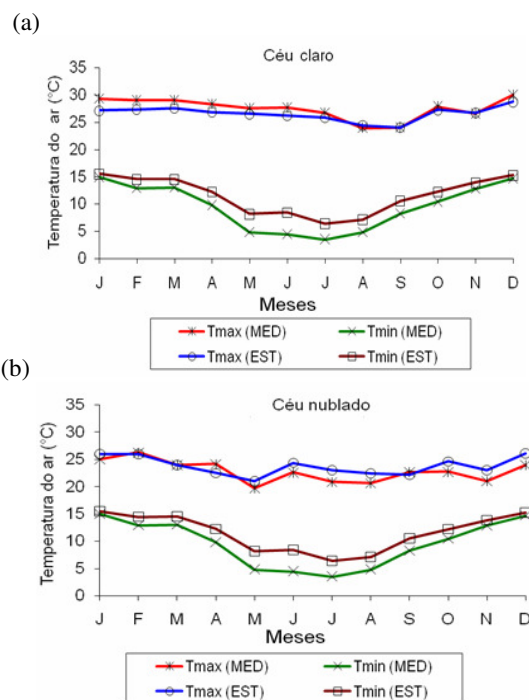


A Figura 3 mostra os dados diários de  $T_n$  (1997) que aplicaram o modelo MTCLIM numa área inferidos a partir da PCD Cachoeira Paulista para a de Queluz em condição de céu claro para o ano 2003. Observa-se que os efeitos do relevo explicam 73% ( $R^2=0,73$ ) da estimativa de  $T_n$  com REQM de  $3,0^\circ\text{C}$ . O modelo MTCLIM tende a subestimar  $T_n$  com um EM de  $-2,0^\circ\text{C}$ . A modelagem de  $T_n$  apresentou concordância perfeita ( $d=1,0$ ) e desempenho muito bom ( $c=0,85$ ). Running et al. (1987) afirmaram que os erros de  $T_n$  e  $T_x$  dependem da escolha dos gradientes verticais de  $T_x$  e  $T_n$ . Valores altos de gradiente vertical de temperatura do ar causam erros nas  $T_x$  e valores pequenos erros nas  $T_n$  (Running et al., 1987).



**Figura 3** - Comparação entre as temperaturas mínima do ar ( $T_n$ ) medida e a estimada com o modelo MTCLIM para Queluz em 2003.

Os regimes mensais de  $T_x$  e  $T_n$  observadas e estimadas pelo modelo MTCLIM para 2003 são ilustradas nas Figuras 4a e 4b. Observa-se que as curvas de temperaturas possuem comportamentos similares ao do padrão climático da região do Vale do Rio Paraíba do Sul. Em condições de céu claro (Figura 4a), a topografia local explica 90% ( $R^2=0,90$ ) da variação de  $T_x$  em torno de sua média apresentado REQM de  $1,2^\circ\text{C}$ , tendência a superestimar (EM= $+0,94^\circ\text{C}$ ) com boa exatidão ( $d=0,86$ ) e bom desempenho ( $c=0,82$ ). Por outro lado (Figura 4b), as nuvens, a cobertura do terreno e a topografia explicaram somente 77% ( $R^2=0,77$ ) da variabilidade de  $T_x$  em relação a sua média aumentado o erro para  $1,5^\circ\text{C}$ , tendência a subestimar  $T_x$  (EM= $-0,95^\circ\text{C}$ ) com boa exatidão ( $d=0,81$ ) e desempenho regular ( $c=0,63$ ). Para a  $T_n$ , a variabilidade em torno da média foi de 98%, REQM de  $2,3^\circ\text{C}$ , tendência de subestimativa (EM= $-2,02^\circ\text{C}$ ), apresentando boa concordância ( $d=0,91$ ) e ótimo desempenho ( $c=0,9$ ). Esses resultados estão de acordo com Thornton et al.



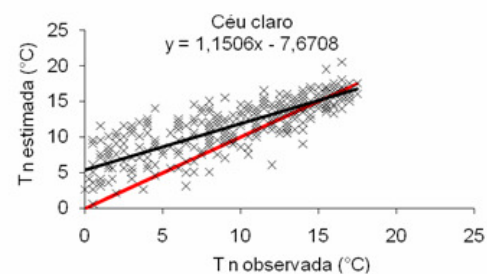
**Figura 4** - Ciclo mensal de  $T_x$  e  $T_n$  observadas e estimadas pelo modelo MTCLIM para Queluz em 2003: (a)  $T_x$  estimada sem nuvens; (b)  $T_x$  estimada com nuvens

### 3.2 Locais com diferentes elevações

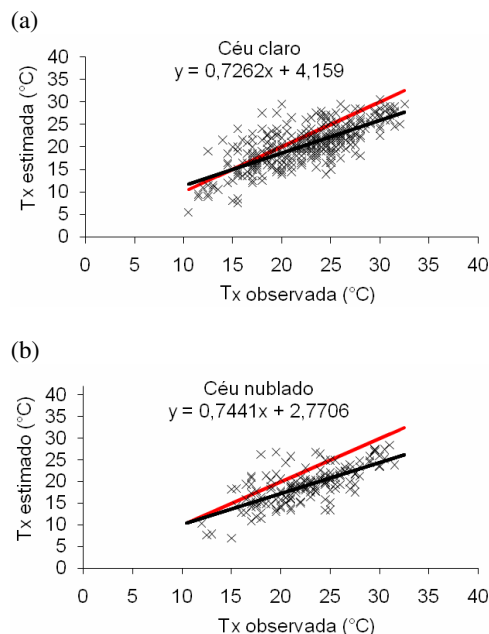
As temperaturas mínimas e máximas do ar observadas na PCD de Cachoeira Paulista localizada no Vale do Rio Paraíba do Sul, foram utilizadas para simular os elementos meteorológicos no local da PCD de Campos do Jordão, Serra da Mantiqueira. As Figuras 5a e 5b ilustram os valores de  $T_x$  extrapolados em condições de céu claro e de céu nublado, respectivamente. Em condições de céu claro (Figura 5a), a análise de  $T_x$  estimada explica somente 55% da variabilidade dos valores medidos, apresentado um REQM de  $1,4^\circ\text{C}$ , precisão ( $r=0,74$ ), concordância perfeita ( $d=1,0$ ), bom desempenho

( $c=0,74$ ) e tendência a superestimar  $T_x$  ( $EM=+2,4^\circ\text{C}$ ). A inclusão da cobertura de nuvens na atenuação de  $T_x$  (Figura 5b) explicou apenas 56% ( $R^2=0,56$ ) da dispersão dos dados em relação aos valores medidos, com REQM de  $1,7^\circ\text{C}$ , boa precisão ( $r=0,74$ ), concordância perfeita ( $d=1,0$ ), indicando bom desempenho ( $c=0,74$ ) e tendência a superestimar  $T_x$  ( $EM=+3,5^\circ\text{C}$ ). Mesmo assim, a inclusão do IAF e da cobertura de nuvens no modelo MTCLIM melhorou a estimativa de  $T_x$ . Estes resultados então de acordo com Running e Thornton (1997) que testaram o modelo em 215 estações meteorológicas, espaçadas uma da outra em 38 km em Montana, constatando que a  $T_x$  estimada superestimou os valores observados e  $T_n$  estimada subestimou a mínima observada. Contudo, a topografia local, ainda, é o principal parâmetro de variabilidade de  $T_x$ . Maselli et al. (2004) comentam que se o IAF for mantido constante durante o ano, os erros de  $T_x$  e  $T_n$  são mais elevados. Segundo Lopes (2006), o erro em  $T_x$  pode estar associado ao aspecto (direção da encosta voltada para o Sol) que foi mantido constante em todas as simulações.

condições de céu claro, a topografia local explica 89% ( $R^2 = 0,79$ ) da variação da  $T_n$  em torno de sua média apresentado REQM de  $1,4^\circ\text{C}$ , tendência a subestimar ( $-2,0^\circ\text{C}$ ) com boa exatidão (1,0) e desempenho muito bom ( $c=0,82$ ). Chiesi et al. (2002) compararam três anos de dados observados de  $T_x$  e  $T_n$  com os extrapolados pelo modelo MTCLIM e encontraram REQM de  $1,71^\circ\text{C}$  a  $1,87^\circ\text{C}$  para  $T_n$ , de  $2,47^\circ\text{C}$  a  $4,34^\circ\text{C}$  para  $T_x$ . Esses autores constataram que  $T_n$  e  $T_x$  distribuem-se homogeneamente sob a superfície terrestre, e dependeram principalmente do gradiente altitudinal.



**Figura 6.** Regressão linear entre valores de  $T_n$  observados e estimados para o ano 2003.

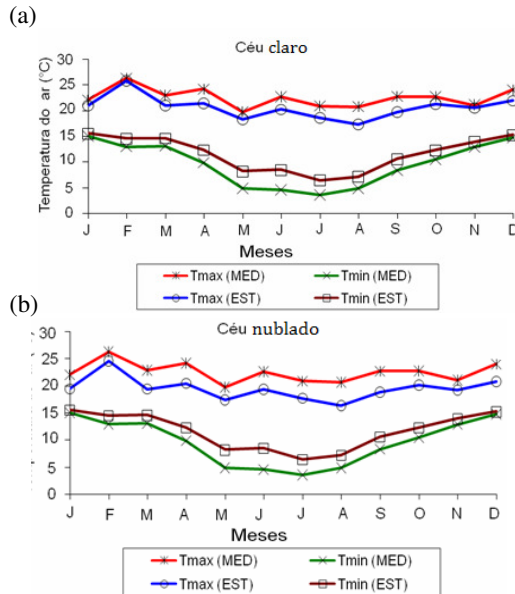


**Figura 5** - Regressão linear entre dados observados e simulados de  $T_x$  para Campos do Jordão, SP, em condições de céu claro (a) e de céu nublado (b) em 2003.

A Figura 6 mostra a comparação entre os valores medidos e simulados de  $T_n$  para 2003. Em

As Figuras 7a e 7b mostram a sazonalidade de  $T_x$  e  $T_n$  do ar inferidas a partir dos dados da PCD Cachoeira Paulista para a PCD Campos do Jordão, na ausência e presença de cobertura de nuvens, respectivamente. Observa-se que as curvas de  $T_x$  e  $T_n$  possuem comportamentos similares ao regime climatológico da região, ou seja, as temperaturas diminuem no inverno e aumentam no verão. Na ausência de nebulosidade (Figura 7a), o modelo MTCLIM estimou  $T_x$  mensal com REQM de  $2,2^\circ\text{C}$ , tendência a subestimar ( $EM=-1,98^\circ\text{C}$ ), precisão de 0,91, boa concordância ( $d=0,76$ ) e apresentado um bom desempenho ( $c = 0,69$ ). A aplicação da cobertura de nuvens na atenuação da  $T_x$  (Figura 7b) estimada explicou 85% ( $R^2=0,85$ ) da dispersão dos dados medidos em torno da média, mostrando tendência a subestimar ( $EM=-2,97^\circ\text{C}$ ), precisão muito boa ( $r=0,92$ ), concordância regular ( $d=0,62$ ), desempenho sofrível ( $c=0,57$ ) e REQM de  $3,1^\circ\text{C}$ . A topografia local explica 98% ( $R^2=0,98$ ) da variabilidade da  $T_n$  mensal estimada pelo modelo MTCLIM, com tendência a superestimar em  $2,0^\circ\text{C}$ , precisão de 0,99, concordância ( $d=0,99$ ) e desempenho ótimos ( $d=0,95$ ). Para melhorar a estimativa da  $T_x$  é preciso

ajustar o aspecto e a cobertura vegetal, enquanto que a estimativa da mínima deve-se introduzir correções relacionadas os processos de resfriamento radiativo (Lopes, 2006).

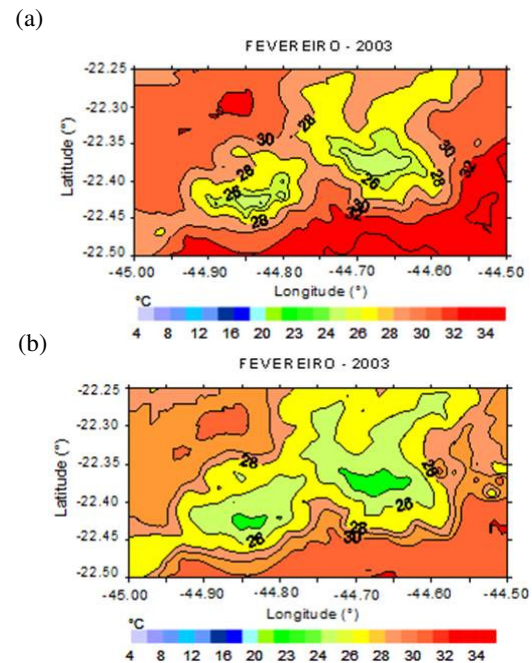


**Figura 7** - Ciclos mensais das  $T_x$  e  $T_n$  em condições de céu claro (a) e de céu nublado (b) para Campos do Jordão em 2003.

### 3.4 Regimes de temperaturas máximas do ar

As Figuras 8a e 8b mostram a espacialização da  $T_x$  em condições de céu claro e de céu nublado, respectivamente, para fevereiro de 2003. A  $T_x$  oscilou entre 23,8 a 34,3°C em condições de céu claro e de 23,0 a 32,0°C para céu nublado. A amplitude média absoluta entre os valores de  $T_x$  de céu claro e de céu nublado foi de 1,7°C, a  $T_x$  aumenta com a altitude, independente das condições reinantes do céu. No entanto, o gradiente vertical de  $T_x$  é mais intenso em condições de céu limpo (Figura 8a) do que em condições de céu nublado (Figura 8b). Nota-se, ainda, que a cobertura de nuvens atenua as máximas no topo do Parque Nacional do Itatiaia, resultando em resfriamento da superfície terrestre local em fevereiro. Observou-se, ainda, que as nuvens contribuíram para aumentar as diferenças das  $T_x$  das encostas voltadas para o norte em relação às voltadas para o sul. Isto se deve a presença de nuvens de orográficas nas encostas sul da Serra da Mantiqueira, que são mais íngremes do que a sua face norte. Este

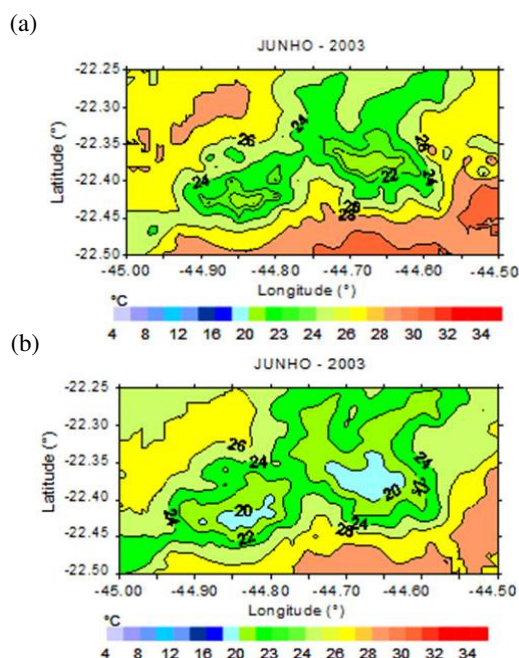
resultado concorda com as observações realizadas por Running et al. (1989). Todavia, a diferença de temperatura máxima do ar depende das características de trocas de energia das encostas (McNaughton e Jarvis, 1983). A diferença de  $T_x$  das encostas expostas pode exceder 10°C.



**Figura 8** - A  $T_x$  sobre o Parque Nacional do Itatiaia, RJ, em condições de céu claro (a) e de céu nublado (b) para o mês de fevereiro de 2003.

As distribuições espaciais de  $T_x$  no Parque Nacional do Itatiaia, para junho 2003, são mostradas nas Figuras 9a e 9b. Em junho, a  $T_x$  segue o mesmo padrão observado em fevereiro, ou seja,  $T_x$  diminui com a elevação. O intervalo da  $T_x$  oscilou entre 20 a 28°C na ausência de nuvens (Figura 9a) e de 18 a 28°C com nuvens (Figura 9b). Vale salientar que o resfriamento da superfície terrestre acentua-se devido à estação de inverno que proporciona dias de céu claro sobre o vale e formação de nuvens orográficas a sotavento da Serra da Mantiqueira. Quando a superfície é um dossel transpirando ativamente a diferença de temperatura é desprezível (Kaufmann, 1984).

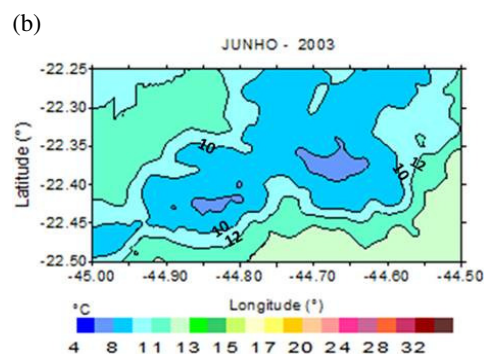
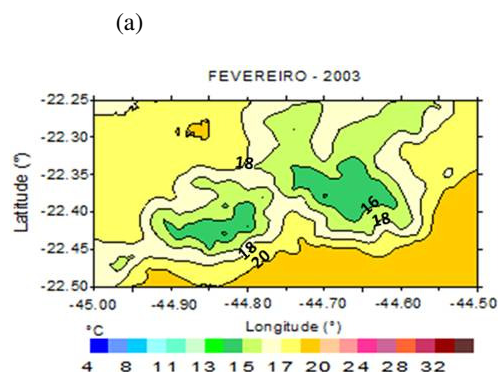




**Figura 9** - A  $T_x$  sobre o Parque Nacional do Itatiaia, RJ, em condições de céu claro (a) e de céu nublado (b) para junho de 2003.

### 3.5 Regime de temperatura mínima do ar

As Figuras 10a e 10b exemplificam as médias mensais de  $T_n$  para os meses de fevereiro e junho de 2003. Observa-se que a  $T_n$  diminui com o aumento da elevação, oscilando entre 13,8 e 19,1°C, com média de 16,5°C (Figura 10a). Em junho  $T_n$  variou de 7,3 a 12,6°C (média 10,0°C) (Figura 10b). Em geral, observou-se que as  $T_n$  no verão oscilaram entre 15 a 20°C e as  $T_n$  de invernos de 4 a 11°C reduzindo-se com o aumento da elevação. As encostas da Serra da Mantiqueira voltadas para o norte esfriam mais que as voltadas para o sul no verão.



**Figura 10** - Médias mensais da temperatura mínima do ar sobre a região do Parque Nacional do Itatiaia, RJ, em 2003.

## 4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados apresentados acima conclui-se que:

- Os locais com a mesma altitude, o modelo MTCLIM superestimativa  $T_x$  e subestimou  $T_n$  para locais com a mesma altitude e independente das condições de céu reinante sobre o local.
- Os locais com diferentes elevações e céu claro, o modelo MTCLIM estimou a  $T_x$  com boa concordância e erro de 1,4°C. Com a inclusão da cobertura de nuvens, o modelo melhorou concordância de  $T_x$ , mas o erro aumentou (1,7°C).
- O relevo local é o principal parâmetro de variabilidade das  $T_x$  e  $T_n$  que diminuem com a altitude. A combinação da cobertura de nuvem com o relevo atenuou a  $T_x$ .

- O modelo tem demonstrado bom desempenho na estimativa de  $T_x$  e  $T_n$  e podem ser usados para estimar a evapotranspiração e a respiração de plantas em regiões montanhosas.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) por terem cedido dados meteorológicos e ao Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A.C; Landsberg, J.J. 2003. Evaluating methods of estimating global radiation and vapor pressure deficit using a dense network of automatic weather stations in coastal Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.118, p.237-250.
- Baigorria, G.; Bowen, W.; Stoorvogel, J. 2000. Estimating the spatial variability of weather in mountain environments. p.371-378, CIP Program Report 1999-2000.
- Band, L. E.; Patterson, P.; Nemani, R. R.; Running, S. W. 1993. FOREST ecosystem processes at the watershed scale: incorporating hillslope hydrology. *Agriculture Forest Meteorology*, v. 63, p. 93-126.
- Camargo, A. P.; Sentelhas, P. C. 1997. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97.
- Chiesi, M.; Maselli, F.; Bindi, M.; Fibbi, L.; Bonora, L.; Raschi, A.; Tognetti, R.; Cermak, J.; Nadezhdina, N. 2002. Calibration and application of Forest-BGC in a Mediterranean area by the use of conventional and remote sensing data. *Ecological Modelling*, v.154, n.3, p. 251-262.
- Geiger, R. 1965. *The Climate Near the Ground*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Genton, M. G.; Gorsch, D.J. 2002. Nonparametric variogram and covariogram estimation with estimation with Fourier-Bessel matrices. *Computational Statistics & Data Analysis*, v.41, p.47-57.
- Glassy, J.M.; Running, S.W. 1994. Validating diurnal climatology logic of the MT-CLIM model across a climatic gradient in Oregon. *Ecological Applications*, v.4, n.2, p.248-257.
- Holbo, H.R., Luvall, J.C. 1989. Modeling surface temperature distributions in Forest landscapes. *Remote Sensing of Environment*, v.27, p.11-24.
- Huijbregts, C. J. 1975. Regionalized variables and quantitative analysis of spatial data. In: Davis, J. C.; McCullagh, M. J. (ed).
- Display and analysis of spatial data. New York, John Wiley, p. 38-53.
- Hungerford, R. D.; Nemani, R. R.; Running, S.; Coughlan, J. C. 1989. MTCLIM: a Mountain Microclimate Simulation Model. Intermountain Research Station, FOREST Service, USDA, Research Paper INT-414.
- Kaufmann, M.R. 1984. Effects of weather and physiographic conditions on temperature and humidity in subalpine watersheds of the Fraser Experimental Forest. Res. Pap. RM-251. Fort Collins: Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 9p.
- Kimball, J.S.; Running, S.W.; Nemani, R. 1997a. An improved method for estimating surface humidity from daily minimum temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.85, n.1-2, p.87-98.
- Larcher, W. 1995. *Physiological Plant Ecology*. 3rd ed. Berlin: Springer, 506p.
- Lemos, F.C. 2000. Caracterização e variabilidade climática do Vale do Paraíba – SP. Dissertação de Mestrado, UNITAU, 114p.
- Lopes, P. M. O. 2006. Obtenção de regimes microclimáticos em regiões montanhosas com dados de sensores orbitais e integração de modelos distribuídos. 2006. 232 p. (INPE-14650-TDI/1209). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/06.30.18.15>>. Acesso em: 30 out. 2009.
- Lopes, P. M.O.; Valeriano, D. M.; Ferreira, N. J. 2004. Extrapolação de elementos climáticos para regiões montanhosas tipo de trabalho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., Fortaleza. Anais... CD-ROM, On-line. (INPE-11973-PRE/7319).
- Maselli, F.; Chiesi, M.; Bindi, M. 2004. Multi-year simulation of Mediterranean forest transpiration by the integration of NOAA-AVHRR and ancillary data. *International Journal of Remote Sensing*, v.25, n.19, p.3929-3941.
- McNaughton, K.G.; Jarvis, P.G. 1983. Predicting effects of vegetation changes on transpiration and evaporation. In: Koslowski, T.T. (ed.). *Water deficits and plant growth*. New York: Academic Press. v. 7, p.1-47.
- Parton, W.J.; Longan, J.E. 1981. A model for diurnal variation in soil and air temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.23, n.3, p.205-216.
- Running, S. W.; Nemani, R. R.; Hungerford, D. R. 1987. Extrapolation of synoptic meteorological data in mountainous terrain and its use for simulating FOREST evapotranspiration and photosynthesis, *Can.J.For.Res.*, v. 17, p. 472-483.

Silva, B.G. 2003. Seleção de parcelas permanentes em ecossistemas montanhosos. (INPE-5522-TDI/519). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 231p.

Thornton, P. E.; Running, S. W.; White, M. A. 1997. Generating surfaces of daily meteorological variables over large regions of complex terrain. *Journal of Hydrology*, v. 190, p. 214-251.

Thornton, P.E.; Running, S.W. 1999. An improved algorithm for estimating incident daily solar radiation from measurements of temperature, humidity, and precipitation. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 93, n. 4, p. 211-228.

Thornton, P.E.; Hasenauer, H.; White, M.A. 2000. Simultaneous estimation of daily solar radiation and humidity from observed temperature and precipitation: an application over complex terrain in Austria. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 104, n. 4, p. 255 – 271.

Vianello, R.L.; Alves, A.R. 1991. *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa: UFV, 449p.

Waring, R.H.; Running, S. W. 1998. *Forest Ecosystems – Analysis at Multiple Scales*. San Diego: Academic Press. 370p.

Willmott, C.J.; Ackleson, S.G.; Davis, R.E.; Feddema, J.J.; Klink, K.M.; Legates, D.R.; O'Donnell, J.; Rowe, C.M. 1985. Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, v. 90, n. C5, p. 8995-9005.



## **O CAPITAL COMUNITÁRIO E O PPC: A PARTICIPAÇÃO PÚBLICA, PRIVADA E COMUNITÁRIA NA CONSTRUÇÃO DO DESENVOLVIMENTO LOCAL**

### **THE COMMUNITARIAN CAPITAL AND THE PPCP: THE PUBLIC, PRIVATE AND COMMUNITARIAN PARTICIPATION IN THE CONSTRUCTION OF THE LOCAL DEVELOPMENT**

Sebastião Sibá Machado Oliveira  
Universidade Federal do Acre – UFAC PPG/MDR  
Sibamachado13@gmail.com

#### **RESUMO**

A luta pela terra tem como marca principal a disputa pelo controle do principal meio de produção na economia rural: a terra. Esta luta em geral tem uma produção voltada para a subsistência e sua relação com o capital é muito conflituosa e o máximo de relacionamento se dá através da integração, quando estes se tornam apenas fornecedores de insumos e matérias-primas para o complexo agroindustrial. Compreendemos que o conjunto das organizações produtivas comunitárias rurais ao passar para as fases de média e alta complexidade do processo produtivo, forma o “Capital Comunitário” e o “PPC” (Participação Pública, Privada e Comunitária) que é o método de desenvolvimento local no qual a comunidade se apropria dos meios de produção no todo ou em parte em todos os elos das cadeias produtivas agrícolas e florestais fomentadas pelo Estado. Nosso trabalho consiste em uma avaliação da trajetória das lutas camponesas no Acre em três fases: a) A luta pela posse da terra, que se inicia na década de 1970; b) Os movimentos sociais rurais e a Luta na Terra; c) O momento atual quando do início da industrialização do Acre e a nova versão do capital.

**Palavras – chave:** Terra, Capital Comunitário, Desenvolvimento local.

#### **ABSTRACT**

The peasant struggle has as its major feature the battle for control of the main means of production in the rural economy: the land. This struggle, in general, is characterized by subsistence production and its connection to capital is very conflicted and it only happens when rural communities become suppliers of inputs and raw materials for agro-industrial complex. When all the productive rural communitarian organizations move to the stage of medium and high complexity of the production process, they form the "Communitarian Capital" and "PPCP" (Public, Private and Communitarian Participation) that is, the method of local development in which community appropriates the means of production in whole or in part considering all links of agricultural and forestry supply chains promoted by the state. Our study is an evaluation of the trajectory of peasant struggle in Acre in three phases: a) the struggle for land tenure, which began in the 1970s, b) rural social movements and the struggle in the land, and c) the current moment of the industrialization of Acre and the new version of the capital.

**Keywords:** Land, Capital Community, Local Development.

## 1. INTRODUÇÃO

As disputas contra a Bolívia e o Peru pelo domínio do território acriano (o Acre foi o último estado a configurar o atual território brasileiro), se deram quando o mundo descobrira a indústria automobilística e com ela a grande demanda por borracha, que naquele momento era uma exclusividade da Amazônia e o Acre era um dos maiores produtores. Até a primeira década do século XX, a borracha era o segundo produto da balança de exportação do Brasil, perdendo apenas para o café.

Desse modo, a formação da economia local ficou baseada na monocultura de exploração da borracha nativa, atraindo para a Amazônia a ambição do capital nacional, norte-americano e europeu. A ação do capital e suas relações socioeconômicas com a classe trabalhadora (os seringueiros) se deram da seguinte forma: a) apropriação da terra (seringais) por capitalistas nacionais (seringalistas) que explorava a classe trabalhadora (seringueiros); b) o domínio do comércio interno pelas “casas aviadoras” sediadas em Manaus e Belém (formada quase sempre por empresários brasileiros) e que explorava seringueiros e seringalistas; c) o comércio internacional e a indústria automobilística que dominava toda a cadeia produtiva e explorava os demais atores. A classe trabalhadora (seringueiros) era formada principalmente por famílias muito pobres oriundas da região nordeste do País e a ela era negada a posse de suas colocações (unidade produtiva familiar e primeiro elo da cadeia produtiva) e tendo que trabalhar como cativo do dono do seringal que lhe pagava a produção por escambo, trocando o produto, borracha pelos gêneros de consumo e ferramentas de trabalho.

Esse sistema era baseado no endividamento permanente dos seringueiros para com o dono do seringal. A exploração dos seringueiros se dava da seguinte maneira: I) no tempo de trabalho (o horário de trabalho de um seringueiro durava em média quinze horas diárias e seis dias por semana; II) na pesagem e no preço do produto; III) no preço dos gêneros e mercadorias compradas pelo seringueiro e IV) na contabilidade. Os seringueiros na maioria eram analfabetos e desconheciam a aritmética usada pelo patronato (a conta dificilmente fechava).

Nosso trabalho consiste em uma avaliação da trajetória das lutas camponesas no Acre em três fases:

a) A luta pela posse e propriedade de suas terras (Luta pela Terra), que se inicia na década de 1970; b) Os movimentos sociais rurais e as Lutas pelo fortalecimento do setor (Luta na Terra), que tem seu apogeu na década de 1990. c) O momento atual quando do início da industrialização do Acre e a nova versão do capital. Nesta fase, entendemos que o conjunto das organizações sociais rurais devem se constituir como uma força de capital (Capital Comunitário) para continuar as lutas pela participação na propriedade dos meios de produção. Neste processo, no qual é indispensável à atuação do Estado, entendemos que as cadeias produtivas se constituem em três fases: I) a Baixa Complexidade, que em geral pratica uma produção de subsistência; II) a Média Complexidade, momento do surgimento das cooperativas e pequenas e médias agroindústrias; III) a Alta Complexidade, momento da instalação de grandes agroindústrias e o retorno das disputas com o grande capital. O método que sugerimos é o PPC (Participação Pública, Privada e Comunitária) na propriedade dos meios de produção em todos os elos das cadeias produtivas e principalmente na fase de Alta Complexidade.

## 2. O CONTEXTO DAS LUTAS SOCIAIS PELA POSSE DA TERRA

A formação econômica do Acre foi marcada por disputas pelo domínio do território acriano em dois fronts simultaneamente: de um lado o enfrentamento “externo” contra o governo Boliviano e Peruano que reclamavam a propriedade dessas terras, situação aceita pelo governo brasileiro que não mediou esforços para garantir os interesses destes países sobre o Acre e de outro lado, tivemos as disputas “internas” entre os seringalistas que se declararam donos legítimos dos meios de produção local (seringais) e os seringueiros que reclamava o direito de propriedade de seu local de trabalho e moradia (colocações). A economia acriana sofreu um grave revés no início da década de 1970, quando da substituição da produção do látex para a produção da pecuária bovina de corte. A economia de produção da borracha por ter sido mantida inalterada em termos de

tecnologia, de escala, de indústria local, de infraestrutura e principalmente de conhecimento (o analfabetismo era mais importante para o poder da época), passou a ser duramente atacada, virando o símbolo do atraso, da fome e de mau exemplo para o Acre. Isso levou a sua classe dominante (seringalistas) à falência irreversível arrastando consigo a classe trabalhadora do momento (os seringueiros) e colocando o estado em condições de quase calamidade.

É bom lembrar que quando da formação da economia da borracha na Amazônia, os seringais eram exemplo de sucesso, riqueza e poder. Assim, a classe proprietária dos seringais batizava essas propriedades com nomes que sempre lembrava essa felicidade: *Seringal Bom Destino, Seringal Bom Futuro, Seringal Belo Horizonte*, etc. Para a classe trabalhadora dos seringais, os seringueiros, aos quais não era permitida essa felicidade, em muitos casos batizava suas colocações com nomes que expressava sua angústia com essa situação: *Colocação Vai quem quer, Colocação Valha-me Deus, Colocação Chora Menino, Colocação Inferno, Colocação Oco do mundo*, etc. E nos casos de alguns que ainda mantinham um naco de esperanças, apostavam na força divina e batizava suas colocações com nomes de Santos e Santas: *Colocação Menino Deus, Colocação São Pedro, Colocação Nossa Senhora das Graças*, etc. Durante a década de 1970, os seringueiros descobriram uma realidade ainda pior.

Se a relação de trabalho com os seringalistas era de semiescravidão ou análoga a isso, a relação com a nova classe econômica dominante era de “limpeza da terra”. Ou seja: tirar de cima da terra a floresta e os seringueiros. Isso gerou uma relação de conflitos por duas décadas inteiras com muita violência e até mortes de ambos os lados. Desses conflitos, os seringueiros descobriram a necessidade de organização e deram início à formação dos Sindicatos de Trabalhadores Rurais (STR's) no ano de 1975. Até 1983, foram fundados oito sindicatos, a Federação dos Trabalhadores na Agricultura - FETACRE e a Central Única dos Trabalhadores - CUT. Em 1985 foi criado o Conselho Nacional dos Seringueiros - CNS priorizando a categoria e separando-se dos sindicatos que passaram a atuar mais em favor dos pequenos agricultores.

Com a Nova República (processo de

redemocratização do Brasil), o governo federal propôs o Plano Nacional de Reforma Agrária - PNRA. Isto foi o estopim para a criação da União Democrática Ruralista - UDR, que passou a reativar o movimento de armamentismo e violência no campo em todo o país. No mesmo momento foi criado o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra - MST em favor da Reforma Agrária. Essa era a realidade no Brasil e no Acre durante a década de 1980. Lembramos que a UDR chegou a se instalar no Acre de maneira formal, já o MST nunca chegou ao Acre que é um dos poucos estados que ainda não existe essa organização. Assim, os embates pela posse da terra se deram entre a UDR, a FETACRE, a CUT e o CNS.

Ao tempo em que os seringueiros através de seus Sindicatos passaram a lutar pela posse e propriedade de suas terras (colocações), o governo federal ao que chamava de Reforma Agrária adquiria seringais e transformava-os em assentamentos para a produção agrícola. Em pouco tempo os seringueiros perceberam uma nova realidade para enfrentar: I) A redução do tamanho de sua colocação de 300 hectares em média, para um lote com 70 hectares em média; II) A produção era comercializada semanalmente, enquanto a produção agrícola é anualmente; III) A infraestrutura de escoamento era de baixo custo pois utilizava os rios e os varadouros, já a produção agrícola exige estradas, pontes e armazéns, etc.; IV) A borracha oferece baixo risco de colheita, já a agricultura requer maiores cuidados; V) O financiamento para a produção da borracha era o próprio seringalista, enquanto a agricultura requer financiamento bancário, assistência técnica, escolaridade, muitas viagens à cidade e ainda a obrigação de preparar a terra todo ano, trabalhar ao sol escaldante e correr todos os riscos inerentes à atividade; VI) Em muitos casos, os assentamentos foram planejados para facilitar uma futura reconcentração fundiária. Ao final, os seringueiros perceberam que deixar sua atividade produtiva, para se tornarem agricultores era uma derrota para o capital que eles mesmos intitularam de “Paulistas”.

Tal situação levou a uma nova mobilização da categoria, que liderada por Chico Mendes (Francisco Alves Mendes Filho), Raimundão (Raimundo Mendes de Barros), Osmarino (Osmarino Amâncio Rodrigues) e outras lideranças do momento, passaram

a reivindicar a propriedade dos seringais e não mais os projetos de colonização do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária). Foi aí a ruptura da supremacia da FETACRE como única representante dos seringueiros. Em 1985, foi criado o Conselho Nacional dos Seringueiros – CNS que assumiu de imediato a representação dos interesses dos seringueiros e passou a mobilizar a luta pelo reconhecimento da posse da terra da categoria e de seu modo de vida e produção. Assim foi lançada a bandeira pela criação das Reservas Extrativistas – RESEX. A RESEX é na verdade o reconhecimento legal da posse dos seringais nas mãos dos seringueiros para a exploração econômica de extração de borracha e de produtos não madeireiros da floresta. Em 04 de julho de 1987, o INCRA criou o Projeto de Assentamento Extrativista – PAE São Luiz do Remanso como modalidade de assentamento de produção extrativista e em 12 de março de 1990, o governo federal cria a Reserva Extrativista Chico Mendes através do decreto nº 99.144, reconhecendo definitivamente um direito dos seringueiros.

Em 1992 e 1993 a CUT, a FETACRE e o CNS, juntamente com as FETAG's (Federação dos Trabalhadores Rurais) do Pará e de Rondônia organizaram um movimento pela democratização do crédito rural: o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte – FNO. Este movimento ficou conhecido como o *Grito dos Povos da Amazônia* por reunir índios, seringueiros, assentados e ribeirinhos. O sucesso foi tamanho que em 1994, a CUT Nacional e a CONTAG (Confederação dos Trabalhadores na Agricultura) assumiram o movimento projetando-o em nível nacional com o nome de *Grito da Terra Brasil* que dura até hoje com campanhas anuais entre maio a julho e negociando todo o cronograma de investimentos públicos do Governo Federal para o setor.

As organizações rurais do Acre tiveram a marca da *luta pela terra* nas décadas de 1970 e 1980, quando acabaram por negociar a criação dos Projetos de Assentamento e Colonização – PA/PC dando início à agricultura de subsistência e a criação dos PAE/RESEX que mesmo com todos os seus problemas levaram um pouco de paz ao campo acriano. Nas tabelas 1 e 2 observamos os dados dos assentamentos agrícolas e extrativistas, famílias assentadas e área ocupada:

**Tabela 1** - Assentamentos destinados à produção agropecuária, famílias beneficiadas e área ocupada

Assentamentos para a produção Agropecuária			
Assentamento	Quantidade	Famílias	Área (ha)
Projeto de Assentamento Dirigido – PAD	5	8.684	576.583,
Projeto de Assentamento Federal – PA	69	12.029	629.355,
Projeto de Assentamento Estadual – PE	17	596	6.143,
Projeto Casulo - PCA	6	319	2.923,
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>21.628</b>	<b>1.215.004,</b>

Fonte: INCRA/Diretoria de obtenção de terras e implantação de Projetos de Assentamentos. Org. por Sibá Machado.

**Tabela 2** - Assentamentos destinados à produção extrativista e atividades de baixo impacto, famílias beneficiadas e área ocupada.

Assentamentos para a produção Florestal			
Assentamento	Quantid.	Famílias	Área (ha)
Projeto de Assentamento Agroextrativista – PAE	12	1.248	292.544,
Projeto de Assentamento Florestal - PAF	4	470	101.353,
Reserva Extrativista Resex	5	4.264	2.704.352,
Projeto de Desenvolvimento Sustentável - PDS	15	2.794	187.833,
Projeto de Assentamento Rápido – PAR	2	774	48.214,
Floresta Estadual – FE	4	880	513.919,
Floresta Nacional - FLONA	3	95	425.332,
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>10.525</b>	<b>4.273.547,</b>

Fonte: INCRA/Diretoria de obtenção de terras e implantação de Projetos de Assentamentos. Org. por Sibá Machado.

As tabelas 1 e 2 nos mostram que o campesinato acriano já conquistou 5,5 milhões de hectares de terra, (correspondendo a cerca de 30% do território do estado cuja superfície é de 164,2 mil km<sup>2</sup> ou 16,4 milhões de ha) e atendendo mais de trinta mil famílias. Resta agora a Luta na Terra para avançar sobre a propriedade das cadeias produtivas.

As décadas seguintes foram marcantes para as lutas na terra. O movimento o Grito da Terra Brasil tornou-se referência nas negociações de políticas públicas junto aos governos municipais, estaduais e federais e teve como marca destas lutas a criação de linhas de crédito especiais para a Reforma Agrária dentro do Fundo Constitucional de Financiamento do

Norte - FNO e a criação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF.

Para uma visão conceitual de campesinato acriano concordamos com Silva (2005, p. 105). Para ele, os seringueiros e colonos amazônicos acrianos se colocam com ações distintas que ora os distanciam (como nas práticas de trabalho) e ora os aproximam (no caso das lutas e ações comunitárias). No primeiro caso se manifesta o *habitus específico* que é a diversidade da identidade camponesa (ser colono ou ser seringueiro) e no segundo caso o *habitus de classe*, quando tomam consciência do que são na sociedade e se veem como camponeses, como sujeitos que compartilham um mesmo destino social, uma mesma luta contra os mesmos opressores que os ameaçam de expropriação de seu lugar, de sua posse. Portanto, o campesinato acriano (seringueiro e colono) está relacionado a uma condição de classe e de trabalho.

### 3. A INDUSTRIALIZAÇÃO DO ACRE: NOVOS DESAFIOS PARA O CAMPESINATO

A indústria do Acre é um projeto muito recente e data mais precisamente 2003, ano do segundo mandato do chamado “governo da floresta” (nome adotado por Jorge Viana que governou o Estado de 1999 a 2006). Antes a indústria local se resumia a algumas serrarias, usinas de beneficiamento de borracha e abatedouros de bovinos no caso da economia rural e a indústria da construção civil para a economia urbana.

Nesse período de seis anos, o governo do Estado criou um conjunto de políticas para incentivar o processo de industrialização local: reorganizou as leis tributárias (Lei nº 1.358 de 29/12/2000 e Decreto nº 4.196 de 01/10/2001) e as secretarias de Estado; investiu muito em infraestrutura (aeroportos, rodovias e energia elétrica); criou o Programa de Promoção de Negócios – PPN e a Comissão de Política Industrial do Estado do Acre – COPIAI (Lei nº 1.361 de 29/12/2000 e Decreto nº 4.198 de 01/10/2001); negociou a abertura de crédito através dos bancos públicos; reativou o antigo Distrito Industrial de Rio Branco e criou outro mais moderno; interiorizou o ensino fundamental, médio e superior para todos os municípios, além de promover a capacitação do quadro de educadores da rede estadual e municipal. A

abertura da rodovia do Pacífico (Transoceânica) que liga o Brasil ao litoral Peruano passando pelo Acre e que é parte da IIRSA (Iniciativa para a Integração da Infraestrutura Regional Sul-americana), surge como um forte elo de integração comercial entre os dois países e principalmente uma grande oportunidade de negócios para as empresas acrianas.

O passo seguinte do governo foi o incentivo para atrair grandes empresas para o Acre com o objetivo de industrializar em larga escala o potencial florestal e agropecuário. Nesse sentido, o governo criou as florestas públicas estaduais (Lei nº 1.426 de 27/12/2001) para concessão empresarial de exploração de madeira e através dela, implantar as indústrias florestais: em Xapuri com investimentos públicos (já instalada); em Rio Branco com investimentos privados (em funcionamento no novo Distrito Industrial) e ainda a previsão de instalação dos parques industriais florestais de Sena Madureira e Tarauacá com investimentos públicos e em Cruzeiro do Sul com investimentos privados. Na produção agrícola, o governo está trabalhando para a reativação da usina de álcool (etanol) de Capixaba com investimentos privados. Em Brasília instalou o frigorífico de aves com investimentos públicos além de outros investimentos menores como as usinas de beneficiamento de castanha do Brasil em Brasília e Xapuri e as usinas de beneficiamento de polpa de fruta de Brasília e Feijó. Na produção extrativista de látex, os governos locais e federais financiaram a instalação da fábrica de preservativos masculinos de Xapuri como indústria de ponta para o setor que até então era apenas fornecedor de matéria-prima sem processamento. A importação dessas empresas e empresários é para implantar no Acre: tecnologia de ponta, competência empreendedora, escala de produção, mercado externo, internalização de dinheiro novo, empregos e divisas para o Acre.

Como vimos, podemos considerar o processo produtivo atual como revolucionário diante das fases anteriores. Porém, a liderança e a gestão do processo de industrialização estão para o capital local e nacional através dessas empresas e não para as comunidades. Resta ao Capital Comunitário lutar bravamente por seu espaço nesta fase do desenvolvimento do Acre como o fez nas fases anteriores especialmente quando da conquista da terra. A fase atual requer um perfil de organização,

de luta e de liderança preparadas para enfrentar o grande capital nos pontos mais difíceis: a tecnologia, a gestão, o comércio, os recursos financeiros e o apoio do Estado. E o método que entendemos mais eficaz para este enfrentamento é o PPC. Este método poderá garantir às comunidades: a) a propriedade da terra; b) a propriedade industrial; c) o mercado; d) o conhecimento empírico/científico; e) poder político. Tentaremos a seguir uma conceituação sobre o que entendemos por Capital Comunitário e PPC.

### 3.1. Alguns conceitos sobre Capital Social e Economia Solidária

Becker (2003), afirma que **o capital social nos termos que está sendo proposto, não passa de mera derivação formal da economia de mercado** (grifo nosso) e, enquanto tal é completamente funcional ao processo de globalização contemporâneo, pois ele não ressuscita os valores morais nem redimensiona valores essenciais à vida humana. Cooperar, integrar, diferenciar, diversificar enquanto uma nova necessidade da competição globalizada pode ser tomada como um primeiro indicativo da metamorfose do velho em novo. A cooperação transforma-se num dos principais elementos da capacidade de competição das comunidades.

D'Araujo (2003) afirma que o desenvolvimento econômico vai além de recursos naturais e financeiros, sendo fundamental a capacidade humana, o que ela chama de Capital Humano. Comenta ainda que o Banco Mundial, para avaliação de projetos, considera quatro formas de capital i) capital natural, formado pelos recursos naturais de um país; ii) capital financeiro, expressado pela infraestrutura, etc; iii) capital humano, conforme as condições de saúde, educação e nutrição de um povo; iv) capital social, que é a capacidade de confiança inter-institucional e interpessoal para a construção coletiva. **O capital social é então a argamassa que matem as instituições em contato entre si e as vincula ao cidadão visando à produção do bem comum** (grifo nosso).

Woolcock apud Moraes (2003) apresenta três tipos de capital social: i) **capital social institucional**, que descreve as relações sociais existentes entre a sociedade civil e o Estado. Neste caso se enquadra a

integração dos diferentes órgãos de governo com a sociedade na realização de ações conjuntas; ii) **Capital social extra comunitário**, que são as relações sociais geradoras de capital que determinada comunidade estabelece com grupos sociais e econômicos externos. Este tipo de capital social é importante porque permite que os indivíduos estabeleçam relações sociais que oportunizem as trocas (relações de mercado) e o acesso a informações (conhecimento) externas. iii) **Capital social comunitário**, é aquele que corresponde às relações sociais comunitárias dos indivíduos. Refere-se à capacidade que estes possuem para gerar relações sociais baseadas em reciprocidade e confiança nas suas comunidades, além do potencial organizativo que estas mesmas comunidades possuem.

Singer (2002) nos chama a atenção para o propósito capitalista da competição em tudo como regra geral da vida e das coisas, de tal modo que as pessoas são levadas a acreditarem que o mundo sempre foi assim, e continuará sendo assim em todos os lugares e para toda a existência humana. Para os ganhadores se reservam as vantagens e para os perdedores se reservam os prejuízos e a difamação, sendo que o princípio é que o melhor sempre vença. O autor afirma ainda que as desigualdades impostas a uma comunidade estejam embasadas exatamente no princípio capitalista da competição entre as pessoas e que o ganhador tende a continuar ganhando (pois para isso acumulou condições) e o perdedor tende a continuar perdendo diante das suas dificuldades acumuladas.

Em contraposição às sociedades competitivas e desiguais, deveremos optar por sociedades solidárias e transformar a competição em cooperação e isso está de acordo com o princípio da divisão do trabalho dentro da empresa e entre as empresas, sendo o trabalho de um complementado pelo trabalho de outro. Quanto à solidariedade na economia, esta, só se realiza se for organizada igualitariamente pelos participantes do processo, sendo necessária a associação entre iguais em contraposição ao contrato entre desiguais (op.cit.). Portanto, **a economia solidária em sua contraposição, não é apenas um remendo ao sistema e sim, uma alternativa a ele** (grifo nosso). Como reação à crise, a classe trabalhadora se organiza em empresas coletivas (cooperativas), buscando resguardar oportunidades de



trabalho para quem precisa e garantir aos que já as possuem (SINGER, 1999).

Ainda sobre o papel transformador das cooperativas quanto aos embates contra o sistema capitalista, Gide (1974) apud Schneider (2003), afirma que **o objetivo final da cooperação cooperativa é transformar paulatinamente o proletariado de meio de produção em proprietário dos meios de produção** (grifo nosso), sendo a terra ao camponês e as fábricas aos operários. Como tal, o proletariado não acaba em si, ele é transitório, a classe capitalista é que os trata como simples meio de produção.

### 3.2. O Capital Comunitário como expressão das organizações comunitárias

Um das principais diferenças entre capital e capital comunitário (ou mesmo capital social e economia solidária) está no fato de que todas as sobras (lucros) do processo produtivo e comercial se transformam em remuneração do capital, enquanto que no segundo caso as sobras são para a remuneração do trabalho (renda) não gerando assim a acumulação, e sim, melhoria da qualidade de vida.

É sabido que o cooperativismo nasceu da contradição do próprio sistema capitalista em não resolver problemas como trabalho, renda, habitação, gênero, meio ambiente, etc. Rodrigues (2008), diz que o cooperativismo já representa oitocentos milhões de pessoas no mundo de forma direta e cerca de 2,5 bilhões de forma indireta. O impressionante é que mesmo sendo o cooperativismo um opositor ao sistema (com bases na economia solidária), estes convivem civilizadamente se comparados às relações entre o sistema capitalista e o sistema socialista, especialmente no período da guerra fria. Aqui admitimos que o capital social, a economia solidária e o capital comunitário têm estas características, ora de convivência, ora de confronto aberto. O cooperativismo nos parece então uma importante ferramenta de poder e organização comunitária de uma sociedade para a transformação do sistema econômico baseada no princípio da conquista da hegemonia de relações produtivas e não do confronto físico entre capitalistas e trabalhadores.

O desenvolvimento econômico e social de um país, de uma unidade federativa e das comunidades

deve ter como sustentação, o grau de acessibilidade que os cidadãos têm aos direitos sociais, e a responsabilidade social que as empresas devem ter, não somente no mundo dos negócios, mas, principalmente, nas suas ações comunitárias (Reis, 2003). Compreendendo o desenvolvimento num conceito de envolvimento de todos, percebe-se que o capital pratica apenas o crescimento econômico e ao mesmo tempo aprofunda as diferenças entre pessoas e lugares, cabendo a estes tomarem um caminho diferente reunindo a capacidade de mobilização da comunidade, a capacidade de elaboração de conceitos e a capacidade de organização de ações voltadas à produção, ao desenvolvimento social e a preservação do meio ambiente, buscando a melhoria da qualidade de vida para todos.

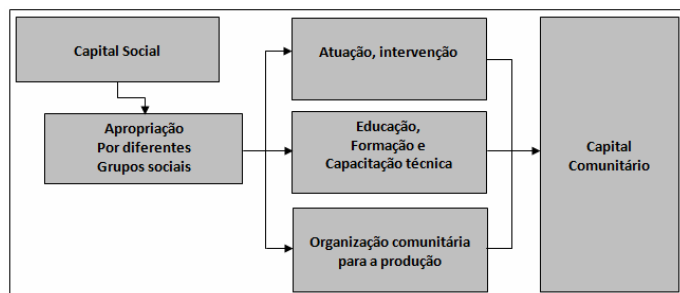
Chamaremos de capital comunitário as forças produtivas que se organizam de forma a se contraporem aos princípios básicos do capitalismo (propriedade dos meios de produção). Estas forças produtivas ao gerarem riquezas, também geram um mercado, porém, sendo este mercado solidário, que distribui o lucro, que socializa a propriedade dos meios de produção, que se preocupa com a pessoa humana, sua cultura e o meio ambiente, que supera a relação de classes e de castas e que distribui oportunidades para a satisfação básica das pessoas, torna-se transformador e revolucionário. Capital comunitário é então o volume das forças produtivas comunitárias, suas riquezas produzidas e a forma coletiva de participação nestas riquezas e no espaço de poder. Um adendo importante é que o cooperativismo tem abrangência desde o nível local até o nível mundial podendo assim operar em redes e consórcios solidários. Os sistemas econômicos são formas de poder, sendo alguns elitistas e outros solidários, portanto o capital comunitário se enquadra como um poder solidário na economia e na política.

O Capital Social de amplos segmentos sociais empobrecidos é marginalizado dos processos produtivos e as pessoas são usadas apenas como mão de obra barata para o capital urbano e rural. No setor rural, os trabalhadores, produtores familiares, ribeirinhos, posseiros, assalariados e sem-terra possuem Capital Social, sendo essa população normalmente marginalizada não só do trabalho, mas também do consumo, da participação na propriedade das riquezas, no poder e no conhecimento, onde a

reprodução social é a condição de continuar pobre. O conceito de Capital Comunitário compreende parte do conceito de Capital Social, porém, ampliando no que diz respeito à acumulação, estruturação e organização das comunidades e grupos sociais e suas organizações que estão envolvidos no processo produtivo. O Capital Comunitário é o conjunto de organizações produtivas, baseadas na cooperação e para a inclusão da comunidade, tendo como pilar de seu conceito a propriedade dos meios de produção, do conhecimento, das riquezas produzidas e do poder sóciopolítico na escala de ação de suas redes, seja para a sobrevivência frente ao capital, seja para o seu rompimento.

O Capital Comunitário organiza o processo produtivo em escalas diferenciadas de tecnologias e de mercados que pode ser do âmbito local ao global e vai muito além do processo de “integração” muito comum em empresas agroindustriais em todo o Brasil. A integração envolve a comunidade como apenas “fornecedora” de matéria-prima. Esta prática respeita a propriedade rural da família, mas a rejeita na propriedade industrial, na tecnologia e principalmente nos lucros finais. O Capital Comunitário é a forma de a família, grupo ou comunidade tomarem parte como societárias e ou proprietárias dos meios de produção ao longo de uma cadeia produtiva e tendo como principais ferramentas de organização comunitária a Associação de Produção e a Cooperativa. Um processo produtivo requer também um arranjo completo de atividades organizativas. Nesse sentido, o Capital Comunitário deve seguir um trajeto conforme o proposto no quadro seguinte:

**Quadro 1** - Fluxograma do Capital Comunitário. Fonte: colaboração do Prof<sup>o</sup> Dr. Silvio Simione – Revista do mandato do Senador Sibá Machado



### 3.3. O PPC: Participação Pública, Privada e Comunitária como método de Desenvolvimento Local

O PPC é o método utilizado pelo capital comunitário para disputar (com apoio do Estado) a participação na propriedade dos meios de produção em todos os elos das cadeias produtivas, suprimindo a relação de integração com as grandes empresas e garantindo o desenvolvimento local de forma horizontalizada. A seguir abordaremos as fases do capital comunitário e a função do PPC no processo produtivo solidário.

Classificamos a produção rural em três fases complementares: i) a *Baixa Complexidade*, ii) a *Média Complexidade* e iii) a *Alta Complexidade*.

A ***Baixa Complexidade*** é a fase inicial da organização produtiva. Nesta fase a organização comunitária é ainda difusa e a produção é muito individualizada, não gerando escala, utiliza tecnologias rudimentares e agressoras do meio ambiente, tem um mercado incerto, tem alto custo de produção, tem como principal organismo de organização comunitária a Associação que é de pouca representatividade, baixo poder de barganha, recebe poucos investimentos e está em transição entre o Sindicato e a Cooperativa, gerando uma produção mais voltada para a subsistência aonde as políticas públicas chegam sempre de forma dispersa e de caráter compensatório. A produção é realizada e comercializada individualmente e apresenta dificuldades em absorver inovações tecnológicas. **A questão da propriedade dos meios de produção se estabelece apenas na terra, ou seja, é quando se conclui o processo da luta pela terra e se inicia o processo de luta na terra.** Nesta fase a luta com o grande capital se dá principalmente pela posse da terra. Podemos então afirmar que nesta fase o PPC está apenas no C de Comunitário, sem nenhuma participação dos demais atores do processo produtivo.

A ***Média Complexidade*** é a fase seguinte da organização produtiva. Nesta fase já se inicia a organização da produção em cadeias produtivas, cujo nível de trabalho já é muito mais exigente com as técnicas de produção e até com questões ambientais. Aqui as políticas públicas já são negociadas de forma mais focadas e a produção passa por maior agregação de valor, redução de custos, aumento da escala e

melhores mercados. Esta fase coloca de forma mais clara o papel da cooperativa que requer um nível organizativo maior, correndo mais riscos e avançando para pequenas e médias indústrias. É o começo da economia solidária de fato, pois quanto maior for a participação dos envolvidos, maior a solidariedade e independência/autonomia em relação às influências externas.

A situação da propriedade dos meios de produção passa a ser um marco em relação à baixa complexidade. Nesta, a maior conquista é a terra (no caso rural), ficando a produção sem maiores avanços; na média complexidade, a organização produtiva (Cooperativa), passa a dominar como proprietária ou societária, outros elos da cadeia produtiva. Aqui a disputa com o grande capital sai da condição de luta pela propriedade da terra (primeiro meio de produção rural) para a disputa pela propriedade da indústria e do mercado de produtos industrializados. Porém, a disputa ainda se dá de forma incipiente, pois a organização produtiva atende a um mercado pequeno e com produtos que não estão competindo (ainda) na alta concorrência do mercado. A Média Complexidade é o momento no qual o PPC já envolve o Público e o Comunitário (PC) nos investimentos de industrialização e beneficiamento da produção. Neste momento o Capital Comunitário poderá ser societário ou proprietários dos meios de produção industrial.

A *Alta Complexidade* é a fase industrial de grande escala. Aqui os investimentos são muito altos, a tecnologia é de ponta, o mercado é quase integralmente de exportação, a infraestrutura é caríssima, a gestão requer muita habilidade e o faturamento é muito elevado. Nesta fase, poucas são as experiências bem-sucedidas de Cooperativas que atingiram tal nível de organização. Aqui é onde se dá de forma muito clara a maneira que o Estado Brasileiro fomenta o capital através do PPA (Planos Plurianuais) e da PPP (Lei da Participação Pública e Privada). As políticas públicas de investimento na economia colocam grandes quantias de recursos financeiros na mão da iniciativa privada para esta mover a economia do Brasil principalmente em infraestrutura, como tem sido a política do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social).

Nesta fase a propriedade dos meios de produção fica quase sempre no modelo PPP, na qual a

tradição do capital é assumir também a propriedade dos meios de produção no setor primário (a terra), ou no máximo realizar uma integração com a mini e a pequena produção, dado o volume dos investimentos e a complexidade administrativa, tecnológica e comercial deste processo produtivo. O custo financeiro de um investimento de Alta Complexidade requer que o Estado entre com a maior parte ou todo, inibindo o Capital Comunitário de participar do processo. Entendemos aqui que o PPC desempenhará um papel social muito importante para a socialização da economia evitando assim uma concentração e reconcentração de riquezas (financeira, industrial e fundiária) e de poder nas mãos de poucos.

Durante a economia de exploração extrativista o capital representado pelo seringalista detinha o poder econômico e político do Estado. Depois o capital passou para a classe pecuarista e agora se promove o capital industrial. Nos dois primeiros, o campesinato não tinha direito à terra. Lutou, conquistou a posse e agora precisa participar do processo de industrialização e disputar a propriedade dos meios industriais através do aporte público. Nesta fase, se completa o sistema PPC, no qual a organização comunitária participa do empreendimento produtivo em qualquer escala, preservando a posse de sua terra.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso entendimento sobre o Capital Comunitário e o PPC como método de fortalecimento das comunidades através de suas organizações é para estas “apropriarem-se” de sua parte no Estado e dos benefícios oriundos de suas políticas e investimentos. O conceito de Estado capitalista seja neoclássico ou keynesiano, deixa de fora estas organizações que passam a ser tratadas no máximo como compensações e serviços sociais.

O perfil do desenvolvimento capitalista neoclássico está embasado apenas no fator “crescimento” e este como garantidor da acumulação e do lucro. Neste caso, é notória que o sistema gera além da “classe” dos trabalhadores (aqueles que estão empregados) a “subclasse dos desempregados”, situação inferior da pessoa no sistema econômico. No sistema do chamado “socialismo real” o Estado foi colocado como proprietário dos meios de produção

por se acreditar que este Estado era “o povo”. Assim, observamos que no sistema capitalista a “propriedade dos meios está unicamente para a classe capitalista”; no sistema socialista (real) a propriedade dos meios de produção estava nas mãos do Estado e, portanto o PPC pretende dividir a propriedade com a comunidade através de suas organizações comunitárias.

A implantação do PPC na situação de alta complexidade deve ocorrer da seguinte forma: a) as partes se cotizam no investimento por compra de participação (o Estado não interfere) e b) o Estado banca diretamente a parte do comunitário (o Estado interfere). De qualquer forma, o princípio do PPC é garantir o poder comunitário na economia interferindo num dos pilares do sistema capitalista: a propriedade dos meios de produção, isto através de uma organização comunitária que nasceu exatamente em contraponto às mazelas do sistema em sua segunda revolução industrial: a Cooperativa.

O princípio cooperativo é o mesmo desde sua fundação; já a visão cooperativista varia de concepções, sendo que no Brasil as principais são: a visão da OCB (Organização das Cooperativas Brasileiras) que admite a figura do cooperativismo patronal (cooperativa que emprega trabalhadores) e a visão da Economia Solidária que não emprega trabalhadores, absorvendo estes como cooperados e também proprietários dos meios de produção. O governo do Acre iniciou experiências de PPC em algumas empresas em consórcios administrativos na modalidade “público/comunitário”, caso das usinas de beneficiamento de castanha do Brasil com a cooperativa Cooperacre e na modalidade “público/privado/comunitário” no frigorífico de frangos com a cooperativa Agroaves.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Araujo, Maria Celina D'. 2003. Capital Social. Rio De Janeiro: Zahar.

Becker, Dinizar F. E Wittmann, Milton Luiz. (Orgs.) 2003. Desenvolvimento Regional: Abordagens Interdisciplinares. Santa Cruz Do Sul: Edunisc.

Moraes, Jorge Luiz Amaral De. 2003. Capital Social: Potencialidades Dos Fatores Locais E Políticas Públicas De Desenvolvimento Local – Regional. In: Becker, Dinizar F. E Wittmann, Milton Luiz. (Orgs.) Desenvolvimento Regional:

Abordagens Interdisciplinares. Santa Cruz Do Sul: Edunisc.

Reis, Carlos Nelson Dos. Prefácio. 2003. In: Becker, Dinizar F. E Wittmann, Milton Luiz. (Orgs.) Desenvolvimento Regional: Abordagens Interdisciplinares. Santa Cruz Do Sul: Edunisc.

Rodrigues, Roberto. 2008. Cooperativismo: Democracia E Paz Surfando A Segunda Onda. São Paulo: [S.N.]

Schneider, Odelso José (Org.). 2003. Educação Cooperativa E Suas Práticas. Brasília: Sescop/Unisinos.

Silva, Silvio Simone Da. 2005. Resistência Camponesa E Desenvolvimento Agrário Na Amazônia – Acreana. Presidente Prudente: Unesp.

Singer, Paul. Introdução À Economia Solidária. 2002. São Paulo. Fundação Perseu Abramo.

----- Prefácio. 1999. In: Veiga, Sandra Mayrink E Fonseca, Isaque. Cooperativismo: Uma Revolução Pacífica Em Ação. Rio De Janeiro: Fase.

## **A CRISE DO MEIO AMBIENTE ENTRE AS VÁRIAS AGENDAS CONTEMPORÂNEAS**

### **THE CRISIS OF ENVIROMENT BETWEEN DIFERENT APPOINTMENTS CONTEMPORARY**

Boaz Antonio de Vasconcelos Lopes  
Doutorando em Recursos Naturais – UFCG  
Lopes40@bol.com.br

#### **RESUMO**

Neste artigo, são evidenciadas as principais agendas para a gestão dos recursos naturais sem deixar de desvendar as contradições internas a todo o processo de desenvolvimento sócio-ambiental. optou-se por uma abordagem em que são identificadas as seguintes categorias de análise: visão, procedimento, instrumento, agentes principais e espaço. então, com esse encaminhamento são caracterizadas as seguintes agendas da gestão ambiental: a tese de pigou, a tese de coase, a tese da gestão integrada dos recursos naturais e da crítica radical ao modelo de produção e consumo vigente.

**Palavras-chave:** Ambientalismo, Gestão Ambiental, Agendas Ambientais, Recursos Naturais.

#### **ABSTRACT**

In this paper are showing the main appointments for the management of natural resources while uncovering the internal contradictions of the whole process of socio-environmental. was chosen an approach which identifies the following categories of analysis: vision, procedure, instrument, key players and space. then, with the referrals are characterized as follows appointments of environmental management: theory of pigou, coase's thesis, thesis of the integrated management of natural resources and the radical critique of the model of production and current consumption.

**Keywords:** Environmentalism, Environmental Management, Environmental Notes, Natural Resources.

## 1. INTRODUÇÃO

A partir do evento midiático da Eco 92, a crise do meio ambiente passou a ser mais evidente na vida de todos. Todavia, as soluções para os problemas ambientais não são consensuais, ao contrário, elas dependem da visão de mundo e de interesse de cada um dos atores sociais. Existem opiniões divergentes sobre suas causas e os seus efeitos e quais são as respostas mais adequadas para a gestão de seus recursos.

O atual modelo capitalista de produção e consumo tem uma tendência "natural" de expandir sua centralidade econômica. Sua lógica é transformar os valores de uso, aqueles que satisfazem as necessidades humanas, em valores de troca, aqueles que satisfazem as necessidades do mercado, cada vez mais globalizado.

É clássico o conhecimento de que o modelo de crescimento dominante, desde a Revolução Industrial, tem gerado uma massa cada vez maior de excluídos sociais. Agora, o modelo tem degradado, às vezes de forma irreversível, o meio ambiente. Estamos diante de um novo tipo de crise, nunca vista, a socioambiental.

O Relatório Brundtland, um dos documentos mais importantes sobre o assunto (Bruseke, 2003), traz uma das definições mais conhecidas, a qual afirma que o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades das gerações presentes sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades. Neste sentido, é indispensável se pensar um desenvolvimento em que é considerada a correlação entre, pelo menos, as seguintes dimensões: sociais, ambientais e econômicas. Assim, uma pergunta se faz necessária: há compatibilidade entre o atual sistema de produção/consumo de riquezas e uma saída sustentável para o meio ambiente?

Mediante a análise de algumas obras, neste artigo, serão evidenciadas as principais agendas para a gestão dos recursos naturais sem deixar de desvendar as contradições internas que envolvem todo o processo do desenvolvimento sustentável em prática.

Optou-se, também, por uma abordagem em que são identificadas as seguintes categorias de análise: visão, procedimento, instrumento, agentes principais

e espaço. O que está em jogo nessa problemática é que tipo de desenvolvimento queremos e como ele se articula com a gestão dos recursos naturais?

## 2. SOLUÇÃO ECONÔMICA PARA A CRISE AMBIENTAL

Durante muito tempo, desde a Revolução Industrial, os insumos naturais têm sido usados de forma infinita. A partir do momento em que o fornecimento destes insumos, fundamentais para o processo da reprodução do modelo econômico, começou a ficar crítico, o paradigma dominante buscou, no controle econômico destes, uma solução para o problema.

Na perspectiva da crise provocada pela escassez de recursos naturais, o controle econômico do consumo das fontes naturais tem se constituído como uma solução duplamente útil. Porque, ao mesmo tempo em que se diminui o consumo destes recursos, dirigindo-os para lógica da indústria, conserva-se o paradigma vigente, uma vez que o modelo tem fundamento, também, na ordem da economia de mercado.

O campo da economia que o paradigma dominante aplica à teoria econômica, a questões ligadas ao manejo e à preservação do meio ambiente é chamado de Economia Ambiental ou Economia do Meio Ambiente. Essa é uma das razões que, nos últimos anos do século XX, justificam um claro crescimento da preocupação e do interesse das empresas com os assuntos relacionados ao meio ambiente. Entre as razões apresentadas para esse crescente interesse corporativo pelo meio ambiente, podem ser citadas:

a) Sobrevivência corporativa a longo prazo: está relacionada à necessidade de tecnologias que possibilitem a geração de recursos básicos para a manutenção de alguns importantes setores da economia, como, por exemplo, energia e celulose.

b) Oportunidades de mercado: um exemplo de mercado gerado a partir de ações de preservação do meio ambiente é a venda de quotas de absorção de CO<sub>2</sub>.



c) Mercado financeiro: devido a novas regulamentações e a um agressivo clima de litígio, um atestado de saúde ambiental está tornando-se cada vez mais vital para assegurar investimentos e financiamentos a novos projetos nos mais diversos setores produtivos.

d) Responsabilidade criminal e legal: as novas leis de proteção ao meio ambiente têm sido responsáveis pela adequação tecnológica de várias empresas, sob pena de inviabilizar a implantação ou a ampliação das mesmas.

e) Informação globalizada: a globalização traz consigo a distribuição praticamente uniforme da informação, o que está derrubando as práticas indiscriminadas dos recursos naturais.

A seguir são tratados os conceitos fundamentais para a economia do meio ambiente como premissas e importantes instrumentos de análise, constituindo-se em conceitos-chave para o desenvolvimento do presente estudo, são eles:

**Crítério de Pareto:** é o critério utilizado para julgar se a alocação do recurso é ou não o mais eficiente. É indicado para estabelecer um ponto ótimo para a sociedade nas negociações entre governo e mercado na preservação do meio ambiente.

**Externalidade:** a compreensão desse conceito demonstra a idéia de como o mercado faz uso dos recursos naturais, muitas vezes não atribuindo o devido valor a esses bens por usufruir deles gratuitamente.

**Internalidade:** alternativa econômica para a compensação pelos níveis de poluição provocados pelo uso dos recursos naturais no processo de produção das indústrias. Mediante inclusão dos custos ambientais no cálculo de custo da produção.

**Taxa pigouviana:** constitui-se no estabelecimento de uma taxa sobre a emissão de poluentes. É uma política de cunho econômico de controle dos níveis de poluição feito pelo poder público.

**Teorema de Coase:** faz um contraponto às taxas pigouvianas, propondo o controle da poluição pelo mercado por meio de quota para poluir fornecido para as indústrias. Esta teoria usa o conceito de equilíbrio competitivo mediante o critério de Pareto.

### 3. FUNDAMENTOS DA TESE DE PIGOU

A taxa pigouviana, assim chamada em homenagem ao economista inglês Arthur Cecil Pigou, foi quem primeiro sugeriu essa taxa de compensação, conceitualmente, trata de um imposto sobre unidade de poluição emitida que deve ser igual ao custo marginal social dessa poluição no nível ótimo da emissão.

A alternativa proposta por Pigou, para o controle da escassez dos recursos naturais, seria a aplicação de uma taxa que igualaria o montante total do custo marginal imposto à sociedade. Dessa forma, a fábrica passaria a assumir o total dos custos de sua produção pelo pagamento de uma taxa pré-fixada pelo Estado.

Analiseemos um exemplo proposto por Costa (2002), o caso de dois poluidores: um deles pode reduzir sua poluição a um custo relativamente pequeno, enquanto o outro tem de arcar com pesadas reduções em seus lucros para cada unidade produzida a menos. Nesse caso, seria mais coerente impor uma redução maior àquele poluidor que pode fazê-lo a baixo custo. Esse objetivo seria automaticamente alcançado com o mecanismo da taxa pigouviana.

A taxa pigouviana alcança seu objetivo de reduzir os níveis de poluição, minimizando o custo dessa redução para a sociedade. Outro ponto apresentado a favor da taxa pigouviana é o estímulo gerado para que as firmas busquem desenvolver tecnologias menos poluidoras. Isso ocorre porque, com a taxa pigouviana, a emissão de poluição passa a ter um custo e, evidentemente, toda firma busca possuir tecnologias que reduzam seus custos.

De acordo com a proposta metodológica sugerida na introdução do presente artigo, pode-se sintetizar a tese de Pigou pelas seguintes configurações:

**Visão:** solução política e quantitativa para a crise do meio ambiente;

**Procedimento:** gestão gerenciada pelo Estado;

**Instrumento:** econômico;

**Agentes principais:** Estado e os agentes econômicos;

**Espaço:** jurídico.

#### 4. FUNDAMENTOS DA TESE DE COASE

Pela visão da economia liberal, o mercado é o melhor mecanismo para garantir a satisfação dos desejos individuais, inclusive dos desejos ambientais. Na medida em que os consumidores manifestassem sua consciência ecológica nas decisões de compra, o mercado verde responderia a esta demanda com a oferta crescente de produtos e serviços ecológicos.

Para Ronald Coase, desde que os direitos de emissão de externalidades sejam adequadamente definidos e que não haja custos de transação entre as partes, a livre negociação entre as mesmas deve levar ao nível ótimo de emissão destas externalidades.

Costa (2002), para demonstrar a tese de Coase, descreve o seguinte exemplo: uma empresa de celulose se instalou em uma sociedade cuja base econômica era cooperativa agropastoril. Nessa localidade havia um importante rio que em um primeiro momento atendia a irrigação da lavoura e o consumo da criação de gado da cooperativa e da região. A nova indústria foi implantada e em pouco tempo foram sentidos danos, principalmente em relação à água. Os níveis de poluentes emitidos na água geraram a necessidade, por parte das cooperativas, de tratar a água antes de consumi-la para sua produção, uma vez que o consumo direto gerou doenças no rebanho e perdas nas plantações.

Nessa situação, ocorre que quanto mais resíduos lançar no rio a empresa de celulose, que utiliza grande quantidade de água em seu processo produtivo, maior será o custo das cooperativas da região com instalações de tratamento para a água, o que resulta em um lucro menor.

A sociedade local encontra-se em um dilema: as cooperativas da região gostariam que a empresa de celulose reduzisse a emissão de poluentes, o que reduziria seus custos e aumentaria seus lucros. Por outro lado, a indústria de celulose não tem interesse

em reduzir a poluição que gera, pois isso só seria possível de duas formas: ou reduzindo a produção, ou desenvolvendo tecnologias de tratamento para água antes de lançá-la ao rio. Qualquer uma dessas opções geraria uma redução no seu lucro.

Coase (1960) sugeriu que a indústria poluente seja levada a emitir o nível ótimo de poluição desde que fosse determinado a ela o direito de poluir o quanto pudesse, ou seja, até o limite em que o outro agente tem o direito de usar a água limpa.

Aplicando-se à realidade, quando uma indústria pretende implantar uma nova sede ou ampliar sua planta, ela deverá pedir autorização à sociedade, que aceitará ou não conforme seus critérios. Teoricamente, o representante da sociedade é o Estado, que através dos órgãos especializados aprova ou não a implantação ou a ampliação de determinada indústria.

Para Coase (1960) o controle feito pelo Estado pode ser utilizado como uma grande arma política, favorecendo ou prejudicando um ou outro grupo de poder. É uma maneira de evitar o protecionismo a alguns grupos em detrimento de outros e estipular o nível máximo de poluição aceito pela sociedade em determinada região e, a partir daí, o mercado fixar quotas de poluição para as indústrias de uma localidade.

De acordo com a proposta metodológica sugerida na introdução de presente artigo, pode-se sintetizar a tese de Coase (1960) pelas seguintes configurações:

**Visão:** solução econômica e quantitativa para a crise do meio ambiente;

**Procedimento:** gestão gerenciada pelo mercado;

**Instrumento:** econômico;

**Agentes principais:** indústria;

**Espaço:** mercado de troca.

#### 5. GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS NATURAIS

Para Frey (2001), a teoria moderna afirma que o Estado contemporâneo perde progressivamente sua capacidade de condução hierárquica unilateral à

medida que as redes de negociação entre os diferentes atores dentro de cada sociedade, como também entre os diferentes Estados, diversificam-se.

A medida que aumenta a complexidade e a diferenciação funcional da sociedade moderna, declina a capacidade de condução e de governabilidade por parte do sistema político-administrativo. Particularmente, os problemas ambientais mostram, de forma mais nítida, que a política deveria conseguir muito e acaba conseguindo pouco, perante a incapacidade de controle dos resultados do sistema político e da esfera do Estado.

Diante das limitações desse Estado, a gestão integrada reivindica a transferência de maiores responsabilidades para os sistemas de negociação da sociedade civil e o aumento das possibilidades de informação, de influência e de controle exercidas pela sociedade baseando-se nas teorias da democracia participativa.

As teorias da democracia participativa e da democracia deliberativa, como também o comunitarismo evidenciam a crescente desilusão com o potencial transformador do Estado. Por outro lado, tentam uma alternativa ao livre mercado como modelo único de tomada de decisão sobre os rumos do desenvolvimento das sociedades e da gestão do meio ambiente em crise. Esta nova visão deposita na própria sociedade civil, a possibilidade de ser o ator principal rumo ao desenvolvimento sustentável da sociedade.

Em oposição às abordagens ecocêntricas, cujo foco de atenção é a natureza e sua proteção, a abordagem política de participação democrática parte do pressuposto de que o homem e a sociedade devem estar no centro da atenção e de reflexão. Portanto, essa abordagem pode ser considerada como uma visão sociodiscursiva da gestão do meio ambiente e de seus recursos naturais.

Outro ponto crítico é que uma democracia discursiva não trata de uma abordagem elaborada explicitamente a partir de uma preocupação com a questão ambiental. Porém, a proposta apresentada é possuidora de características que podem ser úteis para se pensar uma concepção do desenvolvimento sustentável e possíveis soluções para a crise ecológica mediante a radicalização dos mecanismos democráticos, quando buscam o consenso na construção da escala de prioridade da gestão do meio

ambiente. Daí a gestão integrada – sociedade, instituições, costumes e cultura - como estratégia de desenvolvimento, onde os recursos naturais possam ser vistos como fonte de bem-estar e de conservação para manutenção de um meio ambiente equilibrado e saudável e à disposição das futuras gerações.

De acordo com a proposta metodológica sugerida na introdução desse artigo, pode-se sintetizar a tese da gestão integrada pelas seguintes configurações:

**Visão:** solução integrada das dimensões da gestão dos recursos naturais;

**Procedimento:** criação de ambiente democrático de decisão;

**Instrumento:** participação social;

**Agentes principais:** todos;

**Espaço:** discursivo-consensual.

## 6. VISÃO PELA CRÍTICA RADICAL DO MODELO DE PRODUÇÃO E CONSUMO

Para Hora (2007), a estrutura econômica é responsável pela crise ambiental em que vivemos. Vemos fatores sócio-ambientais como as alterações do equilíbrio natural causadas por fenômenos como: aquecimento global, as ilhas de calor, escassez de recursos hídricos, assim como a constante miserabilidade que grande parte da população do globo enfrenta.

O que existe é a consolidação de um sistema produtivo capitalista que orienta uma necessidade vital de manter o atual padrão de consumo. E por outro lado, uma tentativa de recorrer à teoria de Malthus, para defender a tese de que é o crescimento populacional, em particular dos pobres, o responsável pelos problemas ambientais e sociais. Quando, na verdade, o maior sorvedouro dos recursos naturais é a camada mais privilegiada economicamente da sociedade.

O processo de urbanização e a atual situação de crise sócio-ambiental são vivenciados pela globalização e pelo modelo de desenvolvimento econômico que imputa, aos países do mundo, uma divisão geopolítica de um norte rico e um sul cada

vez mais pobre. É isso que se faz refletir sobre o tipo e o conceito de desenvolvimento e progresso desejados.

Não é possível mais não pensar em meio ambiente, quando o mundo já vive problemas de escassez de água, mas também, não é possível pensá-lo, sem alimentar os milhões de famintos que se encontram em continentes inteiros. Mas, também, já não é possível dar legitimidade aos padrões de consumo dos países desenvolvidos.

Primeiramente, de quê Desenvolvimento Sustentável (DS) falamos? Se for considerada a definição da ONU, expressa no Relatório Brundtland, tem-se que: “desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades”. (BRUSEKE, 2003, p. 29), mas, de que geração em particular?

Aparentemente é coeso o discurso do desenvolvimento sustentável, da garantia do “nosso futuro comum”, no entanto apresenta-se como uma demanda genérica da sociedade – como elemento homogêneo e único. Desconsiderando, justamente, as singularidades e necessidades dos povos do mundo. Não contestando nem apontando para uma necessidade histórica de superação do atual modelo de crescimento.

A questão ambiental ou do DS pode orientar matrizes de desenvolvimento diferenciadas e antagônicas, destacando-se de um lado aquelas que suprimem a idéia da disputa de classe, que serve de suporte ao próprio modelo capitalista. E por outro, aponta para a superação do modelo de desenvolvimento atual, para a construção de novas relações societárias.

Quando a ascensão do ecologismo dilacera o positivismo com suas denúncias contra degradação ambiental, denota-se não apenas uma preocupação ético-estética do ponto de vista da vida, mas uma alteração na essência do entendimento da relação homem-natureza. Neste instante torna-se mais que latente a indagação: de qual natureza falamos? E ainda: como o meio ambiente torna-se uma questão ambiental?

A questão ambiental tem sido um fator de reprodução do sistema na proporção em que gera resíduos para garantir a exploração do trabalho e a construção da mais valia como princípio inato de sua

sobrevivência. Nele, num momento, a natureza precisa ser privatizada e no outro precisa ser conservada, para ser explorada. Assim, longe de ser um debate fora de seu seio, é justamente a (re) inserção da visão de mundo que inclui o homem como elemento da natureza que aponta a forma de sua reprodução.

É preciso ter nítido que a proteção da fauna, da flora e a mitigação dos impactos ambientais com a proposta de sistemas de conservação e preservação do meio ambiente estejam consorciadas com a não exclusão social.

Mudar hábitos de consumo, repensar os processos produtivos, urbanizar sem causar impactos, gerar formas alternativas de produção energética, distribuir renda, enfim, criar e estabelecer outros princípios e valores que perpassem a transformação do atual modelo dominante de produção e consumo.

Os críticos dessa visão afirmam que não se pode deixar enganar por aqueles que insistem em humanizar o capital. Porque, o grande desafio é como humanizar a diferença, a pobreza e a degradação ao mesmo tempo.

A pobreza, a exclusão social e o desemprego devem ser tratados como problemas planetários. Porque, tanto quanto a chuva ácida, o efeito estufa, a depleção da camada de ozônio e o entulho espacial, assim como a maioria dos projetos de gestão dos recursos naturais, estão no cerne das mesmas concepções de desenvolvimento, e, algumas vezes, abordadas fora da lógica atual do crescimento econômico global.

De acordo com a proposta metodológica sugerida na introdução desse artigo, pode-se sintetizar a tese da visão pela crítica radical do modelo de produção e consumo pelas seguintes configurações:

**Visão:** postura crítica radical diante do modelo econômico de produção e consumo;

**Procedimento:** desenvolvimento de uma consciência política ambiental;

**Instrumento:** a política econômica ambiental;

**Agentes principais:** os excluídos do modelo econômico dominante;

**Espaço:** sociológico.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crise ambiental não é disciplinar. Não se pode olhar para um único ponto, nem, tão pouco, tem-se à disposição um objeto bem definido. Então, o que se tem é um objeto complexo que possibilita várias formas de se olhar.

Assim procedeu-se porque, pelos motivos já expostos, não foi suficiente identificar apenas os instrumentos de gestão. Bem mais ainda porque, seja nas ações científicas ou nas práticas de cotidiano, os instrumentos guardam, no seu escopo, fundamentos que se estendem além de sua utilidade.

O que guia a prática de uso de um instrumento, nos exercícios da vida científica ou na sociedade, são as visões de mundo que ficam resguardadas. Essas ações são feitas mediante procedimentos que beneficiam algum ou vários agentes, nos limites de um espaço de ações e disputas. Onde não cabe a neutralidade de posições.

Pela leitura dessas agendas, sobre a gestão dos recursos naturais, é possível identificar que em um extremo tem-se um paradigma que é dominante que tenta se apresentar enquanto um mero instrumento, sem muitas pretensões. Este é mais bem definido, atuante, mais voltado para resultados e sem muitos questionamentos. No nosso caso, baseado na tese de Coase (1960).

Do outro lado, tem-se um paradigma totalmente oposto que, mesmo com toda uma tradição discursiva, apresenta-se, ainda, sem uma vertente instrumental consistente. Pois, é natural que um paradigma periférico desenvolva mais seu escopo teórico que instrumental. Esta descrição de visão sobre a gestão dos recursos naturais foi apresentada pelo modelo de crítica radical do modelo de produção e consumo.

Assim como, também, tem-se o “paradigma” que, algumas vezes, está dentro do escopo da visão dominante da gestão dos recursos naturais, e outra, defende as teses do paradigma periférico. Este, geralmente, se apresenta mais bem definido instrumentalmente em relação àquele. Para a descrição deste, enquadra-se o conceito de desenvolvimento sustentável.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bruseke, Franz Josef. Problema Do Desenvolvimento Sustentável. In: Cavalcante, Clóvis (Org.) Desenvolvimento E Natureza: Estudos Para Uma Sociedade Sustentável. São Paulo: Cortez, 2003.

Coase, R. The Problem Of Social Cost. Journal Of Law And Economics, 1960. Disponível Em: < [Www.Sfu.Ca/~Allen/Coasejle1960.Pdf](http://www.sfu.ca/~Allen/Coasejle1960.Pdf) > Acessado Em: 26 Jun. 2007.

Costa, Simone S. T. Economia Do Meio Ambiente Produção Versus Poluição. 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre:

Frey, Klaus. A Dimensão Político-Democrática Nas Teorias De Desenvolvimento Sustentável E Suas Implicações Para A Gestão Local, Ambiente & Sociedade, V. 4, N. 9, P. 1-34, Jun./Dez. 2001.

Hora, Karla Emmanuela Ribeiro. O Processo De Urbanização E Papel Da Educação Ambiental No Limiar Do Século, 2007. Disponível: Em < [Http:// Wwww.Abrali.Com/016meio\\_Ambiente/016meio\\_Ambiente\\_O\\_Processo\\_De\\_Urbanizacao\\_E\\_O\\_Papel\\_Da\\_Educacao\\_Ambiental\\_No\\_Limiar\\_Do\\_Seculo\\_Xxi.Html](http://www.abrali.com/016meio_Ambiente/016meio_Ambiente_O_Processo_De_Urbanizacao_E_O_Papel_Da_Educacao_Ambiental_No_Limiar_Do_Seculo_Xxi.Html) > Acessado Em: 26 De Jun. 2007.

Martins, Paulo Roberto. O Desafio Da Sustentabilidade. São Paulo: Fundação Perseu, 2001.

## ELABORAÇÃO DE UM TUTORIAL DE CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA COMO ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE GEOMORFOLOGIA

### DEVELOPMENT OF A GEOMORPHOLOGICAL CARTOGRAPHY TUTORIAL AS ALTERNATIVE TO TEACHING GEOMORPHOLOGY

Thallita Isabela Silva  
thallitaisabela@yahoo.com.br

Sílvio Carlos Rodrigues  
silgel@ufu.br

Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia  
Av. João Naves de Ávila, 2121. Bloco 1H, Sala 1H26. Bairro Santa Mônica. CEP: 38400-902

#### RESUMO

As ciências ligadas à Geografia dependem intensamente do recurso cartográfico para representar suas peculiaridades. A representação gráfica exerce grande importância para a interpretação dos dados relativos ao espaço, tanto no âmbito humano quanto físico. Desta forma, a Geomorfologia, ciência que tem por objeto de estudo as formas do relevo terrestre e os processos vinculados as mesmas; tem como forma de representação a cartografia, mais especificamente a Cartografia Geomorfológica, sendo esta um dos meios de comunicação e análise dos resultados obtidos para a ciência Geomorfológica. Neste contexto, busca-se a aplicação da Cartografia Geomorfológica vinculada a técnicas de geoprocessamento através da produção de um manual didático (tutorial) que especifique uma metodologia acerca deste assunto. Portanto, a Cartografia Geomorfológica é compreendida aqui como fundamental para o entendimento da Geomorfologia, tornando-se indispensável no processo de ensino-aprendizagem de tal disciplina no âmbito curricular acadêmico.

**Palavras-chave:** mapa geomorfológico, ensino de geomorfologia, técnicas de interpretação do relevo, geoprocessamento.

#### ABSTRACT

The science related to the Geography needs on the cartographic resources to represent its peculiarities. The graphical representation has a huge influence to the spatial data interpretation, both on human or physical levels. Thus, the Geomorphology, a science which has by study object the landforms and the process linked to them, has cartography as a representation form, in special the Geomorphological Cartography, which is one of the media types of analysis and presentation of results of Geomorphology. In this context, the article presents the application of Geomorphological Cartography that uses geoprocessing techniques through the production of a handbook (tutorial) who presents a methodology of this issue. Therefore, becoming indispensable in the process of teaching and learning of this discipline within academic curriculum.

**Keywords:** geomorphological map, geomorphology teaching, relief interpretation technics, geoprocessing.



## 1. INTRODUÇÃO

A geomorfologia, ciência que estuda os processos formadores do relevo calcados nas características litológicas, tectônicas, climáticas, hidrológicas e pedológicas, revela-se como um aparato fundamental para estudos ambientais e sociais, no que tange ao planejamento e gestão do território. As relações entre o meio físico e o humano a partir do estudo do relevo é de suma importância, pois este elemento é capaz de conduzir, propiciar e condicionar as atividades humanas. Neste sentido, conforme coloca Argento (2007), a geomorfologia apresenta um caráter multidisciplinar, ao servir de base para a compreensão das estruturas espaciais que levam em consideração tanto a natureza física dos fenômenos quanto a natureza sócio-econômica dos mesmos.

O mesmo autor enfatiza que os mapeamentos de base geomorfológica têm sido priorizados na gestão do território ou em projetos de gerenciamento ambiental, estando, geralmente, acompanhados de legendas que servem de subsídio para a tomada de decisão. Pode-se tomar como exemplo, especificamente, os projetos que se baseiam em metodologias de Estudos de Impactos Ambientais e Relatórios de Impactos sobre o Meio Ambiente – EIAS / RIMAS, que são dotados, em sua maioria, de uma base de delimitação do espaço que “apresenta um significativo conteúdo alicerçado em bases geomorfológicas” (Argento, 2007).

Em tal contexto, o entendimento da geomorfologia auxilia um adequado manejo do território, capaz de salvaguardar o meio ambiente das degradações a que está propício, bem como desencadear formas mais corretas de ocupação. No entanto, geralmente, conforme afirma Argento (2007), o planejamento nas escalas regionais e também de maior detalhamento, não tem levado em consideração os “limites” impostos pelo meio físico, em detrimento das condições do relevo, e especialmente, por não existir uma base de dados capaz de inter-relacionar as diversas escalas cartográficas com suas respostas, em nível taxonômico. Assim, destaca-se o ensino da geomorfologia como fator indispensável na formação dos profissionais ligados ao planejamento como um todo, à preservação do meio ambiente e em especial,

ao aprofundamento das pesquisas geomorfológicas e seu avanço.

Considera-se, portanto, a Cartografia Geomorfológica como uma ponte para um melhor entendimento dessa ciência, e levando-se em consideração os avanços tecnológicos desencadeados nas últimas décadas, em especial nas áreas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, uma vez que a geomorfologia tem se ajustado a essas tecnologias no sentido de aperfeiçoar as técnicas de mapeamento das características e fatos geomorfológicos, observa-se que, no âmbito do ensino dessa ciência do ponto de vista didático, há poucas contribuições para o trabalho em sala de aula que encaixe nas atividades práticas exercidas por professores e alunos. Não obstante, há que se destacar as diversas metodologias existentes e que cumprem um papel de suma importância no desenvolvimento da Cartografia Geomorfológica, tais como: sistema ITC (Verstappen e Van Zuidam, 1975); sistema IGU (Demek, 1972); metodologia de Tricart, 1972 (França); entre outros. Além disso, no Brasil, podemos citar o Projeto RADAMBRASIL, cujo objetivo foi o “mapeamento integrado dos recursos naturais renováveis e não renováveis do Território Brasileiro a partir da interpretação de imagens de radar e de outros sensores” (RADAMBRASIL, 1983), como também os pressupostos teóricos de Jurandy L. S. Ross (1992).

Neste contexto, propôs-se a produção de um material didático, mais especificamente, um tutorial de Cartografia Geomorfológica, que aborda um referencial teórico-metodológico aliado a técnicas de geoprocessamento a partir da utilização de um SIG (Sistema de Informação Geográfica), apresentando a metodologia para a análise do relevo e os procedimentos operacionais no software específico para gestão das informações geográficas. Buscou-se demonstrar a importância da Cartografia Geomorfológica como uma intermediadora no processo de ensino e aprendizagem da Geomorfologia e apresentar os procedimentos, a metodologia e os passos para a elaboração do Tutorial de Cartografia Geomorfológica, subsidiado pelo Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.

Para tal, foram utilizados como aparato fundamental para a elaboração do tutorial, os

produtos da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), sendo tais produtos resultantes de sensores com visada vertical e lateral, com capacidade de captar e reproduzir três dimensões espaciais do relevo: latitude, longitude e altitude (x, y, z), assim, denominando-se modelo digital do terreno (Carvalho e Bayer, 2008). Sendo que, atualmente, nota-se o uso crescente desses dados, que podem servir como apoio em estudos geológicos, hidrológicos, ecológicos, geomorfológicos, entre outros. Em particular, no caso da geomorfologia, observa-se nessas imagens um bom auxílio para análises quantitativas e/ou qualitativas do relevo, que, conforme Carvalho e Bayer (2008), são importantes especialmente na confecção de perfis topográficos, mapas de hipsometria e declividade, além de outros produtos relacionados à topografia, desta forma, servindo como subsídio à elaboração do material didático em questão.

No que diz respeito à representação do fenômeno geomorfológico, considera-se que a mesma sempre esteve presente nos estudos e trabalhos geomorfológicos, contribuindo para o seu entendimento, portanto, o uso da “linguagem imagética” (Souza, 2007) torna-se fundamental durante o processo de ensino e aprendizagem, o que fundamenta o incentivo ao ensino de Cartografia Geomorfológica como facilitadora do entendimento da geomorfologia como ciência e como disciplina curricular.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Em primeiro momento, foram definidos alguns parâmetros que nortearam a elaboração do manual didático, como a escolha dos *softwares* para o mapeamento e a montagem de um banco de dados. O programa *ArcGIS 9.2* foi usado devido à sua interface amigável e sua estrutura em três sub-aplicações, capaz de executar “qualquer tarefa simples ou complexa, incluindo a gestão de dados geográficos, construção de cartografia, análise espacial, edição avançada de dados ou ligação a base de dados externas” (Trocado, 200-?); e o ENVI 4.0 foi utilizado por possuir várias ferramentas capazes de extrair diversos produtos das imagens da SRTM.

O próximo passo foi escolher a área teste para o mapeamento. Esta área foi selecionada conforme os

dados da SRTM disponíveis no *site* da EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, Brasil em Relevo: <relevobr.cnpemembrapa.br>. Os dados disponíveis referem-se à articulação compatível com a escala 1: 250.000, e estão georreferenciados no sistema WGS84. A área selecionada corresponde à Folha SE-23-Y-C (Uberaba) do mapeamento sistemático brasileiro (Figura 1), e está inserida na mesoregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari. Esta escolha deveu-se ao fato de que a área abrangida pela carta apresenta um conjunto de relevo bastante diversificado, seja do ponto de vista estrutural como de padrões de formas. Também foi levado em consideração o fato de que existem diversos estudos que englobam a área selecionada, tais como os mapeamentos geomorfológicos da região do Triângulo Mineiro realizados por Ferreira (2001, 2002) e da Bacia do Rio Araguari, realizado por Ferreira (2005).

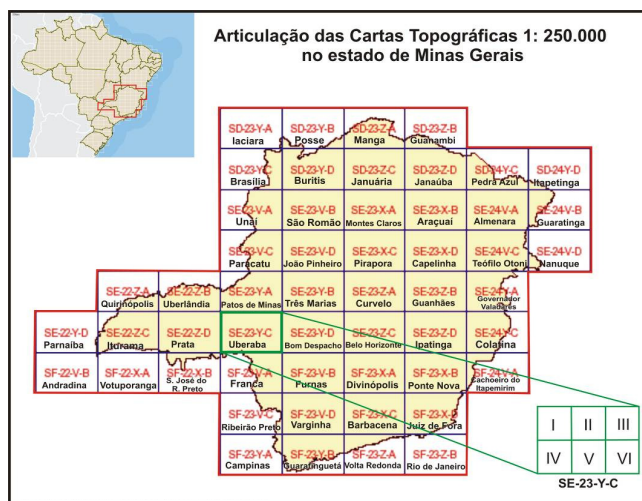
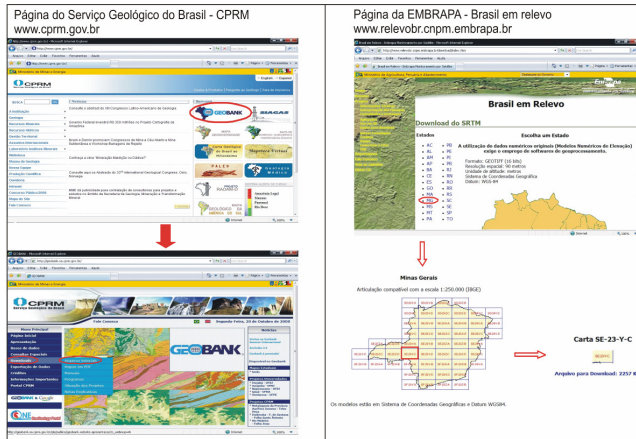


Figura 1 - Localização da área teste.

Desta forma, definiu-se o início da montagem da base de dados que deve ser previamente estabelecida. Esta base deve ser constituída de informações necessárias para a análise geomorfológica, como : geologia, para a construção do mapa de compartimentação morfoestrutural; hidrografia; e imagem SRTM, referente ao modelo digital de elevação (DEM). Logo, a criação do banco de dados foi demonstrada através da citação dos *sites* para *download* dos arquivos referentes à

caracterização geológica e hidrográfica e também da imagem da SRTM referente à Folha SE-23-Y-C (Carta Uberaba). Para tal, demonstrou-se como realizar os *downloads* gratuitos através das páginas do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e EMBRAPA (Figura 2).



**Figura 2** - Imagem demonstrativa para *downloads* de arquivos.

A elaboração do mapeamento geomorfológico que subsidiou o tutorial didático teve como base as concepções teórico-metodológicas de Ross (1992), que é apropriada para abordagem em escalas médias de representação do relevo. Tal proposta está calcada na classificação taxonômica da superfície terrestre que apóia-se fundamentalmente no aspecto fisionômico das diferentes formas e tamanhos de relevo, baseado na gênese e na idade dessas formas, tendo em vista o significado morfogenético e as influências estruturais e esculturais no modelado. A classificação em táxons se dá da seguinte maneira: **1º táxon:** Unidades Morfoestruturais; **2º táxon:** Unidades Morfoesculturais; **3º táxon:** Unidades Morfológicas ou de Padrões de Formas Semelhantes; **4º táxon:** Tipos de formas de relevo; **5º táxon:** Tipos de Vertentes e **6º táxon:** Formas de processos atuais.

Após a construção do banco de dados e a delimitação metodológica iniciou-se a redação do tutorial propriamente dito. Tal procedimento consistiu da compilação do referencial teórico, da prática com os *softwares* para a geração dos produtos cartográficos e, especialmente, da descrição concomitante à prática dos passos decorridos para a elaboração de tais produtos.

Entre os procedimentos descritos pode-se citar

os passos para a inicialização do programa, a definição do sistema de coordenadas, a importação dos dados, a criação de polígonos (vetorização), o recorte de vetores, a classificação dos shapes, o processamento das imagens da SRTM, a extração das curvas de nível, a partir das quais pôde-se criar a grade triangular (TIN), responsável pela geração da altimetria, declividade, etc.; a classificação e reclassificação de imagens, a criação do relevo sombreado e perfis topográficos. Além disso, trabalha-se ferramentas de associação de vetores, informações alfanuméricas, entre outros.

Podemos destacar aqui, os passos mais importantes para a execução das análises em âmbito geomorfológico, como a diferenciação das Unidades Morfoestruturais a partir do arquivo *shape* referente à formação litológica. Os dados geológicos adquiridos a partir do *site* do CPRM são constituídos por mapas que apresentam diversos tipos de informações que implicam em idade, formações litológicas, tipos rochosos, ambientes de formação, entre outros. Sendo assim, tomou-se como referência os padrões de idade (*Eon/Era*) associadas às demais informações litológicas como, por exemplo, o tipo das rochas, para delinear as Unidades Morfoestruturais.

Na sequência, trabalhou-se com a imagem da SRTM. A partir desta imagem é possível extrair curvas de nível e gerar uma grade triangular (TIN) que representa uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas, sendo que cada um dos três vértices da face triangular armazena informações sobre a localização (x, y) e sobre os valores de altitude/elevação correspondente ao eixo z (COELHO, 2007). Assim, com o auxílio da ferramenta “3D Analyst” do aplicativo *ArcMap*, gerou-se os mapas de elevação e declividade, os quais podem ser editados a qualquer momento, tanto para a escolha das classes representativas como para a mudança de cores, conforme a preferência do usuário e, especialmente, devido ao enfoque da pesquisa e aos objetivos almejados.

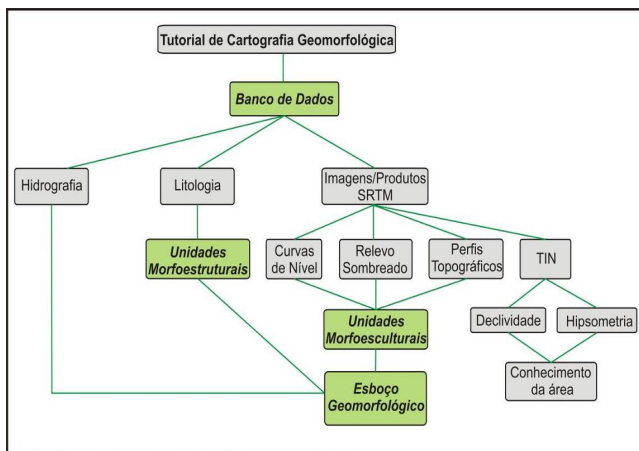
O próximo passo foi delinear as Unidades Morfoesculturais, a partir da correlação das curvas de nível com a interpretação visual da imagem de relevo sombreado, que possibilita a diferenciação de diferentes padrões de dissecação, bem como com a extração de perfis topográficos, importantes por representar um corte transversal da superfície

demonstrando os diferentes padrões altimétricos ao cortar várias unidades de relevo. Foram utilizadas ferramentas de classificação automática por máxima verossimilhança (*Maximum Likelihood Classification*) e reclassificação de imagem (*Reclassify*) para finalizar a diferenciação das morfoesculturas.

Para complementar e testar o auxílio do Tutorial de Cartografia Geomorfológica foi aplicado um teste durante a disciplina “Geomorfologia Instrumental”, ofertada pelo Instituto de Geografia da UFU. As atividades giraram em torno do passo-a-passo descrito no tutorial, em que os alunos desenvolveram diversos esboços geomorfológicos em determinadas áreas do Estado de Minas Gerais. Posteriormente à aplicação do teste, foram distribuídos questionários aos alunos, como forma de verificar as suas habilidades com o *software* e a clareza na explicação dos procedimentos ofertados pelo tutorial, bem como qual a forma de contribuição desse material didático para o aprendizado e entendimento da Cartografia Geomorfológica.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

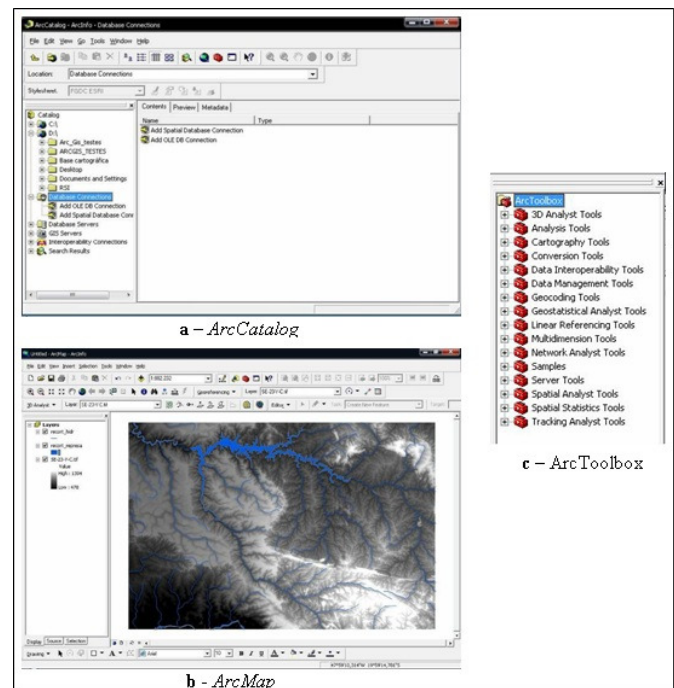
A partir dos procedimentos descritos no item anterior, pode-se estabelecer um esquema demonstrativo que representa a estruturação hierárquica para a realização do mapeamento apresentada no tutorial, conforme a Figura 3.



**Figura 3** - Esquema demonstrativo da estruturação hierárquica para realização do esboço geomorfológico indicada no tutorial.

Os *softwares* trabalhados para a confecção do tutorial são apresentados de forma a esclarecer sobre suas funcionalidades básicas. O ArcGIS 9.2 é apresentado conforme a estrutura de cada um de seus três sub-aplicativos, que são descritos individualmente para que sejam melhor entendidos.

O *ArcCatalog* (Figura 4 – a) é o aplicativo que permite a gestão das informações geográficas, ou seja, é um gerenciador de arquivos, onde se inicia muitos projetos de gestão de dados geográficos. O *ArcMap* (Figura 4 – b) constitui um aplicativo de visualização, análise, edição e exportação de mapas. É nele que será definida a informação a ser estudada e a forma de visualização, sendo que, neste local, qualquer conjunto de dados (geográficos e/ou alfanuméricos) é acrescido em formato de *layer*. Já o *ArcToolbox* (Figura 4 – c) é o aplicativo de Geoprocessamento propriamente dito, ou seja, é nele que é disponibilizado acesso a todas as funcionalidades de processamento de dados. Ele oferece mais de 100 ferramentas para este tipo de utilização, sendo usado na análise de informações georreferenciadas conforme o interesse da pesquisa.

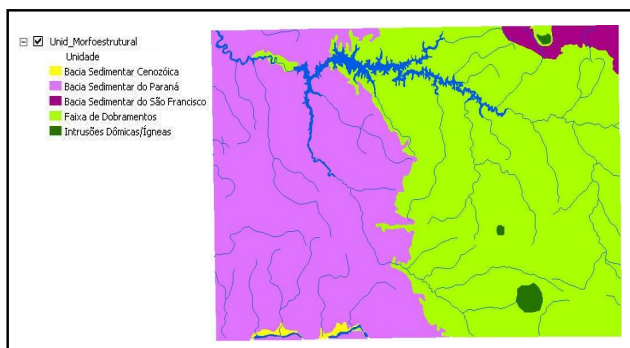


**Figura 4** – Demonstração dos três sub-aplicativos do ArcGIS 9.2.



O programa Envi apresenta uma interface gráfica de uso (“Graphical User Interface”, GUI) que possibilita interações gráficas entre as funções e os dados com grande facilidade. O *software* possui várias ferramentas capazes de extrair diversos produtos das imagens da SRTM, semelhantes aos produtos também extraídos através do software ArcGIS, além de inúmeras funções relacionadas ao processamento de imagens.

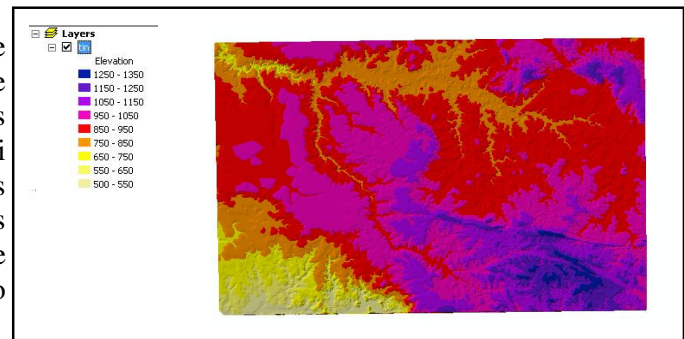
No que tange aos produtos obtidos para a classificação geomorfológica, foi possível reconhecer na área teste selecionada (Folha SE-23-Y-C Uberaba), cinco tipos de Unidades Morfoestruturais, a saber: Bacia Sedimentar Cenozóica, Bacia Sedimentar do Paraná, Bacia Sedimentar do São Francisco, Faixa de Dobramentos e Intrusões Dômicas/Ígneas (Figura 5).



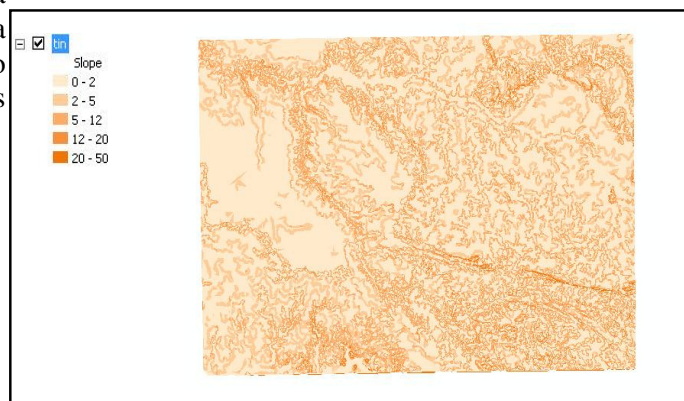
**Figura 5** – Demonstração do mapa de Unidades Morfoestruturais.

As imagens geradas através da ferramenta TIN serviram, no caso dos procedimentos realizados no tutorial, apenas para o reconhecimento das variáveis altimétricas (Figura 6) e de declividade (Figura 7) da área teste e como demonstração dos diversos produtos que podem ser gerados a partir das imagens da SRTM. A altimetria, conforme será descrito posteriormente, terá um peso relevante sobre a classificação do relevo regional, a partir da análise das curvas de nível e perfis topográficos.

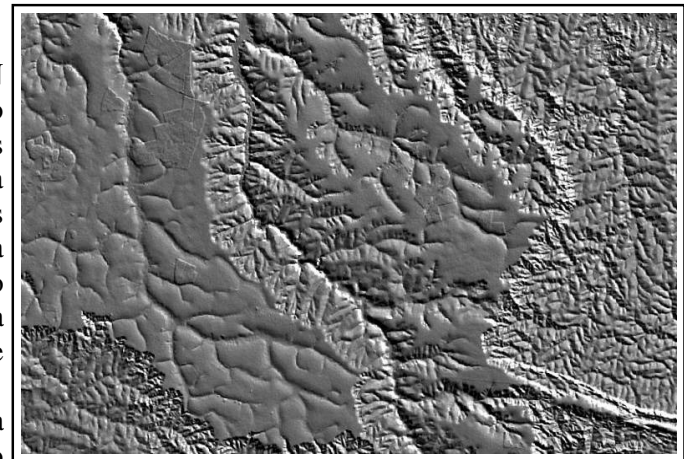
Além disso, gerou-se, também a partir da imagem da SRTM, o *Shaded Relief* (relevo sombreado) no *software* ENVI 4.0. A imagem de relevo sombreado (Figura 8) foi importante por subsidiar a elaboração da interpretação visual da imagem, por meio da análise de rugosidade, sombra, tons de cinza, entre outros.



**Figura 6** – Demonstração do mapa de elevação.



**Figura 7** – Demonstração do mapa de declividade.



**Figura 8** – Demonstração do relevo sombreado.

Com relação às Unidades Morfoesculturais, os compartimentos delineados foram: a) na Unidade Morfoestrutural Intrusões Dômicas/Ígneas: Domo de Araxá, Domo de Salitre, Domo de Tapira; b) na Unidade Morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná: Canyon do Rio Araguari, Planalto Dissecado, Planalto Tabular e Planalto do Rio Grande; c) na Unidade Morfoestrutural da Bacia Sedimentar do São Francisco: Depressão do Rio Paranaíba; d) na Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar Cenozóica: Planícies Fluviais e; e) na Unidade Morfoestrutural da Faixa de Dobramentos: Planalto Dissecado (Faixa Uruaçu) e Planalto Dissecado da Serra da Canastra (Figura 9).

Finalmente, são apresentados no tutorial os procedimentos para finalizar um mapa, ou seja, estruturar o *Layout* do mesmo. Os *Layouts* de mapas são importantes para melhorar a visualização e a apresentação de determinado documento cartográfico, no qual devem estar inseridas informações básicas a seu respeito, tais como: título, legenda, rosa-dos-ventos, escala, coordenadas, informações de autoria, fonte, entre outros (Figura 10).

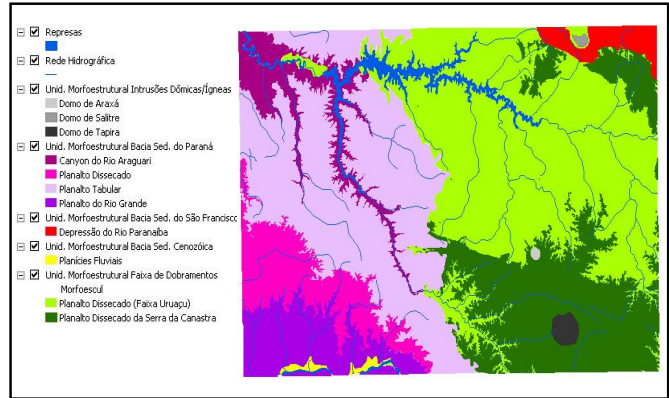


Figura 9 – Demonstração das Unidades Morfoesculturais.

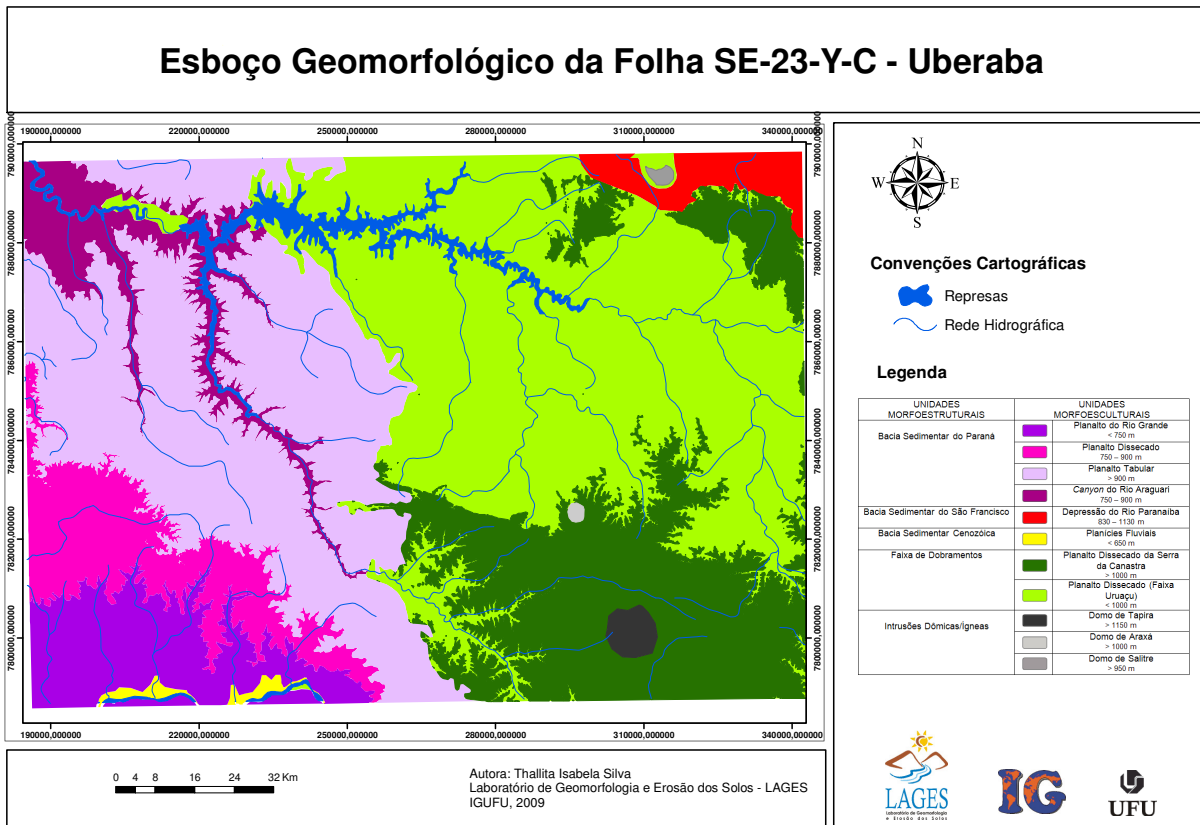


Figura 10 – Demonstração do *Layout* finalizado



Deste modo, o tutorial de Cartografia Geomorfológica foi finalizado com os procedimentos para o mapeamento do 1º e 2º táxon da classificação de Ross (1992), tendo sido possível chegar ao Esboço Geomorfológico da área teste. Portanto, como perspectiva a ser alcançada, espera-se dar continuidade ao trabalho, progredindo com relação à taxonomia do relevo ao partir para escalas maiores de abordagem. Tutorial disponível em <[rga.ggf.br/tutorialgeo.pdf](http://rga.ggf.br/tutorialgeo.pdf)>.

No que se refere à aplicação do tutorial como teste na disciplina “Geomorfologia Instrumental”, estima-se que os resultados alcançados foram satisfatórios no que tange aos objetivos almejados pela disciplina e também pelos objetivos do próprio tutorial, que busca complementar o entendimento da Geomorfologia por meio do mapeamento do relevo. Com a aplicação do teste, a partir do envolvimento dos alunos, foi possível levantar problemas e corrigi-los, bem como, observar a melhoria do aprendizado e entendimento em Geomorfologia. Isto deveu-se, também, pelo fato de que na disciplina foi realizado um trabalho de campo, no qual foi possível conferir as unidades de relevo mapeadas através dos *softwares* trabalhados no tutorial, evidenciando assim, a importância da teoria vinculada à prática.

Além disso, verificou-se por meio do questionário aplicado, em relação ao grau de conhecimento sobre os *softwares* apresentados no tutorial, que parte considerável dos alunos possuía pouco conhecimento (35%) acerca dos *softwares* empregados (Figura 11) e 10% não apresentavam nenhum conhecimento. O índice que indica um conhecimento relevante é de 30% e um conhecimento bom apenas 25%, desta forma, há que se considerar que este último é um número relativamente pequeno se comparado à importância da utilização de programas de geoprocessamento para a área geográfica como um todo e, em especial, para a Geomorfologia. A categoria de conhecimento “Excelente” não apareceu dentre o grupo de alunos que respondeu o questionário.

Em relação à apresentação dos objetivos, metodologia/métodos e aplicação da Cartografia Geomorfológica do tutorial na opinião dos alunos, 70% deles consideraram que a apresentação foi boa e 30% excelente (Figura 12). Sendo assim, verificou-se que a estrutura do material didático alcançou

satisfatoriamente as perspectivas de apresentação dos itens avaliados.

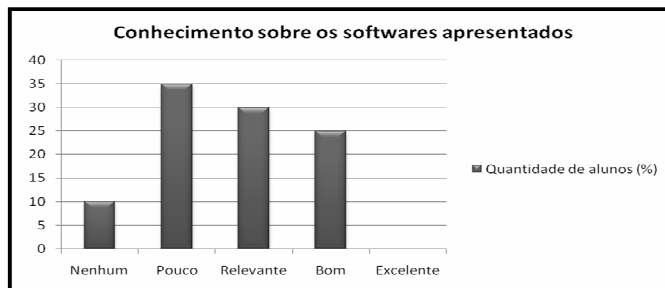


Figura 11 - Conhecimento sobre os softwares apresentados no Tutorial.

Acerca da descrição do passo-a-passo dos procedimentos realizados nos *softwares*, 90% dos alunos consideraram que a mesma foi apresentada de forma clara para o entendimento e 10% consideraram que a clareza na explicação foi pouca. Não houve respostas negativas (Figura 13). Deste modo, considerando o resultado obtido para essa variável, pode-se dizer que a metodologia de explicação por passo-a-passo foi eficaz para o entendimento da maioria dos alunos, no entanto, deve-se revisar os pontos de insatisfação para se obter melhores resultados.

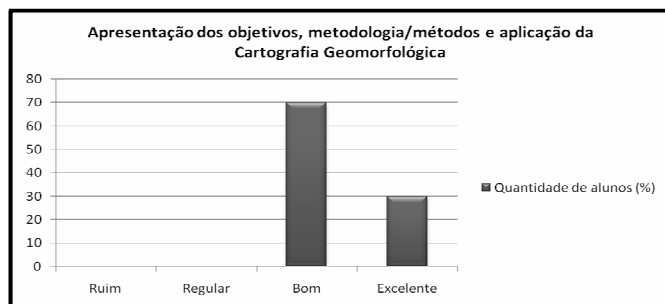
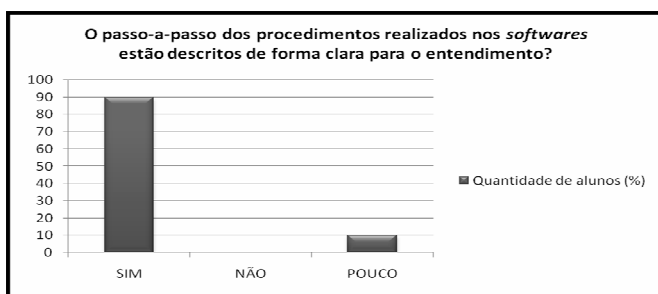


Figura 12 - Apresentação dos objetivos, metodologia/métodos e aplicação da Cartografia Geomorfológica pelo tutorial.

A avaliação em relação à satisfação dos resultados alcançados a partir da utilização do tutorial obteve um índice de 100% positivo, demonstrando novamente, a importante complementação no aprendizado de materiais didáticos como esse.

No concernente aos comentários dos alunos acerca da contribuição do tutorial para o seu

aprendizado, muitos deles colocaram a importância da elaboração de materiais que auxiliem o aprendizado de programas relacionados ao geoprocessamento, alegando que, por vezes, o tutorial poderá servir como um complemento para trabalhos acadêmicos diferenciados, além de ter auxiliado no próprio entendimento das aplicações da Cartografia Geomorfológica. Já outros alunos que possuíam um conhecimento relevante/bom sobre os programas e procedimentos levantados no material didático, consideraram que este último contribuiu para o aperfeiçoamento de seus conhecimentos com relação aos *softwares* e especialmente, ao entendimento da Geomorfologia como ciência aplicável.



**Figura 13** - Clareza de entendimento acerca da descrição do passo-a-passo no tutorial.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do desenvolvimento de um material didático que beneficie o entendimento da ciência geomorfológica, em especial que aprecie o mapeamento do relevo como uma ferramenta indispensável para a mesma, espera-se que haja um melhoramento qualitativo no ensino de geomorfologia no curso superior de geografia. Ao mesmo tempo, a elaboração de materiais deste tipo pode e deve também, servir de auxílio para a educação à distância, uma vez que disponibilizados em ambiente virtual, torna seu acesso ilimitado e ao alcance de todos.

A abordagem realizada acerca da Cartografia Geomorfológica e do avanço das tecnologias como o geoprocessamento, bem como a inter-relação entre estes, atrelados à produção de material didático que subsidie aplicações possíveis para estes ramos, apresenta-se bastante relevante, pois é claramente

observada, a ausência de materiais que tratem essas relações, em especial, na área geográfica.

Espera-se que este artigo estimule e sirva de base para a formulação de outros trabalhos voltados para a relação ensino/ciência/aplicação, os quais possam contribuir com o processo de ensino e aprendizagem especialmente na área geomorfológica.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao Programa Institucional de Bolsas do Ensino de Graduação - PIBEG / UFU pelo financiamento do projeto “Produção de Material Didático para uso nas Disciplinas de Geomorfologia e Fisiologia da Paisagem” e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) que colaborou com financiamento à pesquisa através do projeto APQ F7783-5.02/07.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Argento, M. S. 2007. Mapeamento geomorfológico. In: Guerra, A. J. T., Cunha, S. B. (Org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 7ª ed.. Rio de Janeiro. Ed. Bertrand Brasil, p. 365-391.

Carvalho, T. M; Bayer, M. 2008. Utilização dos produtos da “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás. Revista Brasileira de Geomorfologia – Ano 9, nº 1.

Coelho, A. L. N. 2007. Aplicações de Geoprocessamento em Bacias de Médio e Grande Porte. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais... Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, INPE, p. 2437-2445. Disponível em <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.31.17.41/doc/2437-2445.pdf>>. Acesso em setembro de 2008.

Cprm – Serviço Geológico do Brasil. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em janeiro de 2008.

Demek J. (ed). 1972. Manual of detailed geomorphological mapping. Praga, IGU, Comm Geomorph. Surv. Mapping. 368 p.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. Brasil em Relevo. Disponível em <<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br/>>. Acesso em janeiro de 2008.

Ferreira, I. L. 2001. Mapeamento Geomorfológico do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Relatório Final – Iniciação Científica – FAPEMIG / UFU. Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 24p.

\_\_\_\_\_. 2002. Mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Médio e Alto Paranaíba – MG. Relatório Final – Iniciação Científica – FAPEMIG / UFU. Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. 64p.

\_\_\_\_\_. 2005. Estudos geomorfológicos em áreas amostrais da Bacia do rio Araguari – MG. Uma abordagem da cartografia geomorfológica. 128 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.

Radambrasil. 1983. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, Folha SE-22. Goiânia, vol. 31.

Ross, J. L. S. 1992. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. In: Revista do Departamento de Geografia. São Paulo: Edusp. n.6, 17-30p.

Souza, C. J. O. 2007. Conhecimento e Aprendizagem de Geomorfologia no Ensino Superior. Uma pesquisa em andamento: seu Foco, suas Indagações e seu Desenho Metodológico. In: I Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra e III Simpósio Nacional sobre Ensino de Geologia no Brasil. Anais... UNICAMP, Campinas-SP, Brasil. Disponível em <<http://www.ige.unicamp.br/simposioensino/artigos/032.pdf>>. Acesso em janeiro de 2009.

Trocado, P. 200-?. ArcGis 9. Instituto Superior Técnico. Disponível em <[http://213.63.184.54/SitioDoUrbanismo/manuais/manual\\_arcgis.pdf](http://213.63.184.54/SitioDoUrbanismo/manuais/manual_arcgis.pdf)>. Acesso em agosto de 2008.

Verstappen, H.T., Van Zuidam, R.A. 1975. ITC system of geomorphologic survey: ITC textbook of photo – interpretation. Use of Aerial Photographs in Geomorphology by: Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC). Enschede. v.7, ed.3. 52p.

Tricart, J. 1972. Normes pour l'établissement de la carte géomorphologique détaillée de la France (1:20.000, 1:25.000, 1:50.000). – Mém. et Doc. Année 1971, n.s 12. 37 – 105 p.