

## Elaboração de um mapa de aptidão à expansão urbana como subsídio à concepção de uma rede de distribuição de água para o Município de Planaltina-GO

Arthur Cavalcante Rocha <sup>1</sup>  
Wagner Santos de Almeida <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Brasília - UnB/FT  
CEP-70910-900 – Brasília - DF, Brasil  
arthurcavalcanterocha.engamb@gmail.com  
wagnersa@unb.br

**Abstract.** The quick process of real estate speculation in the Municipality of Planaltina (GO), a township in Brasilia surroundings, has caused the emergence of low dense allotment, with inadequate urban infrastructure and without attending the environmental restrictions. The result is the design of drinkable water supply network without the foresight of population growth and new territorial occupation. Therefore, this paper aims to elaborate a proposal to update Planaltina's drinkable water pipe network as a project for the next 35 years, considering a temporal analysis of land-use and land-cover, in the sense of subsidizing future municipal planning of the urban area. The methodology used banked on the elaboration maps of land-use and land-cover for the years 1984, 1999 and 2015, using algorithms image processing from the Landsat satellite, in the SPRING system, aptitude map to urban expansion using weighted linear combination in the ArcGIS system and a proposition of the water distribution pipe network using the EPANET system. The results obtained with the methodology applied were satisfactory: the maps of land-use and land-cover show how the expansion process physically happened; the aptitude map indicated the areas that are prone to urban consolidation; and, the simulation of pipe network proposition was successful in the adjustment of the old structures to the NBR (Brazilian standard) requirements and the Tsutya (2004) recommendations.

**Palavras-chave:** EPANET, AHP, urbanização, processamento de imagens, geoprocessamento, análise multicritério, urbanization, image processing, geoprocessing, multi-criteria analysis.

### 1. Introdução

Dentre os componentes do saneamento uma das principais prioridades é o abastecimento de água potável, seja pela importância do atendimento às necessidades relacionadas a saúde ou pelo desenvolvimento industrial e comercial das cidades.

A Rede de Distribuição de Água (RDA) é a parte do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) formada por tubulações e órgãos acessórios, destinada a transportar água potável dos reservatórios aos consumidores. A RDA pode ser projetada para atender desde pequenos povoados a grandes cidades, variando nas características e no porte de suas instalações. Neste contexto, os principais parâmetros necessários para a definição da rede são a área a ser atendida, a expectativa de população e o relevo da área.

A área de estudo é o Município de Planaltina-GO, situado a 59 km da Capital Federal, com 81.649 habitantes (IBGE, 2010) e, por sua vez, incorporado a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE-DF). A RIDE-DF tem como efeito a articulação da ação administrativa da União, do Distrito Federal e dos Estados de Goiás (GO) e Minas Gerais (MG) objetivando o desenvolvimento territorial das regiões integrantes, de forma a compatibilizar os interesses econômicos, a melhoria da qualidade de vida da população e a administração responsável dos recursos naturais.

Segundo o Atlas da Agência Nacional de Águas (2010), o SAA de Planaltina requer a ampliação ou adequação do sistema atual em virtude do aumento populacional na área urbana. O Plano Diretor (PD) municipal confirma esta necessidade e tem como meta de cenário de desenvolvimento sustentável a implantação de infraestrutura urbana para abastecimento de água em toda área urbana do Município.

Para Tsutiya (2004), a necessidade de adequações dos serviços de abastecimento de água está ligada à reabilitação de redes de transporte e distribuição de água mais antigas, bem como

a construção e ampliação dos sistemas para atender às novas áreas de crescimento. Rossini *et al.* (2002), relata que a produção do espaço urbano organizado sem levar em consideração a aptidão física à ocupação humana, resulta em efeitos negativos e provoca o aparecimento de diversos problemas, tais como a inadequação da infraestrutura de saneamento básico.

Visto isso, o objetivo desta pesquisa será estudar a dinâmica urbana do município de Planaltina em uma análise multitemporal, produzir um mapa de aptidão à expansão urbana e dimensionar uma proposta de atualização de uma RDA para o Município da área de estudo, inferindo uma demanda de água potável para um horizonte de 35 anos.

## 2. Metodologia e Materiais

O estudo foi organizado em três fases: entendimento da dinâmica de uso e ocupação do espaço urbano (uso e ocupação do solo); previsão da ocupação urbana por meio do mapa de aptidão (MA); e, projeto da RDA.

### 2.1 Dinâmica de uso e ocupação do solo

Para esta fase foram consultados previamente os documentos referentes ao relatório final do Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) da RIDE-DF de 1994, e o PD de Planaltina-GO elaborado pela empresa Technum Consultoria SS em agosto de 2006.

Ainda, visando o entendimento do processo de expansão urbana na dinâmica de uso do solo foram elaborados três mapas de uso e ocupação (MUO) para os anos de 1984, 1999 e 2015. Para tal, foram obtidas do catálogo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) as imagens do sensor/satélite TM/Landsat 5 de 11/06/1984, ETM/Landsat 7 de 16/08/1999 e do Serviço Geológico Norte Americano a do sensor/satélite OLI/Landsat 8 de 17/06/2015, correspondentes a órbita/ponto 221/71 com cobertura mínima de nuvens. O processamento se deu no *software* SPRING 5.3, desenvolvido pelo INPE, e a sequência metodológica aplicada foi adaptada de Almeida *et al.* (2014), incluindo: transformação de componentes principais, obtenção do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), segmentação, treinamento, classificação Bhattacharya, pós-classificação e vetorização dos resultados.

Para auxiliar na análise de dinâmica entre os anos definidos fora feita tabulação cruzada entre os mapas de uso e ocupação do solo por meio da ferramenta de mesmo nome hospedada pela plataforma SPRING 5.3.

### 2.2 Previsão de ocupação urbana: mapa de aptidão a expansão urbana

O mapa de aptidão (MA) foi elaborado no *software* ArcGIS 10.2.2 *trial*, desenvolvido pela ESRI, por meio de uma análise espacial multicritério usando o método de combinação linear ponderada e técnica de análise hierárquica de processos (AHP) para definição de pesos para cada critério.

Uma análise de multicritérios pode ser entendida como uma ferramenta matemática que permite comparar diferentes alternativas (ou cenários), fundamentada em vários critérios, objetivando direcionar os tomadores de decisão para uma escolha mais ponderada (Roy, 1996, *apud* Corseuil, 2006). O método de Combinação Linear Ponderada consiste em padronizar os critérios para uma escala numérica comum de notas, depois atribuir pesos a cada um, sendo o somatório dos pesos a unidade (1). Por fim, os critérios são somados por meio de uma média ponderada. Além dos critérios é possível adicionar restrições, que têm a função de exclusão, assim, o procedimento consiste em multiplicar o valor da média ponderada pelas restrições.

Os critérios utilizados foram os mapas de pedologia, geologia, declividade, distância de infraestruturas e uso e ocupação do solo. O MUO usado foi o confeccionado na primeira fase da pesquisa para o ano de 2015. O mapa de pedologia e geologia elaborados pela SIC-Goiás (Superintendência de Geologia e Mineração) foram obtidos no sítio do Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG) de Goiás em formato de *shapefile* no *datum* SAD69 na escala de

1:250.000 e 1:500.000, respectivamente. O mapa de declividade foi processado no *software* SPRING 5.3 a partir do modelo digital de elevação (MDE) do sensor ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) a bordo do satélite Terra, obtido no site da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Para o mapa de distância de infraestruturas delimitou-se a área do perímetro urbano proposto pelo PD que estava efetivamente adensada e definiu-se uma faixa de influência de aptidão decrescente de 3 km por meio da ferramenta *Multiple ring buffer* do ArcGIS.

A técnica AHP, descrita por Saaty (1991), é o método de multicritério mais amplamente utilizado no apoio à tomada de decisão. De acordo com Silva *et al* (2004) a técnica AHP baseia-se numa matriz quadrada de  $n \times n$ , de comparação entre os  $n$  critérios, em que as linhas e as colunas correspondem à importância do critério da linha em face ao critério da coluna.

Neste contexto os valores de entrada nas matrizes foram obtidos com base na comparação dois-a-dois dos cinco critérios adotados e que têm influência na aptidão do solo à expansão urbana. A partir desta comparação pareada foi definida a hierarquia relativa entre os critérios, conforme a escala pré-definida de 1 a 9, onde o valor 1 equivale ao mínimo e 9 o máximo de importância de um critério sobre o outro. Para a verificação da consistência da hierarquização calcula-se a razão de consistência (RC) que deve ser menor do que 0,1. Confirmada a consistência da matriz de comparação pareada, são extraídos seus autovetores que correspondem ao grau de importância relativa para cada critério considerado, ou seja, o seu peso para o cálculo final da AHP.

Por intermédio das ferramentas de edição do ArcGIS (*Buffer*, por exemplo) as restrições foram agrupadas em um único mapa contendo todas as restrições legais: as Áreas de Preservação Permanente conforme Lei Nº 12.651 de 2012; as Áreas de Proteção Ambiental da Lagoa Formosa e do Parque Ecológico de Planaltina instituídas no PD; e, o entorno da voçoroca, existente na área de estudo, limítrofe a área urbana, sendo este classificado como de interesse social nos termos da Lei 12.651, caracterizando-se como área de segurança pública.

Todos os mapas foram georreferenciados tendo como base a imagem do Landsat 8 quando necessário, e projetados ou produzidos no *datum* SIRGAS2000. Por fim, estes foram convertidos para o formato *raster* (imagem), por meio da ferramenta *Feature to raster*, do menu *Conversion*, viabilizando o cálculo pixel a pixel por meio da ferramenta *Raster calculator*, do menu *Spatial analyst*, no ambiente computacional do sistema ArGIS.

### 2.3 Desenho da rede (RDA)

A proposta da RDA foi feita seguindo-se recomendações de Tsutiya (2004), considerando o cenário obtido do MA e projeção populacional para o horizonte de 35 anos. Para projeção de população foram testados os modelos aritmético, geométrico, logístico e de extrapolação gráfica. Por meio do consumo de água potável *per capita*, obtido do relatório do Sistema Nacional de Informações em Sanamento (SNIS) de 2014, da projeção populacional e da área mais apta a recebê-la, estimou-se a densidade populacional e as demandas nos nós para a RDA.

O traçado da RDA foi efetuado de modo a atender a NBR 12.211 de 1992 aproveitando-se, desta forma, as estruturas existentes no atual SAA da área de estudo. Para tanto, a RDA de 2009 obtida em formato CAD (arquivo tipo .dwg) da SANEAGO (Saneamento de Goiás S.A.) foi inserida no sistema ArcGIS e, por meio da ferramenta *Feature Vertices To Points*, foram extraídos os pontos (nós) da rede. A partir destes nós foi iniciado o traçado da proposta da RDA ampliando e adequando a rede já existente às normas NBR e às recomendações de Tsutiya (2004). Ao novo conjunto de nós foram acopladas as elevações do terreno do MDE (ASTER, NASA) por meio da ferramenta *Extract Values To Points*, e as coordenadas geográficas pela ferramenta *Add XY Coordinates*, do ArcGIS.

O novo conjunto de nós foi importado em formato de tabela e convertido para a linguagem do EPANET por meio da *Macro EPAX*, desenvolvida em ambiente Excel pela *Unidad Civil Geología y Minas (UCG)* da *Universid Técnica Particular de Loja (UTPL)*. No dimensionador EPANET 2.0, desenvolvido pela *EPA's Water Supply and Water Resources Division*, foi importado o arquivo de nós e traçadas as tubulações. Por fim, efetuou-se a análise da RDA B-17/S.C atual e elaborada a proposta de expansão da RDA no uso dos recursos de simulação da plataforma EPANET.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Dinâmica de uso e ocupação do solo

O relatório do ZEE indica o que o PD descreve mais detalhadamente, o acelerado processo de especulação imobiliária e a baixa atratividade econômica de Planaltina, este fenômeno traduziu-se no surgimento de loteamentos pouco densos, sem o atendimento às restrições ambientais cabíveis e infraestrutura urbana adequada. Todo este processo pôde ser acompanhado e validado nos MUO apresentados na Figura 1.

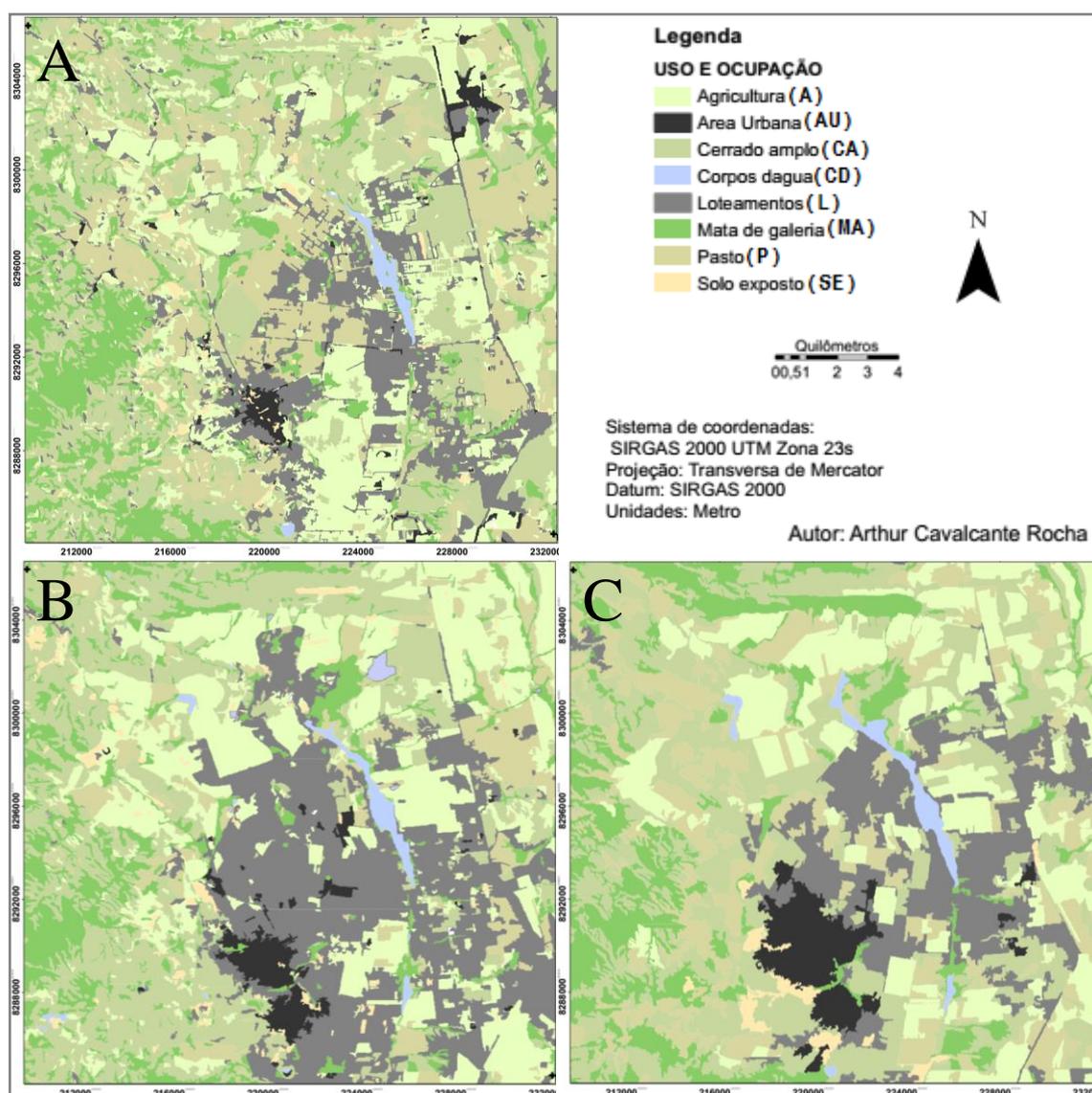


Figura 1 – Evolução dos MUO dos anos de 1984 (A), 1999 (B) e 2015 (C) na área de estudo

Os resultados observados na Figura 1 mostram que entre os anos de 1984 e 1999 houve uma expansão urbana significativa, tanto no que diz respeito às classes temáticas de uso e

ocupação Área Urbana (AU) como às de Loteamento (L). Neste período, 12%, 19% e 22% das áreas de classe temática Solo Exposto (SE), Agricultura (A) e Pasto (P) converteram-se em L, respectivamente. Já na transição entre os mapas B e C verifica-se o encolhimento da área loteada (classe L) e a consolidação e ampliação do espaço urbano denso (classe AU). Verifica-se que em torno de 27%, 15% e 13% dos L converteram-se em Cerrado Amplo (CA), A e P entre os anos de 1999 e 2015, enquanto que 7% e 3% dos L e SE consolidaram-se em AU, respectivamente. Essa dinâmica corrobora para o que consta no PD: rapidez da ocupação do espaço urbano e abertura de novas áreas, contudo, sem atratividade econômica, tendo como resultado o abandono dos loteamentos.

Uma análise minuciosa da tabulação cruzada mostrou uma comutação entre as classes temáticas de CA, A, P, SE e L nos anos de 1984, 1999 e 2015. Parte disto pode ser explicado pelas atividades antrópicas associadas a estes últimos usos do solo, não é incomum que áreas de solo exposto se convertam em campo, ou cerrado em agricultura, ou ainda, esta em pasto e vice e versa, principalmente num intervalo de dez anos.

Quanto ao comportamento das áreas urbanas especificamente, verifica-se: a tendência de urbanização à nordeste do centro urbano, principalmente ao redor da Lagoa Formosa, onde concentram-se atividades de lazer; o surgimento de novos loteamentos próximos às rodovias GO-430 e BR-010; e a consolidação da classe temática AU ao Sul, próximo à divisa do DF.

No que diz respeito ao projeto de infraestruturas para o dimensionamento de uma RDA destaca-se o que diz o relatório do ZEE (1994): “As condições de habitação em Planaltina devem ser analisadas no contexto já mencionado de uma cidade cuja principal função é a de dormitório de uma população de baixa renda que trabalha fora do município. Essa característica se traduz em uma vida urbana, onde é dominante o número de casas vazias durante o dia.”

## 2.2 Previsão de ocupação urbana: mapa de aptidão à expansão urbana

A aplicação da técnica de AHP obteve um RC favorável, estando abaixo de 0,10 (para esta aplicação o RC encontrado foi de 0,04). Os autovetores (pesos) encontrados podem ser conferidos na Equação 1 compondo o produto da multiplicação “Peso X Mapa”.

Os mapas (critérios) usados para elaboração da pesquisa foram reclassificados por meio da ferramenta *Reclassify*, do ArcGIS, com notas padronizadas numa escala de 50 (mais apto) a 10 (menos apto). As notas atribuídas para os mapas de Declividade (*D*), Pedologia (*P*) e Geologia (*G*) foram adaptadas de Crepani et al. (2001), considerando a fragilidade do terreno à sua denudação. Para o mapa de uso e ocupação do solo (*U*) considerou-se: as áreas urbanizadas mais aptas à consolidação urbana; as áreas de pastagem e solo exposto como regiões já impactadas, portanto, favoráveis à futura ocupação; as áreas de vegetação e corpos d’água menos aptas, sendo estas destinadas à preservação de flora e fauna; e, as áreas de agricultura preferencialmente com menor aptidão visando a manutenção do abastecimento alimentício. Do mapa de distância de infraestruturas (*I*) foi incorporado ao estudo a tendência natural de consolidação urbana próxima às estradas e às infraestruturas municipais, portanto, quanto mais próximo de infraestruturas mais apta é a região à consolidação urbana. O mapa de restrições (*R*) foi reclassificado numa escala binária, onde zero significa a total inaptidão e 1 a potencial aptidão.

Tendo definidos os pesos, as restrições e os critérios padronizados aplica-se a combinação linear ponderada, expressa na Equação 1. Para tanto, fez-se o uso da ferramenta *Raster Calculator*, do ArcGIS, e o mapa de aptidão (*MA*) resultante consta na Figura 2.

$$MA = R \times (0,04 \times G + 0,09 \times P + 0,17 \times D + 0,29 \times I + 0,42 \times U) \quad (\text{Equação 1})$$

Do resultado observado no mapa de aptidão à expansão urbana da Figura 2, verifica-se que Planaltina tem áreas aptas consideráveis à expansão e consolidação urbana, principalmente nas proximidades do centro urbano e ao leste, onde localizam-se a Lagoa

Formosa e as rodovias GO-430 e BR-010. Esta área corresponde a localização de boa parte dos loteamentos desordenados do início da ocupação do Município.

As áreas montanhosas e de vegetação bem desenvolvidas obtiveram baixas aptidões e coincidem, em sua maioria, com as zonas da Área de Proteção Ambiental do Planalto Central, a saber, a Zona de Uso sustentável e de Conservação da vida silvestre, a oeste do centro urbano.

Em relação à infraestrutura urbana e conseqüentemente a elaboração da RDA, conclui-se do MA e da análise da primeira fase dessa pesquisa que as áreas com maior aptidão e probabilidade de ocupação são as que margeiam o centro urbano, principalmente ao leste e ao norte. Assim, para expansão da RDA do Município de Planaltina deve-se dar preferência às áreas classificadas como loteamentos que, segundo o MA, estão aptas à ocupação.

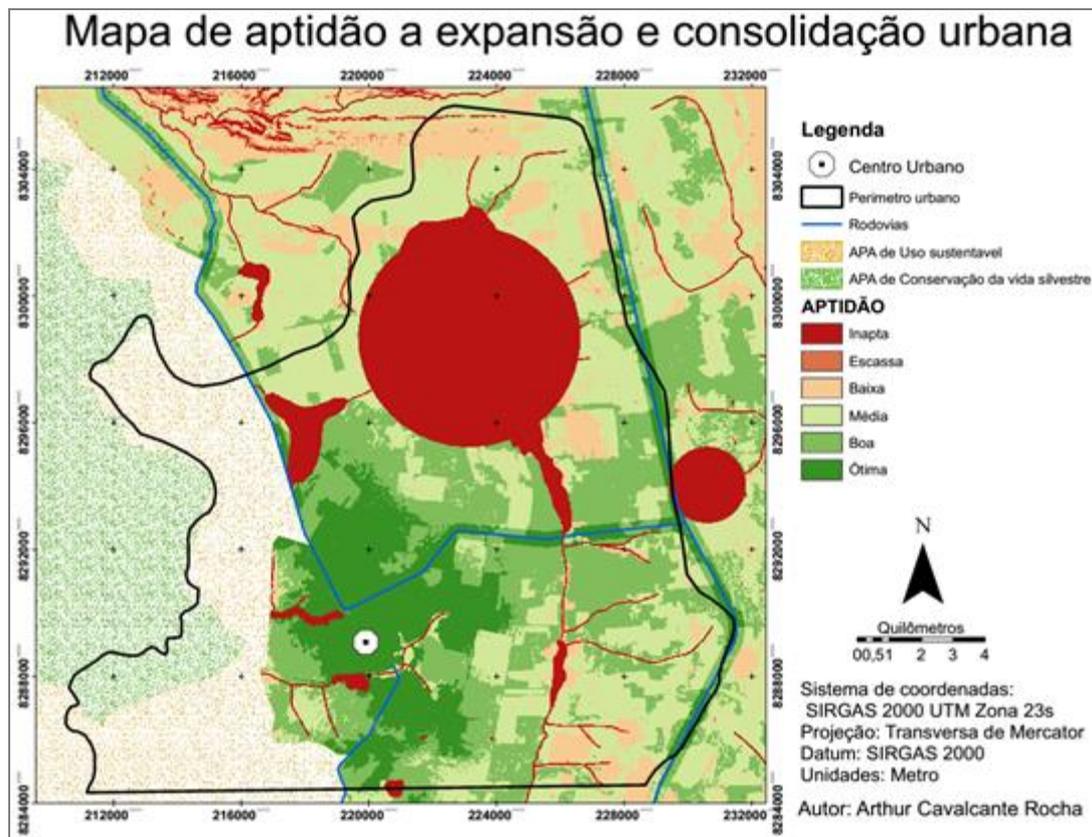


Figura 2 - Mapa de aptidão à expansão urbana do Município de Planaltina.

### 2.3 Desenho da rede de abastecimento de água potável (RDA)

A área urbana de Planaltina é de aproximadamente 2500 ha, portanto, a densidade populacional média do Município gira em torno de 40 hab/ha. Das projeções populacionais para 35 anos testadas a que apresentou o melhor ajuste em termos das características socioeconômicas do Município foi a linear, chegando a 151.956 habitantes. Para a previsão de demanda de água nos nós foi necessário distribuir essa nova população de modo a definir novas densidades populacionais ou novas áreas de ocupação.

O atual SSA do município divide-se em 11 RDAs, delimitando-se, dessa forma, as zonas de pressão segundo o relevo. Contudo, em visita técnica realizada à SANEAGO, técnicos relataram que a regionalização das redes ainda é insuficiente, sucedendo em pressões insuficientes e até no rompimento recorrente de tubulações. As tubulações de 50 mm abarcam cerca de 75% de todos os condutos das RDAs, sendo o restante composto por tubulações de maior diâmetro. Porém, há na rede a ocorrência de tubulações de 25 mm que não são recomendadas pela literatura por induzirem a uma perda de carga elevada.

Para fase de simulação da RDA foi usado o sistema métrico universal e optou-se pela fórmula universal (equação de Darcy-Weisbach) para determinação da perda de carga, seguindo-se o que recomenda a norma NBR 12.218 de 1994.

Para o diagnóstico das RDAs fez-se uma simulação na plataforma EPANET com os traçados atuais considerando uma demanda correspondente à densidade de 40 hab/ha e um consumo per capita de 124 L/hab.dia (SNIS, 2014). A Figura 3 (A) apresenta o resultado para a simulação da RDA B-17/S.C no EPANET. Para esta RDA destacam-se as seguintes problemáticas: diâmetros abaixo do que recomendam as normas; rede ramificada, pois, Tsutiya (2004) recomenda que sejam malhadas facilitando, desta forma, sua manutenção; e a pressão esteve abaixo de 10 mca em mais de 60% dos nós.

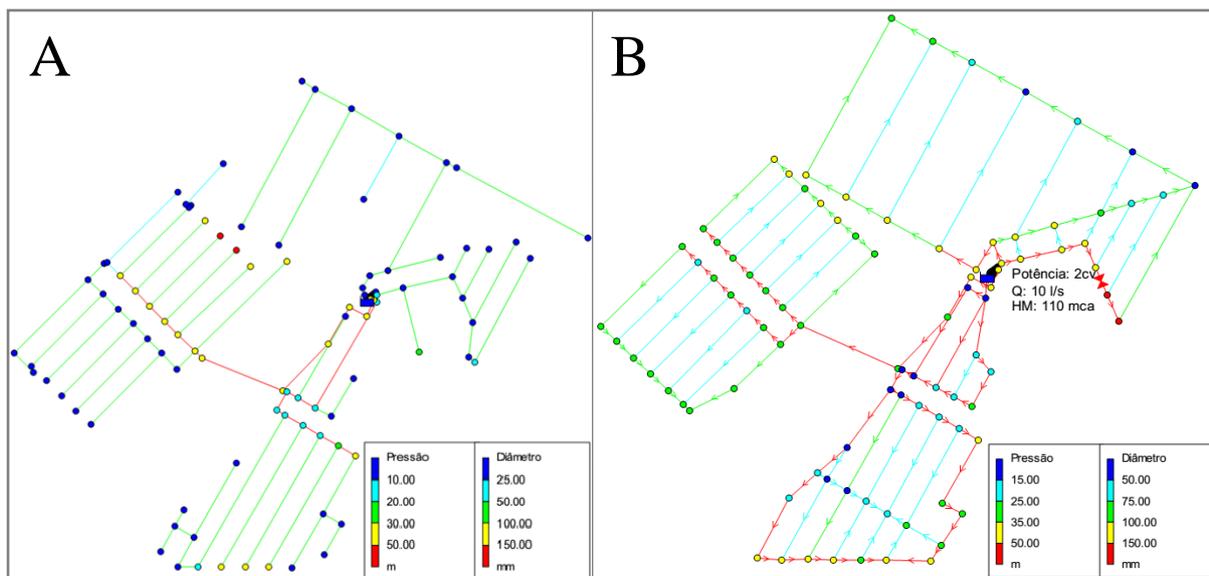


Figura 3 – Diagnóstico (A) e proposta (B) de readequação da RDA B-17 / S. C.

Concluído o diagnóstico partiu-se para a elaboração da proposta de readequação da RDA no *software* ArcGIS e sua simulação no *software* EPANET resultando no que consta na Figura 3 (B) que apresenta o caso da RDA B-17/S.C. O traçado para esta rede considerou as tubulações existentes, a adequação ao modelo malhado e uma demanda maior em virtude da maior densidade populacional. Adotou-se uma densidade de 80 hab/ha e um consumo per capita de 130 L/hab.dia, o que era uma demanda de 0,1 L/s em cada nó passou a 0,2 L/s na nova proposta.

A readequação da RDA atendeu aos limites de pressão recomendados pela NBR 12.218 (entre 10 e 50 mca). Entretanto, as velocidades de escoamento nas tubulações atingiram valores abaixo de 0,6 m/s. Este resultado é razoável, uma vez que as demandas nos nós são ainda muito pequenas em função das baixas densidades populacionais no município (há baixa verticalização e os lotes são extensos, segundo o PD). Portanto, atingir velocidades mais elevadas torna-se inconciliável. Desta forma, nestes trechos recomenda-se a instalação de válvulas ventosas nos pontos altos da rede e de descarga nos pontos baixos prevenindo acúmulo de ar e remediando a sedimentação de pequenas partículas nas tubulações, respectivamente.

#### 4. Conclusões

A representação multitemporal do uso e ocupação do solo mostrou-se satisfatória no entendimento do espaço urbano e sua dinâmica explicitando os vetores de crescimento ao nordeste, próximo às rodovias e à Lagoa Formosa. O mapa de aptidão expressou com eficiência os espaços aptos à consolidação urbana de forma a corroborar para a garantia

mínima de segurança e bem-estar social urbano no que diz respeito às variáveis físicas consideradas na análise. Desta forma, a representação multitemporal do uso e ocupação do solo e o mapa de aptidão se mostraram úteis no entendimento e na previsão da mancha urbana viabilizando, assim, a concepção de um projeto de RDA comprometido com seu horizonte espaço-temporal. Em consonância, a proposição da rede para a cidade de Planaltina-GO obteve sucesso na adequação das antigas estruturas às normas NBR e as recomendações de Tsutiya (2004). A metodologia utilizada pode ser reaplicada no estudo do espaço urbano para o projeto de futuras RDAs e na concepção das infraestruturas das cidades, subsidiando políticas públicas de ocupação do espaço urbano e de saneamento básico.

### Referências Bibliográficas

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12211: **Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água**. 1992. Rio de Janeiro, Brasil.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12218: **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. 1994. Rio de Janeiro, Brasil.

Almeida, W.S. Evaluation of unmanned aerial vehicles (UAV) high spatial resolution data to produce digital terrain model and visible spectral imagery. In: **South-Eastern European Journal of Earth Observation and Geomatics**, ISSN 2241-1224. Thessaloniki: Aristotle University of Thessaloniki, Greece. v. 3, p. 239-243, 2014.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Atlas de abastecimento de água urbano**. 2010. Disponível em: <www.atlas.ana.gov.br>. Acesso em: junho de 2016.

BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Código Florestal**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: janeiro de 2016.

BRASIL. Lei Federal nº 94, de 19 de fevereiro de 1994. Autoriza o Poder Executivo a criar a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno - RIDE e instituir o Programa Especial de Desenvolvimento do Entorno do Distrito Federal, e dá outras providências. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: outubro de 2015.

Corseuil, C. W. **Técnicas de Geoprocessamento e de Análise de Multicritérios na Adequação de Uso das Terras**. 2006. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, SP, 117p. 2006.

Crepani, E., Medeiros, J. S, Hernandez Filho, P., Florenzano, T. G., Duarte, V. e Barbosa, C. C. F.. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. INPE, São José dos Campos, Brasil, 2001. 103p.

Estado de Goiás.. **Zoneamento ecológico-econômico da área do entorno de Distrito Federal no Estado de Goiás**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Secretaria de Planejamento e Coordenação do Estado de Goiás (SEPLAN-GO), 1994. 192p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades, **Planaltina – GO**. Disponível em <www.cidades.ibge.gov.br >. Acesso em: janeiro de 2016.

Prefeitura Municipal de Planaltina. Lei Municipal nº 10.157, de 10 de julho de 2001. Dispõe sobre a instituição do Plano Diretor e dá outras providências.

Rossini, D., Foresti, C., Viadana, M. I. C. F. **Análise ambiental e do padrão espacial em áreas de expansão urbana de Limeira-SP**. 2001. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, São Paulo, SP, 171p.

Saaty, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. São Paulo: Mcgraw-hill, 1991. 367p.

Silva, A. N. R. *et al.* **SIG: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes: uma ferramenta 3D para análise ambiental urbana, avaliação multicritério, redes neurais artificiais**. São Carlos, SP: Ed. do Autor, 2004. 227 p.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. (2014). **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos**. Disponível em: <www.snis.gov.br>. Acesso em: setembro de 2015.

Tsutiya, T. T. **Abastecimento de Água**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. 643p.