

Modificações no uso e ocupação do solo e caracterização fisiográfica da sub-bacia hidrográfica do Canal das Tintas, Paulista/PE

Changes in land use and occupation and physiographic characterization of the Tintas Sub-Basin Channel, Paulista/PE

Amaury Gouveia Pessoa Neto¹

Larissa de Sá Menezes²

José Danilo da Conceição Santos³

Antonio Carlos da Paz Rocha⁴

Resumo

O município de Paulista, que faz parte da Região Metropolitana do Recife, vem passando por diversas alterações nos seus aspectos ambientais. A expansão urbana desse município ocorreu, em grande parte, de forma desordenada e afetou a dinâmica de suas bacias hidrográficas. Este trabalho tem como escopo analisar as mudanças decorrentes desse crescimento urbano sobre a sub-bacia do Canal das Tintas – afluente da margem direita do Rio Paratibe, principal rio do município. A região da sub-bacia do Canal das Tintas vem sofrendo diversos impactos nas últimas décadas, devido, principalmente, à expansão do centro comercial e dos condomínios residenciais, os quais abrangem localidades do município de Paulista como, os bairros do Centro, Nobre, Jaguaribe, Jardim Paulista Baixo e Artur Lundgren I. Enchentes e alagamentos se tornaram frequentes nos últimos anos, e se faz necessário entender as causas da recorrência desses fenômenos. Para isso, foram analisados parâmetros morfométricos para obtenção de informações a respeito da dinâmica hidrogeomorfológica do Canal, assim como foi realizada uma análise sobre modificações de uso e ocupação da terra durante um espaço temporal de três décadas, a qual também contribui na compreensão dos impactos antrópicos sobre a dinâmica fluvial da bacia. A partir das análises morfométricas, constatou-se que a sub-bacia não é susceptível a alagamentos/enchentes, sendo este resultado do uso e ocupação do solo desenfreados em décadas passadas e intensificadas recentemente pela expansão imobiliária.

Palavras-Chave: Dinâmica hidrogeomorfológica; Expansão imobiliária; Impactos ambientais; Parâmetros morfométricos.

1 Mestre em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco. agpn@poli.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6320-8066>

2 Mestranda em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco. menelarissa@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1843-247X>

3 Mestrando em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco. jose.danilo@ufpe.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3102-5334>

4 Doutorando em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco. antoniocprocha83@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3958-407X>

Abstract

The municipality of Paulista, which is part of the Metropolitan Region of Recife, has been undergoing several changes in its environmental aspects. The urban expansion of this municipality occurred, for the most part, in a disorderly manner and affected the dynamics of its watersheds. The purpose of this work is to analyze the changes arising from this urban growth on the Canal das Tintas sub-basin – a tributary of the right bank of the Paratibe River, the main river in the municipality. The Canal das Tintas sub-basin region has suffered several impacts in recent decades, mainly due to the expansion of the commercial center and residential condominiums, which cover localities in the municipality of Paulista, such as the neighborhoods of Centro, Nobre, Jaguaribe, Jardim Paulista Baixo and Artur Lundgren I. Floods have become frequent in recent years, and it is necessary to understand the causes of the recurrence of these phenomena. For this, morphometric parameters were analyzed to obtain information about the hydrogeomorphological dynamics of the Channel, as well as an analysis of changes in land use and occupation over a period of three decades, which also contributes to the understanding of anthropic impacts on the fluvial dynamics of the basin. From the morphometric analyses, it was found that the sub-basin is not susceptible to flooding, which is the result of the unrestrained use and occupation of the land in past decades and recently intensified by the real estate expansion.

Keywords: Hydrogeomorphological dynamics; Real estate expansion; Environmental impacts; Morphometric parameters.

Introdução

O município de Paulista, localizado na Região Metropolitana do Recife, Pernambuco, em seu processo de urbanização, passou por diversas alterações nos seus aspectos ambientais, o que afetou a dinâmica de suas bacias hidrográficas ao longo do tempo. Além do uso e ocupação do solo desordenado ocorrido no passado, atualmente o município tem passado por um processo de urbanização focado na expansão imobiliária, o que tem intensificado as alterações nos aspectos ambientais das suas bacias hidrográficas, especialmente a bacia hidrográfica do rio Paratibe, principal rio do município.

De acordo com Luz (2018), essas novas formas de uso e ocupação do solo por meio da expansão imobiliária, traz em seus discursos a renovação do espaço urbano e a valorização dos espaços e do “verde”, caracterizando-se pela preferência por áreas centrais de Paulista, próximos

de comércios e serviços importantes da cidade, e por áreas verdes e históricas abandonadas, destruindo o que é “velho” para a inserção do moderno. Neste sentido, o conceito de meio ambiente para a população encontra-se também deturpado, associado a esse processo de expansão urbana e modernização da cidade.

Sendo assim, entre as perturbações ambientais que têm ocorrido neste processo de urbanização, e recentemente intensificadas pela expansão imobiliária, os alagamentos são as mais noticiadas, sendo constantes na área central do município, principalmente próximo ao Terminal Integrado Pelópidas da Silveira, causando transtornos à população local.

A principal drenagem situada próxima ao Terminal Integrado Pelópidas da Silveira é o Canal das Tintas, um dos principais afluentes da margem direita do rio Paratibe. A sub-bacia hidrográfica do Canal das Tintas localiza-se na área central de Paulista, onde o processo de urbanização e de expansão imobiliária recente foram mais intensas, afetando a sua dinâmica.

Sabe-se que uma bacia hidrográfica é um sistema geomorfológico aberto, formado pela interação de elementos climáticos, vegetacionais, pedológicos, do relevo e da rede de drenagem composta por cursos d'água, os subafluentes e os afluentes que convergem para um único ponto de saída, o exutório, drenando para este, água, sedimentos e nutrientes (CHRISTOFOLETTI, 1980; COELHO NETTO, 1998). Apresentam formas variadas, o que reflete no comportamento hidrológico de cada bacia. Este comportamento está em função das características geomorfológicas, como também da cobertura vegetal e ações antrópicas, influenciando, dentre outros, na infiltração e quantidade de água e no escoamento superficial e subsuperficial (TEODORO et al., 2007), ajustando-se sempre a novas condições de equilíbrio.

Neste sentido, a sub-bacia hidrográfica do Canal das Tintas é uma bacia urbana, na qual apresenta não somente os elementos citados, como também novos elementos do “ciclo hidrológico urbano”, como edificações, canalização, retificação de rios e outros (GUERRA, 2011); constituindo-se uma nova dinâmica e a novas condições de equilíbrio a cada inserção de elementos.

Diante disto, a análise morfométrica de bacias hidrográficas, especialmente urbana, traz importantes compreensões da dinâmica hidrológica e ambiental, além de permitir um diagnóstico das características fisiográficas da bacia hidrográfica. Essa análise possibilita, entre outras, avaliar a susceptibilidade a alterações de fluxo dentro do seu sistema (CHRISTOFOLETTI, 1980; 1981), como a predições de inundações/enchentes e qualificam as alterações ambientais dentro do seu sistema. Assim, a análise morfométrica permite uma análise integrada da paisagem sendo um importante instrumento de utilização no planejamento ambiental e urbano de uma cidade. Já a análise de uso da terra, nos faz compreender a intensidade e os tipos de modificações antrópicas realizadas em uma determinada parte do espaço, que nesse caso é uma sub-bacia hidrográfica.

Dentro deste contexto, este estudo objetivou a análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do Canal das Tintas relacionando-a ao uso e ocupação da terra na sub-bacia, a qual abrange parte do centro do município do Paulista, trazendo o estudo de aspectos físicos e antrópicos e resultando em uma análise integrada da paisagem.

Material e métodos

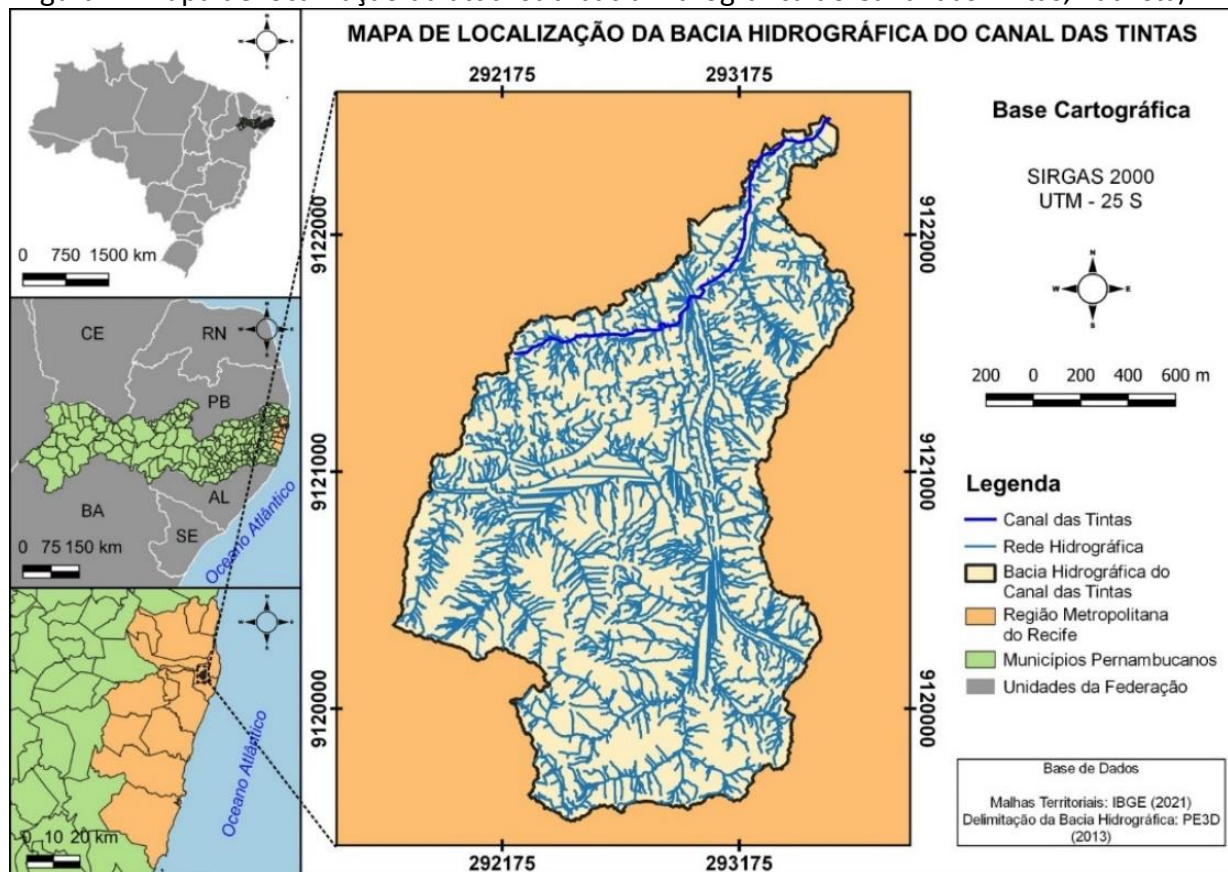
Localização e caracterização ambiental da sub-bacia do canal das Tintas

A atual sub-bacia do Canal das Tintas se localiza entre os bairros do Centro, Aurora, Nobre e Torres Galvão, no município do Paulista, Pernambuco (Figura 1). Anteriormente a 2019, a sub-bacia do Canal das Tintas tinha seu exutório próximo a Ponte do Janga, Paulista, sendo modificado após obras de terraplanagem na área. Diante disto, este trabalho utiliza a atual sub-bacia.

A sub-bacia se encontra sob os domínios do clima quente e úmido, com chuvas de outono-inverno, distribuídas entre os meses de março a agosto. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.500mm, sendo os meses mais chuvoso de abril a julho. Esse clima está condicionado a sistemas atmosféricos e oceânicos que interagem com fatores de altitude, vegetação e continentalidade. Entre os principais sistemas atmosféricos estão: Zona de Convergência Intertropical, Distúrbio Ondulatório de Leste (DOLs), os Vórtices Ciclônicos de Ar

Superior, as Frentes Frias do Sul e as Brisas Marítimas (SILVA, 2014). Os DOLs trazem chuvas intensas para a Região Metropolitana do Recife (RMR) causando inundações.

Figura 1- Mapa de localização da atual sub-bacia hidrográfica do Canal das Tintas, Paulista/PE.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Esse clima influencia diretamente no relevo, na origem e evolução dos solos e na formação da vegetação local. Os Tabuleiros Costeiros situados na sub-bacia nas áreas de maiores cotas altimétricas, são formados pelos sedimentos da Formação Barreiras, onde há a ocorrência de areias brancas, cremes a avermelhadas com seixos de quartzo ferruginizados (SILVA, 2014). Sob esses Tabuleiros formam-se os Argissolos e os Latossolos, estes encontrados nas cotas mais altas da sub-bacia. Já os Argissolos são bastante suscetíveis a erosão, especialmente no trecho da sub-bacia, onde as precipitações são elevadas.

Nas cotas mais baixas encontram-se as planícies fluvio-marinhas constituídas por depósitos flúvio-marinhos dos principais cursos d'água do município (SILVA, 2014). Sob essas planícies formam-se os Gleissolos, solos minerais que apresentam condições de encharcamento, seja temporário ou permanente. Estes solos são especialmente encontrados no trecho final do Canal das Tintas, quando deságua no rio Paratibe. O Canal das Tintas é um dos principais afluentes da margem direita do rio Paratibe.

Análise morfométrica

Aquisição e tratamento do Modelo Digital de Elevação (MDE) e delimitação automática da bacia hidrográfica

A delimitação automática da sub-bacia hidrográfica do canal das Tintas foi realizada por meio de um Modelo Digital de Elevação (MDE), em formato raster (grade regular) e com resolução espacial de 1 m, adquirido pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Esse MDE foi produzido a partir do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D), executado pela Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SRHE) do estado de Pernambuco, através do serviço de perfilamento a laser aerotransportado do terreno (LiDAR). O PE3D foi responsável por realizar a varredura de todo o estado pernambucano, possibilitando a obtenção de informações altimétricas com resoluções espaciais de 1 m e 0,5 m, em escalas de 1:5000 e 1:1000, respectivamente (CIRILO et al. 2014).

O MDE foi manipulado no software livre QGIS (versão 3.10.9), em que, inicialmente, teve seu sistema de coordenadas reprojeto para UTM (fuso 25S) e o seu sistema geodésico de referência para SIRGAS 2000. Em seguida, seus pixels espúrios foram removidos por meio da função `r.fill.dir`, tornando o arquivo em um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC).

Após a obtenção do MDEHC, foram geradas as camadas, no formato raster, das direções de fluxo e declividade da região, e por meio destes, foi possível realizar a delimitação automática da bacia. Por fim, foi preciso converter o formato da camada gerada da bacia para um arquivo no

formato vetorial, do tipo polígono, uma vez que foi necessário extrair valores geométricos dessa camada, como área e perímetro.

É importante destacar que a sub-bacia foi delimitada conforme a última modificação feita no seu exutório, que originalmente se situava na Ponte do Janga.

Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica

A caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do canal das Tintas foi realizada por meio da utilização de modelos matemáticos que associam as suas características geométricas, hidrográficas e topográficas. Esses modelos, bem como suas descrições, estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1 - Parâmetros geométricos e modelos matemáticos utilizados para determinação da caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do canal das Tintas, Paulista/PE.

Parâmetros	Descrição	Modelo Matemático
Área da bacia (A)	Comumente representada em km ² , corresponde à superfície total da bacia (SCHUMM, 1956).	-
Perímetro da bacia (P)	Dado em km, é o comprimento do divisor topográfico (SCHUMM, 1956).	-
Comprimento axial (L _a)	Comprimento entre o exutório e o ponto mais longínquo da bacia (SCHUMM, 1956). Esse parâmetro também é representado pela unidade km.	-
Largura média (L _m)	Razão entre a área e o comprimento axial da bacia (HORTON, 1945). Esse parâmetro é dado em km.	$L_m = \frac{A}{L_a}$
Coefficiente de compactidade (K _c)	Relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia (HORTON, 1945).	$K_c = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$
Fator de forma (K _f)	Razão entre a área e o quadrado do comprimento axial da bacia (HORTON, 1945).	$K_f = \frac{A}{(L_a)^2}$
Índice de circularidade (I _c)	Relação entre a área e o perímetro da bacia. Tende a um, à medida que se aproxima da forma circular (MÜLLER, 1953).	$I_c = 12,57 \times \frac{A}{P^2}$

Elaborado pelos autores.

Tabela 2 - Parâmetros hidrográficos e modelos matemáticos utilizados para determinação da caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do canal das Tintas, Paulista/PE.

Parâmetros	Descrição	Modelo Matemático
<i>Comprimento do canal principal (L)</i>	Dado em km, é o comprimento entre a nascente e o exutório do rio principal (HORTON, 1932).	-
<i>Comprimento do talvegue do canal principal (L_{tal})</i>	Distância, em linha reta, entre a nascente e o exutório do rio principal (HORTON, 1932). Geralmente representado em km.	-
<i>Comprimento total da rede hidrográfica (L_t)</i>	Somatório, em km, de todos os cursos d'água da bacia (HORTON, 1932).	-
<i>Densidade de drenagem (D_d)</i>	Correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica (HORTON, 1932). Sua unidade é dada por km/km ² .	$D_d = \frac{L_t}{A}$
<i>Sinuosidade (S)</i>	Razão entre o comprimento do rio principal e o comprimento do talvegue (SCHUMM, 1963).	$S = \frac{L}{L_{tal}}$
<i>Índice de sinuosidade (I_s)</i>	Relação, expressa em porcentagem, entre o comprimento rio principal e o comprimento do talvegue do rio principal (SCHUMM, 1963).	$I_s = 100 \times \frac{(L - L_{tal})}{L}$
<i>Tempo de concentração (T_c)</i>	É o tempo, em horas, que a água percorre do ponto mais distante até o exutório da bacia (KIRPICH, 1940).	$T_c = 85,2 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,358}$
<i>Ordem da bacia</i>	Classificação hierárquica da bacia (STRAHLER, 1957).	-

Elaborado pelos autores.

Tabela 3 - Parâmetros topográficos e modelos matemáticos utilizados para determinação da caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do canal das Tintas, Paulista/PE.

Parâmetros	Descrição	Modelo Matemático
<i>Altitudes máxima e mínima (H_{máx} e H_{mín})</i>	Representadas por metro, são as cotas altimétricas de maior e de menor valores de elevação da bacia.	-
<i>Amplitude altimétrica (ΔH)</i>	Diferença, em metro, entre as altitudes máxima e mínima da bacia (STRAHLER, 1957).	-
<i>Declividade do rio principal (S₁ e S₁₀₋₈₅)</i>	Relação entre a amplitude altimétrica e o comprimento do rio principal (VILLELA E MATOS, 1975). Esse parâmetro é expresso em m/km.	$S_1 = \frac{\Delta H}{L}$ $S_{10-85} = \frac{H_{85\%} - H_{10\%}}{0,75 \times L}$
<i>Índice de rugosidade (I_r)</i>	Relação entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem (MELTON, 1957).	$I_r = \Delta H \times D_d$

Elaborado pelos autores.

Por fim, foram atribuídas características aos parâmetros morfométricos determinados, de acordo com a relação descrita na tabela 4.

Tabela 4 - Valores de referência para caracterização dos parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do canal das Tintas, Paulista/PE.

Parâmetro	Intervalo	Unid.	Descrição
Características Geométricas			
<i>Coefficiente de compacidade (Kc)</i>	1,00 - 1,25		Bacia com alta propensão à enchentes.
	1,26 - 1,50	-	Bacia com tendência mediana à enchentes.
	> 1,50		Bacia não sujeita à enchentes.
<i>Fator de forma (Kf)</i>	< 0,50		Bacia não sujeita à enchentes.
	0,50 - 0,75	-	Bacia com tendência mediana à enchentes.
	0,76 - 1,00		Bacia sujeita à enchentes.
<i>Índice de circularidade (Ic)</i>	< 0,50		A bacia possui forma alongada.
	0,51 - 0,75	-	A bacia possui forma intermediária.
	0,76 - 1,00		A bacia possui forma circular.
Características Hidrográficas			
<i>Densidade de drenagem (Dd)</i>	< 0,50		Bacia com drenagem pobre.
	0,50 - 1,50		Bacia com drenagem regular.
	1,51 - 2,50	Km/km ²	Bacia com drenagem boa.
	2,51 - 3,50		Bacia com drenagem muito boa.
	> 3,50		Bacia excepcionalmente bem drenada.
<i>Sinuosidade (S)</i>	≈ 1,00		O rio principal tende a ser retilíneo.
	> 2,00	-	O rio principal tende a ser tortuoso.
	< 20,00		O rio principal tende a ser muito retilíneo.
<i>Índice de sinuosidade (Is)</i>	20,00 - 30,00		O rio principal tende a ser retilíneo.
	30,01 - 40,00	%	O rio principal tende a ser divagante.
	40,01 - 50,00		O rio principal tende a ser sinuoso.
	> 50,00		O rio principal tende a ser muito sinuoso.
<i>Ordem da bacia</i>	1	-	Improvável <i>habitat</i> de peixes.

	2	Baixas condições para habitação.
	3	Moderadas condições para habitação.
	≥ 4	Elevadas condições para habitação.
Característica de Relevo		
	< 150,00	Fraca.
<i>Índice de rugosidade (Ir)</i>	150,00 - 550,00	Média.
	551,00 - 950,00	Forte.
	> 950,00	Muito forte.

Elaborado pelos autores a partir de Horton (1932, 1945); Müller (1953); Schumm (1956, 1963); Melton (1957); Strahler (1957).

Mapeamento do uso e ocupação da terra

O mapeamento do uso e ocupação da terra da sub-bacia hidrográfica do Canal das Tintas foi feito a partir das imagens do Google Earth. As imagens baixadas foram dos anos de 1969, 2009 e 2019, para que houvesse uma escala temporal de possível visualização das mudanças no processo de urbanização e expansão urbana do município de Paulista/PE. As técnicas de sensoriamento remoto, especialmente as imagens de satélite, a partir de seus mosaicos de imagens, permitem análises da paisagem em várias escalas e temporalidades, obtendo informações diversas do espaço geográfico.

As imagens do Google Earth foram georreferenciadas em software de geoprocessamento gratuito QGis, assim como a vetorização das classes de uso e ocupação do solo da sub-bacia. Essas classes foram definidas conforme o Manual Técnico de Uso da Terra (2013) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com algumas adaptações.

Resultados

Análise morfométrica

Características geométricas

A tabela 5 apresenta os valores dos parâmetros morfométricos relativos à caracterização geométrica da sub-bacia hidrográfica do Canal das Tintas. Por meio dos cálculos em ambiente SIG foram definidos a área, o perímetro e o comprimento axial da bacia. Esses resultados, quando relacionados, estabelecem o formato da bacia, ou seja, se é alongada ou circular, bem como indicam a propensão da mesma a enchentes.

Tabela 5 - Características geométricas da sub-bacia hidrográfica do canal das Tintas, Paulista/PE.

Característica Geométrica	Valor
<i>Área da bacia (A)</i>	3,12 km ²
<i>Perímetro da bacia (P)</i>	15,45 km
<i>Comprimento axial da bacia (La)</i>	3,15 km
<i>Largura média da bacia (Lm)</i>	0,99 km
<i>Coefficiente de compactidade (Kc)</i>	2,45
<i>Fator de forma (Kf)</i>	0,31
<i>Índice de circularidade (Ic)</i>	0,16

Elaborado pelos autores.

Pelo valor do Kc, igual a 2,45, constata-se que a sub-bacia do Canal das Tintas, em condições normais de precipitação, apresenta baixa suscetibilidade a enchentes. Para Lopes et al. (2018), essa caracterização se justifica pelo fato de o Kc apresentar o valor afastado do unitário. Quanto ao valor de 0,31, correspondente ao Kf e 0,16, equivalente ao Ic, infere-se que a área estudada apresenta um formato alongado. Conforme Fonseca Júnior et al. (2023), esse tipo de formato contribui para o escoamento da água e, conseqüentemente, reduz a propensão a inundações. A partir desses resultados, foi verificado que a unidade hidrográfica estudada apresenta uma forma alongada, com tendência a uma configuração oblonga.

Características hidrográficas

Os parâmetros morfométricos relativos à caracterização hidrográfica se encontram na tabela 6. Os respectivos valores correspondentes aos comprimentos do rio principal, do talvegue

do rio principal e da rede hidrográfica da sub-bacia do Canal das Tintas resultaram em 2,15 km, 1,65 km e 125,91 km. A combinação desses resultados influencia diretamente na densidade de drenagem da bacia, indicando se é bem ou mal drenada, e na sinuosidade do rio principal.

Tabela 6 - Características geométricas da sub-bacia hidrográfica do canal das Tintas, Paulista/PE.

Característica Hidrográfica	Valor
<i>Comprimento do canal principal (L)</i>	2,15 km
<i>Comprimento do talvegue do canal principal (Ltal)</i>	1,65 km
<i>Comprimento total da rede hidrográfica (Lt)</i>	125,91 km
<i>Densidade de drenagem (Dd)</i>	40,36 km/km ²
<i>Sinuosidade (S)</i>	1,30
<i>Índice de sinuosidade (Is)</i>	23,15%
<i>Tempo de concentração (Tc)</i>	1,07 h
<i>Ordem da bacia</i>	7 ^a

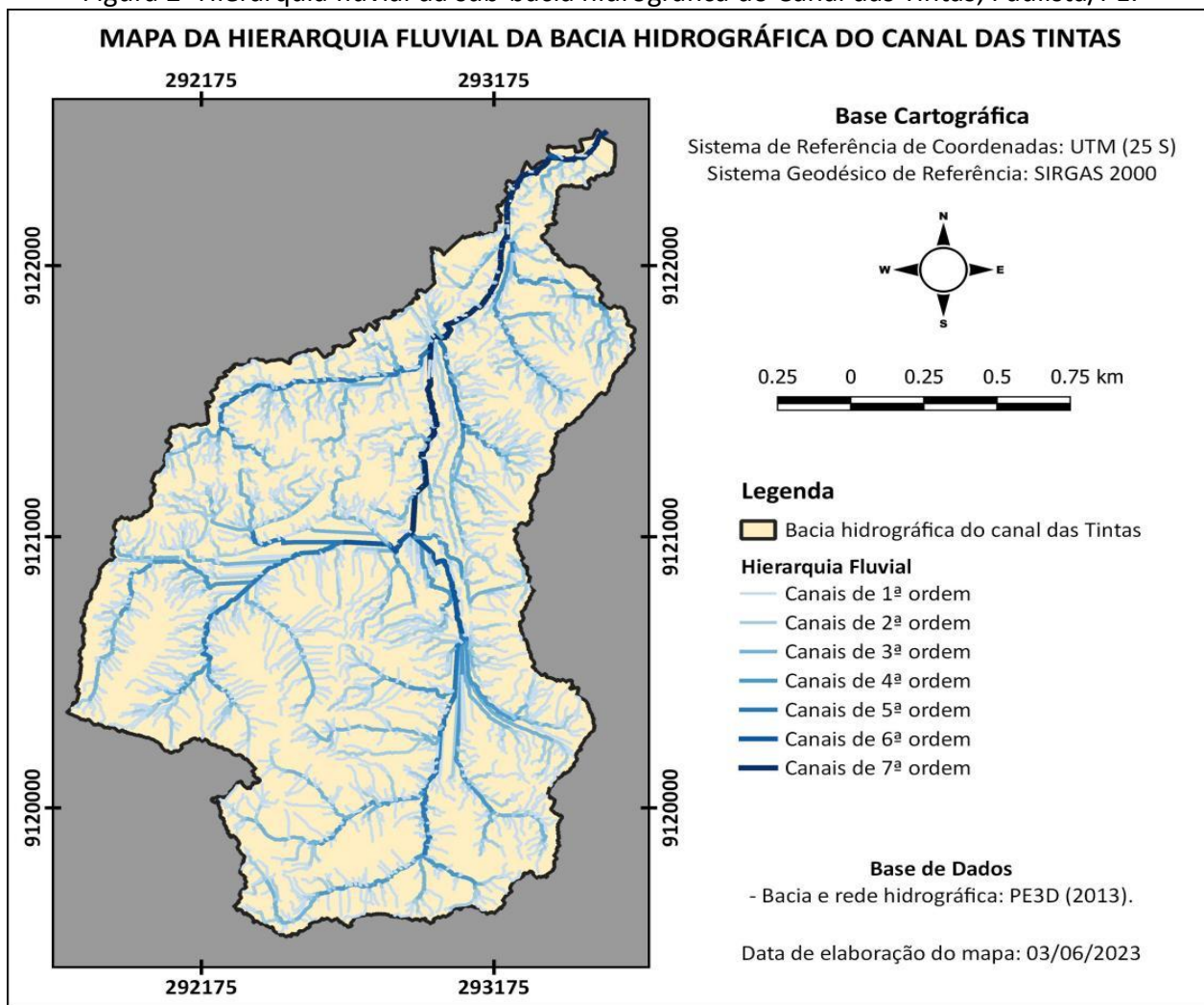
Elaborado pelos autores.

De acordo com Souza et al. (2021), através da densidade de drenagem é possível verificar se a bacia possui uma drenagem pobre ou excepcional. Para a sub-bacia do Canal das Tintas, o valor de 40,36 km/km² mostra que sua drenagem é excepcional. A respeito da sinuosidade do rio principal, o resultado de 1,30 indica que o curso tende a ser retilíneo, visto que se aproxima de 1,00. Essa caracterização pode ser comprovada pelo Is, que apresentou uma taxa de 23,15%. Conforme Melo et al. (2020), a sinuosidade é um parâmetro que está diretamente ligado à velocidade do fluxo, ou seja, quanto menor a sinuosidade do rio, com mais facilidade a água irá se deslocar, potencializando a velocidade do escoamento.

Em relação a hierarquia fluvial, a sub-bacia do Canal das Tintas foi classificada como de sétima ordem, conforme classificação designada por Strahler (1957), o que pode ser verificado na Figura 2. Bacias que apresentam ordem acima do valor quatro denotam um sistema de drenagem de boa ramificação. Em relação ao Tc, foi encontrado o de 1,07 horas para a área em estudo, isso significa que leva aproximadamente 64 minutos para que toda água precipitada contribua com a

bacia e chegue ao exutório. De acordo com Mamédio et al. (2018), o tempo de concentração é um parâmetro muito importante para análises hidrológicas, como a definição de vazões máximas de bacias hidrográficas.

Figura 2- Hierarquia fluvial da sub-bacia hidrográfica do Canal das Tintas, Paulista/PE.



Elaborado pelos autores.

Características do relevo

As características do relevo da sub-bacia do Canal das Tintas podem ser verificadas na Tabela 7. Para as altitudes máxima e mínima da bacia foram encontrados os valores de 69,44 m e

3,97 m, respectivamente, o que resulta numa amplitude altimétrica de 65,47 m. Outra característica expressiva que é atribuída ao relevo da bacia é o Índice de rugosidade. Segundo Silva et al. (2018), o Ir relaciona a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com o potencial erosivo, ou seja, quanto maior o valor do Ir, maior será o risco de erosão na bacia. Sendo assim, o Ir resultou em 2.642,09, revelando que seu risco à erosão é bastante forte.

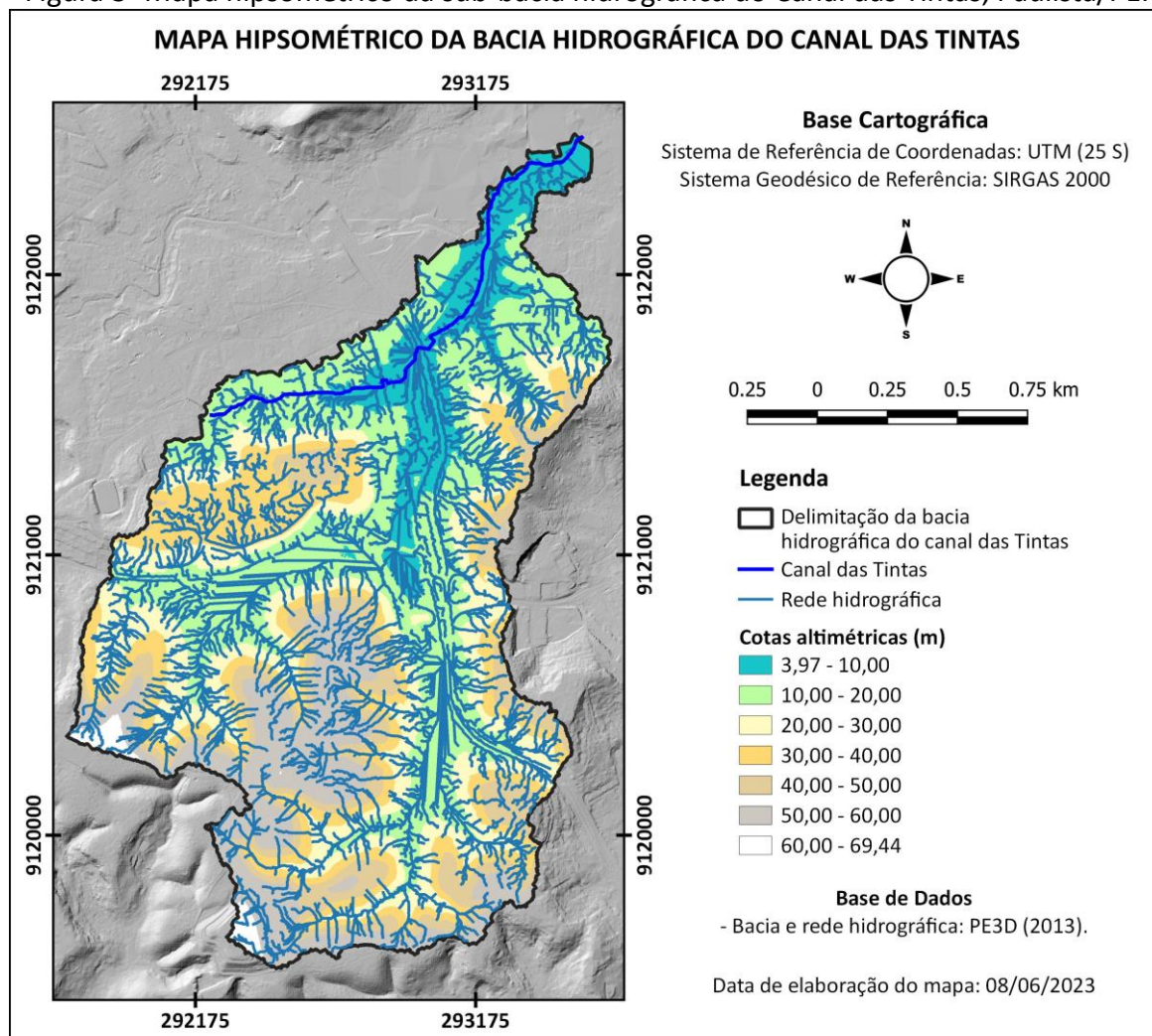
Tabela 7 - Características do relevo da sub-bacia hidrográfica do Canal das Tintas, Paulista/PE.

Característica do Relevo	Valor
<i>Altitude máxima (Hmax)</i>	69,44 m
<i>Altitude mínima (Hmin)</i>	3,97 m
<i>Amplitude altimétrica (ΔH)</i>	65,47 m
<i>Declividade do rio principal (S1)</i>	4,02 m/km
<i>Declividade do rio principal (S10-85)</i>	3,21 m/km
<i>Índice de rugosidade (Ir)</i>	2.642,09

Elaborado pelos autores.

O mapa hipsométrico da sub-bacia do Canal das Tintas é apresentado na Figura 3. De acordo com Lopes et al. (2018), a representação da altimetria de uma bacia hidrográfica salienta a relação entre o MDE e a sua rede de drenagem, o que permite identificar as conectividades a montante e a jusante dos cursos d'água.

Figura 3- Mapa hipsométrico da sub-bacia hidrográfica do Canal das Tintas, Paulista/PE.



Elaborado pelos autores.

Ainda em relação a altimetria, foi verificado pela distribuição das classes hipsométricas da sub-bacia (Tabela 8) que a maior ocorrência por classe de altitude foi a que está compreendida entre as cotas altimétricas 10,00 m e 20,00 m, representando uma taxa de 30,32% da área em estudo. Esta classe contempla, principalmente, a porção central da bacia.

A declividade da sub-bacia do Canal das Tintas resultou nos valores de 4,02 m/km (S1) e 3,21 m/km (S10-85), o que é considerada como baixa. Para Souza et al. (2021), o fator declividade do rio principal está diretamente relacionado à velocidade do escoamento da água, isso significa

que valores baixos para a declividade dos cursos d'água implicam em velocidade de escoamento reduzida.

Tabela 8 - Distribuição das classes hipsométricas da sub-bacia hidrográfica do Canal das Tintas, Paulista/PE.

Classes hipsométricas (m)	Área (km ²)	Taxa percentual (%)
3,97 - 10,00	0,32	10,32
10,00 - 20,00	0,94	30,32
20,00 - 30,00	0,56	18,06
30,00 - 40,00	0,51	16,45
40,00 - 50,00	0,36	11,61
50,00 - 60,00	0,38	12,26
60,00 - 69,44	0,03	0,97
Total	3,10	100,00

Elaborado pelos autores.

O perfil longitudinal do Canal das Tintas está representado na Figura 4. Segundo França e Pinto (2021), grande parte dos cursos d'água apresentam curvatura no formato côncavo próximo à cabeceira e suavização no baixo curso, pelo fato de ocorrer alargamento de vales. Estas características também podem ser observadas no Canal das Tintas.

O perfil longitudinal é um instrumento que possibilita analisar do comportamento dos rios, pois esse mecanismo permite compreender possíveis anomalias encontradas em seu curso. Estas anomalias provocam um significativo aumento da vazão do curso d'água, causando riscos às comunidades instaladas próximas à região ou a jusante da anomalia.

Figura 4 - Perfil longitudinal do Canal das Tintas, Paulista/PE.



Elaborado pelos autores.

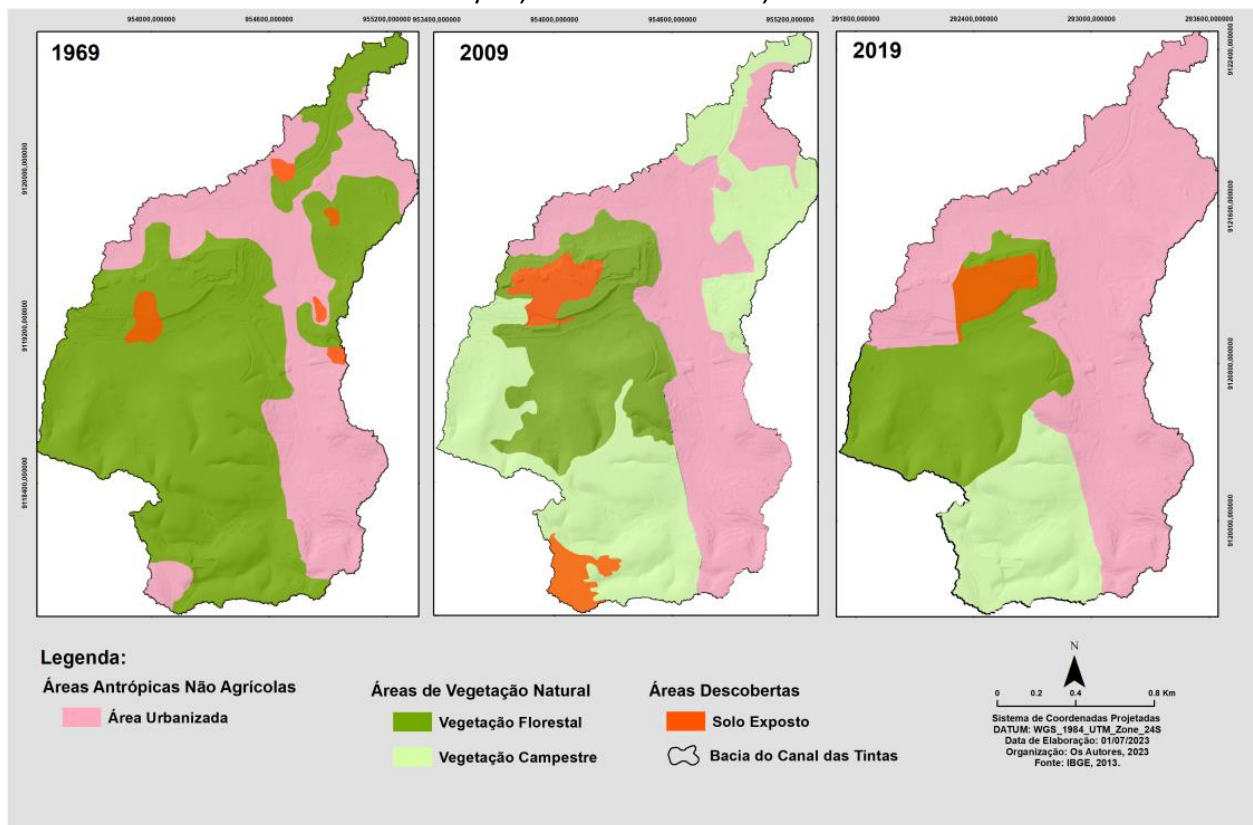
Uso e ocupação da terra

O processo do uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do Canal das Tintas se confunde com a história do processo de ocupação e urbanização do município do Paulista. No início do século XX a família Lundgren trouxe indústrias, a Companhia de Tecidos Paulista, para o município, impulsionando a formação de vilas operárias (PREFEITURA DO PAULISTA, 2016), onde atualmente encontram-se o bairro da Aurora e Nobre. As Fábricas Arthur e Aurora localizavam-se onde hoje encontram-se o Paulista North Way Shopping e o Condomínio Vila Aurora, situados no bairro Nobre e Aurora, respectivamente. O nome Canal das Tintas originou-se dos resíduos despejados no canal, que tinha a coloração das tintas das roupas da Fábrica Arthur.

Dessa forma, a Figura 5 mostra a evolução no processo do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Canal das Tintas. Por meio delas, é possível observar que até 1969 o processo de ocupação e uso do solo da sub-bacia hidrográfica do Canal das Tintas esteve relacionado a formação do território do município. Após a falência das fábricas, a população continuou morando

das vilas operárias. Havia mais áreas verdes nesta época, representando 67% da sub-bacia hidrográfica do Canal das Tintas, como é visto na Figura 5.

Figura 5 - Mapa de evolução de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do canal das Tintas, em Paulista/PE, nos anos de 1969, 2009 e 2019.



Fonte: elaborado pelos autores

Já em 2009, comparando-se a 1969, 40 anos após, é possível observar um aumento no adensamento dos bairros do Nobre, especialmente próximo ao rio Paratibe e nas proximidades do atual supermercado Atacadão, no Aurora, nas proximidades da antiga Fábrica Aurora e nas áreas próximas a Estrada do Frio. Nesta estrada, na área chamada de Barreira do Frio, é possível observar uma área considerável de solo exposto, utilizada para a extração de barro. Em 2009 é possível observar a diminuição da vegetação florestal, representando 22% da sub-bacia, surgimento de áreas com vegetação campestre (39%) – que resulta do desmatamento para

utilização de madeira, agricultura, pecuária e criação de loteamentos. Ainda assim, somadas as áreas florestais e campestre, em 2009 51% da área da sub-bacia era de área verde, e as áreas urbanizadas sofreram um pequeno aumento, representando 33% da sub-bacia como mostra a Tabela 9.

Tabela 9 - Área e taxa percentual dos diferentes tipos de uso da terra, da bacia hidrográfica do canal das Tintas, em Paulista/PE, nos anos 1969, 2009 e 2019.

Classes de uso da terra	1969		2009		2019	
	Área (km ²)	Taxa percentual (%)	Área (km ²)	Taxa percentual (%)	Área (km ²)	Taxa percentual (%)
<i>Área Urbanizada</i>	1,00	32,00	1,03	33,00	1,68	54,00
<i>Vegetação Florestal</i>	2,09	67,00	0,69	22,00	0,81	26,00
<i>Vegetação Campestre</i>	-	-	1,22	39,00	0,56	18,00
<i>Solo Exposto</i>	0,03	1,00	0,18	6,00	0,07	2,00
Total	3,12	100,00	3,12	100,00	3,12	100,00

Fonte: elaborado pelos autores

Em meados de 2011 a 2014, com o surgimento da proposta do Arco Viário da Região Metropolitana do Recife (RMR) (Arco Metropolitano), que objetivava uma ligação alternativa à BR-101, fora de seu trecho urbano, para conectar as fábricas do litoral norte, onde está Igarassu e Goiana ao Porto de Suape; e o próprio surgimento dessas fábricas, como a Jeep, e a ideia de descentralização da capital Recife, buscando melhor qualidade de vida próximo a natureza, causou um novo processo de urbanização para o município do Paulista, voltado para a expansão imobiliária (LUZ, 2018). Além disso, a construção do Paulista North Way Shopping e o supermercado Atacadão, trouxe mais opções para o comércio e serviços locais, atraindo mais pessoas. Este novo processo tem acontecido especialmente nos bairros do Nobre e Aurora e na Estrada do Frio. Atualmente, estas áreas contam com 6 condomínios já construídos.

Dessa forma, a imagem de satélite de 2019 apresenta os novos condomínios e uma diminuição das áreas verdes (florestal e campestre) disponíveis na sub-bacia hidrográfica, representando 44% do território da sub-bacia, enquanto as áreas urbanizadas cresceram nesse ano, representando 54% da área da sub-bacia.

Portanto, percebe-se uma maior degradação da vegetação e maior transformação do uso e ocupação do solo no período de 2009 a 2019. Em 40 anos, de 1969 a 2009 as transformações no uso e ocupação do solo estavam relacionadas ao processo de industrialização, que teve sua queda na década de 1980, e posteriormente a este período, a concentração de atividades no setor terciário, através da prestação de serviços e do comércio.

Discussão

As análises morfométricas demonstraram que a sub-bacia do Canal das Tintas não é suscetível a inundações em condições normais de precipitação, uma vez que apresenta um formato alongado, contribuindo para o escoamento da água, apresenta baixa velocidade nesse escoamento, declividades mais suaves e índices geométricos que não refletem inundações. Porém, há recorrentes inundações nas áreas mais planas da sub-bacia, especialmente no baixo curso do riacho, onde encontra-se o T.I Pelópidas Silveira, trazendo transtornos à população em dias de grandes precipitações.

Diante disto, entende-se que além da contribuição dos dias de condições anormais de precipitação, a retirada de vegetação das áreas mais declivosas, inserção de residências, e especialmente dos novos condomínios, e do aumento de áreas de solo exposto, tem acarretado as recorrentes inundações nas áreas mais planas da sub-bacia.

O escoamento da água das precipitações nas áreas mais baixas, que antes tinham uma maior infiltração devido a maior área vegetada nas áreas de encosta e nas áreas mais altas da sub-bacia, atualmente tem uma maior contribuição de água, uma vez que parte da vegetação foi retirada para a instalação de condomínios e áreas de solo exposto. Isto faz com que haja um maior escoamento de água e maior acumulação desta em áreas planas, como no trecho do T.I Pelópidas Silveira. Essa situação se agrava a partir do momento que a sub-bacia tem alto risco à erosão, diagnosticado pelo índice de rugosidade, trazendo riscos a vida da população.

Segundo Guerra (2011), a ocupação desordenada das cidades, a impermeabilização do solo por meio da pavimentação de vias e inserção de edificações e canalizações de rios trazem

alterações no ciclo hidrológico local. A inserção desses elementos pelo homem caracteriza essas bacias hidrográficas como “urbanas” e “rios urbanos”. Entre as alterações causadas pela ocupação desordenada, estão os movimentos de massa, processos erosivos, redução da infiltração da água pluvial e favorecimento do escoamento dessas águas, e conseqüentemente, inundações, especialmente em áreas mais próximas do exutório. Ainda segundo esse autor, a canalização de “rios urbanos” não impede as enchentes e podem ainda causar picos de maiores proporções ao longo do tempo.

Além disso, é preciso considerar que o Canal das Tintas é entendido como artificial pela população, dificultando a sua preservação. Apesar de canalizado, o rio não perde sua característica de curso d’água, realizando os seus três processos geomorfológicos básicos: erosão, transporte e deposição, sendo readaptados devido as inserções antrópicas. A canalização e retificação de um rio alteram não somente este, mas como encontra-se no sistema ambiental de uma bacia hidrográfica, há uma alteração total desse sistema (GUERRA, 2011).

Neste contexto, a própria aprovação e licenciamento para a construção de um condomínio às margens do Canal das Tintas e a sua retificação no exutório corrobora para o entendimento desse canal como artificial, desconsiderando as legislações ambientais, especialmente da delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP) do riacho, presente no Código Florestal brasileiro – Lei 12.651/2012. A Lei Federal 14.285/21 traz a desobrigação de APPs em áreas urbanas consolidadas, também facilitando as construções as margens de rios canalizados ou retificados.

A Figura 6 mostra trechos canalizados localizados nos bairros do Centro e Nobre do Paulista, além do trecho do Canal das Tintas que escoar por baixo da edificação do cartório e a construção de um condomínio as margens do canal, no trecho próximo ao seu exutório.

Apesar disto, a presença da Unidade de Conservação da Floresta Urbana (FURB) Mata do Frio e o Ecoparque das Paineiras, na sub-bacia do Canal das Tintas, ainda que não evite o desmatamento local, faz com que se mantenha parte da área de vegetação da sub-bacia. As

demais áreas verdes estão em risco de invasões e da especulação imobiliária, como já vem acontecendo.

Figura 6. A e B – trechos canalizados no centro do Paulista; C – Trecho do Canal das Tintas seguindo por baixo da edificação do cartório; D – Condomínio sendo construído próximo ao exutório do Canal das Tintas, Paulista/PE



Fonte: Google Earth, 2023.

Diante do exposto, entende-se a necessidade da proteção das encostas, para que não haja a perda de vegetação e atuação de processos erosivos, e consequentemente, de eventos de inundações; a fiscalização mais efetiva da FURB Mata do Frio, para diminuição dos desmatamentos; a fiscalização e controle da especulação imobiliária e atuação mais efetiva da prefeitura do Paulista em relação ao processo de ocupação e no planejamento urbano/ambiental.

Considerações finais

As análises geoambientais são de grande valia para entender a dinâmica da natureza e os impactos ambientais antrópicos, principalmente quando se trata de bacias hidrográficas urbanas. Na sub-bacia do Canal das Tintas foram realizadas análises dos aspectos morfológicos e da evolução de uso e ocupação da terra. Os primeiros são capazes de mostrar a aptidão, comportamento, das bacias hidrográficas em situações de maior entrada de energia no sistema como eventos de precipitação, que podem resultar enchentes/inundações; o segundo contribui no entendimento da dinâmica de alteração no tipo de uso da Terra, dando condições de avaliar a intensidade dos impactos antrópicos em um determinado recorte espacial e temporal.

A aquisição e análise dos dados e informações relacionadas às características geométricas e hidrográficas mostraram que a sub-bacia do Canal das Tintas apresenta formato, densidade de drenagem, sinuosidade e ramificação que facilitam o escoamento de água e resulta em baixa susceptibilidade a enchentes em condições normais de precipitação. No entanto, a sub-bacia apresenta características do relevo diferenciadas, como baixa declividade e amplitude, as quais elevam para bastante forte o grau de suscetibilidade á erosão e interferem na velocidade do escoamento.

Foi constatado que esses dois últimos fatores, aliados às alterações no uso da terra na área da bacia - entre os anos de 2009 e 2019 houve grande supressão das áreas verde, diminuindo de 61% para 44%, e intenso processo de expansão urbanização, aumentando de 33% para 54% a área urbanizada - foram determinantes para as suas condições geoambientais atuais, que resultam em grande recorrência de inundações. Tais condições, como a modificação do canal em APP, encontram anuência do poder público – que é a mais prejudicial, pois é a instituição com maior responsabilidade e capacitação para a proteção socioambiental - mas também se ancoram na falta de informação e de proximidade com rio que a população apresenta, e que muitas vezes desconhece a importância desse elemento, e até mesmo, o trata como parte não viva do ambiente. Apenas mudando essas perspectivas é que a realidade dos impactos ambientais negativos na sub-bacia do Canal das Tintas, e de várias outras bacias hidrográficas, irá mudar.

Referências

- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Editora Blucher, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial: O Canal Fluvial. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1981.
- CIRILO, J. A.; ALVES, F. H. B.; SILVA, L. A. C.; CAMPOS, J. H. A. L. Suporte de Informações Georreferenciadas de Alta Resolução para Implantação de Infraestrutura e Planejamento Territorial. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.7, n 4, 755-763, 2014.
- COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de conceitos e bases**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, p. 93-148.
- FONSECA JÚNIOR, A. M.; SANTOS, G. L.; DELGADO, R. C.; PEREIRA, M. G. Caracterização Morfométrica das Microbacias Hidrográficas do Parque Estadual Nova Baden, MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.16, n 03, 1263-1271, 2023.
- FRANÇA, E. M. S.; PINTO, J. E. S. S. Análise Análise de parâmetros morfométricos na microbacia do riacho Flamengo em Garanhuns, PE. **Caderno de Geografia**, v.31, n 64, 208-224, 2021.
- GUERRA, A. J. T. Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- HORTON, R. E. Drainage basin characteristics. **Transactions American Geophysical Union**, v.13, n 1, 350-361, 1932.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, n 3, 275-370, 1945.
- KIRPICH, Z. P. Time of concentration in small agricultural watersheds. **Civil Engineering**, v.10, n 6, 362, 1940.
- LOPES, I.; RAMOS, C. M. C.; LEAL, B. G. Caracterização morfométrica de bacia hidrográfica no semiárido de Pernambuco através de dados SRTM em softwares livre. **Journal Of Hyperspectral Remote Sensing**, v.8, n 1, 31-40, 2018.
- LUZ, E. B. “A Nova Paulista”: o processo de renovação urbana na área central do Município de Paulista/PE. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia). CFCH/UFPE, Recife. 2018.
- MAMÉDIO, F.; CASTRO, N.; CORSEUIL, C. Tempo de concentração para Bacias Rurais Monitoradas na Região do Planalto Basáltico no Sul do Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 15, n 1, 4, 2018.
- MELO, D. O. S.; SANTOS, L. S.; BARBOSA, A. G.; MENDES, L. A. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Real pelo uso de dados SRTM e tecnologias SIG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n 7, 3553-3570, 2020.

MELTON, M. An Analysis of the Relations Among Elements of Climate, Surface Properties and Geomorphology. Department of Geology, Columbia University, Technical Report, 11, Project NR 389-042. Office of Navy Research, New York, 1957.

MÜLLER, V. C. A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee. Department of Geology Columbia University, New York, 389-402, 1953.

PREFEITURA DO PAULISTA. **Conheça um pouco da história do Casarão e do Jardim da família Lundgren.** 2016. Disponível em: <<https://www.paulista.pe.gov.br/site/noticias/detalhes/2410>> Acesso em: junho, 2023.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Geological Society Of America Bulletin**, v.67, n 5, 597-646, 1956.

SCHUMM, S. A. A tentative classification of alluvial river channels. US Geological Survey Circular, 1963, 477 p.

SILVA, Elida Regina de Melo e. Avaliação da suscetibilidade e vulnerabilidade ocasionadas pela previsão de elevação do nível do mar no litoral de Paulista – PE. 2014. 180 p.

SILVA, G.; ALMEIDA, F.; ALMEIDA, R.; MESQUITA, M.; ALVES JUNIOR, J. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do riacho Rangel - Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v.15, n 28, 244-258, 2018.

SOUZA, E. G. F.; NASCIMENTO, A. H. C.; CRUZ, E. A.; PEREIRA, D. F.; SILVA, R. S.; SILVA, T. P.; FREIRE, W. A. Delimitação e caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho do Navio, Pernambuco, a partir de dados SRTM processados no QGIS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n 3, 1530-1540, 2021.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions, American Geophysical Union**, v.38, n 6, 913-920, 1957.

TEODORO, V. L. I. et al. Conceito de bacia hidrográfica e a importância da Caracterização Morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. Revista Uniara, Araraquara, SP, n.20, 2007.

VILLELA, S. M., MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1975.