DOI: 10.22411/rede2016.1002.01

REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA ISSN: 1982-5528

Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br Fortaleza, BRA

DETERMINANTES SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS NO POTENCIAL URBANO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UNA, IBIÚNA, SP

Socioeconomic and environmental determinants in the urban potential of the watershed of the Una, Ibiúna, SP

Elfany Reis do Nascimento Lopes[1]
José Carlos de Souza[2]
Jocy Ana Paixao de Sousa[3]
José Luiz Albuquerque Filho[4]
Roberto Wagner Lourenço[5]

RESUMO:

O estudo objetivou avaliar as condições socioeconômicas e ambientais da bacia do Una, Ibiúna, São Paulo, e identificar o potencial de expansão urbana. Foi realizada a correlação e a regressão múltipla das informações socioeconômicas do censo demográfico (demografia, renda, educação e saneamento ambiental) a partir da seleção de setores censitários que compõe a bacia e espacializadas com a interpolação do inverso do quadrado da distância. Juntamente com a informação ambiental derivada do mapeamento da ocupação da bacia foi obtido o potencial urbano através da análise multicritério por meio de técnicas de análise de processo hierárquicas e combinação linear ponderada. Houve um aumento de famílias e pessoas alfabetizadas, com forte associação entre a taxa de domicílios e a existência de banheiro e fossa séptica, além da taxa de residente com as taxas de saneamento ambiental. As áreas mais favoráveis para a expansão urbana estão localizadas ao norte da bacia.
Palavras-chaves: Crescimento Urbano; Conservação; Planejamento Ambiental.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the socioeconomic and environmental conditions of Una watershed, Ibiúna, São Paulo, and identify the potential for urban expansion. Correlation and multiple regression of socioeconomic information from census was fulfilled. (demography, income, education and environmental sanitation) from the selection of census tracts that composes the basin and spatialized with the interpolation of the inverse square of the distance. Together with environmental information derived from mapping the occupation of the basin was obtained urban potential through the multi-criteria analysis by hierarchical analysis process techniques and weighted linear combination. There was an increase of families and literate people, with strong association between the rate of households and the existence of bathroom and septic tank, in addition to the resident rate with the environmental sanitation rates. The most favorable areas for urban expansion they are located north of the watershed.
Keywords: Urban Growth; Conservation; Environmental planning.

[1] Biólogo. Ms. em Meio Ambiente. Doutorando em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista - UNESP. Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. elfany@posgrad.sorocaba.unesp.br
[2] Geógrafo. Ms. em Geografia. Doutorando em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista. Professor da Universidade Estadual de Goiás - UEG. jcsouza@gmail.com
[3] Eng. Florestal. Mestranda em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista - UNESP. jocy_belem@hotmail.com
[4] Geólogo. Dr. em Geociências e Meio Ambiente. Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. albuzelu@ipt.br
[5] Geógrafo, Dr. em Geociências e Meio Ambiente. Professor da Universidade Estadual Paulista – UNESP. robertow@sorocaba.unesp.br

INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são consideradas unidades básicas de estudos nos contextos ecológicos e econômicos, tornando-se prioritária para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. São vistas também, como unidades espaciais de gerenciamento, além de fornecerem vários produtos e serviços que sustentam a população humana (RANDHIR e SHRIVER, 2009; MALIK e BHAT, 2014).

Os estudos realizados nestes ambientes enfatizam a compreensão de processos químicos, físicos e climáticos, mas abordam em menor complexidade a investigação da capacidade de carga urbana e a influência socioeconômica nestes locais (TOLUN *et al*. 2012; FERRARI *et al*., 2013; ROSA, *et al*., 2013; DALTON *et al*., 2014; EUM *et al*., 2014; ARLOS *et al*., 2015).

O crescimento urbano sobre a área de bacias hidrográficas vem exigindo especial atenção, dado que o crescimento da população e os assentamentos urbanos têm aumentado rapidamente e demandado o uso crescente dos recursos hídricos, gerado em contrapartida, a degradação da qualidade da água, a descarga de dejetos, o transporte de sedimentos, a alteração da rede de drenagem e o acúmulo de lixo (JAVED *et al*., 2011; JUJNOVSKY *et al*. 2012; BADAR *et al*., 2013; QIN *et al*. 2013; HESTER e CRAMER, 2014; MALIK e BHAT, 2014; MAHESH *et al*. 2015; LOPES e REUSS-STRENZEL, 2015).

Já o conhecimento da condição socioeconômica permite compreender o impacto e a caracterização do modo de vida da população e do desenvolvimento de atividades sobre os recursos naturais. O estudo socioeconômico no Brasil é realizado em grande parte, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que avalia periodicamente a condição socioeconômica do país, incluindo as áreas territoriais que compõem diferentes bacias hidrográficas e permitem estruturar espacial e temporalmente estas informações.

Para investigar estes aspectos, a aplicação de métodos e técnicas de modelagem espacial se torna necessária, dentre elas, o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e a Análise Multicritério (AMC) são técnicas que auxiliam a análise, formulação e a resolução de problemas de decisão espacial, contribuindo para compreender como se distribuem as características socioeconômicas do território e planejar ações de forma segura (BOSCH *et al*., 2012; RUIZ *et al*., 2012; WANDERSEE *et al*., 2012; BADAR *et al*, 2013; MALIK e BHAT, 2014; LOPES *et al*., 2016).

Este estudo apresenta sua importância no conhecimento de aspectos socioeconômicos, demostrando a aplicabilidade espacial destas informações quando combinadas aos aspectos ambientais para traçar o potencial urbano de bacias hidrográficas, considerando que estudos nesta perspectiva apesar de escassos, geram benefícios e fornecem direcionamentos para um desenvolvimento estruturado (JUJNOVSKY *et al*. 2012).

Além disso, considerando que a rápida degradação dos recursos hídricos tem impactado a estrutura e função das bacias hidrográficas, e que, portanto, os problemas ambientais devem ter soluções imediatas, faz-se necessário propor diretrizes com base no conhecimento científico e fundamentar o processo de tomada de decisão (RANDHIR e TSVETKOVA, 2011; JUJNOVSKY *et al*. 2012; LOPES, 2014).

O estudo objetivou avaliar as condições socioeconômicas e ambientais da bacia do Una, Ibiúna, São Paulo, e identificar o potencial de expansão urbana, a fim de subsidiar o planejamento ambiental.

METODOLOGIA

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Una, encontra-se localizada no município de Ibiúna, no estado de São Paulo, compondo a décima Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Sorocaba e Médio Tietê. A bacia possui aproximadamente 10.000 hectares e representa um importante tributário do reservatório de Itupararanga, contribuindo com o abastecimento de água urbano para cerca de 1,5 milhões de habitantes que compõem as cidades de Sorocaba, Votorantim, Mairinque, Alumínio, Ibiúna e São Roque (ROSA *et al*., 2014) (Figura 1).

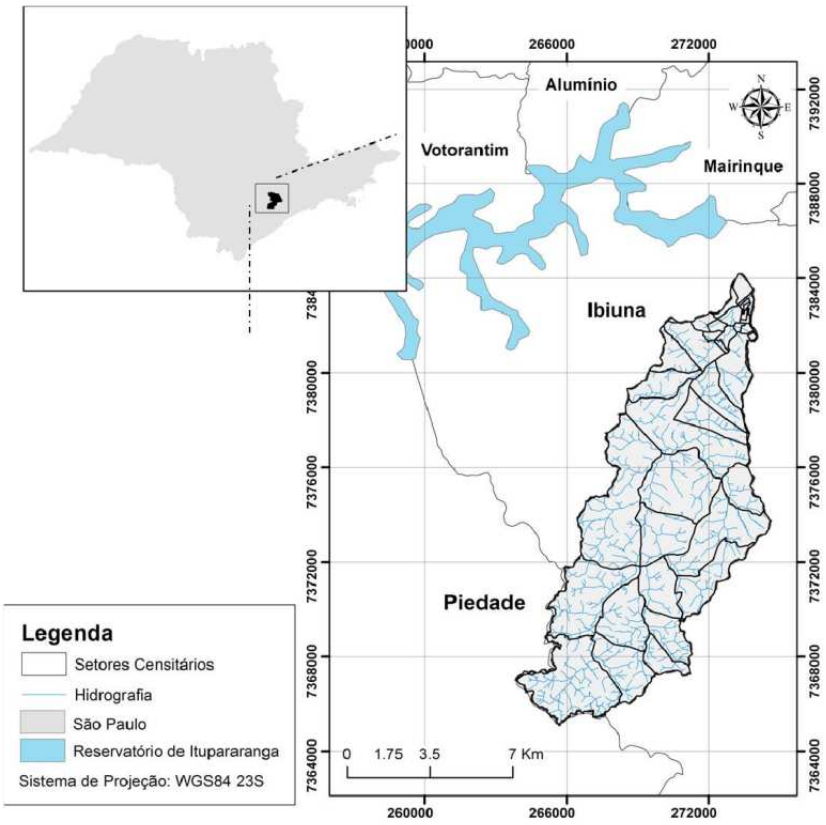


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Una, Ibiúna, São Paulo.

O IBGE delimitou o território da bacia em 42 setores censitários que são utilizados no mapeamento de informações que compõem os censos demográficos pelo respectivo instituto a cada dez anos, sendo o último, realizado no ano de 2010 (IBGE, 2010). A bacia apresenta uma ocupação diversificada com remanescentes de mata atlântica em estado fragmentado, atividade agropecuária, loteamentos, reflorestamento e a produção de carvão vegetal, que conduzem uma diversidade de atividades e caracterizam a vida da população local.

Materiais

Para a realização do estudo foram utilizados os seguintes materiais: dados agregados de demografia, renda, educação e saneamento ambiental, grade dos setores censitários dos censos demográficos de 2000 e 2010, ambos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000; 2010), software ArcGis v. 10.2 (ESRI, 2013), *software* Idrisi Selva

(EASTMAN, 2012a) e mapa temático do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Una.

Coleta e triagem dos dados dos censos demográficos

Foi realizada a sobreposição da grade dos setores censitários de cada censo demográfico sob o limite da bacia do Una. Em seguida, foram extraídas para cada setor, em seus respectivos anos, o conjunto de dados das variáveis analisadas, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Variáveis dos aspectos socioeconômicos analisadas para a bacia do Una

ÁREA	VARIÁVEIS
Educação	Pessoas alfabetizadas com mais de cinco anos de idade
Renda	Domicílios sem rendimento mensal nominal
	Domicílios com rendimento mensal nominal entre 1 a 2 salários mínimos
Demografia	Localização dos setores em zona urbana ou rural
	Densidade de domicílios
	Taxa de residentes
Saneamento Ambiental	Domicílios com rede de água
	Domicílios com poços e nascentes
	Domicílios sem banheiro
	Domicílios com banheiro e rede de esgoto
	Domicílio com banheiro e fossa séptica
	Domicílio com lixo coletado

Fonte: IBGE (2000; 2010).

Análise de dados

A avaliação temporal dos dados socioeconômicos foi realizada comparativamente através do cálculo de valores percentuais entre os diferentes censos demográficos. Em seguida, os dados da atual condição socioeconômica da bacia foram normalizados em valores no intervalo de 0 e 1 e aplicada a matriz de correlação de Pearson, a 5% e da matriz de regressão múltipla com auxílio do software Biostat, sendo a densidade de domicílios e a taxa de residentes as variáveis dependentes.

A avaliação espacial foi realizada através da obtenção dos centróides de cada setor censitário, utilizando o módulo Feature to point no software ArcGis e a opção *Join*, para vincular as variáveis a cada centróide. Por fim, aplicou-se a interpolação do inverso ponderado da distância (*Inverse Distance Weight*) utilizando a ferramenta IDW no *software* ArcGIS, por meio da extensão *Spatial Analys* (ESRI, 2013).

O IDW é considerado uma técnica de interpolação exata, que leva em consideração a dependência espacial dos valores interpolados por meio da determinação de pesos, atribuídos aos pontos amostrados de forma proporcional à contribuição de cada valor vizinho, em função da distância, onde o raio de cada ponto é determinado e o inverso do quadrado da distância é calculado. O atributo de um pixel de interpolação deve ser o mais semelhante ao seu ponto mais próximo (EASTMAN, 2012b).

Os mapas temáticos das variáveis que representam as melhores condições socioeconômicas e revelam a situação ocupacional da bacia foram combinados utilizando-se a álgebra de mapas, gerando assim, um mapeamento único das áreas em melhor estado socioeconômico. Nessa etapa foram combinados os mapas temáticos de densidade de domicílios, taxa de residentes, pessoas alfabetizadas, domicílios com rendimento mensal nominal entre 1 a 2 salários mínimos, com rede de água, banheiro e rede de esgoto e com lixo coletado.

Potencial de expansão urbana

O potencial urbano foi avaliado através da análise multicritério, visando identificar as áreas com capacidade de estabelecimento urbano ao longo do tempo com base no desenvolvimento estruturado e na conservação da bacia.

As variáveis ambientais foram derivadas do mapeamento do uso e ocupação do solo, realizado em pesquisas anteriores, e a combinação das condições socioeconômicas investigadas neste estudo. Cada variável em formato vetorial foi convertida para o formato matricial no *software* Idrisi Selva e através da função *stretch* os critérios foram convertidos em fatores padronizados numa escala variando entre 0 e 255 escores.

A padronização foi realizada no sentindo de que as áreas habitáveis devem estar próximas de áreas já urbanizadas, agricultáveis, com malha viária e com melhor estrutura socioeconômica. Com base no histórico de ocupação, estimou-se que estas características induzem e facilitam o desenvolvimento urbano estruturado na bacia. Em contraponto, delimitou-se a distância das áreas de vegetação e da hidrografia, garantindo a conservação destas características.

Por meio do módulo *Decision Suport*, aplicou-se a AHP (*Analytic Hierarquich Process*), estabelecendo pesos de importância para cada fator através de uma matriz de comparação pareada construída com auxílio de especialistas (Tabela 2). Após o cálculo dos pesos, o Grau de Consistência (GC) foi realizado para atestar a coerência com que os pesos foram atribuídos, de modo que o GC identificado na análise correspondeu a 0.10, sendo considerado aceitável (SAATY, 1977; EASTMAN, 2012b).

Tabela 2: Matriz de comparação com os pesos atribuídos aos fatores para identificar o potencial de expansão urbana na bacia do rio Una

Fatores	PAAG	PAUR	DMVI	PSEC	DHIDRO	DVEG	Peso Final
PAAG	1						0.0970
PAUR	7	1					0.3076
DMVI	5	1	1				0.2682
PSEC	5	1	1	1			0.2713
DHIDRO	1/7	1/9	1/9	1/7	1		0.0228
DVEG	1/7	1/9	1/7	1/9	3	1	0.0330
							GC = 0,10

Legenda: PAAG – Proximidade com a área agropecuária. PAUR – Proximidade com a área urbana. DMVI – Distância da malha viária. PSEC – Proximidade com áreas socioecomicamente estruturadas. DHIDRO – Distância da hidrografia. DVEG – Distância da vegetação. GC – Grau de Consistência.

Por fim, aplicou-se a técnica WLC (*Weighted Linear Combination*), combinado os fatores através da multiplicação de cada célula ou pixel, de cada mapa, pelo peso derivado da AHP e integrado por meio de uma média ponderada. O resultado é um mapeamento contínuo de aptidão para o objetivo proposto em que os escores mais altos representam as áreas mais favoráveis (LOURENÇO, 1998; EASTMAN, 2012b).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A evolução socioeconômica da Bacia do Una pode ser observada na Tabela 3 e 4, onde são apresentadas as taxas referentes às variáveis estudadas. A taxa de domicilio apresentou maior crescimento na zona rural da bacia (7%), enquanto a zona urbana apresentou acrescimento de 5%, totalizando o aumento de 466 domicílios. A taxa de residentes sofreu redução quando observado o último censo, apresentando queda de 9% na área urbana e de 7%

na zona rural, totalizando um decréscimo de 2.649 habitantes.

As maiores taxas demográficas e de domicílios estão concentradas nas regiões centrais e norte, aproximando-se à zona urbana do município de Ibiúna, que apresentam relevos mais planos e se diferenciam do alto curso da bacia, na porção sul, que apresentam relevos mais dissecados e declivosos.

O setor educacional apresentou aumento de 2%, representando um acréscimo de 452 pessoas que foram consideradas alfabetizadas, totalizando 25.616 habitantes alfabetizados no período analisado. Contudo, observou-se uma queda de 0,4% (71 indivíduos) na taxa de alfabetizados na zona urbana da bacia, se comparado com o censo demográfico anterior.

Observou-se também um crescimento de 71% (1.313) dos domicílios com rendimento entre um a dois salários mínimos, com acréscimo expressivo na zona urbana, permitindo uma distinção em relação à zona rural, já que, no censo anterior, os dois setores possuíam uma taxa semelhante. Os domicílios que não apresentaram rendimentos representam 5% (328).

Tabela 3: Condições socioeconômicas da Bacia do rio Una para o período entre 2000 e 2010

	Domicílios		Pessoas Residentes		Pessoas alfabetizadas		Domicílios com rendimento entre 1 a 2 salários mínimos		Domicílios sem rendimento
Ano	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2010
Urbano	5.134	5.368	19.388	17.598	15.450	15.379	960	1.716	222
Rural	3.409	3.641	13.167	12.308	9.734	10.237	900	1.457	106
Total	8.543	9.009	32.555	29.906	25.184	25.616	1.860	3.173	328

Fonte: IBGE (2000; 2010).

Quanto ao saneamento ambiental, foi observada uma melhora geral nas condições dos domicílios da bacia. Como pode ser observado na Tabela 4, houve aumento de 20% na taxa de domicílios que apresentaram captação de água por rede de distribuição; redução de 9% dos domicílios com obtenção de água por poços e nascentes; aumento em 50% dos domicílios com banheiro e rede de captação de esgoto e redução de 92% daqueles que não possuíam banheiro.

Tabela 4: Condições de saneamento ambiental da Bacia do rio Una para o período entre 2000 e 2010

	Domicílios com rede de água		Domicílios com poços ou nascentes		Domicílios com banheiro e rede de esgoto		Domicílios com banheiro e fossa séptica		Domicílios sem banheiro		Domicílio com lixo coletado	
Ano	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010
Urbano	4.368	4.977	611	360	2.337	3.532	844	751	40	13	4.782	5.320
Rural	376	709	2.764	2.713	28	22	726	1.135	261	12	1.093	2.787
Total	4.744	5.686	3.375	3.073	2.365	3.554	1.570	1.886	301	25	5.875	8.107

Fonte: IBGE (2000; 2010).

A exceção foi registrada para os domicílios com banheiro e captação por fossa séptica que apresentaram um aumento de 20%. As fossas sépticas tornam-se uma alternativa para minimizar a poluição do solo quando há ausência de coleta de esgoto nos domicílios, mas à medida que os domicílios com essa característica aumentam, a quantidade de efluentes excede a capacidade de absorção pelo solo e inviabiliza esse método alternativo (FOLLMANN e FOLETO, 2013).

A coleta de lixo apresentou melhora acentuada na Bacia do Una, equivalente a uma cobertura de 90% dos domicílios, sendo crescente a taxa de coleta tanto na zona urbana como na zona rural.

A matriz de correlação das variáveis socioeconômicas pode ser observada na Tabela 5, confirmando a forte correlação positiva entre os domicílios com as pessoas alfabetizadas, com o número de residentes e com rendimento entre um e dois salários mínimos. Apesar do número de habitantes apresentarem queda, essa correlação pode estar atrelada a uma maior segregação dos indivíduos dentro da bacia, com aumento da construção civil à medida que o capital financeiro aumenta.

Tabela 5: Matriz de correlação linear das variáveis socioeconômicas da bacia do rio Una

	DOM	PALF	PR	DRA	DPN	DBE	DBF	DSB	DLC	DR12SM	DSR
DOM	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
PALF	0.99	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---
PR	0.99	0.99	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---
DRA	0.65	0.66	0.62	1.00	---	---	---	---	---	---	---
DPN	0.24	0.22	0.26	-0.58	1.00	---	---	---	---	---	---
DBE	0.39	0.39	0.34	0.75	-0.54	1.00	---	---	---	---	---
DBF	0.19	0.20	0.21	0.02	0.21	-0.31	1.00	---	---	---	---
DSB	0.99	0.99	0.99	0.65	0.24	0.39	0.19	1.00	---	---	---
DLC	0.94	0.95	0.93	0.82	-0.04	0.52	0.21	0.94	1.00	---	---
DR12SM	0.91	0.92	0.93	0.39	0.48	0.12	0.27	0.91	0.79	1.00	---
DSR	0.00	0.00	-0.02	0.17	-0.23	0.26	-0.16	0.00	0.05	-0.10	1.00

Correlações fortes e positivas são observadas entre número de pessoas alfabetizadas com a taxa de residentes, domicílios sem banheiro, domicílios com lixo coletado e domicílios com rendimento. As correlações apresentam relevante importância, dado que o aumento de domicílios e presença de indivíduos aumenta a demanda de estrutura de saneamento, que em contrapartida, são reivindicadas a partir do nível educacional.

Os resultados também apontam correlações fortes e positivas entre o número de pessoas residentes, com número de domicílios sem banheiro, domicílios com lixo coletado e domicílios com rendimento. Há uma tendência de ocorrer correlação entre domicílios com rede de água, com banheiro e rede de esgoto ou com lixo coletado. Os resultados apontam para uma associação forte entre as características econômicas dos domicílios e de seus ocupantes com o saneamento.

Observou-se a ausência de correlação entre os domicílios sem rendimento com a taxa de residentes na bacia; entre a obtenção de água por poços ou nascentes e com a presença de banheiro e rede de esgoto. Esses aspectos apontam para o fato da condição de saneamento apresentar possivelmente uma maior associação com investimento público na infraestrutura urbana, do que com as características dos domicílios.

A análise de regressão tendo a variável domicílio como dependente, identificou que ao menos uma das variáveis explica a taxa de domicílios na bacia ($p < 0.0001$), sendo o número de domicílios com banheiro e fossa séptica a que mais explica o crescimento domiciliar. Essa possibilidade é real, à medida que os domicílios podem ser construídos sem a obrigatoriedade

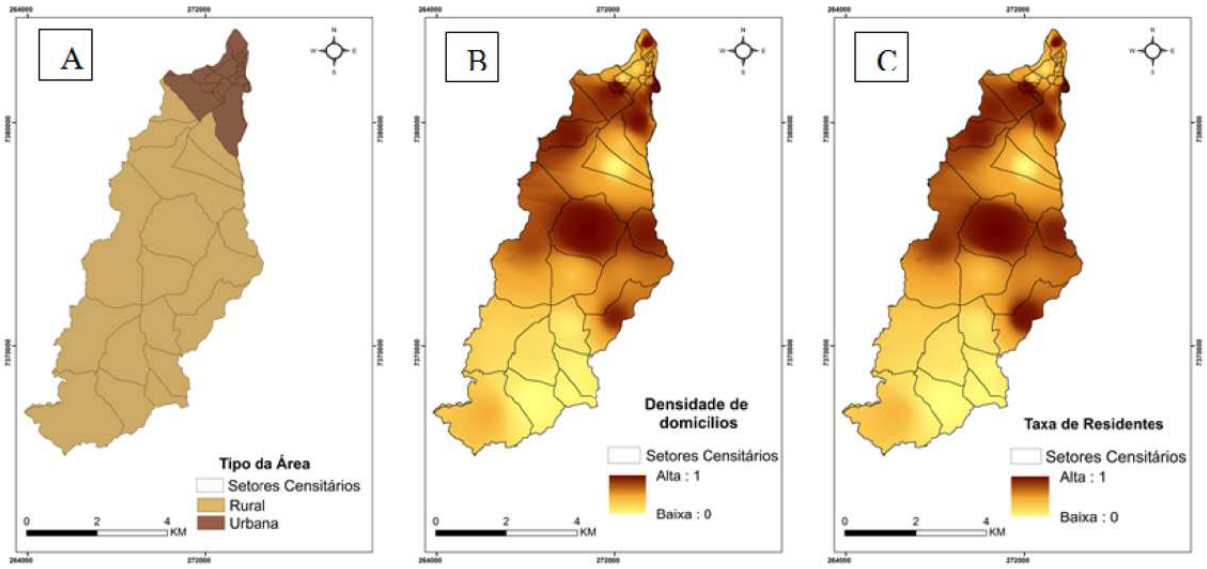
de implantação de um sistema de saneamento adequado ou dependendo da localidade e da extensão de atendimento da rede pública, o número de domicílios pode ser comprometido com a ausência dessas características.

Quando investigado a dependência da taxa de residentes na bacia em função das demais variáveis, observou-se que densidade de domicílios ($p = 0.0123$), pessoas alfabetizadas ($p < 0.0001$), domicílios com rede de água ($p = 0.0454$), domicílios com poços ou nascentes ($p = 0.0292$) e os domicílios com banheiro e rede de esgoto ($p = 0.0265$) apresentam significância para explicar a taxa populacional.

O estudo de variáveis socioeconômicas e a correlação entre ambas tem revelado a importância destas análises na influência do uso antrópico em bacias hidrográficas, dentre elas, a demografia e o nível educacional tem apresentado forte associação com a erosão do solo (BHANDARI *et al*., 2015). Nesse sentido, quanto maior o número de domicílios construídos sem condição adequada de moradia e habitantes sem instrução tende-se a obter uma degradação ambiental em maior magnitude. Apesar de haver na bacia, variáveis que necessitem de melhorias, observou-se que a demanda educacional e de saneamento tem sido melhores e dão suporte ao aumento de domicílios locais.

As atuais características socioeconômicas Bacia do Una, segundo o censo demográfico realizado pelo IBGE em 2010, encontram-se espacializadas de forma a observar a distribuição destas condições sobre o território da área estudada. Observou-se que as áreas com maiores adensamentos de domicílios, residentes e pessoas alfabetizadas são distribuídas entre áreas urbanas e rurais (Figura 2A-D).

Os domicílios com ausência de rendimentos encontram-se distribuídos em sua maioria na zona urbana e na faixa central rural da bacia, intercalados com a distribuição de domicílios que possuem rendimentos entre um a dois salários mínimos e maior adensamento populacional (Figura 2E-F).



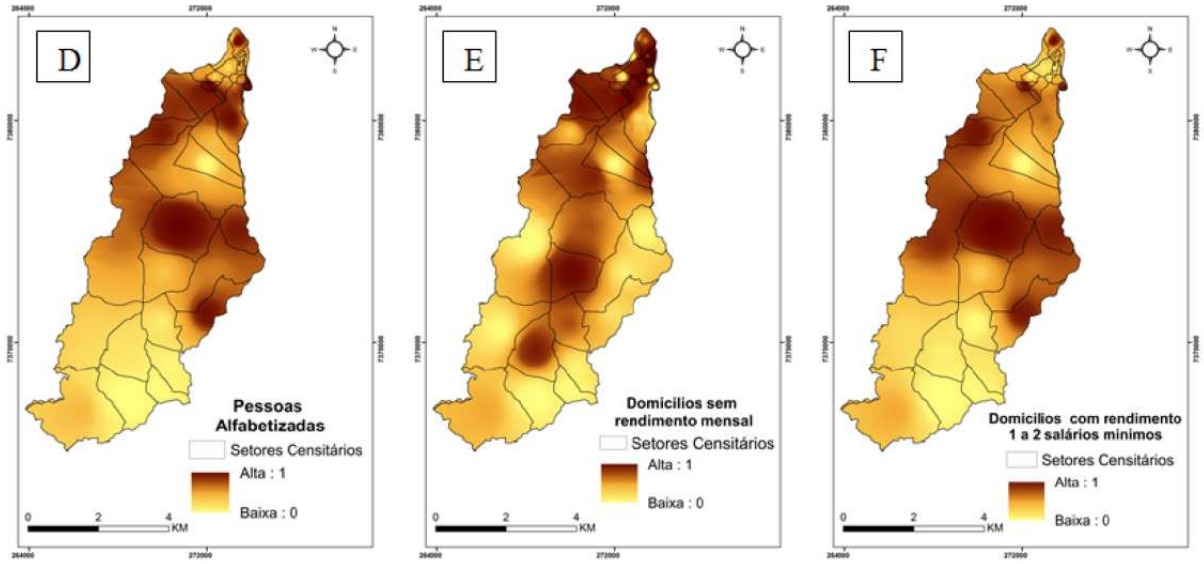
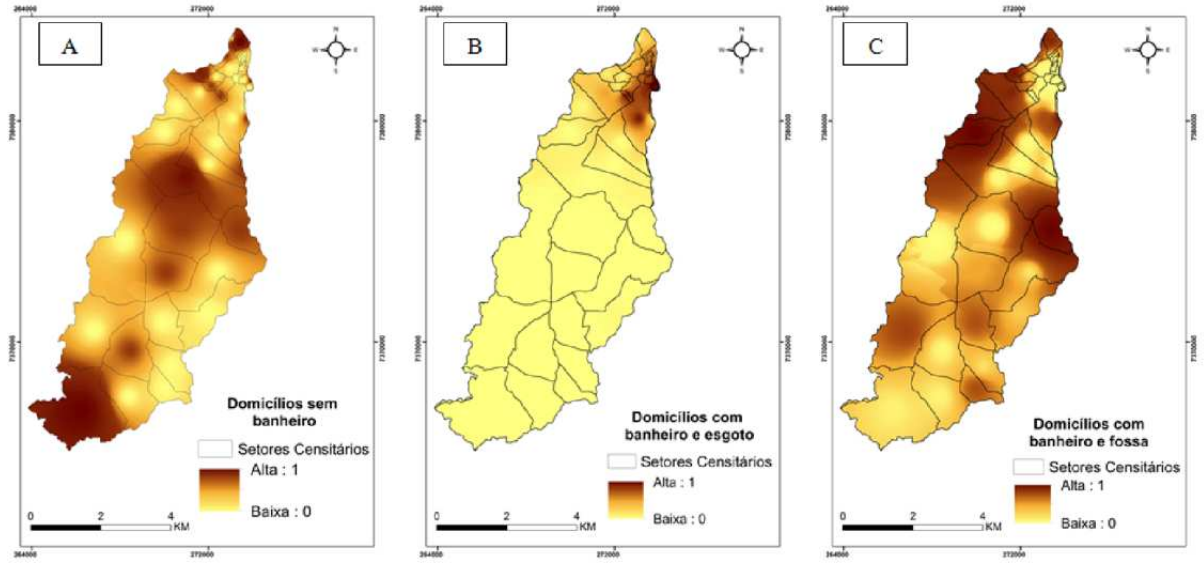


Figura 2: Condição socioeconômica da Bacia do Una. [A] Distribuição do território em urbano e rural. [B] Densidade de domicílios. [C] Taxa de residentes. [D] Pessoas alfabetizadas com cinco anos ou mais de idade. [E] Domicílios sem rendimento mensal. [F] Domicílios com rendimento mensal entre 1 a 2 salários mínimos.

A extensão de atendimento do saneamento ambiental na Bacia do Una encontra-se com situações adequadas predominantemente na zona urbana, apresentando as melhores taxas de distribuição de domicílios atendidos. As taxas de saneamento consideradas em menor adequação encontraram-se distribuídas ao longo da área rural, apresentando as maiores taxas de domicílios com banheiro e captação por fossa séptica e obtenção de água por poços ou nascentes. A coleta de lixo mostrou-se a característica mais dinâmica, apresentando uma distribuição de coleta ao longo de toda a bacia (Figura 3A-D).



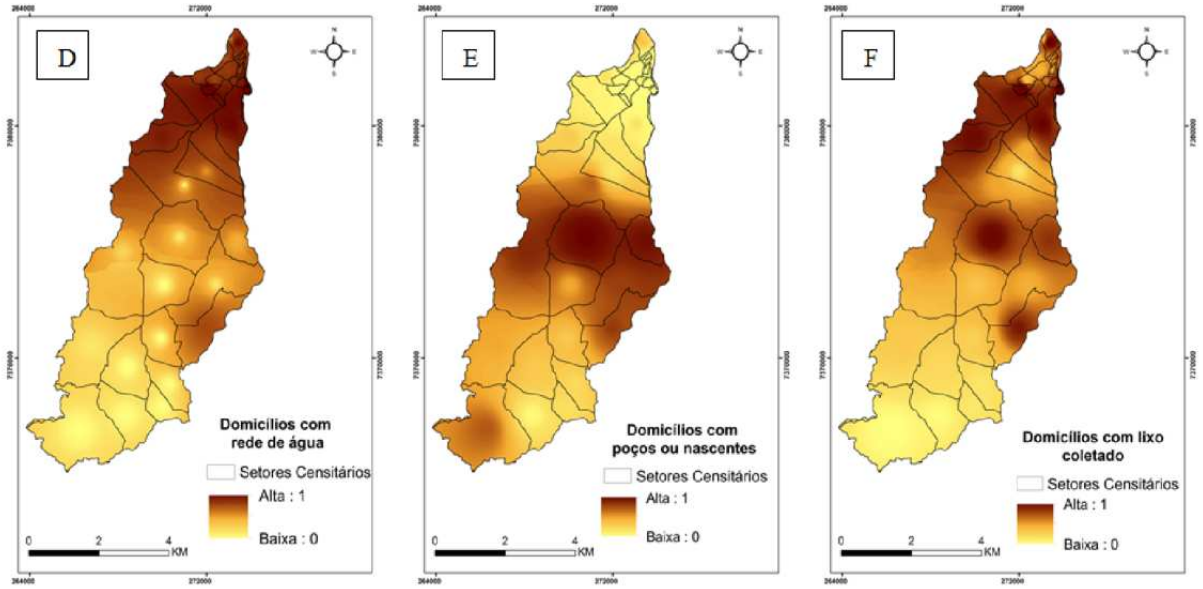


Figura 3: Condição de saneamento ambiental da Bacia do Una. [A] Domicílios sem banheiro. [B] Domicílios com banheiro e rede de esgoto. [C] Domicílios com banheiro e fossa séptica. [D] Domicílios com rede de água. [E] Domicílios com poços ou nascentes. [F] Domicílios lixo coletado.

A combinação das variáveis analisadas indicaram o norte e o centro da Bacia com as melhores condições socioeconômicas. Estas áreas agrupam os setores censitários urbanos e rurais, e reforçam o aumento acentuado do desenvolvimento dos domicílios na zona rural, como foi observado na análise dos censos demográficos (Figura 4).

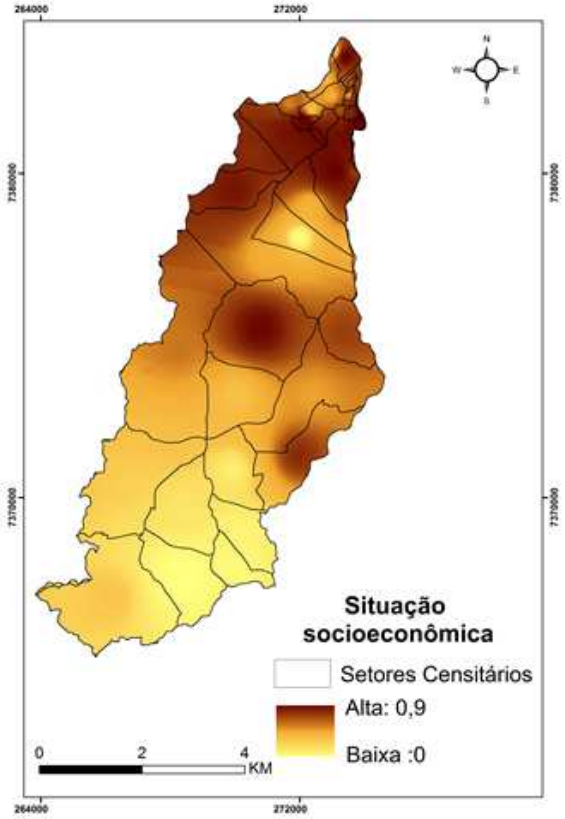


Figura 4: Situação socioeconômica da Bacia do Una.

Potencial urbano da Bacia do Una

A avaliação multicritério para identificar as áreas mais propícias ao desenvolvimento urbano indicou o baixo curso da bacia do Una com os melhores escores para a expansão urbana (Figura 5A). Em estudo semelhante, AbuSada e Thawaba (2011) aplicaram a análise multicritério para avaliar áreas propicias à ocupação, sugerindo que áreas que considerem variáveis socioeconômicas e ambientais, como observado neste estudo, apresentam melhor capacidade de identificar áreas seguras para habitação.

Os critérios utilizados para mapear a área indicaram que a proximidade com áreas já urbanizadas apresentaram maior importância para a sua expansão (0.3076), seguida da malha viária (0.2682), da condição socioeconômica (0.2713) e áreas agrícolas (0.0970) que apresentam áreas mais apropriadas para a ocupação do que áreas vegetadas (0.0330).

A agregação espacial dos critérios indicou que a área urbana consolidada é um critério forte para a expansão, associados a uma malha viária desenvolvida e uma condição socioeconômica estruturada, sugerindo que a proximidade com áreas urbanas pré-existentes possibilita uma irradiação de novas estruturas habitacionais, além de facilitar a ampliação da rede de saneamento básico (Figura 5B).

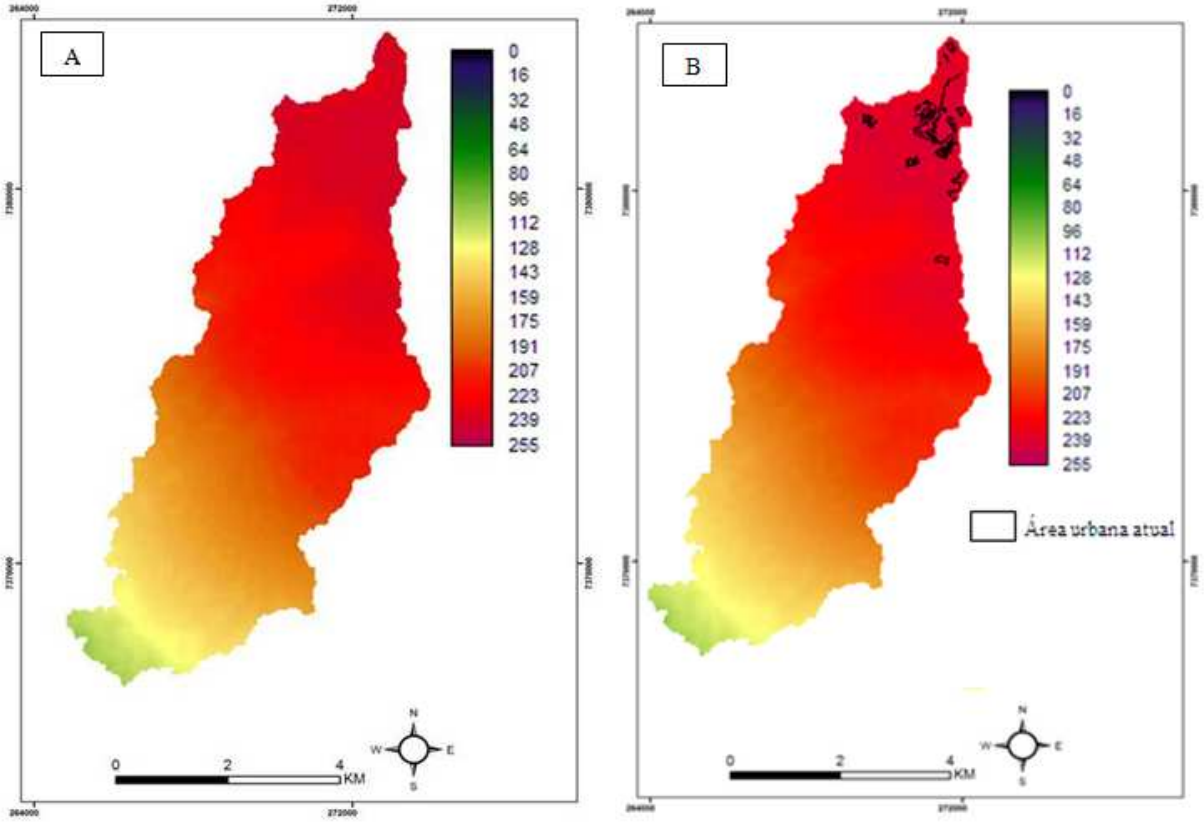


Figura 5: Potencial de expansão urbana da Bacia do Una. [A] Áreas aptas à expansão urbana. [B] Identificação de áreas aptas com proximidade à área urbana atual.

Os principais conflitos em bacias hidrográficas referem-se à falta de saneamento básico, a disposição inadequada de resíduos sólidos e a degradação dos recursos hídricos, reforçando a importância de considerar as condições socioeconômicas para mapear as áreas que se encontram ambientalmente seguras, como ocorreu neste estudo, e identificar as áreas socioeconomicamente estruturadas como subsidio a expansão urbana (CISNEROS *et al*., 2011; GOMES *et al*. 2012; RUIZ *et al*., 2012; QIN *et al*., 2013).

A partir destes aspectos, as áreas de uso agropecuário se mostram com potencial para tal expansão, evitando assim, que áreas de vegetação nativa da Mata Atlântica, que ocorrem na bacia, sejam direcionadas ao objetivo investigado nesta análise. A hidrografia foi considerada o fator de menor importância (0.0228), justificado pelo fato da proximidade urbana com estas áreas estarem associadas a uma maior degradação hídrica e a eventos de inundação, além disso, é importante considerar que o abastecimento urbano não apresenta captação ao longo da rede hidrográfica urbanizada, o que não configura a proximidade um fator de real importância.

A identificação destas áreas permite a tomada de decisão em longo prazo por órgãos gestores da bacia hidrográfica, orientando o ordenamento territorial do crescimento urbano estruturado, além de permitir um processo de negociação e debate com a sociedade sobre os impactos da utilização dessas áreas (CISNEROS *et al*., 2011).

As áreas com menores escores para a expansão urbana estiveram concentradas ao sul da bacia, apresentando áreas que possuem maior distância da atual área urbana e que reservam as maiores áreas de vegetação da bacia, logo embora, o alto nível de fragmentação vegetacional permite a sua identificação ao longo de todo o território e podem fomentar a construção de áreas de lazer e de proteção, a fim de contribuir com a qualidade de vida dos residentes.

O mapeamento de áreas potenciais reforça também a relevância do uso da análise multicritério como uma ferramenta potencial no sentido de mapear o desenvolvimento urbano em áreas de interesse ambiental, auxiliando os gestores públicos no processo de tomada de decisão e no alcance do objetivo desejado (ABUSADA e THAWABA, 2011; IOJÃ *et al*., 2014).

CONCLUSÕES

As analises demonstraram a importância de considerarmos os aspectos socioeconômicos, combinados a outras variáveis, em estudos aplicados às tomadas de decisão no planejamento de bacias hidrográficas.

Na Bacia do Una, o acréscimo de domicílios e de pessoas alfabetizadas, no período analisado, apresentou forte associação entre taxa de domicílios e o número de domicílios com banheiro e fossa séptica, além da taxa de residentes e as taxas de saneamento ambiental, corroborando para a compreensão da dinâmica de vida da população. O conhecimento dessas características e a integração junto aos critérios ambientais permitiu a identificação de áreas propicias a expansão urbana de forma segura e sustentável, sendo a área urbana já consolidada, o fator de maior importância para esta expansão.

A AMC mostrou-se uma técnica prática e flexível para selecionar áreas com alto potencial a expansão urbana de forma planejada em longo prazo e pode-se fazer uso para adequar a bacia ao crescimento de forma antecipada. Como a tendência de crescimento urbano é inevitável e na bacia do Una o crescimento nos últimos dez anos foi expressivo, o estudo atingiu seu objetivo ao indicar as áreas com aptidões para tal.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (FIPT) pelo apoio financeiro na execução da pesquisa. Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) pela participação do primeiro autor no Programa Novos Talentos.

REFERÊNCIAS

ABUSADA, J.; THAWABA, S. Multi criteria analysis for locating sustainable suburban centers: A case study from Ramallah Governorate, Palestine. **Cities**, v. 28, p. 381–393, 2011.

ARLOS, M. J.; BRAGG, L. M.; PARKER, W. J.; SERVOS, M. R. Distribution of selected antiandrogens and pharmaceuticals in a highly impacted watershed. **Water e research**, v. 72, p. 40-50, 2015.

BADAR, B.; ROMSHOO, S. A.; KHAN, M. A. Integrating biophysical and socioeconomic information for prioritizing watersheds in a Kashmir Himalayan lake: a remote sensing and GIS approach. **Environmental Monitoring Assessment**, v. 185, p. 6419–6445, 2013.

BHANDARI, K. P.; ARYAL, J.; DARNSAWASDI, R. A geospatial approach to assessing soil erosion in a watershed by integrating socio-economic determinants and the RUSLE model. **Nat Hazards**, v. 75, p. 321– 342, 2015.

BOSCH, D.; PEASE, J.; WOLFE, M. L.; ZOBEL, C.; OSORIO, J.; COBB, T. D.; EVANYLO, G. Community decisions: Stakeholder focused watershed planning. **Journal of Environmental Management**, v. 112, p.226-232, 2012.

CHEN, J.; LU, J. Effects of land use, topography and socio-economic factors on river water quality in a mountainous watershed with intensive agricultural production in east China. **Plos One**, v. 9, n. 8, p. 1-12, 2014.

CISNEROS, J. M.; GRASU, J. B.; ANTON, J. M.; PRADA, J. D.; CANTERO, A.; DEGIOANNI, A. J. Assessing multi-criteria approaches with environmental, economic and social attributes, weights and procedures: A case study in the Pampas, Argentina. **Journal of Environmental Management**, v. 112, p.226-232, 2011.

DALTON, R. L.; PICK, F. R.; BOUTIN, C.; SALEEM, A. Atrazine contamination at the watershed scale and environmental factors affecting sampling rates of the polar organic chemical integrative sampler (POCIS). **Environmental Pollution**, v. 189, p. 134-142, 2014.

EASTMAN, J. R. **Idrisi Selva**. Worcester: Clark Labs, Clark University. 2012a.

EASTMAN, J. R. **Idrisi Selva:** guide to GIS and image processing. Worcester: Clark Labs, Clark University. 2012b. 324p.

ESRI. ECONOMIC AND SOCIAL RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS**. 2013.

EUM, H. et al. Inter-comparison of high-resolution gridded climate data sets and their implication on hydrological model simulation over the Athabasca Watershed, Canadá. **Hydrological Processes,** v. 28, p. 4250–4271, 2014.

FERRARI, J. L.; SILVA, S. S. F.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p.181-188, 2013.

FOLLMANN, F. M.; FOLETO, E. M. Importância de rede coletora de esgoto em área de recarga de aquífero. **Revista Ra'e Ga: o espaço geográfico em análise**, v. 29, p. 115-134, 2013.

GOMES, R. L.; MORAES, M. E. B.; MOREAU, A. M. S.; MOREAU, M. S. FRANCO, G. B.; MARQUES, E. A. G. Aspectos físico-ambientais e de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Almada-BA. **Boletim de Geografia**, v. 30, n. 2, p. 45-57, 2012.

HESTER, E.; CRANMER, E. N. Variation of Hyporheic Potential among Urban Region Streams: Implications for Stream Restoration. **Environmental & Engineering Geoscience**, v. 20, n.3, p. 287–304, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE). **Censo Demográfico 2000.** Disponível em: <www.censo2000.ibge.gov.br>. Acesso em 14 ago. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE). **Censo Demográfico 2010.** Disponível em: <www.censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em 14 ago. 2015.

IOJÃ, C. I.; NITÃ, M. R.; VÂNÃU, G. O.; ONOSE, D. A.; GRAVILIDIS, A. A. Using multi-criteria analysis for the identification of spatial land-use conflicts in the Bucharest Metropolitan Area. **Ecological Indicators**, v. 42 p. 112–121, 2014.

JAVED, A.; KHANDAY, M. Y.; RAIS, S. Watershed Prioritization Using Morphometric and Land Use/Land Cover Parameters: A Remote Sensing and GIS Based Approach. **Journal Geological Society of India**, v.78, p.63-75, 2011.

JUJNOVSKY, J.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, T. M.; CANTORAL-URIZA, E. A.; ALMEIDA-LEÑERO, L. Assessment of Water Supply as an Ecosystem Service in a Rural-Urban Watershed in Southwestern Mexico City. **Environmental Management**, v. 49, p. 690–702, 2012.

LOPES, E. R. N. Aspectos ambientais e históricos do Sistema Nacional de Unidades de Conservação: 12 anos de implantação. **Nature and Conservation**, v. 6, n. 2, p. 6-17, 2014.

LOPES, E. R. N.; REUSS-STRENZEL, G. M. Geoprocessamento aplicado ao monitoramento da ocupação de unidades de conservação: um olhar sobre a Área de Proteção Ambiental de Guaibim. **Revista de Geografia da UFPE**, v. 32, n. 3, 2015.

LOPES, E. R. N.; LOURENÇO, R. W.; REUSS-STRENZE, G. M. Análise multicriterial aplicada a elaboração de zoneamento de unidade de conservação na zona costeira da Bahia,

Brasil. **Rae'ga – O espaço geográfico em análise**, v.37, p. 65-90, 2016.

LOURENÇO, R. W. **Comparação entre métodos de interpolação para Sistemas de Informações Geográficas.** 1998. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, 1998.

MALIK, M. I.; BHAT, M. S. Integrated Approach for Prioritizing Watersheds for Management: A Study of Lidder Catchment of Kashmir Himalayas. **Environmental Management**, v. 54, p. 1267–1287, 2014.

MAHESH, J.; AMERASINGHE, P.; PAVELIC, P. An integrated approach to assess the dynamics of a peri-urban watershed influenced by wastewater irrigation. **Journal of Hydrology**, v. 523, p 427–440, 2015.

QIN, H. P.; SU, Q.; KHU, S. Assessment of environmental improvement measures using a novel integrated model: A case study of the Shenzhen River catchment, China. **Journal of Environmental Management**, v. 114, p. 486-495, 2013.

RANDHIR, T.O., SHRIVER, D. M. Multiattribute optimization of restoration options: designing incentives for watershed management. **Water Resources Research**, v. 45, p. 1-13, 2009.

RANDHIR, T. O.; TSVETKOVA, O. Spatiotemporal dynamics of landscape pattern and hydrologic process in watershed systems. **Journal of Hydrology**, v. 404, p. 1–12, 2011.

ROSA, F. S.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. O. A.; LOURENÇO, R. W. Estrutura da paisagem, relevo e hidrografia de uma microbacia como suporte a um programa de pagamento por serviços ambientais relacionados à água. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 9 n. 3, p. 526-539, 2014.

RUIZ, M.C.; ROMERO, E.; PÉREZ, M.A.; FERNÁNDEZ, I. Development and application of a multi-criteria spatial decision support system for planning sustainable industrial areas in Northern Spain. **Automation in Construction**, v. 22, p. 320–333, 2012.

SAATY, T. Scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal Mathematical Psychology**, v. 15, p. 234-281, 1977.

SALLES, M. H. D.; CONCEIÇÃO, F. T.; ANGELUCCI, V. A.; SIA, R.; PEDRAZZI, F. J. M.; CARRA, T. A.; MONTEIRO, G. SARDINHA, D. S.; NAVARRO, G. R. B. Avaliação Simplificada de Impactos Ambientais na Bacia do Alto Sorocaba (SP). **Revista de Estudos ambientais**, v. 10, n. 1, p. 6-20. 2008.

TOLUN, L. G.; ERGENEKON, S.; HOCAOGLU, S. M.; DONERTAS, A. S.; COKACAR, T.; HUSREVOGLU, S.; BEKEN, C. P.; BABAN, A. Socioeconomic Response to Water Quality: a First Experience in Science and Policy Integration for the Izmit Bay Coastal System. **Ecology and Society**, v. 17, n. 3, 2012.

WANDERSEE, S. M.; AN, L.; LOPEZ-CARR, D.; YANG, Y. Perception and decisions in

modeling coupled human and natural systems: A case study from Fanjingshan National Nature Reserve, China. **Ecological Modelling**, v. 229, p. 37– 49, 2012.