

## **Distribuição espacial da população nas sub-bacias hidrográficas do entorno do COMPERJ, com apoio do sensoriamento remoto: uma aplicação do modelo People in Pixel**

Ana Carolina de Almeida Tavares <sup>1</sup>  
Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza <sup>1</sup>  
Carla Bernadete Madureira Cruz <sup>1</sup>  
Luana Santos do Rosário <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ  
Departamento de Geografia  
Grupo de Sensoriamento Remoto - Espaço  
Campus da Ilha do Fundão, Av. prédio CCMN, bl. I, s/ 012  
CEP 21941-590 – Rio de Janeiro, RJ – Brasil.  
{anatavaresgeo, lulurosario, carlamad, elisabethmfr}@gmail.com

**Abstract.** This study constitutes in the application of the mathematical model called "People in pixel", which correlates the intensity of urban occupation (intense, medium, rarefied, isolated and unoccupied) extracted from an orbital classification of images with population totals. The model adopted in this research aims to specialize and to estimate the "Population Total" variable for the major sub watersheds surrounding COMPERJ - Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Petrochemical Complex of Rio de Janeiro), comprehending the total area or part of the counties of Itaboraí, Niterói, São Gonçalo, Tanguá and Rio Bonito. As innovation of the research, it is highlighted the use of an image with high spatial resolution obtained by the RapidEye satellite in the application of methods and counting of people by pixel. The methodology allowed the specialization of the population variable regardless of the chosen spatial clipping because it uses the minimum unit of the image - the pixel. The methodology adoption can contribute to the quantification of the population in different limits, including physical, such as watersheds. In this case it was possible to estimate the population total in the surrounding of COMPERJ's watershed in 1.981.594 inhabitants. It is possible to conclude from the presented results that the implemented mathematical model can be applied from images with high spatial resolution, allowing to quantify the population. The People in Pixel model once again met the proposed objective, which intended to quantify population totals in different clippings.

**Keywords:** remote sensing, object-based image analysis, People in Pixel model.

### **1. Introdução**

O Sensoriamento Remoto é utilizado nas mais diversas áreas do conhecimento, dentre as quais pode-se ter a análise de padrões espaciais para a distribuição da população. Nogueira (2005), Cruz *et al* (2007), Carreño (2009) e Pinto (2011) utilizaram um modelo matricial baseado na intensidade de ocupação da população em diferentes recortes espaciais, adotando imagens orbitais e dados censitários como insumos. Tais trabalhos buscaram contribuir para a quantificação da população em diferentes limites, incluindo os físicos, como as bacias hidrográficas. A possibilidade de desassociar a variável Total Populacional das unidades socioeconômicas, para elementos espaciais reduzidos como os pixels possibilita a agregação de dados para quaisquer unidades de análise.

Tradicionalmente os mapeamentos que levam em conta as variáveis populacionais adotam agregados de unidades político-administrativas ignorando a heterogeneidade existente no território, e uniformizando a distribuição por toda unidade espacial de

análise. O modelo adotado na presente pesquisa objetiva espacializar e estimar a variável Total Populacional para as sub-bacias hidrográficas do entorno do COMPERJ – Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro, abrangendo parcialmente os municípios Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Rio Bonito, Tanguá. Essa proposta metodológica utiliza mapas de superfície contínua diferenciando os níveis de ocupação em cada bacia.

O recorte espacial escolhido para o desenvolvimento da pesquisa é alvo de intenso processo de urbanização atrelado ao desenvolvimento econômico instalado. Nesse caso a área de estudo considera as sub-bacias da área de influência do COMPERJ, localizada no município de Itaboraí, RJ. Foram selecionadas para a análise 5 bacias hidrográficas por se configurarem em áreas sob influência direta desse empreendimento. Como se pode observar na Figura 1.

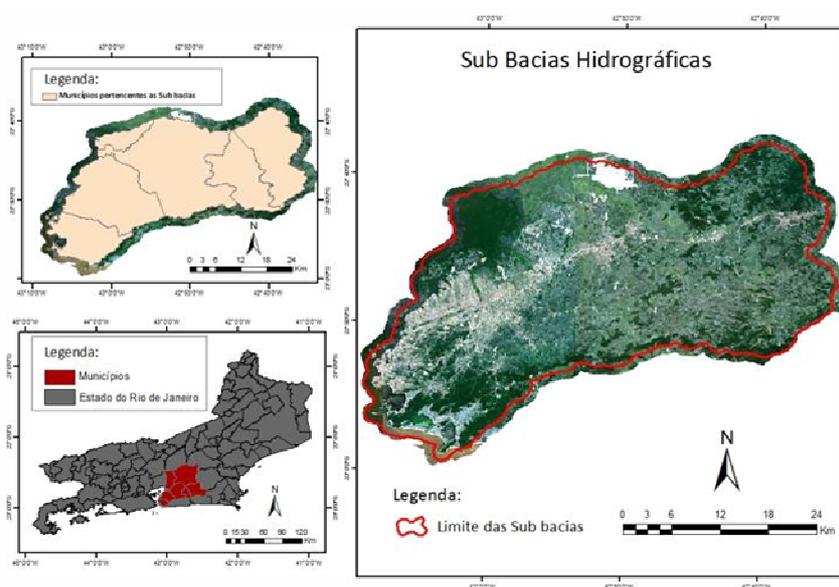


Figura 1. Área de estudo, municípios de influência do COMPERJ com recorte de bacias hidrográficas.

A pesquisa se baseia na proposta de distribuição da variável total populacional por unidade matricial – o pixel, denominada “People in Pixel” apresentada por Nogueira, (2005) e ajustada em Cruz *et al*, 2007. O processo inclui a reclassificação da Cobertura e Uso da Terra das bacias hidrográficas, para uma legenda com a definição de classes de intensidade de ocupação urbana (intensa, média, rarefeita e isolada, além de áreas não ocupadas). Para cada classe foi associado um peso, definido a partir de uma análise quantitativa das variações da densidade populacional oriundas dos setores censitários correspondentes a cada nível de ocupação, em cada classe. Posteriormente foi realizada a conversão para o formato matricial e utilizados dados populacionais obtidos no CENSO 2010. Diferentemente das aplicações anteriormente dadas a esse tipo de pesquisa, que utilizavam imagens de média resolução espacial como o sensor Landsat TM com 30m (Sensoriamento Remoto como estratégia alternativa para distribuição e mensuração da população – Estudo de caso no município do Rio de Janeiro, exemplo CRUZ, 2007), este estudo apresenta como diferencial a adoção de imagens de alta resolução espacial, no caso o sensor RadEye, com 5m. As imagens foram adquiridas no mesmo ano do Censo 2010 para permitir a compatibilização com os dados de população. Também foram utilizados os limites político-administrativos e físicos associados às bacias que se caracterizam como a área de influência do COMPERJ.

A identificação destas áreas de concentração da população urbana pode servir como ferramenta ao monitoramento do avanço da mancha urbana na área, além da definição de áreas especiais para a gestão territorial em diferentes escalas de atuação.

## 2. Materiais e Métodos

Para a elaboração do presente trabalho foram utilizados os dados populacionais disponibilizados pelo Censo 2010 e os limites políticos associados, bem como, nove cenas do satélite Rapideye para a classificação quanto aos níveis de ocupação.

Os totais populacionais foram agrupados por distritos e os limites dos setores censitários foram considerados na fase de definição dos pesos, após a finalização da classificação. As imagens utilizadas foram obtidas junto ao Laboratório de Geografia Física, LAGEF, da Universidade Federal Fluminense. O conjunto de cenas representam nove tiles de imagens do sensor Rapideye, que foram disponibilizadas com as correções geométricas e radiométricas. Antes da classificação foi realizada a correção atmosférica visando diminuir o contraste entre superfícies adjacentes, diminuir a faixa de valores digitais possíveis de serem registrados pelo sensor. Afetando os produtos finais como a classificação, que é um dos produtos gerados nesse trabalho. Nessa etapa do trabalho foi utilizado o software ERDAS no módulo ATCOR, onde foram considerados os metadados das cenas durante o processo de correção atmosférica.

Para se chegar à classificação final foi necessário definir a melhor rotina de segmentação na área de estudo. Dessa forma foi realizado o processo de segmentação de regiões homogêneas, considerando as cinco bandas do sensor, esse processo foi executado no programa *Definiens Developer 7.0*, onde aplicou-se a operação segmentação multirresolução (*multiresolution segmentation*). Alguns testes referentes ao nível de segmentação foram feitos e de acordo com o objetivo da presente pesquisa, que é diferenciar níveis de ocupação, optou-se por utilizar a segmentação no nível 400.

Após a segmentação foi realizada a classificação por meio do classificador *Nearest Neighbour* (vizinho mais próximo) que classifica os objetos da imagem com base na semelhança espectral e na distribuição das amostras de treinamento. Para realizar a classificação foram coletadas 20 amostras de treinamento para cada classe referente ao objeto de estudo. Essas amostras buscaram garantir a homogeneidade interna de cada classe, considerada determinante para o processo de classificação.

Foram criadas cinco classes de grau de intensidade de ocupação (não ocupado, urbano isolado, urbano rarefeito, urbano médio, urbano intenso). A partir da visualização das respostas espectrais das classes para cada descritor nos histogramas, foi possível definir os melhores modelos a serem adotados para classificação (Figura 2).

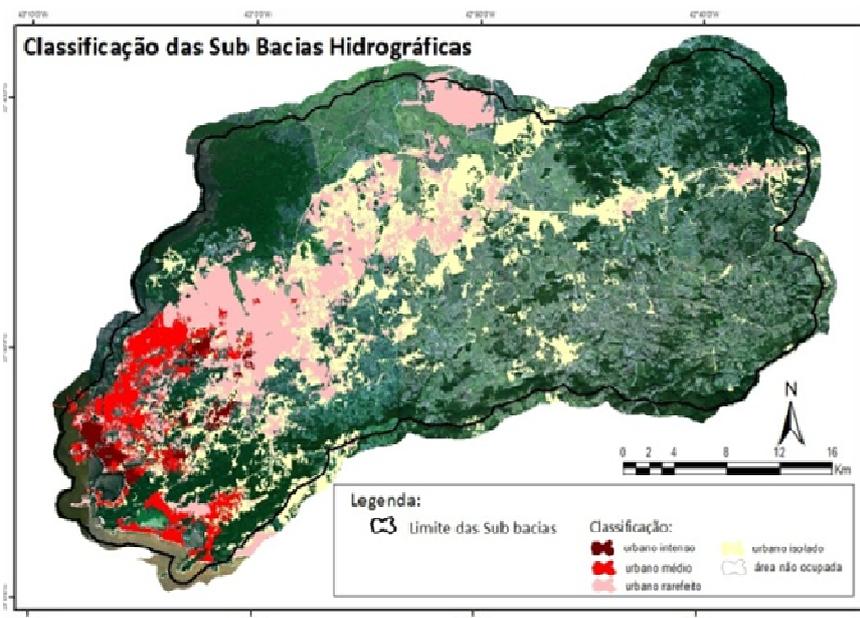


Figura 2. Classificação das áreas com ocupação urbana.

Posteriormente foi realizado o ajuste na malha territorial de distritos e setores censitários e a conversão da classificação e da divisão de distritos do formato vetorial para o matricial na mesma resolução do sensor Rapideye (5m).

Segundo CRUZ et al. (2007) Após conversão das classes para valores numéricos, pode-se aplicar os pesos a cada classe de ocupação, que virá a permitir a manipulação dos dados em um modelo matemático. Para se definir pesos foram selecionadas 20 amostras de setores censitários referentes a cada classe de ocupação, que necessitavam possuir até 70% de homogeneidade interna. Onde foi extraída a densidade populacional para cada classe de ocupação. A partir da média das densidades de cada classe de ocupação foi possível definir os pesos para a composição do algoritmo (Figura 3).

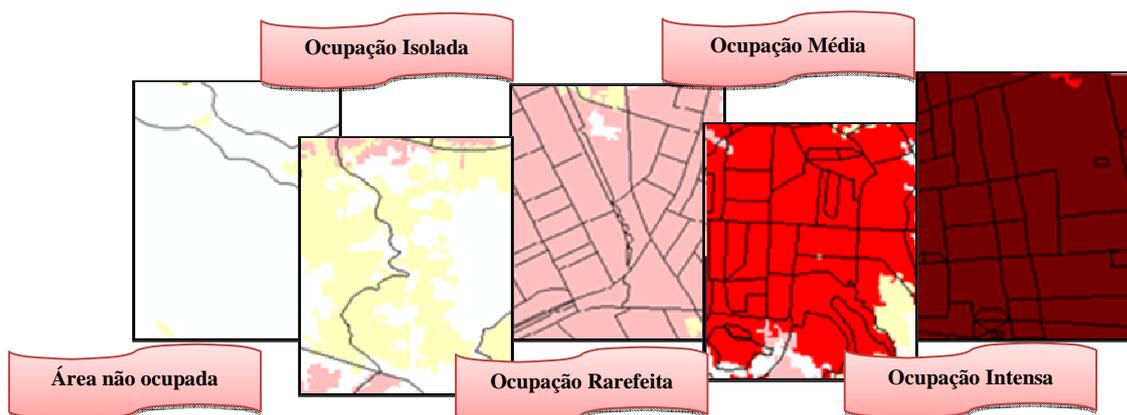


Figura 3. Diferentes densidades de ocupação.

Considerando que a classe não ocupada tem peso nulo (zero) e a classe urbano isolado tem peso igual a 1, calculamos a partir da média das densidades (para os setores selecionados em cada classe) e verificamos quantas vezes os valores das classes (rarefeita, média, intensa) seriam maiores que a classe isolada.

Assim foi possível chegar aos pesos referentes a cada classe como podemos observar na Tabela 1.

Tabela 1. Pesos das classes

<b>Classes</b>	<b>Urbano Rarfeito</b>	<b>Urbano Isolado</b>	<b>Urbano Médio</b>	<b>Urbano Intenso</b>
Média da densidade populacional dos setores	849	6168	9.748	26.965
Pesos	1	7	11	31

Por meio da variável total populacional relacionada à unidade mínima da imagem – o pixel, podemos definir o total de habitantes por pixel, através do modelo matemático desenvolvido por Cruz (2007), descrito na Equação 1.

$$\text{Hab} / \text{pix}_{ij} = (\text{totpop}_j * \text{peso}_i) / \sum (\text{peso}_i * \text{pix}_{ij}) \quad (1)$$

*Onde:*

i = classe de ocupação

j = distrito

totpop<sub>j</sub> = total populacional do distrito j

peso<sub>i</sub> = peso relativo à classe i

pix<sub>ij</sub> = número de pixels pertencentes a uma dada classe i em um distrito j

Hab/pix<sub>ij</sub> = número de habitantes em cada pixel

#### 4. Resultados e Discussões

O modelo matemático utilizado no presente trabalho pode ter a sua metodologia validada através da comparação entre o total populacional de referência disponibilizado pelo IBGE (Censo 2010) e do modelo matemático desenvolvido. Como exemplo é possível observar os totais populacionais do distrito de Sete Pontes no município de Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Tanguá, Rio Bonito no quadro abaixo, Tabela 2.

Tabela 2. Tabela com totais populacionais do distrito de Sete Pontes

<b>Distritos</b>	<b>Classe</b>	<b>Pixel</b>	<b>Pop / Pixel</b>	<b>Totais/Modelo</b>
Sete Pontes	Médio	138736	0,261484	36277,21
Sete Pontes	Não Ocupado	402302	0	0
Sete Pontes	Intenso	23338	0,736909	17191,98
Sete Pontes	Rarfeito	165453	0,166399	27531,17
Sete Pontes	Isolado	68344	0,023771	1624,62
<b>Total</b>				82629 hab.

Os dados o Censo 2010 apresentavam um total populacional de 82.629 habitantes para o Distrito de Sete Pontes(Fonte: IBGE/Censo 2010) A partir dessa informação e da análise do quadro acima é possível observar que os quantitativos totais se mantêm.

A partir da metodologia é possível quantificar, por exemplo, a população existente em um raio de influência direta com 25 Km no entorno do COMPERJ, como pode ser observado na Figura 3. Dessa forma, a área apresentava em 2010 um total de 537.523 habitantes, enquanto que toda a área de estudo que compreende as bacias estudadas apresentava um total de e 1.981.594 habitantes.

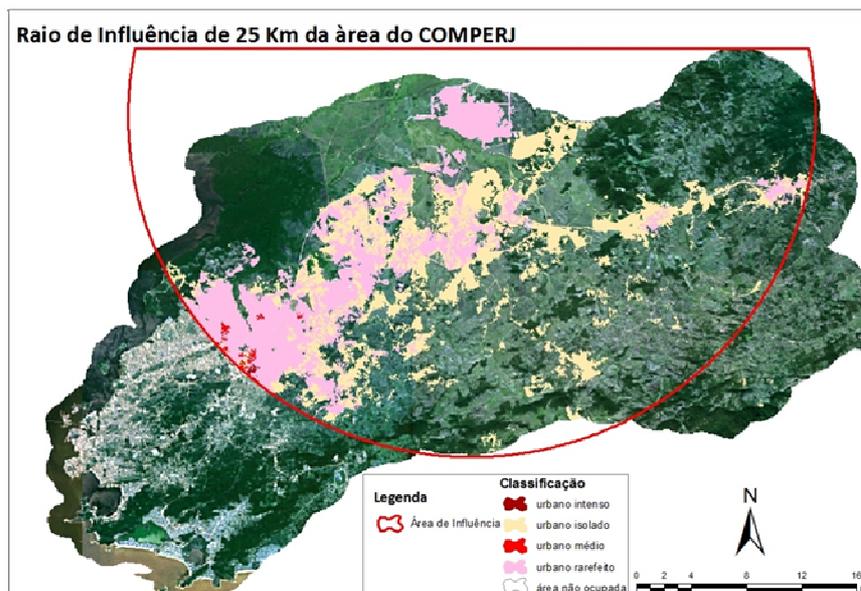


Figura 3 - Área de influência do COMPERJ, raio de 25 Km.

## 5. Considerações Finais

É possível concluir a partir dos resultados apresentados que o modelo matemático implementado pode ser aplicado a partir de imagens com alta resolução espacial, permitindo quantificar a população. O modelo *People in Pixel* mais uma vez atendeu ao objetivo proposto, que pretendia quantificar totais populacionais em diferentes recortes. Com a demanda crescente de integração de dados de diferentes naturezas e da análise de recortes espaciais e/ou temporais alheios ao estabelecido pelo Censo, iniciativas como esta podem auxiliar em projetos e pesquisa para fins bastante variados.

Os trabalhos anteriores que serviram de base para o presente estudo, ao utilizarem a mesma metodologia, trabalhavam com sensores de média resolução, como o Landsat TM que apresenta resolução espacial de 30 m e Spot HRV de 10 m.

## 6. Referências Bibliográficas

Carreño, P. M. L. P; Cruz, C.B.M. **Aperfeiçoamento do modelo *People in Pixel*: Estudo aplicado a Região dos Lagos no estado do Rio de Janeiro**. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE.

Cruz, C. B. M; Faber, O. A; Reis, R. B; Rocha, E. M. F; Nogueira, C. R. **Sensoriamento Remoto como estratégia alternativa para distribuição e mensuração da população – Estudo de caso no município do Rio de Janeiro** In:Revista Espaço e Geografia, Vol. 10, 2007.

Cruz, C. M. **As bases operacionais para a modelagem e implementação de um banco de dados geográfico em apoio à gestão ambiental – um exemplo aplicado à Bacia de Campos**. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia. Rio de Janeiro: UFRJ/Geociências, 2000.

Durand. C; Pereira. M. N; Moreira. J. C; Freitas. C. C; **Análise da correlação entre população e área urbana (km<sup>2</sup>) visando a inferência populacional por meio do uso de imagens orbitais**. In *Geografia* - v. 16, n. 2, jul./dez. 2007 – Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências  
Foresti. C; **Estimativas populacionais e de crescimento de áreas urbanas no Estado de São Paulo, com utilização de imagens LANDSAT**. São José dos Campos, Brasil, 1978, INPE.

IBGE. Censo Demográfico 2000. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2001.

Jensen, J. R. **Sensoriamento remoto do meio ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos, Ed. São Paulo: Parêntese, 2009.

Nogueira, C.R. **Distribuição espacial da população na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara no Rio de Janeiro – uma contribuição metodológica através do uso de Sensoriamento remoto**. Tese de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia. Rio de Janeiro: UFRJ/Geociências, 2005.

Nogueira. C. R; Rocha. E. M. F; Cruz. C. B. M; **Integração de variáveis sócio- econômicas em unidades ambientais, o caso da bacia hidrográfica da baía de Guanabara**, Rio de Janeiro. In Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 983-986.