

CONSUMO DE ÁGUA COMO ELEMENTO ESTIMADOR DE POPULAÇÃO URBANA

Jackson Martins Rodrigues¹, Marcelo Cid de Amorim², Gilberto Chohaku Sedyama³, Luiz Cláudio Costa³, Rafael de Ávila Rodrigues², Alexandre da Silva Dias⁴

(1) Graduando de geografia, Bolsista PIBIC/CNPq - UFV: E-mail: Jackson.rodrigues@ufv.com; (2) Pós-graduando em meteorologia agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Departamento de Engenharia Agrícola (DEA). Campus Universitário. Fone: +55(31)3899.1903. E-mail: mcid@vicosa.ufv.br; rafaelvo@hotmail.com (3) Professores Titular e Adjunto da UFV/DEA e bolsistas de Produtividade do CNPq, e-mail: sedyama@ufv.br; Lcosta@ufv.br (4) arquiteta e urbanista E-mail: arq2002@ig.com.br

RESUMO

O crescimento populacional causa muitas controvérsias gerando muitas especulações entre os pesquisadores. Têm-se, como exemplo, as projeções de crescimento da população proposto por *Thomas Malthus* que sinalizavam para um colapso nutricional devido à desproporcionalidade entre as taxas de crescimento da população e a produção de alimentos em cenário mundial. Ou seja, o avanço populacional segue uma tendência exponencial e a produção de alimento num ritmo linear. As teorias malthusianas, atualmente, são consideradas ultrapassadas, em função do desenvolvimento de tecnologias direcionadas para produção dos recursos, no entanto a preocupação com relação ao crescimento da população mundial vem apresentando novas faces como, a crescente demanda por recursos financeiros destinados a manutenção sustentável da população e a crescente demanda por água potável em uma sociedade que vem mostrando mudanças significativas de comportamento ao longo dos anos. No Brasil, os censos demográficos, contagens de população e as estimativas populacionais são de incumbência do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e desde seu primeiro levantamento, em 1940, tem demonstrado mudanças no comportamento demográfico brasileiro como o crescimento da população urbana, que na década de 1940 era de 31,3% e saltou para mais de 80%, em 2007. Este crescimento foi impulsionado por elevadas taxas de natalidade como as apresentadas na década de 1960 quando a média era de 6,3 filhos por mulher e pelo fenômeno da migração da população do campo (ambiente rural) para as cidades em busca de melhorias nas condições de vida. Desta forma, nas últimas décadas, o crescimento populacional em cidades de médio a grande porte, na maioria das vezes, se deu através em processos insustentáveis e em total desarmonia com o ambiente urbano. Neste enfoque, o objetivo deste trabalho foi propor um modelo matemático de ordem simples e empírico associando o volume de água consumida nas residenciais urbanas com os registros oficiais coletados dos censos demográficos promovidos pelo IBGE. Para tanto tomamos o município de Viçosa, em Minas Gerais, inserido na Zona Mata, como nossa base de referência de crescimento populacional desordenado devido a vários fatores específicos, como a implantação de várias instituições de ensino médio e superior que vem influenciando o crescimento urbano, atraindo principalmente estudantes e profissionais de diversas partes do Brasil e do Mundo. O ritmo do crescimento populacional de Viçosa também se deu de maneira acintosa, ou seja, em 1975 a população era de 28.331 habitantes saltando para de 70.404, última contagem em 2007, ou seja, 150% em 32 anos – um ritmo de crescimento atípico quando comparado com das cidades circunvizinhas. Para o

desenvolvimento do modelo foram organizados os registros populacionais (censos demográficos, contagens e estimativas populacionais) divulgados pelo IBGE para Viçosa e os registros de consumo de água (em m³) fornecidos pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE – Viçosa) num período de 32 anos (1975 a 2007). O primeiro impacto observado com o crescimento da população é o aumento no consumo de água, sendo este aumento na demanda o principal indicativo de mudança de comportamento da população, por exemplo, em função do baixo custo da água, aumento do poder de compra e a aquisição de bens de consumo como veículos, construções e etc. Contudo, fraudes, desperdícios ou falhas no sistema de distribuição possam mascarar as medidas – O operador oficial (SAAE) contabiliza uma perda média de 40% de água tratada. Nota-se que o sistema de distribuição de água em Viçosa é frágil e obsoleto além de ser totalmente dependente das condições do clima, e que medidas técnicas urgentes são necessárias no sentido de minimizar perdas e desperdícios – o caos na distribuição é fato eminente devido o ritmo de crescimento da cidade e mudança no perfil do consumidor. O desempenho do modelo foi verificado por meio do coeficiente de determinação – (r^2) igual 0,95 – , pelo erro relativo (RE) de 0,04 pelo índice de concordância (d) de Willmontt (1981) estimado em 0,99, valores considerados elevados e demonstram alta precisão e exatidão entre os valores simulados e os reais. A simulação foi altamente significativa, ao nível de significância 7% pelo teste *t*. De acordo com os resultados, o fornecimento de água tratada para população de um município de porte médio, com contagem populacional por amostragem, é um excelente indicativo de estimativa de população, principalmente, em áreas urbanas. Sendo ferramenta útil em medidas no curto período, ou seja, mensal ou anual – fato que vêm causando contratempos entre algumas prefeituras e o IBGE. Imprecisões no número de habitantes refletem no repasse de recursos como, por exemplo, no Fundo de Participação dos Municípios – verba calculada com base no número de habitantes de grande impacto no desenvolvimento dos municípios. Deste modo, concluímos que o modelo adequou com qualidade às estimativas da população e fornece aos gestores públicos um elemento essencial ao planejamento urbano.

Palavras chave: População urbana, Consumo de Água, modelagem, Estimativa populacional, Planejamento Urbano.

5-Dinâmica urbana

INTRODUÇÃO

O Crescimento populacional que outrora preocupou teóricos como Thomas Malthus em função do aumento da demanda por alimentos, atualmente vem ganhando novas preocupações como a crescente demanda por água potável em uma sociedade que vem mostrando mudanças significativas de comportamento ao longo dos anos.

Como exemplo de crescimento, observa-se a situação brasileira que saltou de 40 milhões de habitantes na década de 1940 para a mais de 180 milhões em 2007 demonstrando um aumento superior a 300%. Esse crescimento de acordo com Beltrão et al (2000), se deu em função da queda nas taxas de mortalidade e aumento nas taxas de natalidade chegando a 6,3 filhos por mulher na década de 1960.

Segundo Braga (2006), esse crescimento se deu principalmente em áreas urbanas, devido a instalação de indústrias que influenciaram a migração populacional para as cidades, atraídas pelas oportunidades de trabalho e promessas de melhoria em suas condições de vida.

Andrade et al (2000) afirmam que, embora a população brasileira esteja concentrada nos grandes centros urbanos, as cidades médias vêm aumentando sua participação no percentual da população nacional, em função de um ritmo de crescimento superior às demais, sendo este fato dinamizado por fatores como investimentos em regiões economicamente defasadas.

Contudo, Souza (2003) lembra que o crescimento urbano, causou muitos transtornos aos gestores públicos no atendimento a demanda da população por serviços de saúde, educação, infraestrutura e principalmente distribuição de renda e recursos que sempre se apresentaram de maneira injusta no país. Assim, na busca de maior equidade no atendimento destas demandas sociais, os governos, a vários anos, buscam conhecer o número de habitantes existentes, através de censos demográficos, contagens populacionais ou estabelecer meios para estimar a população na busca de melhores parâmetros que justifiquem o repasse de recursos e investimentos.

De acordo com Gasparini et. al. (2004), atualmente um recurso que vêm contribuindo para equilibrar a balança financeira dos municípios brasileiros é o Fundo de Participação dos Municípios - FPM, sendo este uma transferência constitucional, que corresponde a 22,5% da arrecadação líquida do Imposto de Renda – IR e do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI. O FPM tem sua distribuição balizada no enquadramento dos municípios em faixas populacionais por meio de coeficientes individuais, que variam de 0,6 a 4,0 e são determinados de acordo o número de habitantes apresentados pelas estimativas ou demais levantamentos populacionais realizados pelo IBGE para cada município.

No entanto, o crescimento urbano também amplia a demanda por recursos como a água. Segundo CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2008), as pessoas ao dotarem um estilo de vida urbano, vivendo em prédios residenciais com água encanada, podem triplicar o consumo de água criando situações de crises ou escassez.

Tundisi (2008) aponta que crises por falta água estão relacionadas a vários fatores como o crescimento urbano desordenado, excessivas perdas em função de redes de distribuição precárias, carências em razão de mudanças climáticas globais, falta de ações consistentes na governabilidade de recursos hídricos e na sustentabilidade ambiental.

Diante do quadro de crescimento populacional desordenado, destacando o centro urbano como grande fator de influência demográfica apresentado nas últimas décadas, tem-se como exemplo a cidade de Viçosa - MG, que em função da implantação de várias instituições de ensino superior com destaque para Universidade Federal de Viçosa – UFV, tem atraído muitos estudantes e profissionais de outras localidades extrapolando suas tendências de crescimento populacional apresentadas pelo IBGE.

Ao migrarem para a cidade de Viçosa, profissionais e estudantes buscam se estabelecer nas proximidades das instituições de ensino e da rede de prestações de serviços da cidade, incrementando seu quadro populacional urbano bem como aquecendo sua economia.

Desta maneira, para que haja uma melhor distribuição e gestão dos recursos públicos como FPM, por exemplo, torna-se necessário o desenvolvimento de um modelo de caráter empírico, para estimar o número de habitantes de Viçosa, de maneira que represente adequadamente a realidade

populacional do município e venha respaldar a implantação políticas públicas de distribuição de recursos e de planejamento urbano.

ESTIMATIVAS POPULACIONAIS MUNICIPAIS

Para estimar o número de habitantes, a nível nacional, o IBGE – Instituto Brasileiro de geografia e Estatística, utiliza o método desenvolvido pelos demógrafos Madeira e Simões, conhecido como Componentes Demográficas, que agrega as informações sobre as tendências das taxas de mortalidade, fecundidade e migração observadas nos levantamentos demográficos. De acordo com Madeira e Simões (1972), o método para estimar os contingentes populacionais de áreas menores, proposto pelo IBGE e adotado pelos municípios, parte da divisão de uma área maior, que já se conhece a estimativa, em áreas menores, de maneira que ao término dos cálculos a estimativa da área maior seja assegurada.

Segundo Gasparini et al (2004), as estimativas populacionais para os municípios, tiveram início em 1975 e eram realizadas para todos os anos terminados em dígito 5 (cinco), como determinava o artigo nº 91 da lei 5.172 de 1966, que definia os critérios de distribuição do FPM. No entanto, em cumprimento a outro dispositivo constitucional, regulamentado pela Lei complementar nº 59, de 22 de dezembro de 1988, que determinou a revisão anual dos coeficientes de participação do FPM, as estimativas passaram a ser fornecidas anualmente a partir de 1989.

Segundo Brito et al (2008), as estimativas tem sido uma ferramenta muito utilizada, para viabilizar os planejamentos sociais, econômicos, políticos e ambientais em níveis micro-espacializados de diversos países, inclusive o Brasil, e por esse motivo demandam métodos cada vez mais confiáveis para estimar os contingentes populacionais.

No entanto, a eficácia do método das Componentes Demográficas tem sido questionada quando aplicadas em áreas com escalas reduzidas. De acordo com Brito et al (2008), para áreas pequenas, como os municípios, por exemplo, a aplicação do modelo fica comprometida devido ao tamanho reduzido da população, alterações nos padrões de crescimento e informações de baixa qualidade, não refletindo em determinadas circunstâncias a realidade local.

Assim, a coerência das estimativas podem ser avaliadas, quando comparadas aos valores observados em pesquisas de campo, como demonstra a Figura 1.

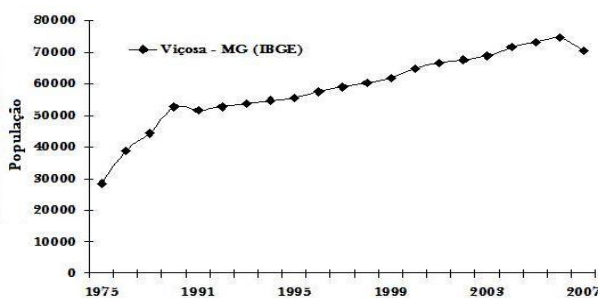


Figura 1: Evolução da População de Viçosa - MG
Fonte: IBGE.

Nota-se que em anos como em 1990 e nos anos que seguiram de 2004 a 2007, as estimativas não apresentaram números contundentes, superestimando a população do município. O equívoco

pode ser observado quando se compara com os valores observados no censo de 1991 e na contagem realizada em 2007 que apresentaram valores inferiores.

Equívocos como esses devem ser evitados, pois segundo Brito et al (2008), muitos recursos tanto do setor público quanto do privado são despendidos de modo que se a estimativa não se mostrar coerente, o atendimento de uma parcela da população necessitada pode ficar comprometida.

Diante das dificuldades para estimar a população de áreas menores, este trabalho oferece uma contribuição para a temática, por meio de um modelo matemático simples de caráter empírico, correlacionando o volume de água consumida nas residências urbanas, com os registros oficiais divulgados pelos censos demográficos, contagens populacionais e estimativas coerentes disponibilizadas pelo IBGE.

Para tanto, tomamos o município de Viçosa - MG, como nossa base de referência de crescimento populacional desordenado devido a vários fatores específicos, como a implantação de várias instituições de ensino médio e superior que vem influenciando o crescimento urbano, atraindo principalmente estudantes e profissionais de diversas partes do Brasil e do mundo.

CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA – MG

O município de Viçosa é um dos mais importantes da zona da Mata de Minas Gerais. É referenciado pelas coordenadas 20°45’S e 42°52’W, possui uma área de 279 km², e segundo SAAE (2002) tem como principal fonte de abastecimento a bacia do Ribeirão São Bartolomeu ocupando uma área de 55,10 km².

Segundo Paniago (1990), as primeiras instalações em Viçosa se deram nos vales formados pelo Ribeirão São Bartolomeu, devido à disponibilidade de água e facilidade de ocupação que favoreceram a produção de gêneros agrícolas, destacando a produção de café, que proporcionou a instalação da linha férrea ligando o município a várias importantes regiões do Estado.

Segundo Pereira (2005), sua maior influência urbana, veio da instalação da Escola Superior de Agricultura e Veterinária - ESAV em 1926, se firmando como importante instituição de ensino superior do país passando por significativas mudanças, como sua federalização em 1969 se tornando Universidade Federal de Viçosa - UFV, contando com vários novos cursos bem como estudantes e funcionários.

Tais mudanças na UFV, associadas ao crescimento da economia urbana promoveram uma atração cada vez maior de migrantes para a cidade, levando o número de habitantes da área urbana ultrapassar o da área rural (Figura 2).

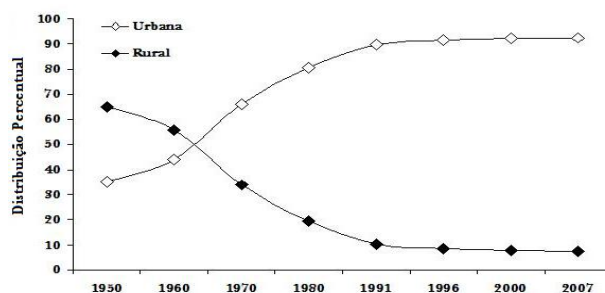


Figura 2: Distribuição percentual da população de Viçosa – MG.
Fonte: IBGE.

No entanto, de acordo com Mello (2002), como consequência do crescimento de Viçosa, ocorre um processo de deterioração da bacia que vem sofrendo uma intensa substituição da cobertura vegetal nativa por pastagens e culturas agrícolas, comprometendo sua qualidade e quantidade de água.

A degradação da bacia do Ribeirão São Bartolomeu tem preocupado, principalmente, o órgão responsável pelo abastecimento e saneamento do município, Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Viçosa (SAAE - Viçosa), ao relatar que a bacia já produziu cerca de 200 l/s há 30 anos em épocas de estiagem, e atualmente considerando o mesmo período produz 100 l/s.

A diminuição da disponibilidade não se deve apenas à quantidade de água produzida, mas também está relacionada a aumentos de consumo pela população e a desperdícios oriundos de sistemas de distribuições ultrapassados, ligações clandestinas e de mau uso por parte dos usuários, que num balanço final chegam a somar 40% de desperdício de água tratada própria para o consumo.

O aumento no volume de água consumida pela população está relacionado a alterações em seus padrões de consumo, com aumento na demanda de bens materiais, que exigem maiores gastos relativos com água, como veículos ou o aumento de obras por parte da construção civil, esse aumento pode ser observado na Figura 3.

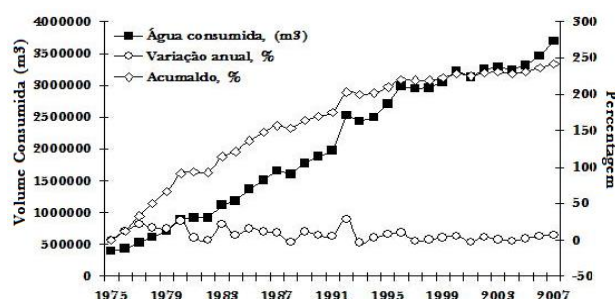


Figura 3: Consumo de água observado em Viçosa – MG
Fonte: SAAE – Viçosa

O crescimento da cidade de Viçosa pode ser observado na Figura 4, ao demonstrar com algumas de suas principais fontes de arrecadação, que o crescimento tem sido de maneira tão acintosa que alguns de suas principais fontes de recursos estão sendo gerados principalmente pelos processos desencadeados por sua expansão urbana, tais como construção civil, aumentos em cobranças de multas, outros impostos, juros, taxas, etc.

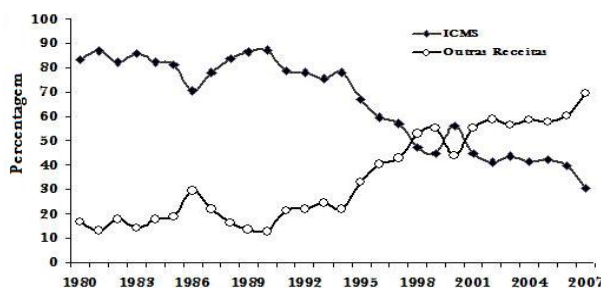


Figura 4: Arrecadação de ICMS e outras receitas por Viçosa – MG.
Fonte: Secretaria da Fazenda de Minas Gerais.

MODELAGEM E VALIDAÇÃO

No procedimento de modelagem, é fundamental que os resultados sejam considerados exatos e precisos para que a aplicação do modelo seja viável descartando assim a possibilidade de erros grosseiros e sistemáticos. Assim, entende-se por “precisão” o grau de dispersão de um conjunto de resultados de uma mesma grandeza, ou seja, quanto maior a dispersão menor será a precisão, já a “exatidão” deve ser entendida como o grau de aproximação entre os valores simulados e os valores reais.

Para uma análise precisa e coerente do modelo, foram usadas as recomendações de Willmontt (1981), que propôs o índice de concordância (d) que mede as distâncias da nuvem de dispersão de dados correlacionados em torno da reta 1:1 (linha que expressaria a correlação perfeita entre duas variáveis). Porém, cabe ressaltar que o índice de concordância é uma razão do grau de exatidão onde as simulações estão cometendo algum erro e não uma medida de correlação.

Para interpretar o desempenho dos índices gerados no processo de modelagem, Stöckle et al. (2004) utilizam a análise combinada do índice de concordância (d) e erro relativo (RE), buscando identificar se os valores simulados estão de acordo com os valores observados classificando-os em intervalos como demonstrado pela Tabela (1).

Tabela 1: Interpretação dos índices.

$d \geq 0,95$ e $ER \leq 0,10$	Muito Bom
$d \geq 0,95$ e $0,15 \geq ER > 0,10$	Bom
$d \geq 0,95$ e $0,20 \geq ER > 0,15$	Aceitável
$d \geq 0,95$ e $0,15 \geq ER > 0,20$	Desprezível

Desta forma, para implantação de modelos coerentes, utilizou-se de maneira conjunta, indicativos estatísticos que permitam a análise simultânea dos erros gerados e que indiquem o grau de ajustamento do modelo em relação aos valores oficiais do IBGE, como proposto por Willmontt (1981 e 1982) e Stöckle et al (2004) na identificação e interpretação dos erros gerados.

Assim, foram adotados os seguintes procedimentos:

- Foi calculado as médias (\bar{x}) e os desvios padrão (s) dos dados observados (O_x) e simulados (P_y).
- Estimou-se os parâmetros “ a e b ” de ajuste, pelo procedimento dos mínimos quadrados – regressão linear simples – para auxiliar na decomposição dos erros sistemáticos e não-sistemáticos (Jones, 1979; Mark e Peucker, 1978; Shuler, 2007) – Equações (1) e (2);
- Calculou-se MBE (Mean Bias Error) pela equação 3, que representa média dos desvios e provê informações quanto a performance do modelo em que os valores indicam subestimação dos valores simulados. Segundo Stone (1993), quanto menor o valor absoluto de MBE, melhor é a performance do modelo testado.

- Calculou-se MAE (Erro Médio Absoluto) pela equação 4, que mede a magnitude dos erros em um conjunto de predições.
- Os Erros produzido estão inseridos no MSE (Erro Quadrático Médio), ou na RMSE (Raiz do Erro Quadrático Médio) sendo este que informa sobre o valor real do erro produzido pelo modelo, dando pesos relativamente grandes aos erros maiores se mostrando como refinado critério na avaliação da performance do modelo.
- Índice de ajustamento “d” que varia de “0”(indicando valores completamente discordantes) a “1” (indicando perfeita concordância), descrevendo assim as variações proporcionais de duas variáveis, fazendo distinção entre tipo e magnitude de possíveis covariâncias – Equação (7).
- Estruturou-se os testes de significância estatística por meio do teste *t-student* de acordo Stones (1983), equação (9) e estimar o erro relativo (ER) proposto por Stöckle et al (2004) em que o limite inferior “0” (zero) indica perfeita concordância entre os valores observados e os valores simulados (equação; 8);

$$b = \frac{N(\sum O_i \cdot P_i) - (\sum O_i)(\sum P_i)}{N\sum(O_i)^2 - (\sum O_i)^2}$$

Eq.(1)

$$a = \bar{P} - b \cdot \bar{O}$$

Eq.(2)

$$MBE = N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)$$

Eq.(3)

$$MAE = N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^N |P_i - O_i|$$

Eq.(4)

$$MSE = \left(N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2 \right)$$

Eq.(5)

$$RMSE = \sqrt{\left(N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2 \right)}$$

Eq.(6)

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i| + |O_i|)^2}$$

Eq.(7)

$$RE = \frac{RMSE}{\bar{O}_x}$$

Eq.(8)

$$t = \sqrt{\frac{(N' - 1) \cdot MBE^2}{MSE - MBE^2}}$$

Eq. (9)

ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO DE VIÇOSA

Destacando a Figura 1, observam-se vinte e uma observações populacionais entre estimativas, contagens e censos realizados pelo IBGE que compreendem o período de 1975 a 2007. Na Figura 3 são demonstrados os valores de água, em metros cúbicos, consumida pela população de Viçosa, abarcando o mesmo período de 32 anos com trinta e duas observações realizadas pelo SAAE. Contudo, para o desenvolvimento do modelo foram utilizadas apenas dezessete destas observações devido à existência de valores superestimados da população de Viçosa em determinados anos.

Desta forma, o modelo de estimativa populacional foi estruturado a partir da análise de correlação entre as variáveis citadas, onde a correlação é estimada por meio de um modelo de regressão linear. Assim destaca-se a equação (10) que melhor se adequou às simulações populacionais.

$$y = b x + a \text{ Eq. (10)}$$

A variável dependente (y) expressa a população simulada pelo modelo, e a variável independente (x) o volume de água consumida anualmente pela população de Viçosa. Com os devidos ajustes as variáveis “ b ” e “ a ” do modelo foram calibradas com os valores 0,0121 e 25481 respectivamente. Desta maneira reescrevendo a equação para o modelo tem-se representada pela equação (11).

$$\text{População}_{\text{simulada}} = 0,0121 x + 25481 \text{ Eq. (11)}$$

Os registros de consumo de água são excelentes indicativos do crescimento do município, por demonstrarem, de maneira direta, uma demanda essencial dos habitantes, diariamente, além de fornecer subsídios para se realizar análises precisas dos perfis de consumo de uma população, auxiliando a identificação de áreas menos abastadas, que necessitam de maior atenção por parte dos gestores públicos no tocante a investimentos e distribuição de recursos. No modelo de estimativa populacional desenvolvido neste trabalho, o consumo de água também se mostrou um ótimo indexador devido a sua organização e por estar diretamente relacionado a uma demanda real da população.

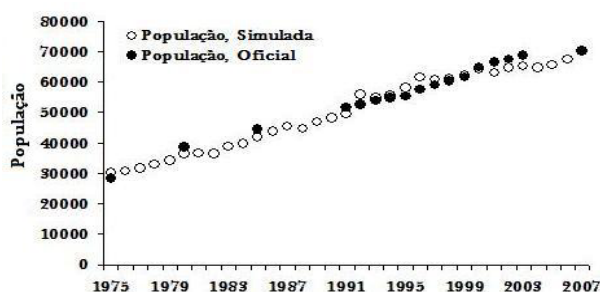
As tendências de crescimento populacional e do consumo de água de Viçosa se mostraram positivas no período estudado (1975 a 2007), permitindo, assim, estruturar com solidez um modelo para estimar o número de habitantes. Os resultados apontam que o modelo simula o número de habitantes com altíssima qualidade. O n da amostra ($n=17$) é considerado muito bom para o período de 32 anos estudados. No entanto, cabe ressaltar que levantar dados com a finalidade de estimar a população de determinado local é uma tarefa árdua devido a muitas limitações, como a ausência de indicadores que estejam isentos de erros ou que representem de maneira fiel o processo de evolução populacional.

A Tabela (2) e a Figura (5) demonstram que o modelo se mostrou um excelente estimador da população de Viçosa. O coeficiente de determinação (r^2), o índice de concordância (d) e o erro relativo (ER) foram de 0,95, 0,99 e 0,04, respectivamente, demonstrando que o modelo simula os valores reais, com uma ligeira subestimação, como demonstrado pelo MBE de -42,7.

Tabela 2: Resumo estatístico da validação do modelo

	População Urbana	
	IBGE ^(a)	Simulada
\bar{x}	56275	56318
s	11177,7	10923,9
a	2643	b 0,95
n	17	ER 0,04
MAE	2075,3	d 0,99
MBE	- 42,7	r^2 0,95
RMSE	2364,9	$t(\text{calc.})$ 0,07

O comportamento do modelo pode ser observado através da Figura (5), com simulações inclusive para os anos em que não havia dados populacionais disponíveis, preenchendo a lacuna existente em anos passados, fornecendo desta forma uma fonte completa de dados populacionais para períodos mais extensos, servindo como fonte de dados para estudos demográficos mais detalhados do município.

**Figura 5: População de Viçosa oficial (IBGE) e estimada pelo modelo**

No entanto, o modelo apresenta restrições operacionais, devido ao fato de estabelecer uma correlação entre variáveis que, embora sejam diretamente relacionadas, apresentam distúrbios em seus levantamentos e tratamentos como, por exemplo, os valores referentes ao consumo de água que apresentam distorções em função de desperdícios e alterações nos padrões de consumo por parte da população, bem como os levantamentos do número de habitantes que em muitas ocasiões são estabelecidos por estimativas equivocadas. Contudo, cabe destacar que os procedimentos metodológicos aqui empregados foram considerados satisfatórios.

Os conceitos de exatidão e de precisão podem ser identificados na Figura (6) em que os pontos correlacionados apresentam baixa dispersão e a distribuição sobre a linha 1:1 confere ao modelo uma notável precisão e exatidão.

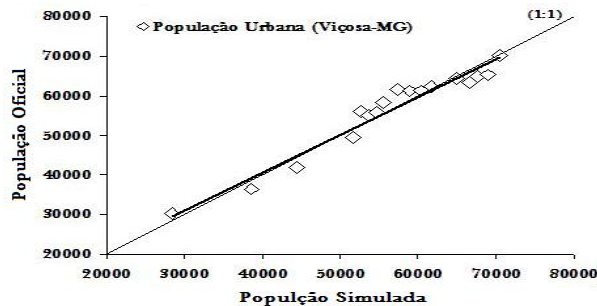


FIGURA 6: Validação através de regressão linear entre os números de habitantes – Observados (Ox) e estimados (Py)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tomando por base os dados disponibilizados pelo SAAE e IBGE, observa-se que Viçosa vem apresentando um acelerado ritmo de crescimento e de mudanças em seus padrões de consumo, principalmente nos últimos 30 anos. Constatou-se que sua população cresceu vertiginosamente se concentrando na zona urbana, e de acordo com as expectativas para um futuro próximo seu crescimento tende a ser ainda mais acentuado devido à adesão da UFV ao Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI, que propiciará um aumento no número de cursos e conseqüentemente no número de vagas para seu quadro de estudantes e funcionários.

Diante das perspectivas de crescimento de Viçosa, em curto prazo, estratégias de direcionamentos de investimentos devem ser consideradas pelos governantes, para que crises referentes à disponibilidade de recursos não se instalem e venham comprometer seu desenvolvimento. Em se tratando do consumo de água, o aumento do número de habitantes trará, como conseqüência, um aumento na demanda, podendo comprometer o abastecimento da população e desta forma restringirão seu acesso. Assim, ações voltadas a conscientização da população para um consumo mais responsável e implantação de mecanismos que visem diminuir os desperdícios deverão ser adotadas para que não ocorram crises por falta de água.

Desta forma, avaliando as particularidades existentes no desenvolvimento de Viçosa, conclui-se que método das Componentes Demográficas que é utilizado pelo IBGE, não está representando de maneira adequada o ritmo de crescimento populacional do município, apresentado números discrepantes referentes a seus habitantes. Este motivo esse trabalho apresenta uma nova metodologia para estimativa populacional, com intuito de fazer uma contribuição construtiva a temática.

Os valores simulados pelo modelo, baseiam-se em análises de natureza eminentemente estatística entre variáveis empíricas, que representam o desenvolvimento e crescimento do município de Viçosa ao longo dos últimos anos. Os resultados encontrados se mostraram satisfatórios, com apenas pequenos desvios, que são atribuídos as eventuais incoerências nas variáveis utilizadas no modelo, como as de consumo de água, que apresentam perturbações em função dos altos índices de desperdícios devido a ligações clandestinas, sistemas de distribuição obsoletos indevidos da água. Contudo, esses desvios e erros não prejudicam a aplicação do modelo, pois os valores simulados representaram com extrema fidedignidade os valores oficiais apresentados pelo IBGE.

O sucesso do modelo se deve ao fato de agregar informações novas a temática populacional, com indicadores que reflete diretamente uma demanda real dos habitantes a cada dia, demonstrando

seu ritmo de crescimento, não se baseando apenas em extrapolações matemáticas de tendências demográficas. Desta forma, a metodologia proposta se mostra como uma ferramenta fundamental no auxílio aos gestores públicos na elaboração de estratégias de governo para distribuição dos recursos com maior equidade e implantação de infra-estrutura. No entanto, cabe ainda ressaltar que os coeficientes gerados no processo de modelagem, são aplicados apenas a Viçosa – MG. Logo, para aplicação a outros municípios, ajustes devem ser considerados como a adoção de novos indexadores que melhor representem o crescimento populacional local, pois os indicadores de crescimento estão ligados a particularidades diferentes.

No entanto, a utilização de novos indexadores necessita de um considerável esforço por parte dos órgãos que prestam serviços à população, em organizar e atualizar os registros utilizados pelo modelo de maneira coerente e constante. Desta forma, o modelo tem condições de atuar como uma poderosa ferramenta de mapeamento populacional, que pode ser aplicado a qualquer município e distrito de pequeno a médio porte, para períodos anuais ou mensais com alto grau de precisão e exatidão, evitando assim, contratempos entre prefeituras que se sentirem prejudicadas e o IBGE. Esses contratempos são representados por ações judiciais movidas pelas prefeituras contra o IBGE, devido a redução de seus recursos referentes ao Fundo de Participação dos Municípios, em casos de valores subestimados de número de habitantes.

Para municípios considerados grandes, o modelo requer um melhor refinamento estatístico com utilização de uma variedade maior de indicativos como, esgoto gerado, impostos, IPTU entre tantos outros indexadores referentes ao município que se deseja estimar os número de habitantes.

Por fim, diante de um tema tão controverso, este estudo teve como propósito oferecer orientações aos mecanismos de gestão urbana disponibilizando dispositivos de reflexão para ação pública, e seu sucesso depende do interesse dos órgãos públicos em fornecer dados reais, com a menor deturpação possível, para que seja utilizados como técnica de diagnóstico, monitoramento e orientação do planejamento urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, T. A.; SERRA, R. V. O desempenho das cidades médias no crescimento populacional brasileiro no período 1970/2000. In: ANDRADE, T. A.; SERRA, R. V. (org.) **Cidades médias brasileiras**. Rio de Janeiro: IPEA, 2001. p.129-169.

BELTRÃO, K. I. ; CAMARANO, A. A. Perfil da população brasileira. **Relatórios Técnicos da ENCE/IBGE**, v. 01, p. 1-24, 2000.

BRITO, L. P. G. de; CAVENAGHI, S. M. ; JANNUZZI, P. de M. Avaliação da precisão de estimativas e projeções populacionais para pequenos domínios. In: **XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais**, 2008, Caxambu MG. Anais do XVI ENEP. ABEP, 2008. v. cd rom.

BRAGA, F. G. Migração interna e urbanização no Brasil contemporâneo: um estudo da Rede de Localidades Centrais do Brasil (1980/2000). Caxambu: **XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais**, 2006.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **O problema da escassez de água no mundo**. São Paulo: Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_escasez.asp>. Acesso em: 10 ago. 2008.

GASPARINI, C. E. ; MELO, C. S. Lúcio de. **Equidade e Eficiência Municipal: uma Avaliação do Fundo de Participação dos Municípios - FPM**. In: Tesouro Nacional. (Org.). Finanças Públicas. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2004, v. 8, p. 337-401.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/pesquisas/demograficas.html>> . Acesso em: 9 ago. 2008

JANNUZZI, P. de M. ; JANNUZZI, N. . Projeção populacional para pequenas áreas: uso combinado do método das componentes demográficas e sistema dinâmico em Ecologia. In: **Encontro Nacional de Estudos Populacionais**, 12, 2000, Caxambu. Anais. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 2000.

JONES, T. A.: Fitting straight lines when both variables are subject to error, I. Maximum likelihood and least-squares estimation, *Math. Geo.*, 11(1), 1–25, 1979.

MADEIRA, João Lira, SIMÕES, Celso Cardoso da Silva. Estimativas preliminares da população urbana e rural segundo as unidades da federação, de 1960/1980 por uma nova metodologia. **Revista Brasileira de Estatística**, v.33, n.129, p.3-11, jan./mar. 1972.

MELLO, F. A. O. **Análise do processo de formação da paisagem urbana no município de Viçosa, Minas Gerais**. 2002. 122 p. Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2002.

MARK, D. M.; PEUCKER, T. K. **Regression analysis and geographic models**. *The Canadian Geographer*, 12, 51-64. 1978.

PANIAGO, M. C. T. **Viçosa**. Mudanças socioculturais, evolução histórica e tendências. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 1990.

PEREIRA, M. F. V. **Contradições de uma cidade científica: Processo de urbanização e especialização territorial em Viçosa - MG**. *Caminhos da Geografia (UFU. Online)*, Uberlândia, v. 18, n. 16, p. 197-206, 2005.

SERRA, R. V.; ANDRADE, T. A. O Recente Desempenho das Cidades Médias no Crescimento Populacional Brasileiro. In: **III Colóquio Internacional de Estudos Fronteiriços e XVIII Encontro Estadual de Geografia (Seção Porto Alegre)**, 1998, Santana do Livramento. Ensinar e Aprender Geografia. Porto Alegre: Associação dos Geógrafos Brasileiros (Seção Porto Alegre), 1998. p. 182-184.

SHULER, A. O controle estatístico. 8. ed., Recife – PE: 2007. 152 p. Disponível em: <<http://www.deq.ufpe.br/disciplinas/Controle%20Estatistico/Controle.pdf>> Acesso em: 10 maio. 2008.

SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Viçosa, MG. **Recuperação e Conservação de Nascentes da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Principal Manancial de Abastecimento de água de Viçosa – MG. n. 3. VIÇOSA: 2002.** Disponível em: <<http://www.saaevicosa.com.br/cmcm/aguaemnoticias.htm>>. Acesso em: 8 set. 2008.

SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Viçosa, MG. **Relatório Anual 2007.** 112 p. Viçosa – MG, 2007.

SOUZA, Íris de Marcellas. **Análise do espaço intra-urbano para estimativa populacional intercensitária utilizando dados orbitais de alta resolução espacial**, 2003. 108 p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2003.

STOCKLE, C. O., K. Jim and B. Gianni. Evaluation of estimated weather data for calculating Penman-Monteith reference crop evapotranspiration. **Irrigation Science**, Vol. 23, 2004, pp. 39-46

STONE, R.J. Improved statistical procedure for the evaluation of solar radiation estimation models. **Solar Energy**. v. 51, n. 4, p. 289-291, 1993.

TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções.** *Estud. av.* [online]. 2008, vol. 22, no. 63, pp. 7-16. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S010340142008000200002&lng=pt&nr_m=iso&tlng=pt> acesso em: 10 nov. 2008

WILLMOTT, C. J. On the Validations of Models. *Physical Geography*, Newark, p.184–194. 1981. Disponível em:

<<http://ams.allenpress.com/archive/1520-0477/63/11/pdf/i1520-0477-63-11-1309.pdf>> Acesso em: 05 mar. 2008.

WILLMOTT, C.J. Some comments on the evaluation of model performance. *Bullentin American Meteorological Society*. Newark 63, p.1309–1313. 1982. Disponível em: <<http://ams.allenpress.com/archive/1520-0477/63/11/pdf/i1520-0477-63-11-1309.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2008.