

Proposta metodológica para avaliação da influência dos indicadores socioeconômicos e intra-urbanos no consumo de água

Welitom Ttatom Pereira da Silva ¹
Alessandra Ribeiro de Moraes ^{1,2}
Ronaldo Medeiros dos Santos ^{1,3}
Marco Antonio Almeida de Souza ¹

¹ Universidade de Brasília – UnB/FT/EnC
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Prédio SG 12 –
70910-900 - Brasília - DF, Brasil
wttatom@terra.com.br; maasouza@unb.br

² Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul - UEMS
Rodovia BR 163 km 20,2 – 79980-000 – Mundo Novo - MS, Brasil
alessandra@uems.br

³ Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Campus Salinas - IFNMG
Fazenda Varginha, km 02, Rodovia MG-404. CEP: 39560-000. Salinas – MG, Brasil
ronaldoenge@yahoo.com.br

Abstract. The urban planning has been enhanced by the development of spatial geotechnologies, mainly due to the capacity of data integration. Regarding water consumption analyses, tools that are able to deal with different information are extremely useful. This work aims to study possible associations between the *per capita* quota of water, socioeconomic indicators and intra-urban indicators, by employing spatial geotechnologies tools. For the development of this study it was carried out: (i) bibliographical review, including recent works related to *per capita* quota of water; (ii) definition of variables that will be studied, socioeconomic indicators and intra-urban indicators; (iii) selection of areas of study; (iv) data collection (socioeconomic indicators, remote sensing products; indicators of water consumption); (v) extraction of intra-urban indicators by remote sensing image processing, (vi) research association between indicators and the *per capita* quota of water. It was chosen six cities in Federal District of Brazil with different socioeconomic characteristics. A maximum likelihood classification was applied to classify land use in the area. The per capita income was the indicator most related to the water consumption, as it was expected. The results led to conclude the existence of possible associations between indicators intra-urban and water consumption, however the small number of samples and the difficulties in the achievement process of classification of images don't allow the inference of this association.

Palavras-chaves: urban planning, urban water, water resources, methodological support, planejamento urbano, água urbana, recursos hídricos, suporte metodológico.

1. Introdução

A falta de uma política urbana claramente definida pelo Governo para o território brasileiro tem feito, dentre outras disfunções sócio-espaciais, com que as cidades cresçam anarquicamente, se adensem e se deteriorem, expressando o processo de produção e reprodução de espaços e suas conseqüências mais imediatas (Anjos, 1993).

Associado a este crescimento encontra-se a necessidade de atendimento à demanda por infra-estrutura, fator intimamente relacionado ao consumo de recursos naturais. Daí, a imperativa obrigação do aprimoramento dos instrumentos de gestão dos recursos naturais. Neste contexto, encontra-se a gestão dos recursos hídricos que visa, essencialmente, melhorar a qualidade da água de maneira a viabilizar seus múltiplos usos (Amaral e Shiota, 2002).

Informações relativas ao consumo de água *per capita* podem ser consideradas ferramentas de grande valia quando se deseja crescimento sustentável. Entretanto, na elaboração de projetos de planejamento urbano, a utilização de valores de consumo tabelados é questionável, devido à variação de fatores, como o nível socioeconômico, o porte da cidade, o percentual de hidrometração e o custo da tarifa, estarem diretamente relacionados ao número de habitantes e ao grau de industrialização, além do clima e topografia (Fernandes et al., 2004).

Nesse contexto, o uso de ferramentas e produtos advindos do sensoriamento remoto e de sistemas de informações geográficas em planejamento urbano tem sido crescente, pelo potencial do primeiro, como fonte permanente de dados físicos e morfológicos acerca do ambiente urbano, e pela capacidade do segundo, de integração, armazenamento e análise de informações de fontes e natureza diversificadas. Santos e Pereira Filho (2009) verificaram a relação do consumo de água na cidade de São Paulo com as condições climáticas e aspectos demográficos, sendo que as variáveis meteorológicas foram importantes indicadores da variação sazonal no consumo.

Considerando a necessidade de aprimoramento de metodologias para subsidiar a gestão adequada de recursos hídricos, este trabalho apresenta uma proposta metodológica para avaliação da influência dos indicadores socioeconômicos e intra-urbanos no consumo *per capita* de água.

2. Metodologia de Trabalho

Para o desenvolvimento dos estudos realizou-se: (i) revisão bibliográfica, contemplando trabalhos recentes relacionadas à quota *per capita* de água; (ii) definição das variáveis a serem estudadas; (iii) seleção de áreas de estudo; (iv) coleta de dados (indicadores socioeconômicos; produtos de sensoriamento remoto; indicadores de consumo de água); (v) extração de indicadores intra-urbanos por meio de processamento de imagens digitais; (vi) investigação da associação entre os indicadores considerados e a quota *per capita* de água.

2.1. Definição das variáveis a serem estudadas

Na definição das variáveis, buscou-se por aquelas já utilizadas ou mencionadas por outros autores como possíveis fatores influentes na quota *per capita* de água, dentre as quais podem ser destacadas: (i) renda *per capita* mensal; (ii) índice de solo exposto; (iii) índice de telhado cerâmico; (iv) índice de telhado metálico; (v) índice de telhado cimento amianto; (vi) índice de vegetação arbustiva; (vii) índice de vegetação rasteira; e (viii) índice de asfalto. Tais variáveis representam os indicadores intraurbanos, obtidos a partir das Equações 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, apresentadas a seguir.

$$Ise = ase \times at^{-1} \quad (1)$$

$$Itc = atc \times at^{-1} \quad (2)$$

$$Itm = atm \times at^{-1} \quad (3)$$

$$Itca = atca \times at^{-1} \quad (4)$$

$$Iva = ava \times at^{-1} \quad (5)$$

$$Ivr = avr \times at^{-1} \quad (6)$$

$$Ias = aas \times at^{-1} \quad (7)$$

Nas quais: *Ise* = índice de solo exposto; *ase* = área de solo exposto; *at* = área total da região; *Itc* = índice de telhado cerâmico; *atc* = área de telhado tipo cerâmico; *Itm* = índice de telhado metálico; *atm* = área de telhado tipo metálico; *Itca* = índice de telhado tipo cimento-amianto; *atca* = área de telhado tipo cimento-amianto; *Iva* = índice de vegetação arbustiva; *ava* = área de vegetação arbustiva; *Ivr* = índice de vegetação rasteira; *avr* = área de vegetação rasteira; *Ias* = índice de asfalto; *aas* = área coberta por asfalto.

2.2. Seleção das áreas de estudo e coleta de dados

Foram selecionadas seis regiões administrativas (RA) do Distrito Federal, com diferentes características socioeconômicas e intraurbanas: RA V – Sobradinho, RA VII – Paranoá, RA X – Guará, RA XVIII – Lago Norte, RA XXIII – Varjão e RA XXVIII – Itapoã. As informações sobre tais regiões foram obtidas a partir de consulta ao banco de dados (BD) do Governo do Distrito Federal (GDF), ao BD do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e ao BD da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). A Tabela 1 apresenta os dados utilizados, bem como sua fonte.

Tabela 1 – Dados utilizados e respectivas fontes.

Item	Dados	Fonte
1	Indicadores socioeconômicos	GDF
2	Imagem CBERS_2B_HRC de 05/06/2008	INPE
3	População atendida por sistema de abastecimento de água e consumo de água por Região Administrativa	CAESB

2.3. Extração de indicadores intra-urbanos por meio de processamento de imagens

Para extração dos indicadores intra-urbanos a partir das imagens digitais foram utilizadas duas técnicas de processamento, com objetivos diferentes: (i) aplicação de realce de contraste, através da operação linear, para melhorar a qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano; e, (ii) aplicação do classificador tipo *Pixel a Pixel*, baseado no método da Máxima Verossimilhança (MaxVer), que considera a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos.

A classificação foi avaliada por meio de um índice de acerto (*ia*), representado na Equação 8, que compara a imagem classificada com dados de campo.

$$ia = noenc \times noexi^{-1} \quad (8)$$

Nas quais: *ia* = índice de acerto; *noenc* = número de objetos encontrados; *noexi* = número de objetos existentes.

Para este estudo, adotou-se as imagens do Google Earth 4.3 como dados de campo. Das imagens classificadas foram extraídos os indicadores intra-urbanos, a partir da quantificação da área de cada classe e da área total de cada RA estudada.

2.4. Investigação da associação entre os indicadores e a quota *per capita* de água

Para estabelecer a possível associação entre os indicadores socioeconômicos e intra-urbanos, optou-se pela elaboração de diagramas de dispersão, uma vez que a quantidade de

dados disponíveis não permite a realização de análises de natureza estatística. De acordo com Martins (2002), para obtenção de resultados mais robustos, seriam necessários um número de observações, para cada variável, de ao menos 30 pontos. Foram utilizados os seguintes materiais ao desenvolvimento do estudo: (i) *Software Spring 5.0.2*; (ii) Imagens CBERS 2B HRC, resolução de 2,7m; (iii) *Software Google Earth 4.3*; (iv) *Microsoft Excel 2003*.

3. Resultados e Discussão

Os resultados referentes aos indicadores e de consumo de água são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Indicadores socioeconômicos, intra-urbanos e quota *per capita* de água.

Indicador	Região administrativa (RA)					
	V	VII	X	XVIII	XXIII	XXVIII
Renda <i>per capita</i> mensal*	2,4	1,2	3,3	7,8	0,8	0,4
<i>Ise</i>	0,0861	0,0841	0,0133	0,0698	0,3853	0,5464
<i>Itc</i>	0,1638	0,0472	0,0527	0,0500	0,1589	0,0856
<i>Itm</i>	0,0062	0,0040	0,0074	0,0038	0,0200	0,0086
<i>Itca</i>	0,0826	0,0254	0,3172	0,0208	0,0943	0,0923
<i>Iva</i>	0,1277	0,1318	0,1298	0,1289	0,1914	0,0370
<i>Ivr</i>	0,2744	0,3151	0,2809	0,3191	0,1501	0,2301
<i>Ias</i>	0,2591	0,3924	0,1987	0,4076	0,0000	0,0000
PA**	146	111	215	349	-	25

* em salário mínimo, ** quota *per capita* de água em $L \times (\text{hab} \times \text{d})^{-1}$

A Figura 1 apresenta a imagem original e a localização das RA's estudadas.

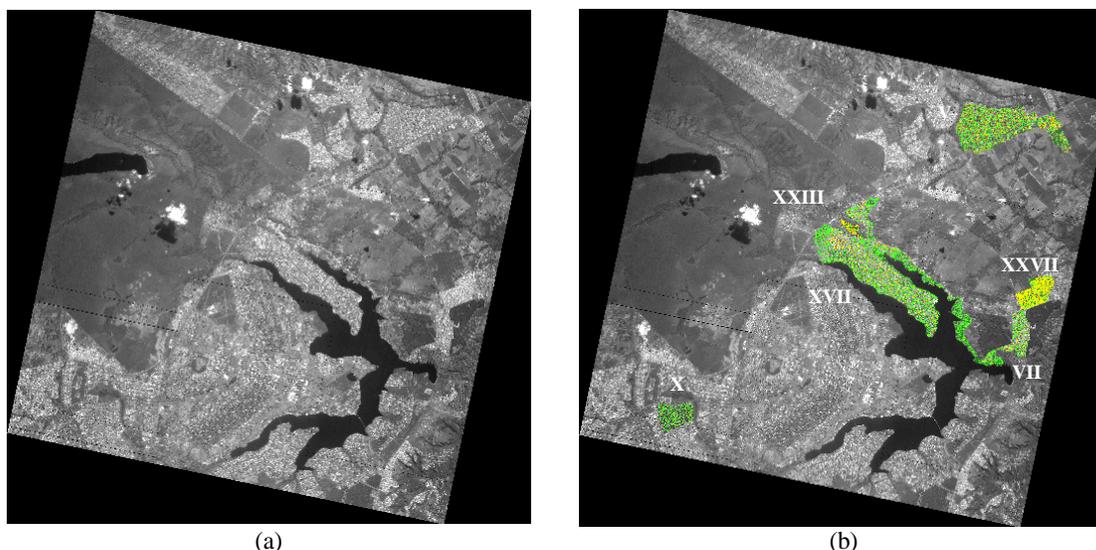


Figura 1. (a) Imagem original; (b) localização das RA (V: Sobradinho; VII: Paranoá; X: Guará; XVIII: Lago Norte; XXIII: Varjão; XXVIII: Itapoã)

Embora a classificação tenha sido feita para todas as RA's selecionadas, apresenta-se apenas o resultado da classificação para a RA V (Sobradinho) na Figura 2.

A avaliação da imagem classificada da RA V, por meio da comparação com dados de campo, pode ser visualizada na Figura 3.

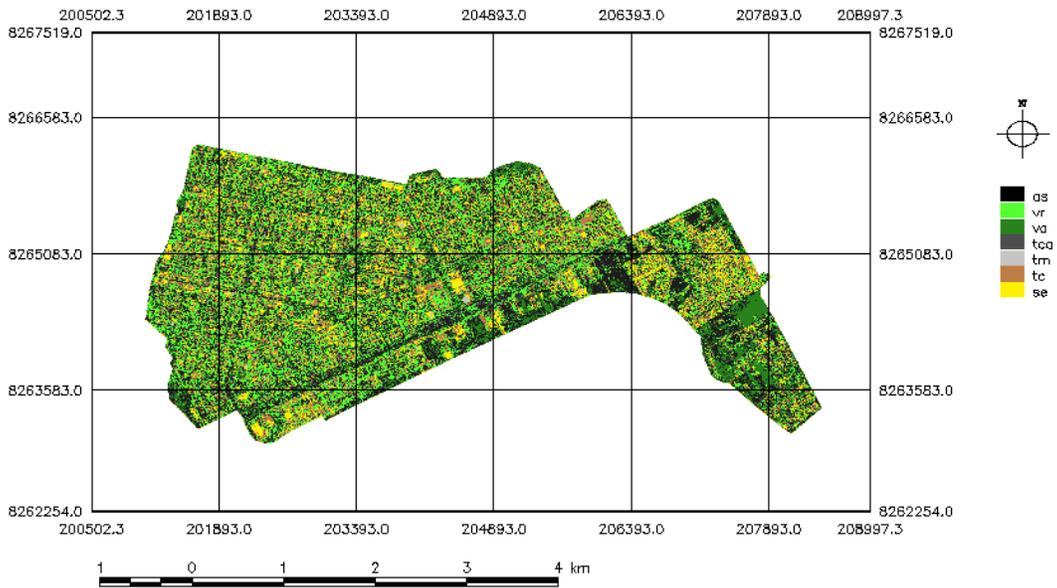


Figura 2. Classificação da cobertura do solo para a RA V (Sobradinho).

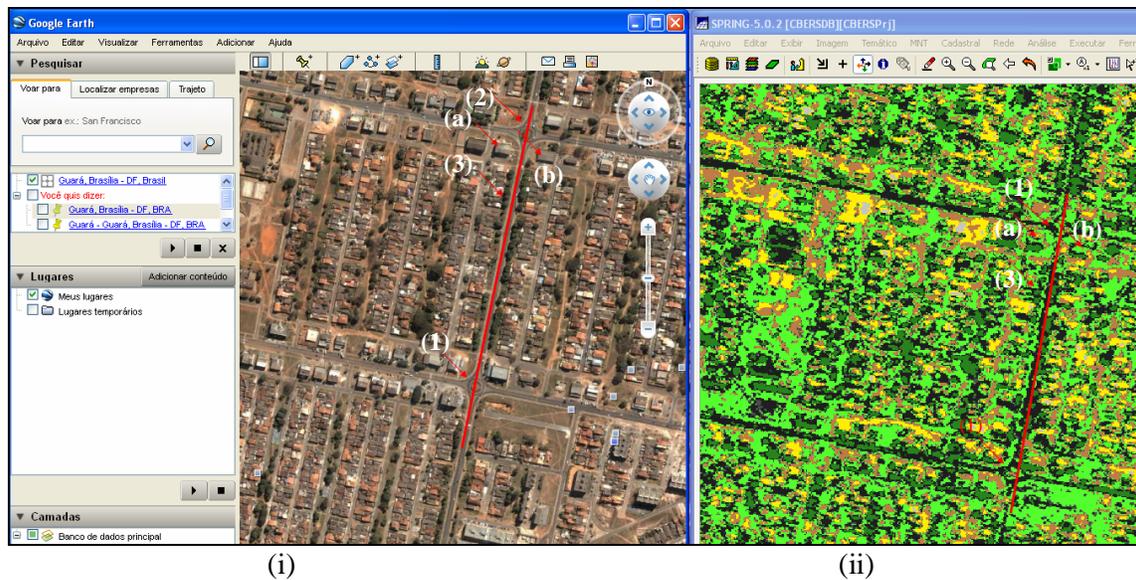


Figura 3. Avaliação da classificação da RA Sobradinho. (i) dado de campo (Google Earth 4.3), (ii) a imagem classificada. (1) e (2) trevos; (3) vegetação arbustiva; (a) e (b) objetos prédios com telhado de cimento amianto.

A linha vermelha e as setas representam, respectivamente, o referencial e os objetos que deveriam ter sido identificados. No caso, a imagem classificada permitiu a identificação dos trevos (1) e (2), e da vegetação arbustiva (3) ao longo da avenida, mas não permitiu a identificação dos objetos (a) e (b). A Tabela 3 apresenta os *ia* para todas as áreas estudadas.

Tabela 3 – Resultados obtidos de *ia* (índices de acertos) das RA's estudadas.

Indicador de classificação	Região administrativa					
	V	VII	X	XVIII	XXIII	XXVIII
<i>ia</i>	0,60	0,20	0,33	0,50	0,33	0,20

O valor médio do *ia* foi de 0,36, o que reporta para a necessidade de atenção à adequabilidade da metodologia adotada, face aos objetivos do estudo e aos materiais disponíveis.

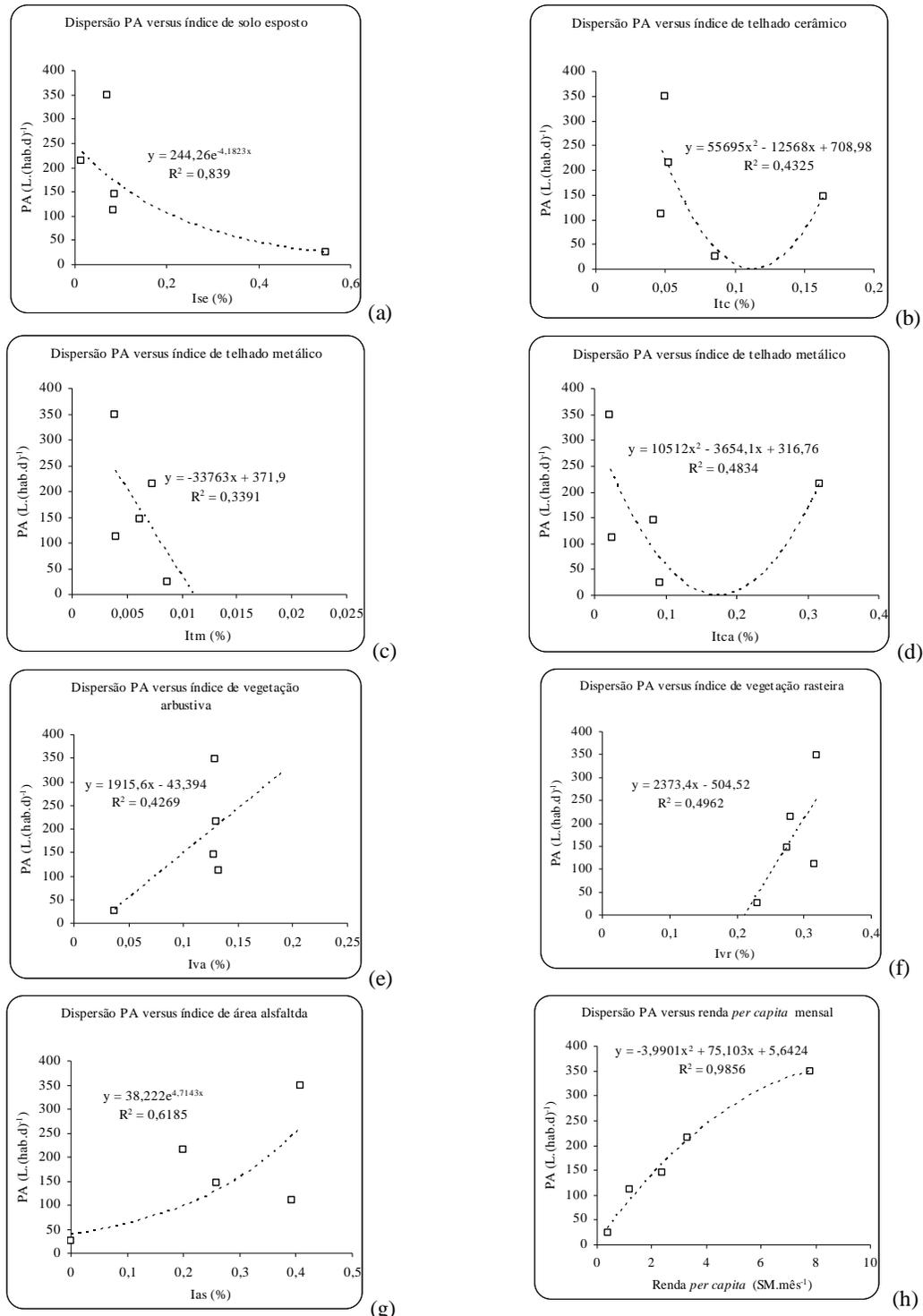


Figura 4 – Representação gráfica dispersão; PA versus *Ise* (a); PA versus *Itc* (b); PA versus *Itm* (c); PA versus *Itca* (d); PA versus *Iva* (e); PA versus *Ivr* (f), PA versus *Ias* (g); PA versus renda per capita mensal (h)

O baixo valor de *ia* encontrado pode ser justificado pelo fato de que algumas classes de cobertura do solo não são separáveis a partir de suas características espectrais (região do espectro eletromagnético situada entre 350nm e 2400nm), pois possuem comportamento espectral muito semelhante, como é o caso, por exemplo, de rodovias asfaltadas e alguns tipos de cobertura de telhados (telhas de cimento amianto e de concreto, dentre outras).

De acordo com Pinho (2006), os objetos pequenos, localizados em áreas de transição entre dois tipos de cobertura do solo apresentam os piores graus de instabilidade (inaceitável e ambíguo). Estes objetos têm como característica agregar pixels de classes diferentes, tornando sua distinção complicada. A geração deste tipo de objetos é influenciada por dois fatores. O primeiro é a resolução espacial, que quanto maior for, melhor serão definidas as bordas dos objetos e, portanto, menor a probabilidade da sua formação. O segundo fator está relacionado às características dos alvos. Áreas com objetos muito pequenos, bem próximos entre si e com arranjo irregular (áreas “mal comportadas”) dificultam a individualização dos segmentos.

Os resultados da investigação da associação das variáveis são apresentados nas Figuras 4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f, 4g e 4h. De acordo com as representações de dispersão e linhas de tendência, encontraram-se possíveis associações entre *Ise*, *Itm*, *Iva*, *Ivr* e *Ias*, e como já esperado, uma associação forte com renda *per capita*. Observaram-se ainda prováveis associações crescentes com os indicadores de *Iva*, *Ivr*, *Ias* e renda *per capita*, por outro lado verificaram-se prováveis relações decrescentes para os indicadores *Ise* e *Itm*.

Uma possível hipótese para explicar os resultados advém do fato que, em áreas urbanas, maiores índices de áreas verdes resultam em maior necessidade de consumo de água para sua manutenção e o fato que áreas com maior *Ias* referem-se a áreas de maior nível econômico, enquanto áreas com maior *Ise* relacionam-se aos níveis econômicos mais baixos. Fernandes et al. (2004) mencionaram a existência de associação do porte, das características e da topografia da cidade com o consumo de água. Silva e Rocha (1999) apontam outras variáveis explicativas ao desenvolverem modelos para previsão de demanda e água construída: (i) área residencial construída, (ii) área comercial construída, (iii) área total, sendo verificado a existência de correlações estáveis entre consumo e área construída.

4. Conclusões

Verificou-se a existência de possíveis associações entre indicadores intra-urbanos e consumo de água, no entanto o pequeno número de amostras e as dificuldades na realização do processo de classificação imagens não permitem a inferência desta associação;

Verificou-se uma forte associação entre a renda *per capita* e a quota *per capita* de água, resultado já esperado, uma vez que se trata de uma variável já consolidada como explicativa do consumo de água;

Há necessidade de revisão na metodologia adotada para a classificação das áreas, destacando a necessidade de imagens de altíssima resolução.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro.

Referências Bibliográficas

Amaral, A. M. P.; Shiota, R. Consumo residencial médio de água tratada: uma aplicação de modelos de séries temporais em Piracicaba. **Revista Agrícola**, v. 49, n. 1, p. 55-72, 2002.

Anjos, R. S. A. Modelagem da dinâmica espacial urbana no Distrito Federal do Brasil utilizando produtos de sensoriamento remoto e recursos de geoprocessamento In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 1, 1993, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1993. Artigos, p.7-15.

Fernandes Neto, M. L.; Naghettini, M.; Von Sperling, M.; Libânio, M. Avaliação da relevância dos parâmetros intervenientes no consumo per capita de água para os municípios de Minas Gerais. **Revista ABES**, v. 9, n. 2, p. 100-107, 2004.

Governo do Distrito Federal. Companhia do Desenvolvimento do Planalto Central – Codeplan. Síntese de informações socioeconômicas – Brasília: CODEPLAN, 2006. 68 p. Disponível em: <<http://www.codeplan.df.gov.br/sites/200/216/00000005.pdf>>. Acesso em: 26.set.2008.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 10.ago.2008.

Martins, G. A. **Estatística geral e aplicada**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

Pinho, C. M. D. Análise orientada a objetos de imagens de satélite de alta resolução espacial aplicada à classificação de cobertura do solo no espaço intra-urbano: o caso de São José dos Campos - SP. 2006. 182 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos-SP.

Santos, C.C.; Pereira Filho, A.J.P. Consumo de água na cidade de São Paulo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 4845-4850. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.13.31/doc/4845-4850.pdf>. Acesso em: 07 out. 2010

Silva, R. T.; Rocha, W. S. **Caracterização da demanda urbana de água**. Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, 1999.

Setti, A. S. **O saneamento no Distrito Federal: aspectos culturais e socioeconômicos**. 1. ed. Brasília: FUBRAS/CAESB, 2005.