

Análise espacial da distribuição do dengue no município do Rio de Janeiro.

Izabel Cristina Reis¹
Leila Maria Garcia Fonseca¹
José Carlos Moreira¹
Virginia Ragoni de Moraes Correia¹
Antônio Miguel Vieira Monteiro¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{izareis, leila,moreira, Virginia, miguel}@dpi.inpe.br

Abstract. This work aims to perform an exploratory analysis about the influence of factors, such as precipitation and presence of high and low intra-urban vegetation cover, in the dynamics of dengue fever in the city of Rio de Janeiro. Data of dengue fever's cases, reported from January 2007 to March 2008, and entomological data collected in June 2008 were used in the present work. In order to extract the intra-urban vegetation, images of CBERS-2B sensors, CCD and HRC (20m and 2,5m of spatial resolution, respectively) were processed using IHS Transformation, create an hybrid image of 2,5m spatial resolution. After that this hybrid image was process using IHS transformation create three components (I, H, S). The component H (matiz) was process using classification (Maxver), generating a land use map with five class: forest, water, intra-urban vegetation, shadow, urban area. The exploratory analysis showed that the months of high incidence of dengue fever coincided with high precipitation rates recorded in that city. Dengue fever's distribution occurrence showed no socioeconomic boundaries, reaching rich and poor areas as Copacabana, Urca and Cidade de Deus, Gardênia. Areas with high vegetation cover showed low infestation of *Aedes aegypti*.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, dengue fever, spatial analysis. sensoriamento remoto, processamento de imagens, dengue fever, análise espacial.

1. Introdução

Atualmente, o dengue tem sido considerado uma das mais importantes doenças de notificação compulsória presente entre os seres humanos devido a sua morbidade e mortalidade (Gubler, 1998). No Brasil, o principal vetor dos vírus dengue, o mosquito *Aedes aegypti*, acha-se disseminado em todos os estados (Lima et al. 2006).

A primeira epidemia de dengue após a reinvasão do *Ae. aegypti* no Brasil, ocorreu em Boa Vista, Roraima (1981-1982), devida aos sorotipos 1 e 4 (Osanaí et al. 1983). Quatro anos mais tarde a doença ressurgiu na região sudeste, com os primeiros casos ocorrendo no município de Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, devido ao vírus Denv-1 (Schatzmayr et al. 1986). Após a introdução do vírus Denv-1, em abril de 1990, um novo surto se iniciou no Rio de Janeiro e em Niterói, no qual o vírus Denv-2 foi isolado pela primeira vez de casos autóctones (Nogueira et al. 1990). Em 2000, o sorotipo Denv-3 foi introduzido no Estado do Rio de Janeiro, sendo isolado tanto de *Ae.aegypti* quanto de casos humanos em Nova Iguaçu (Nogueira et al. 2001; Lourenço-de-Oliveira et al. 2002). Recentemente, houve uma epidemia de dengue no estado, durante a qual 240.411 casos foram reportados até agosto de 2008, com dezenas de casos letais (Ministério da Saúde, 2008). Após sucessivas epidemias o estado do Rio de Janeiro continua sendo o mais receptivo para introdução e disseminação de novos sorotipos de dengue no Brasil.

O *Ae. aegypti* é uma espécie altamente antropofílica (Forattini, 2002) e bem adaptada aos ambientes urbanos e suburbanos (Braks et al. 2003) onde a concentração populacional é elevada com baixa cobertura vegetal (Lima et al. 2006).

Por não se dispor ainda de vacinas, o controle e a prevenção da dengue são baseados no controle da população do seu vetor. A vigilância entomológica dispõe de alguns métodos de controle, como vistoria e eliminação dos depósitos capazes de armazenar água, uso de inseticidas para reduzir a população de adulto, e aplicação de larvicidas dentre outros. As técnicas utilizadas pela vigilância dos vetores são baseadas numa série de índices designados para detectar a presença ou ausência do mosquito vetor (Funasa, 1998).

Entretanto, a comunidade científica tem buscado novas ferramentas e abordagens para o aprimoramento e revisão dos programas de controle do mosquito no país. O uso de sensores imageadores orbitais tem auxiliado profissionais da saúde nas análises epidemiológicas, pois permite a identificação de variáveis ambientais importantes na dinâmica de várias doenças (Beck et al, 2000).

As técnicas de sensoriamento remoto principalmente classificação do uso do solo e NDVI têm auxiliado a identificação de habitats de vetores nos estudos de doenças epidêmicas (Solano et al 2005; Vasconcelos et al, 2006), como também na identificação e no mapeamento de elementos do uso do solo que refletem a dinâmica da população humana e do vetor relacionada ao risco de transmissão de doenças (Cox et al, 2007; Rotela et al, 2007).

O objetivo deste trabalho consiste em fazer uma análise exploratória da influência dos fatores precipitação e da presença de alta e baixa cobertura vegetal intra-urbana na dinâmica da dengue no município do Rio de Janeiro.

2. Metodologia

2.1. Área de Estudo

A área de estudo abrange alguns bairros localizados nas zonas Norte e Oeste do município do Rio de Janeiro (Latitudes $-22^{\circ} 42' S$ e $-23^{\circ} 04' S$ e as Longitudes $-43^{\circ} 47' W$ e $-43^{\circ} 05' W$). O município está situado na região sudeste do Brasil, ao sul do estado do Rio de Janeiro (Figura 1) e possui aproximadamente 6.093,472 habitantes, sendo a segunda maior aglomeração urbana do Brasil (IBGE, 2000).

A cidade apresenta clima tropical com temperaturas médias anuais de $23,1^{\circ}C$ e volume pluviométrico acumulado anual de 1.086mm (Iplanrio, 1995).

O relevo da cidade é caracterizado por diferentes contrastes como montanhas e mar, florestas (Mata Atlântica) e praias, paredões rochosos formando um quadro paisagístico de beleza natural.

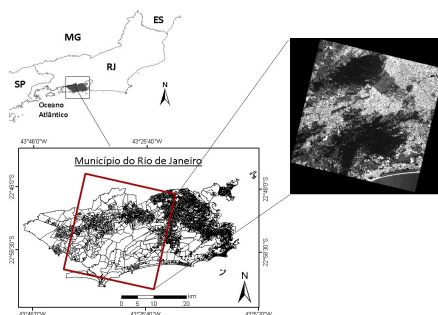


Figura 1 – Localização da área de estudo do Município do Rio de Janeiro.

2.2. Obtenção e análise dos dados da Saúde

Nesse estudo foram utilizadas duas bases de dados: os casos notificados de dengue e os dados de infestação do vetor (Índice de Breteau – número de recipientes positivos para larvas de *Ae. aegypti* por 100 casas; e Índice Predial – porcentagem de casas positivas para larvas de *Ae. aegypti*) ambos fornecidos pela Secretária Municipal de Saúde do Rio de Janeiro.

Os dados epidemiológicos compreenderam os casos ocorridos nos períodos entre janeiro de 2007 (período endêmico) a março de 2008 (período epidêmico) e os dados entomológicos coletados no mês de junho de 2008.

Todos os casos da doença foram geocodificados através do endereço de residência utilizando o *software* TerraView 3.2.0. A base de arruamento utilizada no processo foi cedida pelo Laboratório de Geoprocessamento da Fiocruz. Após a espacialização das ocorrências foram gerados mapas de incidência de dengue utilizando o interpolador Kernel com raio adaptativo.

Utilizando o mapa de setor censitário (IBGE, 2000. Digitalização e validação: Laboratório de Geoprocessamento – ICICT-Fiocruz), calculou-se a quantidade de casos e o tamanho da área de cada setor.

2.3. Etapas do processamento das imagens

As imagens utilizadas nesse estudo foram provenientes das câmeras *High Resolution* (HRC) de 2.5 m de resolução espacial e CCD de 20 m de resolução espacial, a bordo do satélite CBERS-2B. Essas imagens de órbita/ponto 151/126 foram obtidas em 07 de agosto de 2008.

As imagens foram registradas com base no mosaico georreferenciado das Imagens TM/Landsat Ortorectificadas de 2001, com resolução espacial de 14,25m construídos pela *National Aeronautics and Space Administration*- NASA (NASA, 2008).

Depois de registradas, as imagens foram combinadas utilizando a técnica de fusão Transformação IHS (*Intensity* - I, *Hue* - H e *Saturation* - S), uma das mais usadas devido a sua eficiência e facilidade de implementação (Tu et al., 2001). Nessa operação a banda de Intensidade (I) é substituída pela banda HRC. Ao retornar ao sistema de cores original, RGB, utilizando a transformação inversa, as imagens adquirem a resolução espacial da banda HRC conservando as características espectrais da CCD. O produto da operação de fusão gera uma imagem híbrida ou fusionada

Em seguida, o componente matiz (H), obtida pela transformação IHS da imagem fusionada, é processada com o algoritmo supervisionado MAXVER (Domingos, 2005). A classificação identificou cinco classes temáticas: floresta, vegetação intra-urbana (vegetação), urbano, sombra e água. Sendo que, para esse estudo a classe de interesse era a vegetação intra-urbana.

Para validar a classificação foram selecionados 87 pontos aleatórios no mapa temático. Esses pontos foram exportados para o Google Earth que foi utilizado como verdade de campo. Para a avaliação da classificação utilizou-se o índice Kappa que mede a precisão de uma classificação considerando que uma parte dos acertos ocorreu ocasionalmente (Congalton e Green, 1999).

Na imagem classificada, para cada setor censitário foram extraídas a quantidade de pixels referente à vegetação intra-urbana utilizando a linguagem *LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico)* no Spring 4.3.3.

As etapas do processamento das imagens são mostradas na Figura 2.

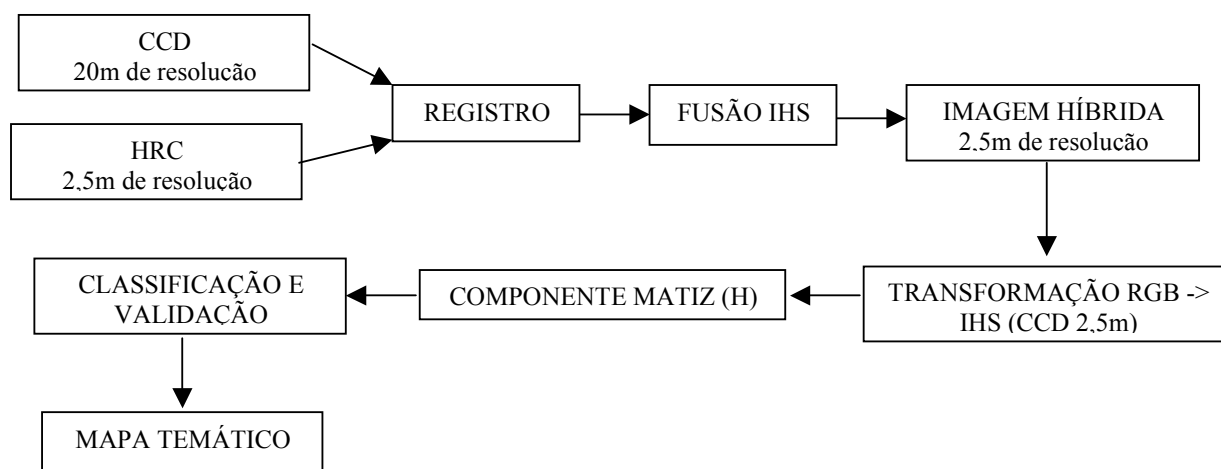


Figura 2 – Etapas do processamento digital de imagens.

3. Resultados e discussão

Na geocodificação dos endereços dos casos notificados de dengue foram localizados 29.481 casos dos 38.199 analisados. Na figura 3, pode-se verificar o padrão de distribuição espacial dos casos de dengue no município do RJ durante os períodos endêmicos (2007) e epidêmicos (2008). Observou-se um aumento no número de casos entre os meses de fevereiro a maio/07, uma redução no período de junho a setembro/07 e um novo aumento em outubro/07. Os períodos com elevado pico da doença coincidem com altos índices pluviométricos, como pode ser observado na figura 4.

A dinâmica do dengue e a densidade do *Ae. aegypti* têm seguido um padrão sazonal, apresentando picos elevados durante o verão, quando ocorre altos índices pluviométricos e altas temperaturas são registrados (Honório & Lourenço-de-Oliveira 2001, Honório dados não publicados).

Os bairros mais afetados são localizados no centro e na zona sul (maioria dos bairros são classe média-alta), norte e oeste do município, indicando que a dispersão da doença não apresenta barreiras socioeconômicas atingindo bairros considerados de classe média-alta, como os bairros de Copacabana e Urca e também bairros de classe baixa como Cidade de Deus e Gardênia.

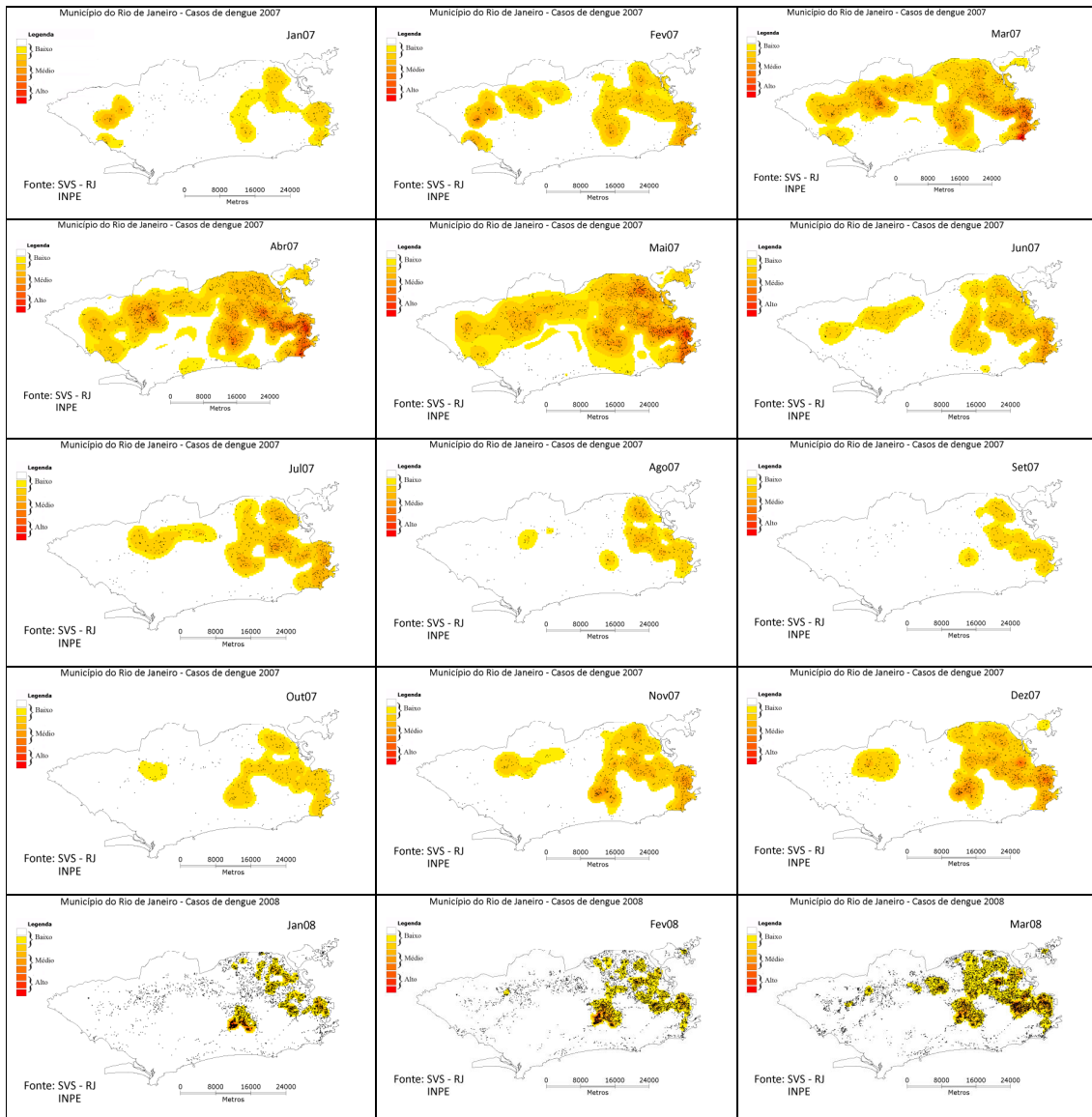


Figura 3 – Padrão de distribuição de casos notificados de dengue no município do Rio de Janeiro entre janeiro de 2007 a março de 2008.

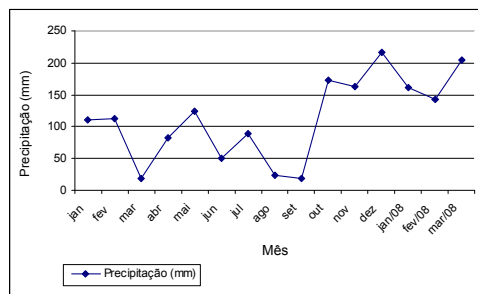


Figura 4 – Média das estações pluviométricas do município do Rio de Janeiro.
Fonte: Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro.

Os bairros da zona norte e oeste do Rio de Janeiro que apresentaram risco médio-alto (>2,00%) de infestação do vetor com base no índice de infestação predial foram: Freguesia (6,3%), Jd. América (2,6%), Engenho Leal (5,7%), Marechal Hermes e Bento Ribeiro (4,8%), Rocha Miranda e Honório (4,4%), Turiaçu (2,7%), Irajá (5,3%), Ricardo de Albuquerque (3,5%), Pavuna (3,5%), Pq. Colúmbia (2,5%), Coelho Neto (3,1%), Vargem pequena (2,7%), Jacarepaguá (3,9%), Bangu (0,7 – 2,1%), Campo Grande (0,5 – 5,3%), Pedra de Guaratiba (2,8%), Inhoaíaba (3,5%), Paciência (2,7%), Colégio (3,4%).

Os bairros com taxa de incidência de casos acima de 10% foram: Cidade de Deus (14%), Curicica (41%), Gardênia (16%), Jacarepaguá (11%), Pechincha (12%), Tanque (13%), Taquara (15%), Vargem pequena (14%). Os bairros Vigário Geral, Vila Militar, Deodoro, Pedra de Guaratiba apresentaram taxa de incidência menor que 2%.

Nota-se que, a maioria dos bairros com alta taxa de casos de dengue não apresentou alta infestação do vetor. O nível de risco para a ocorrência de transmissão da doença continua sendo um tema de muito debate. Em Singapura o surto de dengue ocorreu quando o índice de infestação foi menor que 1% enquanto que em Fortaleza, Brasil, surtos de dengue ocorreram com o índice acima de 1% (Pontes et al, 2000). Nesses dados do Rio de Janeiro constatou-se que bairros com nível de infestação <1,0% apresentaram altos casos da doença.

Com o auxílio de técnicas de sensoriamento remoto foi possível extrair a vegetação intra-urbana a partir de imagem híbrida com 2,5m de resolução, como pode ser visto na figura 5. A classificação foi avaliada utilizando 87 pontos aleatórios dos quais 9 apresentaram divergências entre a verdade terrestre e o mapa temático, como pode ser observado na matriz de confusão apresentada na Tabela 1.

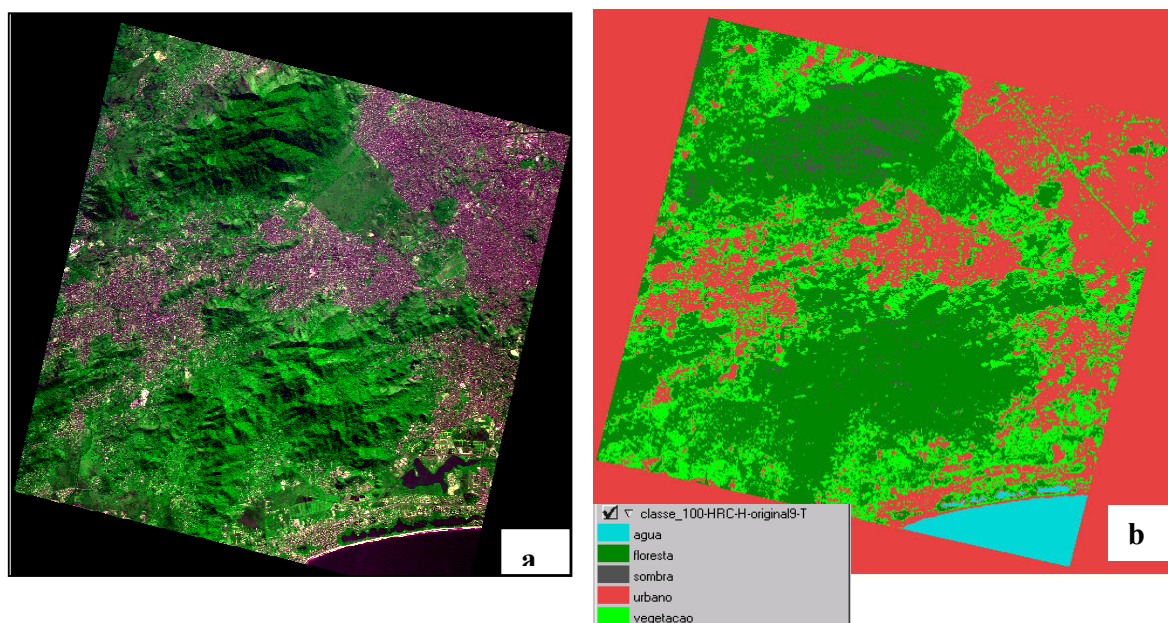


Figura 5 – a) Imagem híbrida com 2,5m de resolução espacial na composição 342; b) Mapa temático.

Tabela 1– Matriz de confusão

Verão		Classificação		
		Veg	urbano	Total
Verdade Terrestre	Veg	58	0	58
	urbano	9	20	29
	Total	67	20	87

O valor do índice Kappa encontrado foi de 0.7477 e segundo Congalton (1991), o resultado obtido foi bom. Os bairros considerados com alta cobertura vegetal obtiveram valores de vegetação acima de 0.1/m². Estes bairros são: Bangu, Barra da Tijuca, Camorim, Campos Grande, Guaratiba, Jacarepaguá, Realengo, Recreio dos Bandeirantes, Senador Camara, Vargem Grande, Vargem pequena.

Numa análise exploratória dos dados, constatou-se que alguns bairros que apresentaram alta cobertura vegetal tiveram baixa infestação do vetor como Camorim, Barra da Tijuca, Realengo, Recreio dos Bandeirantes, Senador Camara, Vargem pequena e Vargem Grande. O mesmo foi observado num estudo realizado no Rio de Janeiro em áreas com diferença no grau de cobertura vegetal. Áreas com alta cobertura vegetal tiveram baixa infestação do vetor e vice-versa (Honório; Reis dados não publicados).

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo apoio financeiro. A Secretária Municipal de Saúde do Rio de Janeiro pelos dados sobre a dengue fornecidos. Ao Laboratório de Geoprocessamento/ICICT-Fiocruz por disponibilizarem a malha de rua e o mapa de setor censitário.

Referências

- Beck, L. R.; Lobitz, B. M.; Wood, B. L. Remote sensing and human health: New sensors and new opportunities. **Emerging Infectious Diseases**, v. 6, n. 3, p.217-226, 2000.
- Braks, M.A.H.; Honório, N.A.; Lourenço-de-Oliveira, R.; Juliano, A.S.; Lounibos, L.P. Convergent habitat segregation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Southeastern Brazil and Florida. **Journal of Medical Entomology**, v. 40, p. 785-794, 2003.
- Congalton, R.; Green, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**. Boca Raton, FL. CRC/Lewis Press, 1999. 137 p.
- Congalton, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v.37, p.35–46, 1991.
- Cox, J.; Grillet, M.E.; Ramos, O.M.; Amador, M.; Barrera, R. Habitat segregation of dengue vectors along an urban environmental gradient. **American Journal Tropical Medicine and Hygiene**. v. 76, n. 5, p. 820-826 2007.
- Domingos, P. L. H. **Aplicação de Dados de Sensoriamento Remoto Orbital de Alta Resolução à Análise da Cobertura Vegetal Intra-urbana e seu Estado de Conservação**. 2005. 117 p. (INPE-TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2005
- Forattini, O.P. **Culicidologia Médica**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

Gubler, D.J. **Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever**. In: Guerrant R.L.; Walker D.H.; Weller, P.F.. Tropical infectious diseases: Principals, Pathogens, and Practise. Philadelphia, PA Churchill Livingstone, 1999, p. 1265 -1274.

Honório, N. A.; Lourenço-de-Oliveira, R. Freqüência de larvas e pupas de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* em armadilhas, Brasil. **Revista de Saúde Pública**. v 35, n.4, 2001.

IBGE, **Censo demográfico**: Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15.ago.2008.

Instituto de Planejamento do Município do Rio de Janeiro (Iplanrio). Anuário estatístico da cidade do Rio de Janeiro 93/94. Rio de Janeiro, RJ, 1995.

Lima-Camara, T.M.; Honório, N.A.; Lourenço-de-Oliveira, R. Freqüência e distribuição espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae) no Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos Saúde Pública**, v. 22, p. 2079-2084, 2006.

Lourenço-de-oliveira, R.; Honório, N.A.; Castro, M.G.; Schatzmayr, H.G.; Miagostovich, M.P.; Alves, J.C.R.; Silva, W.C; Leite, P.J; Nogueira, R.M.R. Dengue virus type 3 isolation from *Aedes aegypti* in the municipality of Nova Iguaçu, state of Rio de Janeiro. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, v. 97, p.799-800, 2002.

Ministério da Saúde. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br>>. Acesso em: 30.ago.2008.

Ministério da Saúde/Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Instruções para pessoas de combate ao vetor – Manual de normas técnicas**, Rio de Janeiro, 1998.

NASA. Earth Science Applications Directorate-MrSid Image Server. Disponível em <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>>. Acesso em : 12.jun.2008.

Nogueira, R.M.R; Miagostovich, M.P; Filippis, A.M.B.; Pereira, M.A.S.; Schatzmayr,H.G. Dengue virus type 3 in Rio de Janeiro, Brazil. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, v. 96, p. 925-926, 2001.

Nogueira RMR, Miagostovich MP, Lampe E, Schatzmayr HG. Isolation of dengue virus type 2 in Rio de Janeiro. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**. P.85-253, 1990.

Osanai, C.H.; Travassos-da-rosa, A.P.A., Tang, A.T.; Amaral. R.S.; Passos, A.D.C.; Taiul, P.L. Surto de dengue em Boa vista, Roraima. **Revista Instituto Tropical de São Paulo**, v.23, p.53-54, 1983.

Pontes, R.J.; Freeman, J.; Oliveira-Lima, J.W.; Hodgson, J.C.; Spielman, A. Vector densities that potentiate dengue outbreaks in a Brazilian city. **American Journal Tropical Medicine and Hygiene**, v.62, p.378–83, 2000.

Rotela, C.; Florence, F.; Lamfri, M.; Sabatier, P.; Introini,V.; Zaidenberg, M.; Scavuzzo,C. Space-time analysis of the dengue spreading dynamics in the 2004 Tartagal outbreak, Northern Argentina. **Acta Tropical**, v. 103, p.1-13, 2007.

Schatzmayr, H.G.; Nogueira, R.M.R.; Travassos-da-rosa, A.P.A. An outbreak of dengue virus at Rio de Janeiro. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, v.81, p.245-246, 1986.

Solano, E.; SolarI, L.; León, W.; Culqui, D.; Suarez, V.; Cabeza, C. Localización Espacial de casos Y uso de imágenes satelitales durante el brote de dengue en comas, Lima Perú, abril del 2005. **Revista Selper**, Edição especial, p. 42-47, 2005.

Tu, T.; Su, S.; Shyu, H.; Huang, P.S. Efficient intensity-hue-saturation-based image fusion with saturation compensation. **Optical Engineering**, v.40, n.5, p.720-8, 2001.

Vasconcelos, C.H.; Novo, E.M.L.M.; Donalísio, M.R. Uso do sensoriamento remoto para estudar a influência de alterações ambientais na distribuição da malária na Amazônia brasileira. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, n. 3,p.517-26, 2006.