

## Aplicação de geoprocessamento e sensoriamento remoto no refinamento de análises espaçodemográficas: a situação habitacional do Litoral Norte Paulista

Roberta Guerra Rosembach<sup>1</sup>  
José Irineu Rangel Rigotti<sup>2</sup>  
Flávia da Fonseca Feitosa<sup>3</sup>  
Antônio Miguel Vieira Monteiro<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Cedeplar- Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional/UFMG  
Av. Antônio Carlos, 6627 - Belo Horizonte, MG - Brasil. CEP:31270-901

<sup>1</sup>robertarosembach@hotmail.com

<sup>2</sup>rigotti@cedeplar.ufmg.br

<sup>3</sup>Universidade Federal do ABC – UFABC  
Av. dos Estados, 5001. Bairro Santa Terezinha. Santo André - SP - Brasil. CEP 09210-580  
fla.feitosa@ufabc.edu.br

<sup>4</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
miguel@dpi.inpe.br

**Abstract.** The objective of this paper is to present an innovate approach on the application of GIS and remote sensing in spatial demographic analysis to assess housing situation in the North Coast of Sao Paulo State. In addition, the most common variables used in social sciences and geosciences, as well as the contribution of integrating these data with spatial analysis techniques for territorial planning is discussed. The housing deficit and inadequacies derived from Census Data were spatialized by ‘weighting areas’ (smaller than municipalities) and had their context evaluated through satellite images. Results showed that the smaller ‘weighting areas’ located near the beach coast have higher house density and lowest proportion of housing deficit. On the other hand, larger ‘weighting areas’, located in the innermost part of the region, have greater proportions of housing deficit. This work showed that remote sensing and GIS techniques are valuable tools, providing more detailed and territorialized information on the house deficits and inadequacies, which can improve government actions towards housing policies.

**Palavras-chave:** remote sensing, images, geoprocessing, urban planning, housing, imagens de sensoriamento remoto, geoprocessamento, planejamento urbano, habitação

### 1. Introdução

A questão habitacional é essencialmente um tema demográfico e espacial. Demográfico porque o ciclo de vida dos indivíduos e as mudanças no tamanho e estrutura etária da população estão ligados à formação de famílias e, portanto, à necessidade de unidades habitacionais. E é também um tema espacial porque uma unidade habitacional tem propriedades inerentes à sua localização. Entender a dinâmica populacional e sua relação com a ocupação no espaço urbano é ponto central para o planejamento e gestão do território. Este trabalho tem como objetivo demonstrar, em um exemplo acessível, como as tecnologias de geoprocessamento e sensoriamento remoto, que têm como principal propriedade lidar com informação localizada, podem ser úteis no refinamento das análises espaçodemográficas dentro deste contexto habitacional. Entende-se como análises espaçodemográficas as que envolvem uma população, suas características (como taxas de crescimento, estrutura etária, saldos migratórios, etc.) e as relações que guardam com a produção do espaço (principalmente espaços urbanos).

Na gestão e planejamento dos espaços urbanos, a construção de políticas e programas habitacionais exige um diagnóstico que contabilize o déficit quantitativo (que representa a demanda acumulada atual por novas moradias, ou seja, o número requerido de novas unidades habitacionais); o déficit qualitativo (que diz respeito às condições inadequadas de moradia e, portanto, representa a demanda por melhorias em edificações existentes ou na infraestrutura do entorno); e que contemple a possibilidade de localizar essas informações.

A informação localizada pode, posteriormente, ser associada a outros dados territoriais, o que torna o instrumento de diagnóstico da situação habitacional muito mais interessante para dar suporte aos desenhos de políticas sociais setoriais e para a definição das ações, já que as desigualdades tratadas nesta questão são, antes de tudo, desigualdades territoriais.

### **1.1 Uso de geoprocessamento e sensoriamento remoto em análises espaçodemográficas**

Convencionalmente, demógrafos usam como camadas de explicação para um determinado efeito populacional as variáveis: idade, sexo, educação, estado civil, renda domiciliar, etc. Mas o espaço, embora ainda negligenciado pela análise demográfica, é também uma dessas camadas (Castro, 2007).

A pesquisa em ciências sociais tem recorrido cada vez mais às tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento (Rindfuss e Stern, 1998). Devido à ampla disponibilidade, frequência de atualização, e custo, o uso de imagens de satélite multiespectrais se tornou mais usual. Esta tendência foi iniciada com a chamada 'primeira geração' de sensores, como o MSS (Multispectral Scanning System), a bordo do satélite Landsat, que possuía resolução espacial de 80m, resolução espectral de 4 bandas (do verde ao infravermelho próximo) e resolução temporal de 18 dias. Com esse tipo de dado era possível realizar análises de sistemas urbanos regionais. A 'segunda geração' de sensores - da qual fazem parte os sensores TM (Thematic Mapper), a bordo da plataforma Landsat, e HRV (High Resolution Visible), do satélite SPOT - já disponibilizava dados com maior resolução espacial (20m / 10m) que permitiam estudos mais detalhados das áreas urbanas (Donney et al., 2001). Por causa de sua continuidade temporal (de 1972 até os dias atuais), o Landsat é ainda uma plataforma muito utilizada no monitoramento de dinâmicas urbanas em grandes áreas, em diferentes escalas temporais (Patel et al., 2015). Nos últimos anos, uma 'terceira geração' de sensores, de resolução espacial alta (entre 5m e 2m) e muito alta (< 2m), permite a discriminação de elementos do meio urbano, mesmo em áreas densas e heterogêneas. Isto aumentou significativamente as possibilidades de aplicação de imagens de sensoriamento remoto em áreas urbanas (Donney et al., 2001).

Com o processamento digital de imagens orbitais é possível extrair informações de ocupação do solo através da categorização dos pixels de uma cena com base na diferença de nível de cinza (ou reflectância aparente), pois as informações espectrais coletadas correspondem a determinados tipos de alvos (Moreira, 2003). Na área de planejamento urbano a aplicação de sensores de alta resolução tem ganhado espaço, principalmente com o desenvolvimento de esquemas de classificação automática para padrões espaciais mais complexos, característicos das áreas construídas. Mapas temáticos de uso do solo, equipamentos urbanos, áreas verdes e vazios urbanos dão subsídios para a alocação de obras, definição de políticas de tributação e para a fiscalização do cumprimento de Planos Diretores (Novo, 2008).

Em relação aos estudos populacionais, imagens de satélite podem ser empregadas na estimativa de densidade populacional, de densidade urbana, e de análises ambientais sobre os efeitos do desenvolvimento urbano. No entanto, a compreensão de como a população usa a terra, de como a sociedade se apropria do território, é muito mais complexa do que o simples

mapeamento de áreas urbanas, independentemente da resolução espacial (Martinuzzi et al., 2007).

Além das aplicações já mencionadas, que exigem metodologias e técnicas apropriadas para a extração de informações, imagens de sensoriamento remoto são capazes de reunir uma série de elementos de contexto que certos fenômenos sociais envolvem. É possível inferir condições socioeconômicas, por exemplo, pelo tamanho dos lotes, pela presença ou condição de jardins residenciais ou piscinas, pelo número de veículos, etc. (Rindfuss e Stern, 1998). Nesse sentido, as imagens em altas resoluções (de satélites como o IKONOS e QUICKBIRD, cujas imagens têm resolução espacial entre 0,6m e 2,8m), que hoje são disponibilizadas (ainda que em formato sintético) para muitas regiões gratuitamente pelo Google Earth, podem auxiliar as análises de contextos urbanos.

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitem aplicar uma série de técnicas estatísticas de análise e realizar, de forma mais efetiva, procedimentos que seriam difíceis ou mesmo inviáveis em formatos analógicos. Também admitem compatibilizar bases de dados de origens distintas, em diferentes escalas, e principalmente, introduzir em um banco de dados tradicional, a informação sobre localização (Torres, 2006). Mapas coropléticos são muito difundidos para a representação de informações populacionais, mas é preciso uma forma mais abrangente de representação da realidade para que sejam revelados fenômenos como, por exemplo, a exclusão social, a criminalidade, risco ambiental e exposição a doenças contagiosas. A representação computacional do espaço em sua multiplicidade de domínios e processos, para além da criação simples de mapas por meio de sistemas de informação geográfica, implica na combinação de uma série de conceitos, metodologias, dados, e softwares (Ramos et al., 2007).

Uma questão importante, com relação à construção desses chamados ‘territórios digitais’ (Ramos et al., 2007), é a escala de análise. Toda investigação científica que busca a explicação de padrões, incorpora, implícita ou explicitamente, a escala no processo de identificação de seus objetos de pesquisa. A escolha da escala empregada afeta criticamente os tipos de padrões a serem analisados, já que o que é observável em um determinado nível de resolução pode ser perdido em outro mais baixo ou mais elevado. No campo das ciências naturais os níveis hierárquicos são bastante claros, mas no estudo de fenômenos sociais, as escalas não são tão evidentes pois o interesse substantivo é variável (Gibson et al., 2000).

Especificamente em estudos voltados para a demografia urbana e políticas públicas, como neste caso, compreender dinâmicas em escala local constitui um enorme desafio. Existe uma demanda por informações em escala intraurbana em diversas áreas, como na focalização de programas sociais (na identificação do público-alvo), na produção de indicadores de base territorial para políticas específicas (de segurança pública, saúde, etc.), no planejamento de políticas de infraestrutura e habitação, na expansão e manutenção de redes de serviços públicos ou privados (água, esgoto, eletricidade, telefonia, TV a cabo, etc.), na identificação de locais para a instalação de equipamentos públicos, na caracterização de áreas de assentamentos precários e identificação de população em situações de perigo, entre outras (Torres, 2006).

A questão da desagregação espacial da informação em escalas intraurbanas é especialmente relevante em grandes áreas urbanas que estão em permanente expansão, onde existem significativas desigualdades entre as localidades e importantes diferenciais em indicadores como a taxa de mortalidade infantil, taxa de gravidez na adolescência e outros. Municípios que registram taxas de crescimento relativamente moderadas, podem conter localidades com dinâmicas demográficas muito peculiares, com situações de perda de população nas áreas centrais e crescimento nas periféricas, por exemplo. Diferenças de estrutura etária nos bairros de uma cidade também podem impactar as necessidades de políticas localizadas de saúde e educação. Enfim, os dados censitários e demais indicadores

em níveis municipais não são suficientes para a gestão do território e precisam ser desagregados (Torres, 2006).

## 2. Metodologia de Trabalho

O objetivo aqui proposto é mostrar como ferramentas de geoprocessamento podem enriquecer as análises espaçodemográficas (neste caso aplicadas ao diagnóstico habitacional) ao permitirem que os resultados sejam espacializados e visualizados em forma de mapas, e desagregados em escalas mais finas, intraurbanas. E como imagens de satélite podem melhorar a interpretação dos resultados ao apresentarem a informação adicional de contexto.

A área de estudo compreende os municípios de São Sebastião, Caraguatatuba e Ubatuba, (Figura 1), que formam hoje uma faixa contínua de urbanização. Nesta região existem inúmeras restrições à ocupação, que resultam em uma forma urbana delgada, na estreita faixa de planície entre a orla marítima e a encosta da Serra do Mar.

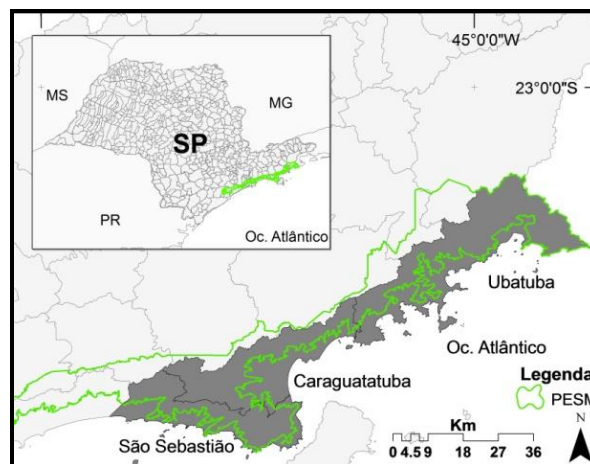


Figura 1 - Municípios continentais do Litoral Norte Paulista (São Sebastião, Caraguatatuba e Ubatuba), e o limite do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM).

A metodologia de diagnóstico habitacional utilizada para o cálculo do déficit e das inadequações habitacionais da região se apoia em sete dimensões analíticas teóricas de adequação a que estão sujeitas as unidades habitacionais: adequação física da edificação; adequação da edificação à família; adequação quanto à segurança jurídica; adequação quanto à segurança ambiental; adequação à infraestrutura e serviços públicos; adequação à localização e acessibilidade; e adequação do custo de moradia. A utilização dos dados amostrais do Censo Demográfico de 2010 se mostrou suficiente para a análise sistemática de adequação dos domicílios a cinco dessas dimensões (adequação à segurança ambiental e jurídica não são abordadas), detalhes da metodologia em (Rosembach, 2016).

A partir das amostras, os totais de domicílios são estimados por 'áreas de ponderação', que são unidades geográficas formadas por um agrupamento de setores censitários. Essas unidades, ainda que não ideais para essa aplicação, trazem vantagens interpretativas por representarem uma escala mais fina, intraurbana.

Imagens de satélite também foram usadas para contextualizar os resultados obtidos e evidenciar a alta heterogeneidade nas áreas de ponderação, ainda que sejam menores que o município.

## 3. Resultados e Discussão

Antes de observar as ocorrências de déficit básico e inadequações por área de ponderação, é preciso ter uma ideia da distribuição dos mais de 80 mil domicílios da região, pois são apenas 14 áreas de ponderação ao longo da área de estudo. Os polígonos têm tamanhos



variados, que vão de 5km<sup>2</sup> a 409km<sup>2</sup>. A Figura 2 mostra a densidade de domicílios por área de ponderação (número de domicílios por km<sup>2</sup> em cada área). Como esperado, as áreas menores têm densidades mais altas. Os domicílios se concentram próximos à orla marítima, nas zonas centrais dos municípios, e a maior parte do território faz parte do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM).

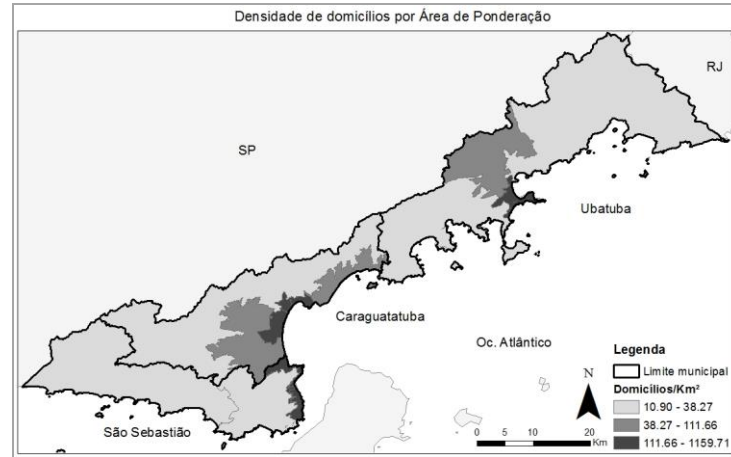


Figura 2 - Densidade de domicílios no Litoral Norte Paulista por Área de Ponderação (dom/km<sup>2</sup>)

Na imagem Landsat (Google Earth) de dezembro de 2015 (Figura 3) a predominante cobertura de Mata Atlântica é evidente e os pequenos núcleos urbanos, mesmo nas áreas de ponderação com grandes dimensões, estão concentrados nas proximidades da orla (indicados pelas setas brancas).

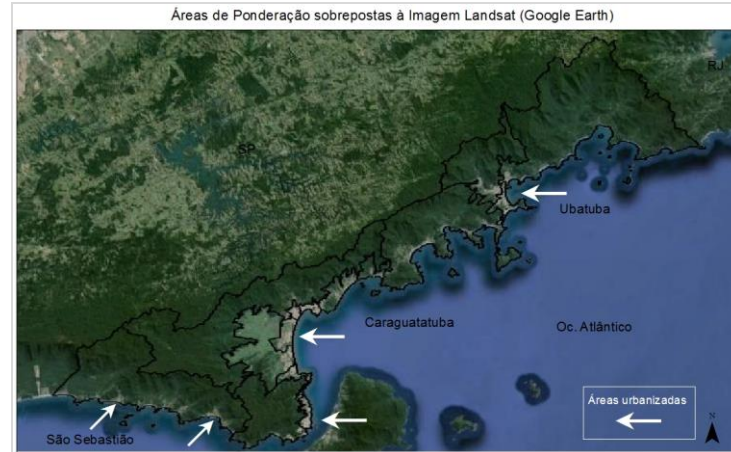


Figura 3 - Núcleos urbanos dos municípios do Litoral Norte Paulista. Imagem Landsat (13/dez/2015). Google Earth.

Como o tamanho das áreas e o número de domicílios em cada uma é variável, na Figura 4 estão representadas as proporções de domicílios em situação de déficit (número de domicílios em situação de déficit / total de domicílios da área de ponderação). As áreas de ponderação menores, que compreendem as áreas de orla marítima e centrais dos municípios, são mais servidas de infraestrutura e detêm as menores proporções de déficit habitacional. Já as áreas maiores, que estão total ou parcialmente alocadas na parte mais interior dos municípios têm maiores proporções de déficit habitacional, destacando-se a porção oeste de São Sebastião e regiões periféricas de Caraguatatuba. Todavia, são proporções que variam entre 7% e 13% do total de domicílios de cada área, e são áreas menos densas.

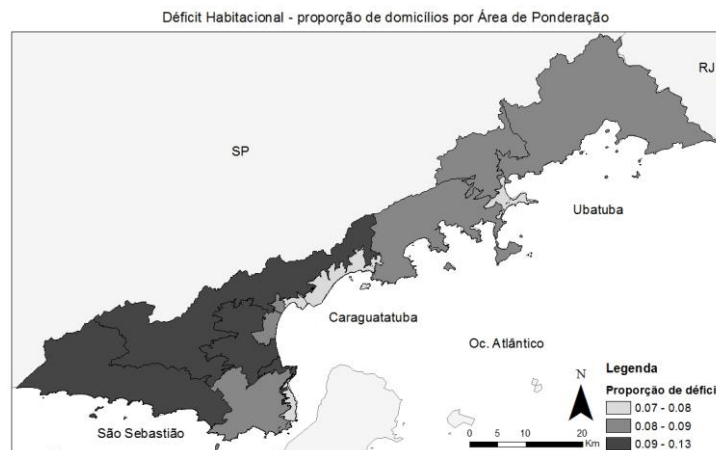


Figura 4 - Déficit Habitacional no Litoral Norte Paulista- proporção por Áreas de Ponderação

Já no caso das inadequações habitacionais, as áreas de ponderação podem chegar a ter de 34% a 63% das unidades nesta situação, nos municípios de São Sebastião e Ubatuba (Figura 5).

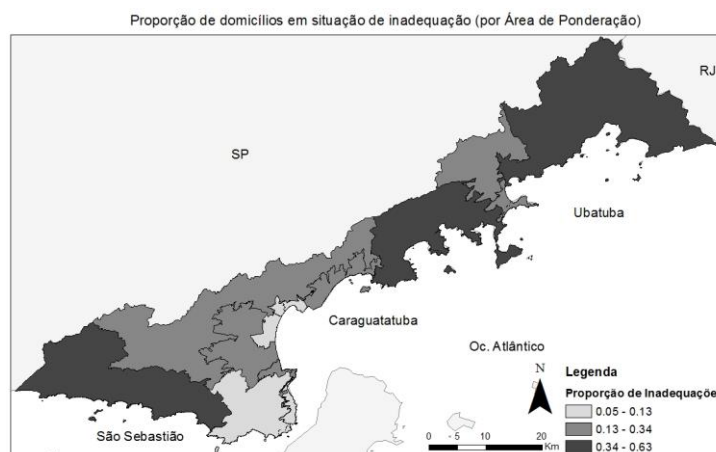


Figura 5 - Domicílios em situação de Inadequação no Litoral Norte Paulista (proporção por área de ponderação)

A utilização da área de ponderação como unidade de análise refina a escala, que passa a ser intraurbana, porém ainda são áreas grandes o suficiente para abarcar situações contrastantes. Como já observado em trabalhos anteriores a região é marcada por um modelo de segregação socioespacial semelhante ao centro-periférico, frequente no padrão de urbanização brasileira (Rosembach et al., 2010). A diferença se dá devido às características do território desta região, que fazem com que a segregação residencial seja expressa da orla para o interior: na orla se concentram os domicílios mais adequados enquanto no interior são observadas as situações de precariedade.

A região oeste de São Sebastião será usada para exemplificar os aspectos de diversidades mencionadas porque apresenta maiores concentrações de déficit básico e inadequações. Na Figura 6 é possível visualizar no mapa, que mais da metade da área está contida no Parque Estadual da Serra do Mar (área sombreada). Nos exemplos dos bairros à beira mar, as características de adequação e inclusive de alto padrão dos domicílios são facilmente identificadas na imagem Digital Globe (29/ago/2015 - Google Earth): projeto de arruamento sofisticado, terrenos grandes, distância entre as unidades, vegetação abundante e equipamentos de luxo como quadras esportivas e piscinas, além, claro, da proximidade da praia.

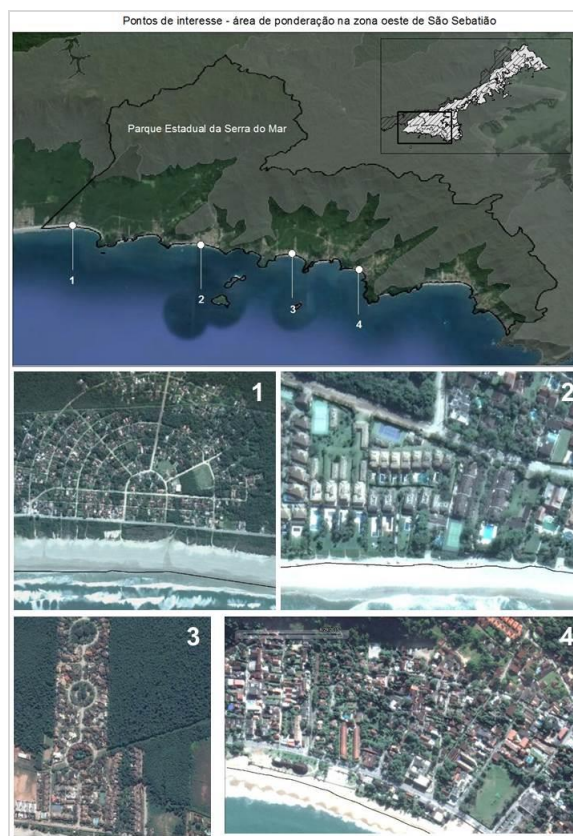


Figura 6 - Exemplos de assentamentos residenciais de alto padrão na orla dos municípios do no Litoral Norte Paulista. Imagem Digital Globe (29/ago/2015). Google Earth.



Figura 7 - Exemplos de assentamentos precários no interior dos municípios do no Litoral Norte Paulista. Imagem Digital Globe (29/ago/2015). Google Earth.



Já no exemplo da Figura 7 estão quatro situações de assentamentos com características de precariedade: traçado de ruas irregular, localização no interior e ao longo de rodovias, unidades habitacionais menores e mais próximas, ou seja, terrenos pequenos, o formato dos telhados também indica a simplicidade dos projetos, além de ruas sem asfalto e sem vegetação.

#### 4. Conclusões

As ferramentas de geoprocessamento e imagens de sensoriamento remoto apresentado nesta análise da situação habitacional permitiram a superação da escala municipal e proporcionaram avaliações mais detalhadas e territorializadas sobre o déficit e as inadequações domiciliares. Foi possível identificar áreas prioritária para intervenção (concentrações de déficit e inadequações), demonstrando o potencial destas técnicas para contribuir no desenho de políticas habitacionais e no direcionamento das ações do poder público. A utilização das áreas de ponderação como unidade de análise permite discutir questões como a importância da produção de moradia bem localizada em um contexto que observa a qualidade de vida urbana.

#### Referências Bibliográficas

- Castro, M. C. Spatial Demography: An Opportunity to Improve Policy Making at Diverse Decision Levels. **Population Research and Policy Review**, n. 26, p. 477–509, 2007.
- Donnay, J.P.; Barnsley, M.J.; Longley, P.A. **Remote Sensing and Urban Analysis: GISDATA 9**. London: Taylor&Francis, 2001. 256p.
- Gibson, C. C.; Ostron, E.; Ahn, T. K. The concept of scale and the human dimensions of global change: a survey. **Ecological Economics**. V.32. p.217–239. 2000.
- Martinuzzi, S.; Gould, W. A.; Gonzalez, O. M. R. Land development, land use, and urban sprawl in Puerto Rico integrating remote sensing and population census data. **Landscape and Urban Planning**, v.79, p. 288–297, 2007.
- Moreira, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa: UFV, 2003. 307p.
- Novo, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. São Paulo: Blucher, 2010. 308p.
- Patel, N. N.; Angiuli, E.; Gamba, P.; Gaughan, A.; Lisini, G.; Stevens, F. R.; Tatem, A. J.; Trianni, G. Multitemporal settlement and population mapping from Landsat using Google Earth Engine. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v. 35. p.199–208, 2015.
- Ramos, F. R.; Câmara, G.; Monteiro, A. M. V. Territórios Digitais Urbanos. In: Almeida, C. M.; Câmara, G.; Monteiro, A. M. V. (Orgs.) **Geoinformação em urbanismo: cidade real X cidade virtual**. Oficina de textos. São Paulo, 2007. P. 34-53.
- Rindfuss, R. R.; Stern, P. C. Linking Remote Sensing and Social Science: The Need and the Challenges. In: Liverman, D.; Moran, E. F.; Rindfuss, R. R.; Stern, P. C. (Org.) **Pixel and People. Linking Remote Sensing and Social Science**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998. cap. 1, p. 1-49.
- Rosembach, R.; Monteiro, A. M. V.; Novaes Junior, R. A.; Feitosa, F. F.; Ramos, F. R. R. Ampliando o olhar: metodologia para estudo comparativo dos padrões de segregação socioespacial nas regiões de conurbação de São José dos Campos e Jacareí, no Vale do Paraíba e Ubatuba, Caraguatatuba e São Sebastião, no Litoral Norte em SP. In: XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, 2010, Caxambu. XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 2010.
- Rosembach, R. G. **Diagnóstico da situação habitacional em 2010 e projeção da demanda demográfica por habitação em 20 anos no espaço intraurbano do Litoral Norte Paulista**, 2016. 134 p. Tese (Doutorado em Demografia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, UFMG, Belo Horizonte, 2016.
- Torres, H. G. Demografia urbana e políticas sociais. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, v. 23, n. 1, p. 27-42, jan./jun. São Paulo, 2006.