



## ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DOS DEFLÚVIOS NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DA AVENIDA DR. AIRTON TELES, ARACAJU

Leonardo de Melo Fonseca<sup>(1)</sup>; Ludmilson Abritta Mendes<sup>(2)</sup> & Erwin Henrique Menezes Schneider<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidade Federal de Sergipe, [leonardufonseca@gmail.com](mailto:leonardufonseca@gmail.com)

<sup>(2)</sup> Universidade Federal de Sergipe, [ludmilsonmendes@yahoo.com.br](mailto:ludmilsonmendes@yahoo.com.br)

<sup>(3)</sup> Universidade Federal de Sergipe, [erwinhenrique@gmail.com](mailto:erwinhenrique@gmail.com)

**RESUMO:** A urbanização acarreta impactos hidrológicos em microbacias, que elevam a frequência e a severidade das inundações. O presente estudo teve como objetivo analisar as alterações no escoamento superficial na área de contribuição da Avenida Dr. Airton Teles em Aracaju, Sergipe, cuja mancha urbana já se encontra consolidada. Foram considerados três cenários de urbanização, cujo uso do solo foi determinado através de relatos históricos e de tratamento de imagens aéreas. O trabalho foi desenvolvido no *software* ABC6, com auxílio de SIG, para cálculo da vazão de projeto. Os resultados indicam aumento substancial do parâmetro CN e redução dos tempos de concentração em toda a microbacia. Os resultados mostram razões entre as vazões de pós e pré-urbanização superiores às encontradas na literatura, justificadas principalmente pelo incremento de áreas impermeáveis na microbacia.

**Palavras-Chave:** Drenagem. Urbanização. Uso do solo.

### INTRODUÇÃO

A conversão do ambiente natural em urbano altera significativamente o ciclo hidrológico local. As principais influências negativas da urbanização sobre o ciclo hidrológico são a redução da evapotranspiração, a substituição da interceptação vegetal pela interceptação nos equipamentos urbanos, o aumento da velocidade de escoamento superficial e a diminuição do escoamento básico pela queda na recarga dos aquíferos (TUCCI, 2007). Tais alterações geram aumento de até sete vezes da vazão de pico e redução de até 40% do tempo de concentração em bacias urbanas, o que contribui para maior frequência e severidade das inundações (TUCCI, 2002; TUCCI E GENZ, 1995).

No Brasil, essa alteração do comportamento hidrológico das bacias urbanas é agravada pela ausência de planejamento urbano, com a ocupação das várzeas de inundação e a ocupação extensa e adensada, que eliminam áreas que originalmente atuavam no armazenamento e amortecimento da precipitação (CANHOLI, 2014; PORTO et al., 2009).

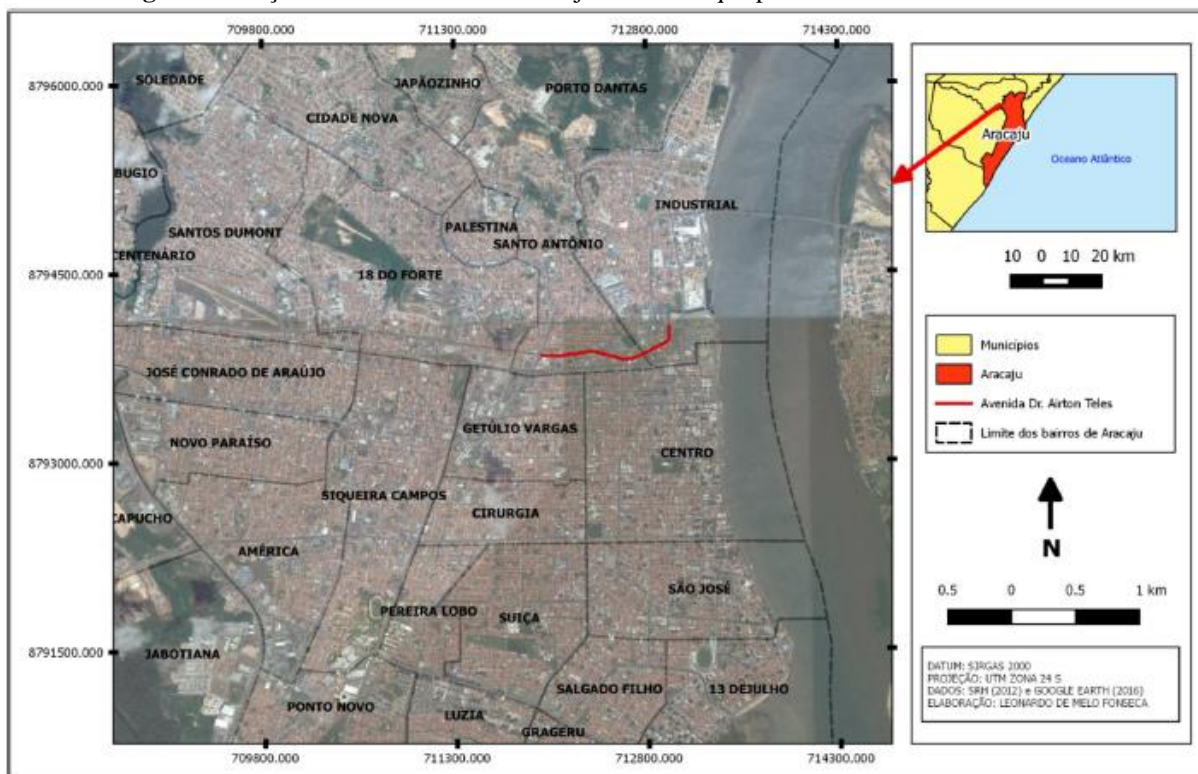
Este trabalho tem como objetivo analisar as alterações no escoamento superficial em uma microbacia urbana no município de Aracaju, Sergipe, em função das mudanças no uso do solo e da implantação da rede de macrodrenagem local.

## METODOLOGIA

O município de Aracaju, capital do Estado de Sergipe, possui 181,86 km<sup>2</sup> de área e, em 2010, apresentava população de 571.149 habitantes (IBGE, 2011). O clima local é megatérmico subúmido, marcado por um período seco de primavera-verão e chuvoso de outono-inverno e temperatura média de 26°C (ARAÚJO, 2006). Quanto ao relevo, predominam no município a Planície Costeira, superfície relativamente plana, baixa e localizada entre os domínios oceânico e continental, e os Tabuleiros Costeiros, na porção norte do município, com morros e colinas de formas mais arredondadas (ARAÚJO, 2006).

A Avenida Dr. Airton Teles, situada na zona central, é uma das áreas de inundação mais frequente em Aracaju. Levantamento da Empresa Municipal de Obras e Urbanização (EMURB), responsável pela drenagem pluvial em Aracaju, destaca a referida avenida pela extensão da área afetada e por ser uma região cujos riachos encontram-se canalizados sob algumas ruas (EMURB, 2013). A avenida margeia um canal de drenagem que desemboca no rio Sergipe (Figura 1). Segundo EMURB (2013), a rede de drenagem existente em toda a extensão da avenida é insuficiente e necessita de um estudo com redirecionamento do canal.

**Figura 1.** Porção norte da cidade de Aracaju com destaque para a Avenida Dr. Airton Teles



O estudo envolveu pesquisa bibliográfica acerca da drenagem de águas pluviais no município, a partir de informações disponibilizadas pela EMURB, e visitas a campo, para



coleta de informações espaciais dos canais de drenagem existentes. Foram utilizados dados espaciais do domínio TOPODATA, dos quais se obteve um Modelo Digital de Elevação (MDE) de Aracaju com resolução espacial de 30 m. O *software* Quantum GIS versão 2.16.2 foi empregado para determinar a área de cada sub-bacia, o percentual de área impermeável e da área diretamente conectada ao sistema de drenagem e os tipos de uso/ocupação do solo, bem como para facilitar a análise temporal e espacial dos dados hidrológicos e criar um banco de dados cartográficos. Informações pedológicas e das bacias hidrográficas foram obtidas pelo Atlas de Recursos Hídricos de Sergipe (SERGIPE, 2014).

O estudo considerou três cenários de urbanização para avaliar o impacto da evolução urbanística na bacia, como apresentado na Tabela 1. O cenário C1 (início do século XX) foi reproduzido a partir de relatos geográficos e urbanísticos de Porto (1991, 2001). Os cenários C2 (início da década de 1970) e C3 (situação atual) foram reproduzidos, respectivamente, a partir de uma ortofoto aérea de 1970 (SERGIPE, s.d.) e de uma imagem de satélite de 2015 (GOOGLE EARTH, 2016), previamente georreferenciadas e trabalhadas em ambiente SIG.

**Tabela 1.** Descrição dos cenários de urbanização da microbacia

<b>Cenário</b>	<b>Descrição</b>
C1: Pré-urbanização	Início do século XX: Baixa interferência antrópica
C2: Região urbanizada	Início da década de 1970: Implantação de pavimentação asfáltica e dos canais de macrodrenagem
C3: Região intensamente urbanizada	Condições atuais

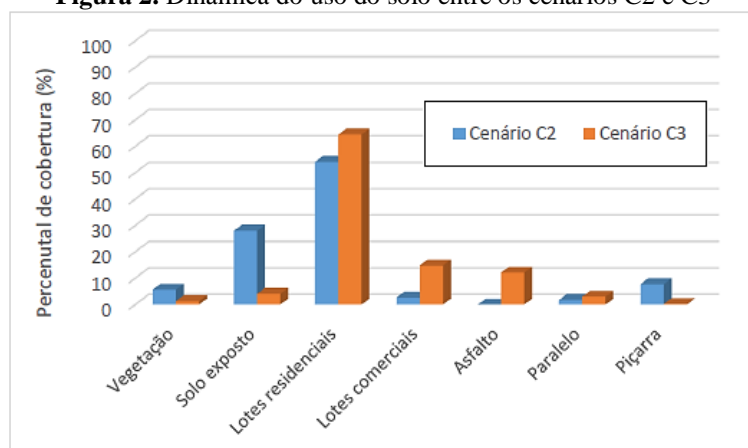
Para delimitar a área das sub-bacias que contribuem para o canal da Airton Teles, foi utilizado o conjunto de ferramentas TAUDem (*Terrain Analysis Using Digital Elevation Models*) acoplado ao Quantum GIS, e uma camada de curvas isoípsas geradas pelo MDE.

Na simulação hidrológica, foi utilizado o *software* ABC 6. O tempo de concentração  $t_c$  foi calculado pelo método cinemático, devido à heterogeneidade do escoamento no ambiente urbano (TUCCI, 2005). Foi adotada a curva IDF de Aracaju proposta por Aragão et al. (2012), considerando um período de retorno de 10 anos, conforme faixa de valores estipulada por Tucci (2005) e um tempo de duração da chuva de 6 horas. Os hietogramas de chuva efetiva de cada cenário de urbanização foram determinados pelo método do SCS, disponível no ABC 6, e utilizados para determinar o hidrograma de cheia pelo método de Santa Bárbara, também disponível no ABC 6, com discretização de 10 minutos, para as seções do canal situadas no início e no fim da Avenida Dr. Airton Teles.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implantação de canais de macrodrenagem alterou as áreas de contribuição na região de estudo. Entre os períodos C1 e C2, a área drenada para o início da Av. Dr. Airton Teles sofreu acréscimo de 1,07 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 27%, pela construção do canal Comandante Miranda, que conectou ao canal da Airton Teles parte da bacia vizinha. Entre os períodos C2 e C3, houve uma diminuição de 0,52 km<sup>2</sup>, devido à implantação de um canal que desviou parte da drenagem da região para fora da bacia estudada. A alteração no uso do solo é representada pela alteração do parâmetro CN. No cenário C1, chegou-se a um CN médio de 49, a partir de relatos históricos da região. Para os cenários C2 e C3, por meio de fotos aéreas, foi possível identificar diferentes usos do solo urbano, como apresentado na Figura 2. O CN médio para C2 e C3 foi de 72 e 80 respectivamente.

**Figura 2.** Dinâmica do uso do solo entre os cenários C2 e C3



O avanço da urbanização ocasionou uma redução de 46% no tempo de concentração, que variou de 146 minutos em C1 para 79 minutos em C3. Essa variação é próxima do percentual máximo de 40% observado em estudos relatados por Tucci e Genz (1995). Na Tabela 2 estão apresentados os parâmetros área drenada, CN e tempo de concentração (tc) da bacia de contribuição da Av. Dr. Airton Teles para os três cenários de urbanização.

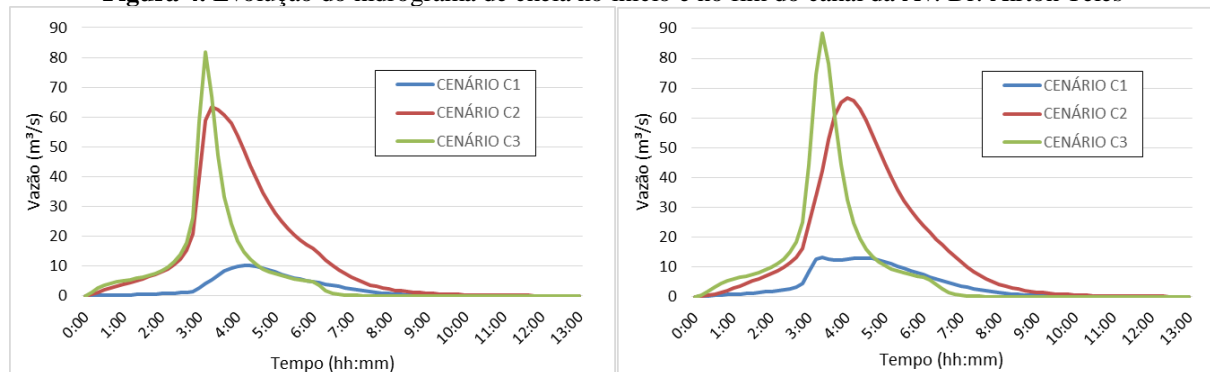
**Tabela 2.** Parâmetros da bacia de contribuição da Av. Dr. Airton Teles para os cenários C1, C2 e C3

	C1	C2	C3
<b>Área drenada (km<sup>2</sup>)</b>	3,95	5,02	4,50
<b>CN<sub>médio</sub></b>	49	72	80
<b>tc (min)</b>	146	98	79

Os hidrogramas de cheia no início e no fim do canal da Avenida Dr. Airton Teles, para os três cenários de urbanização, são mostrados na Figura 4. A Tabela 3 apresenta os valores da vazão de pico e do tempo de pico nas seções de início e fim do canal da Av. Airton Teles para os três cenários de urbanização. Nota-se que, no início da Av. Dr. Airton Teles, a vazão

de pico pré-urbanização foi aumentada em seis vezes no cenário C2 e em oito vezes em C3. Essa razão entre as vazões pós e pré-urbanização chega a superar a observada em estudos citados por Tucci (2002) e Tucci e Genz (1995), que relatam incrementos de até sete vezes.

**Figura 4.** Evolução do hidrograma de cheia no início e no fim do canal da Av. Dr. Airton Teles



**Tabela 3.** Parâmetros da bacia de contribuição da Av. Dr. Airton Teles para os cenários C1, C2 e C3

Cenário	Início da avenida		Fim da avenida	
	Qp (m³/s)	tp (min)	Qp (m³/s)	tp (min)
<b>C1</b>	10,3	250	13,1	200
<b>C2</b>	63,3	200	66,6	240
<b>C3</b>	81,8	190	88,3	200

## CONCLUSÕES

Os resultados mostram como a ação antrópica na bacia de contribuição do canal da Av. Dr. Airton Teles, em Aracaju, desde o início do século XX, ocasionou diferentes impactos que contribuíram para o agravamento das cheias na região. No período, o tempo de concentração caiu praticamente para a metade de seu valor, sendo fator preponderante para o adiantamento do tempo de pico do hidrograma de cheia. A substituição dos obstáculos naturais ao escoamento como a vegetação, a retificação dos canais naturais de drenagem e a implantação de canais revestidos contribuíram para esse resultado.

A diminuição do tempo de pico foi acompanhada pelo aumento dos deflúvios. Até o início da década de 1970, ao processo de impermeabilização da bacia somou-se o impacto das obras de macrodrenagem, que aumentaram a área de contribuição pela implantação de um canal que conectou à bacia parte de uma microbacia vizinha. Tais intervenções elevaram em seis vezes o valor da vazão de pico. Entre 1970 e os tempos atuais, o fator uso do solo pesou mais na alteração das vazões de pico do que a pequena redução da área de contribuição, e atualmente a vazão de pico mostra-se oito vezes superior à da condição inicial de urbanização.

Os resultados reforçam não apenas a importância de se controlar a ocupação do solo urbano, com vistas a diminuir os efeitos indesejáveis da excessiva impermeabilização, como





também a necessidade de se avaliar adequadamente os efeitos decorrentes da implantação de projetos de drenagem, pois podem levar ao aumento da frequência e da severidade das inundações, em vez de sua atenuação.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Empresa Municipal de Obras e Urbanização (EMURB) de Aracaju, pelo fornecimento das informações necessárias à realização deste estudo.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ARAGÃO, R. et al. **Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V. 17, n. 3, p. 243-252. 2013.

ARAÚJO, H. M. et al. **O Ambiente Urbano: Visões Geográficas de Aracaju.** 1º edição. São Cristóvão: Editora da UFS, 2006. p. 15-44.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil - SEDEC. **Banco de Dados e registros de desastres: sistema integrado de informações sobre desastres – S2ID.** 2016. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/>>. Acesso em: 31 de março de 2017.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes.** 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

EMURB – EMPRESA MUNICIPAL DE OBRAS E URBANIZAÇÃO. **Pontos de Alagamentos.** Atualização 11 de 2013. 2016

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do censo demográfico: 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2011b. 256 p.

GOOGLE EARTH. **Imagem de satélite de Aracaju.** 2016. Disponível em: <<https://maps.google.com.br/>> Acesso em: 10 jul 2016.

PORTO, F. **A Cidade do Aracaju 1855-1865: ensaio de evolução urbana.** 2 ed. Aracaju: FUNDESC, 1991.

\_\_\_\_\_. **Alguns nomes do antigo Aracaju.** 2 ed. Aracaju: Gráfica Editora, 2011.

PORTO, R. L. L. et al. Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** 4 ed. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2009, p. 805-847.

SERGIPE. Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Gestão. **Ortofotos de Aracaju – década de 70.** S.d.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Atlas Digital sobre Recursos Hídricos de Sergipe.** Aracaju: SEMARH, 2014.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 5-27, 2002.

\_\_\_\_\_. **Modelos Hidrológicos.** Porto Alegre: UFRGS Editora, 2 ed., 2005.

\_\_\_\_\_. **Inundações Urbanas.** 1 ed.. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. Controle do Impacto da Urbanização. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M. T. L. (Org.). **Drenagem Urbana.** Porto Alegre: ABRH, 1995.