



**ANÁLISE DAS MUDANÇAS NO USO DA  
TERRA DO CÓRREGO SANTA FÉ,  
MUNICÍPIO DE SÃO PAULO AO LONGO  
DE QUATRO DÉCADAS E DOS IMPACTOS  
SOBRE SUAS ÁGUAS E POPULAÇÃO**

**Edson Luís Piroli**  

Docente na Universidade Estadual Paulista, Campus de Ourinhos  
Contato: edson.piroli@unesp.br

**Ana Luísa Melo Antunes de Ávila**  

Graduanda em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Campus de  
Ourinhos  
Contato: ana.avila@unesp.br

**Como citar:** PIROLI, E. L.; ÁVILA, A. L. M. A. Análise das mudanças no uso da terra do Córrego Santa Fé, município de São Paulo ao longo de quatro décadas e dos impactos sobre suas águas e população. **Revista Formação (Online)**, v. 29, n. 54, p. 253-273, 2022.

Recebido: 17/02/2021

Aceito: 28/04/2022

Data de publicação: 02/08/2022

## Resumo

As alterações antrópicas surgidas a partir das mudanças no uso da terra têm trazido às bacias hidrográficas e às águas importantes consequências em várias regiões de nosso país nas últimas décadas. Verifica-se, a partir de observações in loco, que boa parte das gestões das bacias urbanas brasileiras falha em quesitos de planejamento, manejo e monitoramento das formas de ocupação do espaço por não considerarem uma visão multidisciplinar e a complexidade do rio, o que acaba por potencializar impactos como aumento da retirada da cobertura vegetal nativa, diminuição da infiltração e aumento do escoamento superficial da água. Estes processos resultam em episódios de inundações, alagamentos e deslizamentos de encostas que ampliam os riscos de prejuízos financeiros e de perda de vidas humanas. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo identificar as mudanças nos usos da terra na bacia do Córrego Santa Fé, localizada no distrito Anhanguera na cidade de São Paulo, na UGRHI 6 (Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – 6) entre os anos de 1984 e 2018. Para se alcançar o objetivo, foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto para obtenção de dados e de geoprocessamento para efetuar as análises das imagens de satélite dos diferentes períodos com a finalidade de verificar as transformações ocorridas na ocupação do espaço. Verificou-se que as alterações na área ao longo do período estudado foram intensas e afetaram direta e indiretamente os corpos hídricos presentes na bacia e o ciclo da água superficial, influenciando na redução da infiltração e na retenção temporária da água, acelerando sua velocidade e aumentando a ocorrência de inundações, o que tem afetado as condições ambientais da área e a vida da população residente.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento. Manejo de Águas Urbanas. Recursos Hídricos. Sensoriamento Remoto.

## ANALYSIS OF LAND USE CHANGES IN SANTA FE STREAM IN THE MUNICIPALITY OF SÃO PAULO FOR FOUR DECADES AND IMPACTS ON ITS WATERS AND POPULATION

### Abstract

The anthropogenic changes that have arisen from the modifications on land use brought to river basins and water major consequences in several regions of our country in recent decades. On the basis of on-site observations, it can be seen that most of the management of Brazilian urban basins ails in planning, handling and monitoring the forms space occupation by not considering a multidisciplinary vision and the complexity of the river, which ends up potentiating impacts as an increase in the removal of native vegetation coverage, a decrease in infiltration rate and an increased water runoff. These processes result in flooding, waterlogging and landslides which increase the risk of financial and human life loss. In this context, this work aimed to identify changes in land use on Santa Fé basin located in Anhanguera district in São Paulo, in the UGRHI 6 area - Water Resource Management Unit – 6- from 1984 to 2018. To achieve our objective, remote sensing techniques were used to obtain data geoprocessing techniques to analyze satellite images from the different periods r the purpose of verifying the transformations that have occurred in occupying the space. It was found that changes in the area over the period studied were intense and directly and indirectly affected the water bodies in the basin and the surface water cycle, influencing the reduction of infiltration and temporary water retention by accelerating its flow and increasing the occurrence of floods, which has been affecting the environmental conditions of the area and the life of the resident population.

**Keywords:** Geoprocessing. Remote sensing. Urban Water Management. Water Resources.

## ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS EN EL USO DE LA TIERRA DEL ARROYO SANTA FÉ-MUNICIPIO DE SÃO PAULO, DURANTE CUATRO DÉCADAS Y LOS IMPACTOS EN SUS AGUAS Y POBLACIÓN

### Resumen

Los cambios antropogénicos en las cuencas hidrográficas por cambios en el uso del suelo, han tenido importantes consecuencias sobre el agua en las últimas décadas, en varias regiones de nuestro país. Se constata, a partir de observaciones in situ en la mayoría de las cuencas urbanas brasileñas, que estas tienen fallas en términos de planificación, gestión y seguimiento de las formas de ocupación del espacio, lo que termina potencializando impactos, tales como, la eliminación de la cobertura vegetal nativa, reducción de la infiltración e incremento de la escorrentía de aguas superficiales. Estos procesos resultan en episodios de inundaciones, crecientes y deslizamientos en laderas que aumentan el riesgo de pérdidas económicas y pérdida de vidas humanas. En ese contexto, este trabajo tuvo como objetivo, identificar los cambios en los usos del suelo en la cuenca del Córrego

Santa Fé, ubicada en el distrito de Anhanguera en la ciudad de São Paulo, en la UGRHI 6 (Unidad de Gestión de Recursos Hídricos - 6) entre los años de 1984 y 2018. Para lograr el objetivo, se utilizaron técnicas de teledetección y geoprocesamiento con el fin de analizar imágenes satelitales de diferentes épocas, para verificar las transformaciones ocurridas en la ocupación del espacio. Se encontró que, los cambios en el área durante el período estudiado afectaron directa e indirectamente los cuerpos de agua presentes en la cuenca y el ciclo hidrológico superficial, influyendo en la reducción de la infiltración y retención temporal del agua, acelerando su velocidad y aumentando la ocurrencia de inundaciones, lo que ha afectado las condiciones ambientales de la zona y la calidad de vida de la población residente.

**Palabras clave:** Teledetección. Geoprocesamiento. Gestión del agua urbana. Recursos hídricos.

## INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos e com o aumento da população, principalmente a urbana, as discussões sobre a importância da preservação da água, sendo este recurso natural fundamental para a manutenção da vida na Terra e para o modo capitalista de produção, tem se ampliado. Apesar de indispensável para realização de muitas atividades como a geração de energia elétrica, produção de alimentos, atividades industriais e o atendimento das necessidades da população urbana e rural, o seu mau uso vem, segundo Tundisi (2006), acarretando diversos impactos que afetam diretamente na qualidade da água. Neste contexto, importante considerar que o consumo da água não ocorre de modo equânime. Segundo a Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2021) o abastecimento rural e urbano corresponde a 18% de todo consumo, sendo os outros 82% voltados a atividades como irrigação, mineração, indústria, termelétricas, entre outros.

A remoção da cobertura vegetal, a mudança nas taxas de infiltração da água no solo e o aumento do escoamento superficial, trazem como consequência o surgimento de processos erosivos, o aumento dos assoreamentos, das inundações e a redução da água armazenada no subsolo. Esta diminuição da água nas camadas superficiais do solo e no lençol freático traz em períodos de estiagem um pouco mais longas, uma menor capacidade de suporte de culturas agrícolas e de ecossistemas naturais ou antropizados, e em outros momentos a redução do volume de água nas nascentes, afetando córregos e rios, comprometendo assim o atendimento das demandas urbanas e rurais (PIROLI, 2016).

Além disso, o despejo de resíduos em corpos d'água seja de origem industrial, agropecuário ou doméstico (principalmente em áreas urbanas), tem ocasionado o comprometimento da qualidade da água disponível em córregos, rios e reservatórios, à medida que a ocupação com atividades antrópicas se expande e se intensifica sobre áreas cada vez maiores das bacias hidrográficas.

Em São Paulo, as crises hídricas enfrentadas pela população nos últimos anos (com

destaque para os anos de 2013 a 2015 e 2021) demonstraram haver vários fatores como causa. Os principais vão desde a baixa disponibilidade (devido aos períodos duradouros de seca), passando pela má qualidade, consequência da poluição e contaminação de corpos hídricos, até o aumento do consumo de água por pessoa, como destacam Martirani e Peres (2016). Mas, o maior problema, de acordo com Piroli (2016), tem sido a falta de planejamento na ocupação do espaço, na gestão das águas e no manejo adequado das bacias hidrográficas.

Cesar Neto (2016) e Jacobi, e Cibim e Souza (2016) indicam que a crise da água e a crise hídrica, que estão inseridas na crise social no atual modo de produção e que são reflexo do uso e apropriação dos territórios no modo capitalista de produção, ocorreram como consequência da falta de gestão e das dificuldades no atendimento das políticas estaduais de recursos hídricos e saneamento e de sustentabilidade socioambiental. A partir destas informações, considera-se que esta análise deve ser aprofundada, inserindo a questão relacionada ao manejo das bacias hidrográficas e as mudanças no uso da terra, uma vez que tanto o manejo quanto as mudanças, modificam as relações solo/água/vegetação e consequentemente a relação das taxas de água armazenada nas bacias. Modificam também as relações da população humana com estes recursos. Isto é crucial, pois de acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento (2015), no Brasil há pessoas demais onde há água de menos, e isso afeta diretamente na qualidade e na quantidade da água:

[...] a Região Sudeste apresenta algumas bacias hidrográficas com problemas de criticidade mais relacionados à alta demanda e à poluição hídrica (principalmente devido ao lançamento de cargas orgânicas nos cursos d'água) do que a fatores naturais relacionados à disponibilidade hídrica (ANA, 2015, p.29)

Quando se pensa sobre a gravidade que envolve este problema nos municípios brasileiros, há a tendência de culpar as entidades responsáveis pela gestão hídrica municipal. No entanto, estas não são as únicas causadoras das dificuldades, pois conforme salienta Pizella (2015) o tema está relacionado a sistemas complexos e não somente a processos lineares.

[...] o município não pode assumir o papel de gestor ambiental exclusivo, pois seu recorte espacial fornece somente uma visão fragmentada da realidade [...] a malha hídrica presente no território municipal é apenas um pequeno recorte de uma dinâmica hidrológica mais ampla [...] (PIZELLA, 2015, p. 639)

De fato, é difícil responsabilizar apenas gestões municipais quando a escala de análise é a macro. Em bacias hidrográficas estaduais há dificuldade de gestores municipais visualizarem o conjunto do território pois indivíduos têm dificuldade de abstrair problemas e espaços ao qual não vivem diariamente. No entanto, quando essa escala não perpassa o limite

municipal, ações mais efetivas e pontuais, através de ferramentas que são de responsabilidade e obrigação do município, devem ser adotadas pelo município.

Assim sendo, os Planos Diretores (que são os instrumentos norteadores das políticas municipais) que abrangem a escala micro e os Planos de Bacia (que definem a gestão dos recursos hídricos no território da bacia) que abrangem a escala macro, precisam ser complementares. Porém, na maior parte dos casos tem sido verificado que há a tendência dos Planos Diretores fragmentarem o que é ambiental, o que é urbano e o que é rural, desconsiderando o sistema bacia hidrográfica.

A tendência não é de apenas uma fragmentação, mas sim de uma perda inteira de história. Marçal, Castro e Nunes (2020) dialogam que o rio não é apenas um condutor de água, não é somente linear, tem história, que é escrita pela dinâmica dos processos naturais e sociais que foram responsáveis pela sua configuração e condição atual. Portanto, gerir deve demandar uma perspectiva multidisciplinar, não fragmentada. É necessário que se considere a geomorfologia fluvial, a geologia e a hidrologia e como ressaltado pelos autores, é preciso considerar os comportamentos, ajustes e mudanças dos processos. O que tem sido observado é uma dicotomia entre perda e preservação frente ao processo atual de globalização hegemônica que assola as cidades.

Isso os tem enfraquecido e tornado inócuos diante da complexidade do tema. Por isso é necessário que os Planos Diretores sejam elaborados considerando as relações sistêmicas entre ambas as dimensões, para de fato ser uma forte ferramenta de controle do uso da terra, tendo maior dimensão socioambiental e podendo prever possíveis riscos ambientais (PIZELLA, 2015). O autor também ressalta que algumas carências e imprecisões nos Planos de Bacia ocorrem pela falta de “obrigatoriedade na geração e fornecimento de informações” por parte dos municípios, ou por problemas relacionados à veracidade destas informações, indicando a necessidade de revisão dos métodos de elaboração.

Neste contexto, para que a gestão e o manejo integrado das bacias se torne realidade, é fundamental compreender o uso da terra, os processos do rio e suas mudanças ao longo do tempo, que são, de acordo com Santos (2004), essenciais para a gestão, uma vez que expressam as atividades humanas que impactam diretamente os elementos naturais. Rosa (2013) diz que o estudo do uso da terra consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização dos tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações. Assim como Marçal, Castro e Nunes (2020) falam que é na história ambiental do rio que se podem revelar as desigualdades políticas e socioeconômicas no acesso à água. Complementarmente,

Dourojeani e Jouravlev (1999) enfatizam:

La interacción de los centros urbanos, las cuencas, los ríos o las lluvias y las zonas de pendiente debe ser considerada adecuadamente para prevenir riesgos así como para garantizar el abastecimiento de agua para el consumo humano, una de las claves para lograr un desarrollo sustentable o sostenible [...] (DOUROJEANI e JOURAVLEV, 1999, p.3)

No contexto de mudanças no uso da terra e interações destas com áreas urbanas, rios, chuvas e declividades, o distrito Anhanguera, onde se localiza a área deste estudo, tem seu histórico marcado por atividades de mineração e agricultura, que foram importantes para o início da urbanização na região. Este processo ocorreu já nas primeiras jornadas da colonização portuguesa no Brasil durante as expedições dos bandeirantes que buscavam e extraíam ouro na região. Posteriormente a área se tornou polo de cana-de-açúcar (SÃO PAULO, 2017).

Entre os anos de 1991 e 2000, com a implantação de autoestradas como a rodovia Anhanguera e o Rodoanel Mário Covas e com a redistribuição espacial da população que vivia no centro da cidade para as áreas periféricas, ocorreu uma importante aceleração na sua povoação, ampliando a ocupação da bacia estudada.

Neste contexto, Carneiro (2002) afirma que o processo de urbanização dessa região ocorreu de forma tão expressa, que fez com que seu desenvolvimento, sob forte ação da economia paulistana, trouxesse significativas mudanças na paisagem da região substituindo sítios e chácaras da zona rural por estruturas urbanas em apenas quatro décadas.

A área de estudo compõe o território do Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (CBH-AT), onde há pontos de pouca coleta de esgoto, como o rio Juqueri (foz da bacia) e em locais próximos (FABHAT, 2016). Em outras áreas da bacia não há coleta, o que potencializa os riscos de doenças e a propagação de vetores. Outro aspecto a ser destacado é que a canalização dos córregos tem se expandido na área de estudo e em regiões circunvizinhas de modo intensificado. Estas situações aumentam a concentração e a velocidade das águas, potencializando erosões, deslizamentos, assoreamentos e inundações, o que tem preocupado moradores e gerado protestos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A localização da área de estudo é mostrada no Mapa 1. Para as análises e a geração dos dados necessários à pesquisa realizaram-se as etapas a seguir:

1. Coleta de dados como limite da área e hidrografia, da carta topográfica de Santana de

Parnaíba-SP (SF-23-Y-C-III-3) em escala 1:50.000, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);

2. Obtenção das imagens do Google Earth (devido a sua alta resolução) e do satélite Landsat 5, sensor TM (disponível para o primeiro período estudado) para análise dos usos da terra;

3. Obtenção dos dados da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) para a geração do modelo digital de elevação;

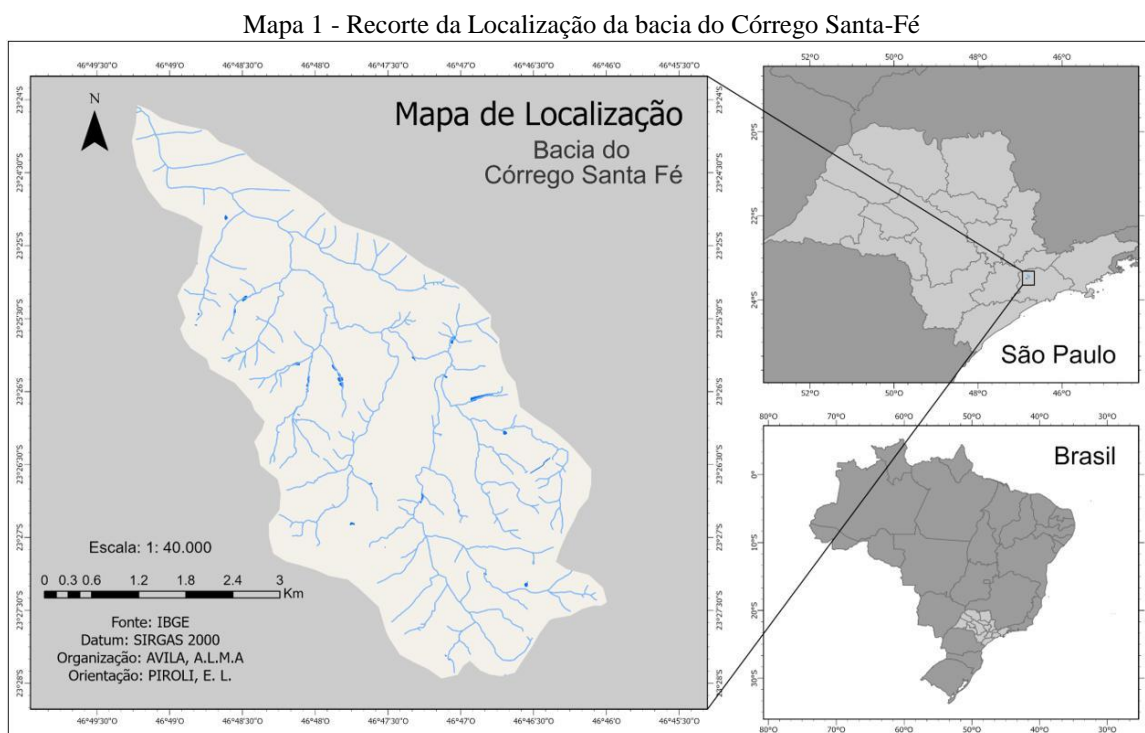
4. Processamento dos dados dos sensores remotos nos SIG ArcGis (v.10.3.1) e uso do módulo LCM (*Land Chang Modeler*) do TerrSet para elaboração dos mapas e análise das mudanças no uso da terra;

5. Execução dos cálculos morfométricos da bacia;

6. Elaboração dos mapas temáticos de uso da terra e álgebra das mudanças entre os anos de 1984 e 2018;

7. Elaboração dos mapas de declividade e hipsometria;

8. Avaliação das mudanças expressadas nos mapas e do resultado dos cálculos morfométricos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para análise das imagens, utilizaram-se técnicas de sensoriamento remoto, que de acordo com Jensen (2009), possui instrumentos que permitem obter informações de um objeto ou fenômeno geográfico (por meio de imagens de satélite) sem que haja contato direto com o mesmo, utilizando-se da energia eletromagnética que cada um destes possui.

Após a identificação de cada elemento, eles foram categorizados e mensurados visando sua transformação em dado da realidade para a escala de análise. Aos aspectos dos métodos de Jensen somou-se a terminologia de classificação descrita no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE 2013). Juntas, estas técnicas permitiram a representação da espacialização do uso da terra a partir de formas, texturas e padrões. Na sequência, as informações foram analisadas entre os diferentes anos, sendo possível acompanhar como a sociedade vem ocupando o espaço e usando a terra e como esta vem se modificando a partir da ação antrópica. Nestas condições é possível identificar os impactos que foram e que podem vir a ser gerados.

Os cálculos morfométricos foram feitos para identificar as propensões da bacia a eventos hidrometeorológicos, em vista de que estes somados com a intervenção antrópica no solo podem originar inundações urbanas com efeitos lesivos a cidade e a população. Os índices utilizados foram:

a) Coeficiente de Compacidade ( $K_c$ ) - compara a forma da bacia com a de um círculo, logo, se mais alongada, o coeficiente será mais distante de 1, e conseqüentemente, se a bacia for mais circular o seu valor se aproximará da unidade, indicando que há maiores propensões à inundações. O coeficiente de compacidade foi obtido a partir da seguinte equação:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Em que:

$K_c$ = coeficiente de compacidade

$P$ = perímetro da bacia

$A$ = área da bacia

b) Fator de Forma ( $F$ ) - compara a bacia com a forma de um retângulo. Assim, é possível definir-se uma razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia, que é expressado pela letra  $L$ , funcionando do mesmo modo do cálculo anterior, ou seja, é mais propenso a enchentes se o seu valor se aproximar da unidade. O fator de forma foi obtido pela equação:

$$F = \frac{A}{L^2}$$



Em que:

F= fator de forma

A= área da bacia

L<sup>2</sup>= comprimento axial da bacia elevado ao quadrado

c) Índice de circularidade (IC) - também compara a bacia a uma forma circular, a fim de prever possíveis impactos. Tal cálculo é expresso pela seguinte equação:

$$IC = \frac{12,57 * A}{P^2}$$

Em que:

Ic= índice de circularidade

A= área da bacia

p<sup>2</sup>= perímetro da bacia elevado ao quadrado

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados básicos da bacia e os índices morfométricos foram levantados e obtidos com o uso do SIG. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Índices Morfométricos da bacia do Córrego Santa Fé

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	VALORES
Área de Drenagem (A)	18,52 Km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	21,48 Km
Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,4
Fator de Forma (F)	0,26
Índice de Circularidade (Ic)	0,5
Declividade Mínima	0%
Declividade Média	20%
Declividade Máxima	Superior a 40%
Altitude Mínima	600m
Altitude Média	800m
Altitude Máxima	1000m
Comprimento total dos cursos d'água	70,39 Km

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme pode ser visto na Tabela 1, a primeira característica avaliada foi a Área de Drenagem (A), que se refere a toda área abrangida pela bacia, definida pelos divisores topográficos que circundam os sistemas fluviais drenados pela mesma. A área obtida, de 18,52

km<sup>2</sup>, corresponde a 1.852 hectares ou a 18.520.000 m<sup>2</sup>, demonstra que é uma pequena bacia, se considerada no contexto do Estado de São Paulo. No entanto, é uma área onde inúmeros processos sociais, econômicos, culturais e ambientais ocorrem, e por conta disso, fundamental para ser gerenciada adequadamente. O Perímetro, que compreende a linha imaginária que percorre todo o divisor de águas da bacia, é de 21,48 km o que indica uma distância considerável.

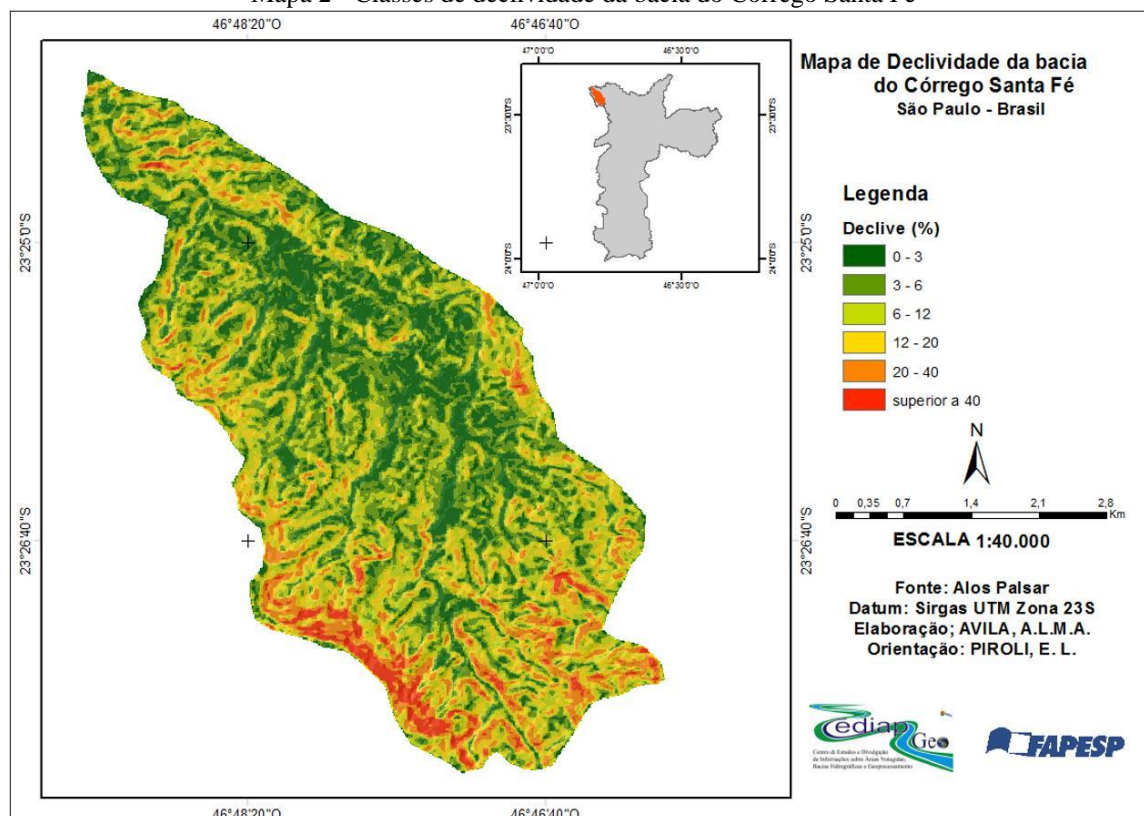
O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) obtido na análise da área de estudo tem um valor mais distante da unidade (1,4) indicando que a bacia tem um maior tempo de concentração da água, o que de acordo com Tonello (2005) e Villela e Mattos (1975) indica menor susceptibilidade natural da bacia a inundações. Isto corrobora com Teodoro *et al.* (2007) que informaram que quanto maior o coeficiente, mais irregular será a bacia.

Essa constatação é validada quando se analisa os demais índices, como o fator de forma (F), que no estudo em questão teve como resposta um valor de 0,26. O fato do fator de forma ter apresentado um número baixo, indica que a bacia tem sua forma mais estreita e alongada, e como resposta a essas características tem-se um quadro de vários pontos de tributários distribuídos atingindo simultaneamente o canal central (UFB, 2005), logo, a probabilidade de uma precipitação intensa atingir ao mesmo tempo toda extensão da bacia é pequena (TRAJANO *et al.*, 2012), o que não ocorreria caso a mesma tivesse uma forma mais circular.

Reiterando estas informações, o índice de circularidade (IC) apontou o valor de 0,5, que a classificação de Schumm (1956) aponta ser um número relacionado a uma bacia mais alongada, onde a forma facilita o sistema de escoamento e desfavorece os processos de inundação. Uma maior rapidez no sistema de escoamento evita que haja ápices de enchentes, devido a sua alta susceptibilidade de infiltração, que impede impactos como a erosão se causadas de forma natural (MOSCA, 2003).

Seguindo então as descrições de cada característica e os resultados demonstrados na Tabela 1, pode-se concluir que a bacia do córrego Santa Fé não é propensa a inundações naturais, em condições normais de precipitação e com taxas adequadas de impermeabilização. Estes dados são ratificados quando comparados com as características geomorfológicas da região, que de acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (ROSS; MOROZ, 1993), apresenta modelos dominantes de morros baixos, com declividade média de 20% e altitudes variando de 600 a 1000 metros, conforme pode ser visto no Mapa 2.

Mapa 2 - Classes de declividade da bacia do Córrego Santa Fé



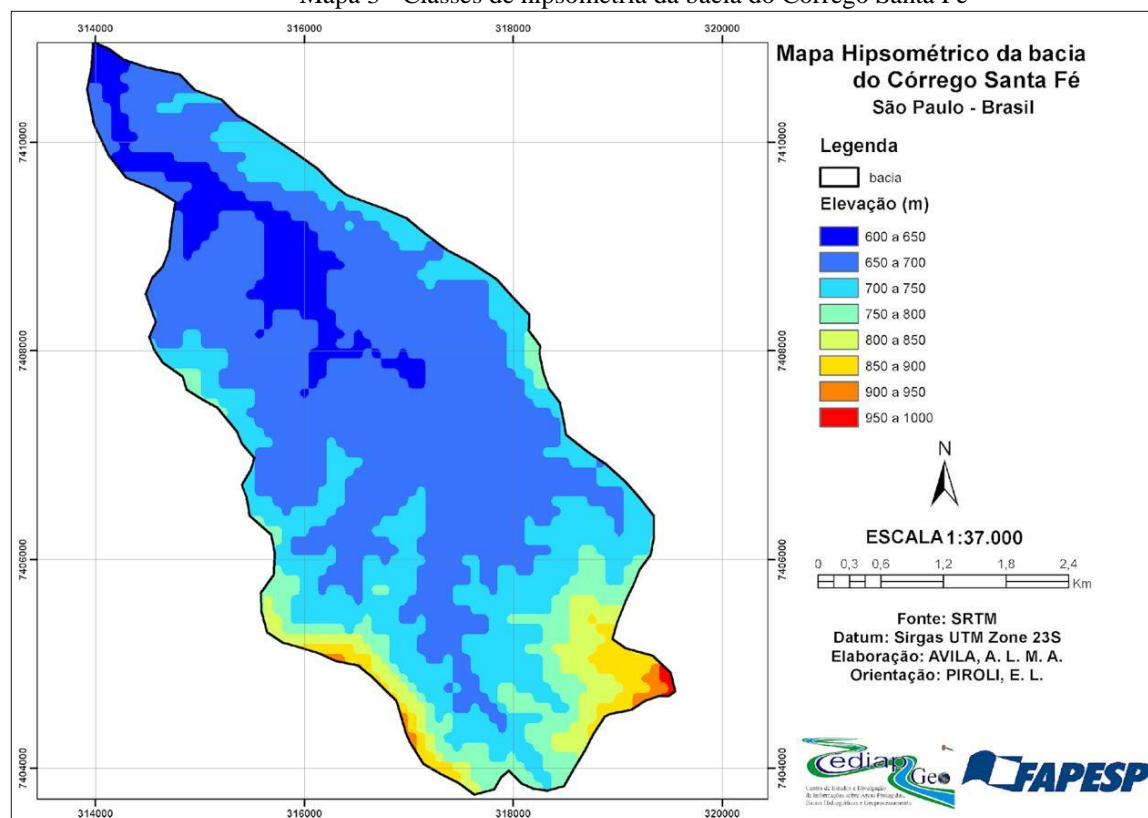
Fonte: Elaborado pelos autores.

O Mapa 2 mostra que as maiores declividades predominam na cabeceira sul da bacia, embora ocorram ao longo da maior parte do divisor de água e acompanhando algumas drenagens. A compreensão da declividade dos terrenos, assim como a hipsometria, é essencial para o planejamento, pois de acordo com Tonello (2005) os dados acerca dos mesmos asseguram que as intervenções antrópicas não venham impactar em fatores como distribuição de água, escoamento superficial, infiltração e aumento do risco de desastres naturais. Sabe-se que a declividade de um terreno favorece o escoamento da água. Assim, quanto mais íngreme a vertente, e quanto menor a presença vegetal, maior será a escoação, e maior será o seu potencial de erosões (KUINCHTNER, 2004). Além disso, aumentam os riscos de fenômenos de deslizamentos, que já foram registrados na área do presente estudo em várias oportunidades. O uso antrópico sem planejamento e sem adoção de técnicas de manejo do solo e da água pode acelerar tais processos, causando o aumento da degradação da bacia como um todo, o que está ocorrendo na área estudada.

O Mapa 3 mostra as classes hipsométricas da área estudada. Nele pode-se observar que predominam na área altitudes entre 600 e 700 metros com relação ao nível médio dos mares,

mas que ocorrem também, principalmente ao longo dos divisores de água altitudes superiores a estes valores, se aproximando dos mil metros, nos divisores sul e sudeste da bacia.

Mapa 3 - Classes de hipsometria da bacia do Córrego Santa Fé

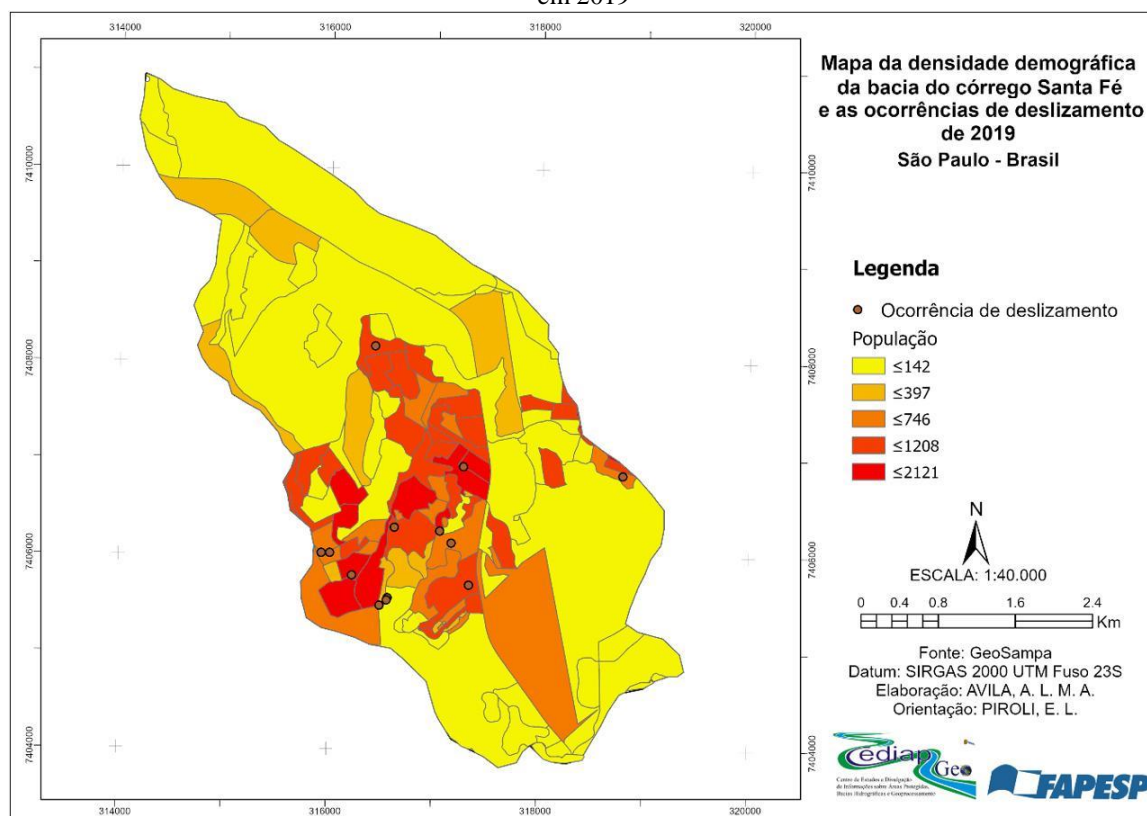


Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao sobrepor-se os mapas de declividade e hipsométrico com o de densidade demográfica interpolado com os casos de deslizamentos (Mapa 4), é possível verificar que há relação entre declives acentuados, hipsometria intermediária e uso antrópico intenso, o que indica que nestas condições há a potencialização dos impactos sobre o solo e consequentemente sobre o ciclo da água. No Mapa 4 é possível observar que os registros de deslizamentos em 2019, disponibilizados pelo GeoSampa, se concentram na área a sudoeste da bacia, que apresenta as condições indicadas.

Assim, pode-se inferir que, no contexto da região, os deslizamentos são o resultado da soma destes fatores naturais com a retirada da vegetação, com a ocupação sem planejamento adequado e com a construção de casas e infraestruturas em áreas de riscos.

Mapa 4 - Densidade demográfica da bacia do Córrego Santa Fé interpolado com as ocorrências de deslizamento em 2019

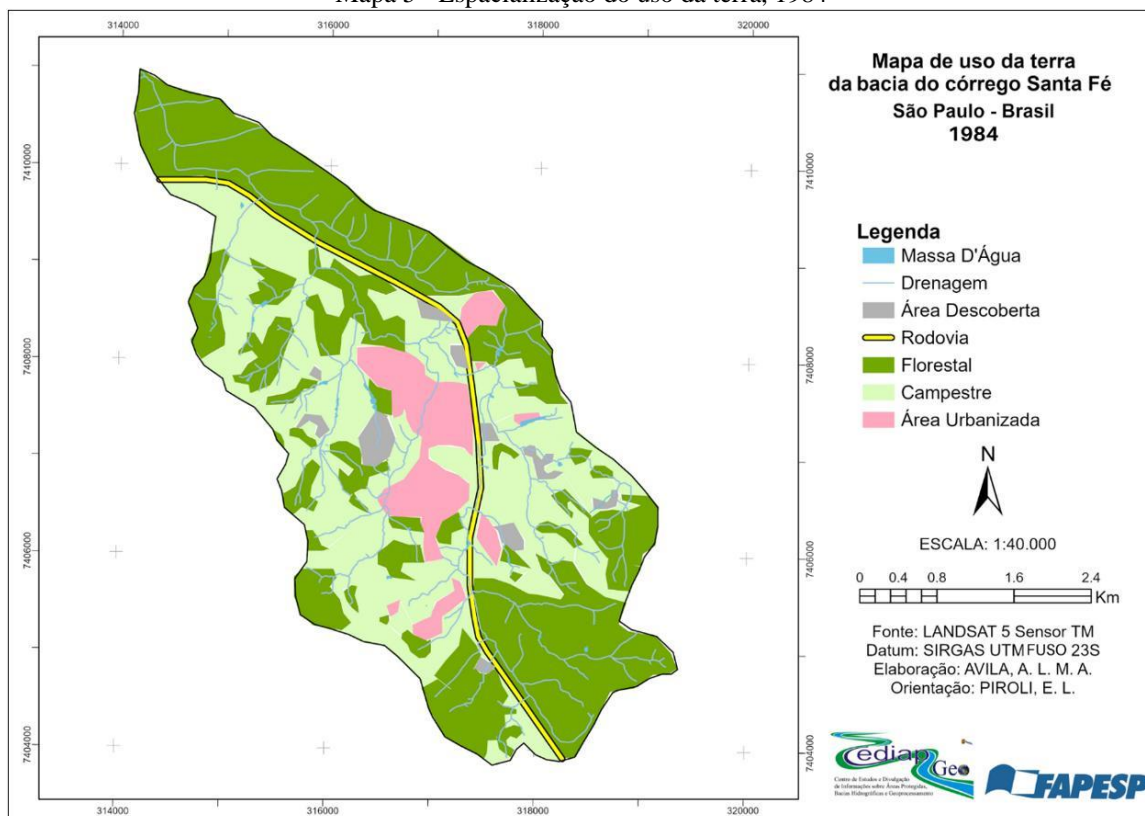


Fonte: Elaborado pelos autores.

Corroborando com essas afirmações é possível, ao se analisar os mapas que mostram a espacialização do uso da terra entre os anos de 1984 e 2018 verificar que neste recorte temporal, de quase quatro décadas, ocorreu ampliação da ocupação da bacia com área urbana, com predomínio para a área a sudoeste da bacia. Justamente aquela de maiores declividades, decorrentes dos gradientes entre as grandes e médias altitudes. Estas observações dialogam com o descrito por Rosa (2013) demonstrando a importância do conhecimento das transformações no uso da terra para o planejamento e previsão de crescimento das cidades e dos impactos das ampliações nas áreas impermeabilizadas e modificadas.

Ao se avaliar os mapas de uso da terra individualmente, é possível verificar que em 1984 (Mapa 5) há predomínio das categorias campestre e florestal, principalmente em locais que circundam a área urbana, que por sua vez permanecia em áreas de baixo declive. Entre a categoria florestal e a categoria de área urbana era comum encontrar espaços cobertos por vegetação campestre. Isto ocorria devido ao processo de substituição das florestas pelas culturas agrícolas ou pastagens ou ainda pelo início da urbanização e da expansão da malha urbana, que teve seu auge no ano de 1991 (PEREIRA, 2005).

Mapa 5 - Espacialização do uso da terra, 1984



Fonte: Elaborado pelos autores.

No ano de 2018 (Mapa 6) é possível verificar que o avanço da área urbana em quase todas as direções foi bastante significativo. Destaca-se a ampliação para o sudoeste da bacia, cobrindo parte da vertente e chegando ao divisor de águas, inclusive em áreas consideradas de risco devido às altas declividades. Em trabalhos de campo da presente pesquisa foi possível observar que este processo de ocupação continua, alertando que se essa frequência for mantida, impactos ainda maiores serão sentidos na bacia com o passar dos anos.

Mapa 6 - Espacialização do uso da terra, 2018



Fonte: Elaborado pelos autores.

Neste contexto, devem-se destacar dois pontos muito significativos: (1) no que se refere aos aspectos físicos da bacia pode-se dizer que devido a sua forma alongada ela não é naturalmente propensa à ocorrência de inundações. (2) Contudo, as mudanças no uso da terra e nas taxas de impermeabilização do solo vêm, junto com a retirada da cobertura vegetal, mudando a condição natural da bacia, potencializando problemas como o aumento do volume e da velocidade das águas pluviais superficiais, o que tem aumentado os casos de erosões, deslizamentos, inundações e assoreamento dos corpos hídricos. Isto corrobora com o exposto por Tucci (2007) e Piroli (2016). O segundo ponto diz respeito aos aspectos sociais da ocupação da bacia, uma vez que mesmo após a ocorrência dos impactos e problemas, muitas pessoas permanecem nas áreas de risco. Ao se buscar respostas, verifica-se que a vulnerabilidade socioambiental decorre, sobretudo, da falta de renda das pessoas para morar em outros lugares, do abandono dessas áreas pela gestão municipal, ou pelo próprio limite epistemológico do conhecimento que não chega a estas pessoas (PORTO; FINAMOF

Tais limites de conhecimento também envolvem, segundo Porto e Finamore (2012), fatores políticos, pois ainda que pessoas em situação de vulnerabilidade social detenham

conhecimento sobre os riscos, não é conferido o direito aos mesmos de lidar com eles, nem sequer de ter voz no gerenciamento destes.

Desse modo ressalta-se que é dever dos gestores públicos lidar com o manejo adequado da bacia, neste caso atentando para o crescimento da área urbana nas áreas de maior declive, pois, com o aumento da compactação e da impermeabilização do solo, as taxas de infiltração tendem a diminuir, aumentando o escoamento superficial, as inundações (Figura 7), os processos erosivos e os riscos de deslizamentos (PIROLI, 2016).

Figura 7 - Córrego inundado no cruzamento das ruas Piero Tricca e Leopoldo de Passos



Fotografia: Juliana Barbosa (Moradora do distrito), 15/01/2019.

Além disso, o conjunto de fatores apontados altera a geomorfologia fluvial, contribuindo para o aumento e transporte de sedimentos e influenciando o ciclo das águas da bacia (CALIL, 2012). Como destaca Santos et al. (2010):

A modificação da paisagem vem sendo realizada, na maioria das vezes, irresponsavelmente, resultando na degradação dos mananciais, seja pela aceleração dos processos erosivos, alteração das disponibilidades hídricas, ou mesmo pela contaminação por defensivos agrícolas e lançamento de efluentes urbanos e industriais (SANTOS *et al.*, 2010, p. 827).

Outro fator preocupante observado nas análises *in situ* foi a grande quantidade de resíduos sólidos depositados nos corpos hídricos assim como o despejo de materiais não identificados, os quais, de acordo com moradores, possuem cheiro forte causando dores de cabeça e enjoos.



Essa quantidade de resíduos que se acumula no leito dos córregos e em suas margens (Figura 8), além de piorar a qualidade da água, também causa represamentos, que durante a estiagem servem como criadores de insetos e que em períodos de chuvas intensas se rompem causando enxurradas que colocam em risco moradores e infraestruturas (LUIZ *et. al* 2010).

Figura 8 - Resíduos sólidos depositados no leito do córrego



Fotografia: ÁVILA, A.L.M.A, 27/08/2019.

Soma-se às questões já mencionadas, a falta de mata ciliar em torno de nascentes e córregos que potencializam os impactos aos corpos d'água e aos moradores da área. Conforme Pereira (2005) as atividades de fixação em lotes clandestinos e ilegais, acentuadas entre 1990 e 1998 são algumas das principais causas do desmatamento dessas áreas. A falta da floresta e da proteção ciliar afetam diretamente a qualidade e a produção da água. A manutenção e a recuperação das Áreas de Preservação Permanente, conforme previsto em leis, são necessárias para cumprir todos os papéis ecológicos e ainda para criar ambiente mais saudável e seguro para a população. Coutinho *et al.*, 2013, afirmam que:

[...] a preservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica, da biodiversidade e do fluxo gênico de fauna e flora, além de proteger o solo contra a ação do processo erosivo e assegurar o bem-estar das populações humanas (COUTINHO *et al.*, p.426, 2013).

Após o conjunto de análises efetuadas, pode-se dizer que cabe ao poder público a responsabilidade de planejar a ocupação do espaço, planejar a gestão ambiental e social da área além, é claro, de adotar técnicas de manejo integrado adequadas à realidade. É necessário ainda

que os gestores compreendam que as atividades humanas são a primeira mudança contínua da paisagem, e que estas apenas fazem parte de outro processo mais amplo: a desconexão da sociedade com os rios. Se o rio é desalojado da sua história e identidade pra depois ser reinserido, ele não será lembrado, portanto o manejo ideal precisa incluir a geomorfologia fluvial, compreendendo a bacia e o rio no espaço e no tempo, no passado, no presente, e nos possíveis cenários futuros.

Assim, verifica-se que é urgente a necessidade de avanços na maneira de atuar na área de modo que a ação política vise à proteção das vidas humanas e do patrimônio ambiental na região, uma vez que ambiente de qualidade gera vida de qualidade.

## CONCLUSÕES

Como demonstrado nos resultados da pesquisa, o uso antrópico foi responsável por diversas modificações na bacia ao longo dos anos estudados. Além disso, se pode observar que a desconexão entre planejamento na ocupação do solo e técnicas de manejo do solo e da água tem trazido o crescimento das áreas urbanizadas em direção a relevos declivosos e a locais de nascentes e cabeceira, onde a água naturalmente sempre infiltrou. Isto indica que o aumento da água concentrada na superfície tende a continuar, o que pode potencializar os impactos negativos futuramente.

Nesse sentido, ressalta-se a importância do planejamento da ocupação, da gestão ambiental e do manejo adequado dos recursos naturais das bacias urbanas envolvendo a comunidade, os agentes responsáveis do município e a unidade de gerenciamento de recurso hídrico. É necessário pois, que haja monitoramento dos recursos hídricos em áreas periféricas visando sua preservação e a proteção de vidas humanas. É inadmissível que em uma das cidades mais ricas do Brasil pessoas convivam com falta de água em períodos secos e morram por excesso dela e por falta de planejamento do que fazer com ela em períodos de chuvas. Neste raciocínio deve-se lembrar que estiagens e chuvas fazem parte do clima do município de São Paulo. Assim, gestores públicos devem estar preparados para planejar e gerir os espaços urbanos dentro de suas capacidades de suporte e das condições climáticas da área onde atuam.

Finalizando, espera-se que este trabalho contribua para que comunidade e gestores públicos percebam que é necessário que haja a disponibilização de informações relativas à importância do conhecimento ambiental das bacias hidrográficas, e para que assim, a gestão integrada das águas possa ser eficiente e permita a criação de ambientes de moradia seguros e com condições adequadas de vida.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pelo financiamento da pesquisa por meio de bolsa de Iniciação Científica concedida à primeira autora. Processo nº 2018/26301-0.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe 2014 - Encarte especial sobre a crise hídrica**, Brasília, 2015. 30 p.

CALIL, P. M. et al. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 433-442, 2012.

CARNEIRO, C. D. R. **Os primórdios da mineração no Brasil In: Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: DNPM, 2002. p. 511; 515.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

COUTINHO, L. M. et al. Usos da Terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na Bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], p. 425-434, 2013.

DOUROJEANNI, A.; JOURAVLEV, A. Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos. NU. CEPAL. **División de Recursos Naturales e Infraestructura**, Santiago, 1999.

MARÇAL, M. S.; CASTRO, A. O. C.; NUNES, R. **Geomorfologia fluvial e gestão dos rios no Brasil**, 2020.

FABHAT, Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. **Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - UGRHI 06**. São Paulo, 2016. 258 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manuais Técnicos em Geociências: número 7 - Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação**. 7. ed. Tradução de Rosisca Darcy de Oliveira. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983 [1969].

JACOBI, P. R.; CIBIM, J. C.; SOUZA, A. N. Crise da água na Região Metropolitana de São Paulo: 2013-2015. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 422-444, 2016.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução: José Carlos Neves Epiphany et al. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

KUINCHTNER, A. et al. Adequação do Uso e Ocupação do Solo Urbano em função da Declividade de Vertentes, em Santa Maria/RS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 5., 2004, Santa Maria. **Anais [...]**. Santa Maria: UFSM, 2004. 13 p.

LUIZ, V. S. et al. Influence of land use and occupation on water resources of the Três Barras stream (Marinópolis, SP, Brazil). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 55-64, jan. 2010.

MARTIRANI, L. A.; PERES, I. K. Water crisis in São Paulo: news coverage, public perception and the right to information. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 1-20, mar. 2016.

MOSCA, A. A. O. **Caracterização hidrológica de duas sub-bacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas**. 2003. 96 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Piracicaba, 2003.

NETO, J. C. C. A crise hídrica no estado de São Paulo. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 479-484, 2016.

PEREIRA, S. C. **Os loteamentos clandestinos no distrito do Jaraguá (SP): moradia e especulação**. 2005. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

PIROLI, E. L. **Água: por uma nova relação**. Jundiaí: Paco editorial, 2016.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Pardo**. 150 f. Tese (Livre Docência) - Campus de Ourinhos, Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2013.

PIZELLA, D. G. A relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de Bacias Hidrográficas na gestão hídrica. **Ambiente & Água**, v. 10, n. 3, p. 635-45, 2015.

PORTO, M. F.; FINAMORE, R. Environmental risk, health and justice: the protagonism of affected populations in the production of knowledge. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1493-1501, 2012.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: Edufu, 2013. 136 p.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. 1993.

SÃO PAULO, Prefeitura Regional de Perus; Prefeitura de São Paulo. **Relatório de Gestão: 1º Semestre/2017**. 2017.

SANTOS, E. H. M.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 14, n. 8, p. 826-834, 2010.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at perth amboy, New Jersey. **Geological Society Of America Bulletin**, [s.l.], v. 67, n. 5, p. 597-646, 1956.

TEODORO, V. L. I. et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.

TONELLO, K. C. **Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TRAJANO, S. S. et al. **Análise Morfométrica de Bacia Hidrográfica: Subsídio à Gestão Territorial Estudo de Caso no Alto e Médio Mamanguape**. Embrapa Gestão Territorial; Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2012.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, São Paulo, n. 70, p. 24-35, jun./ago. 2006.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

UFB, Universidade Federal da Bahia. **Departamento de Hidráulica e Saneamento: Bacia Hidrográfica**, 2005. 10 p.