

Análise ambiental da microbacia do Córrego Água da Onça com a utilização de geoprocessamento no município de Avaré/SP

Environmental analysis of the watershed of Água da Onça with the use of GIS in the city of Avaré / SP

Análisis Ambiental de la cuenca del arroyo Água de la Onça con un Utilizaçãõ de geoprocесamiento em la ciudad de Avaré / SP

Nádia Horiye Ferreira

Mestranda, UNESP/FCT, Brasil.
eng.agro.meioambiente@gmail.com

Cláudio Augusto Bonora Vidrih Ferreira

Mestrando, UNESP/FCT, Brasil.
cabvidrih@uol.com.br

Edson Luís Piroli

Professor Dr., UNESP/FCT, Brasil.
epiroli@gmail.com

RESUMO

O presente estudo abrange o levantamento dos aspectos físicos, morfométricos, de uso e cobertura da terra e conflitos de usos em APP da microbacia do córrego Água da Onça, município de Avaré. O córrego Água da Onça e o Ribeirão do Lajeado são importantes mananciais, responsáveis por 33% do abastecimento público de água do município. Contudo, a presença de cuevas basálticas e da APA-Área de Preservação Ambiental Corumbataí Botucatu Tejuapá, na porção sul de Avaré, direcionam as políticas de habitação e o vetor de crescimento urbano às regiões oeste e noroeste, onde já são perceptíveis os impactos das ações humanas sobre o ambiente. Na microbacia do córrego Água da Onça, a atual expansão urbana sobre suas cabeceiras ameaça a integridade dos recursos hídricos ali existentes. Tal fato evidencia a importância da aplicação de tecnologias de geoprocessamento que subsidiem o planejamento ambiental e a criação de políticas públicas capazes de assegurar um adequado ordenamento territorial. Considerando a microbacia como unidade de planejamento e gestão, os resultados deste estudo demonstram que esta microbacia possui alta a moderada susceptibilidade a enchentes. Quanto ao uso e cobertura da terra há predominância de atividades agrícolas como o cultivo da cana-de-açúcar e a silvicultura. Apesar de alta representatividade, em porcentagem, de vegetação nativa em APP, constata-se a existência de conflitos de uso nestas áreas. O levantamento dos dados secundários e as análises realizadas permitem concluir que a microbacia do Córrego Água da Onça necessita de um emergencial Plano de Manejo.

PALAVRAS-CHAVE: Microbacia. Análise Ambiental. Geoprocessamento.

SUMMARY

This study covers the removal of physical, morphometric, use and land cover and the conflict uses in the watershed's APP of stream Água da Onça, municipality of Avare. The stream Água da Onça and the Ribeirão Lajeado are important water sources, which account for 33% of the public supply of municipal water. However, the presence of basaltic cuevas and Environmental Preservation APA-area Corumbataí Botucatu Tejuapá, in the southern portion of Avare, direct housing policies and the vector of urban growth to the west and northwest regions, which are already visible the impact of actions human on the environment. In Stream watershed of Água da Onça, the current urban expansion on its headwaters threatens the integrity of their existing water resources. This fact highlights the importance of applying GIS technologies that support environmental planning and creation of public policies to ensure proper land use. Considering the watershed as a planning and management unit, the results of this study demonstrate that this watershed has a high to moderate susceptibility to flooding. Regarding the use and land cover predominance of agricultural activities such as the cultivation of sugarcane and forestry. Despite high representation in percentage of native vegetation in APP, notes the existence of conflicts of use in these areas. The survey of secondary data and analyzes allow us to conclude that the watershed of Água da Onça Stream requires an Emergency Management Plan.

KEYWORDS: Watershed. Environmental Analysis. Geoprocessing.

RESUMEN

Este estudio abarca la eliminación de física, morfométricas, el uso y la ocupación del suelo y los conflictos de usos en APP del arroyo Água da Onça, municipio de Avaré. La corriente Água da Onça y la Ribeirão Lajeado son importantes fuentes de agua, que representan el 33% de la oferta pública de agua municipal. Sin embargo, la presencia de cuevas basálticas y Preservación del Medio Ambiente APA-área Corumbataí Botucatu Tejuapá, en la parte sur de Avare, las políticas de vivienda directos y el vector de crecimiento urbano de las regiones oeste y noroeste, que ya son visibles los efectos de las acciones humano en el medio ambiente. En la cuencas del Arroyo Água da Onça, el actual expansión urbana en sus cabeceras en peligro la integridad de los recursos hídricos existentes allí. Este hecho pone de relieve la importancia de la aplicación de las tecnologías SIG que apoyan la planificación ambiental y la creación de políticas públicas para garantizar el uso adecuado de la tierra. Teniendo en cuenta la cuenca hidrográfica como unidad de planificación y gestión, los resultados de este estudio demuestran que esta cuenca tiene una alta a moderada susceptibilidad a inundaciones. En cuanto al uso y cobertura del suelo predominio de las actividades agrícolas, tales como el cultivo de la caña de azúcar y la silvicultura. A pesar del alto porcentaje de representación en la vegetación nativa en APP, toma nota de la existencia de conflictos de uso en estas áreas. La encuesta de datos secundarios y análisis nos permiten concluir que la cuenca del arroyo Água da Onça requiere un Plan de Manejo de Emergencias.

PALABRAS CLAVE: Cuenca. Análisis Ambiental. Geoprosesamiento.

INTRODUÇÃO

Os espaços naturais são progressivamente transformados em espaços produzidos, onde a natureza modificada favorece as atividades econômicas diversas. Assim os arranjos no espaço físico-territorial modificam de maneira permanente a paisagem natural a qual expressa, por meio dos componentes socioeconômicos, a relação dos seres humanos/sociedade com a natureza (ROSS, 2009). Neste sentido, a organização social e o desenvolvimento econômico foram se transformando e se constituindo sob uma dinâmica incoercível de exploração dos recursos naturais.

A análise ambiental integrada é fundamental para um adequado planejamento e gestão. De acordo com Sotchava (1978), sob a perspectiva da geografia, é importante estudar além dos componentes da natureza, também as conexões entre estes, não restringir somente à morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas projetar-se para o estudo de sua dinâmica, estrutura funcional, conexões, etc.

De acordo com Monteiro (2000) e Ross (2009), a análise holística e integradora, assim como o seu aprimoramento é um pré-requisito imprescindível à compreensão da qualidade ambiental como ponto inicial para as avaliações quantitativas e qualitativas para diagnósticos mais concisos possibilitando prognoses ambientais. Destarte, vale lembrar que, não há como tratar as sociedades humanas como elementos estranhos à natureza, ao contrário, estes fazem parte permanentemente dos componentes da natureza, como entes biológicos e também como agentes transformadores da paisagem.

Em especial, ao tratarmos dos recursos naturais, a água é um dos recursos imprescindíveis à vida. Segundo Rebouças (2015, p.1), o termo “água” refere-se, regra geral, ao elemento natural, desvinculado de qualquer uso ou utilização. Por sua vez, o termo “recurso hídrico” é a consideração da água como um bem econômico, passível de utilização com tal fim. A estrutura das sociedades modernas está intrinsecamente relacionada com o uso dos recursos hídricos como um recurso estratégico. Conforme Rebouças (2015), o Brasil se destaca em termos de maior descarga média dos rios em km^3 por ano, porém, esta distribuição é desigual ao relacionar as localizações geográficas e a densidade populacional.

Neste contexto, as chamadas “crises hídricas” vivenciadas nos últimos anos retratam a extrema dependência do nosso sistema econômico em relação à disponibilidade hídrica, cujas demandas e disponibilidades distribuem-se de maneira assimétrica.

Apesar do ciclo hidrológico proporcionar uma renovabilidade dos volumes de águas superficiais, considerando as suas grandes variabilidades no tempo e no espaço, as crescentes demandas e comprometimento de sua qualidade, por meio da poluição, torna-o um recurso finito.

Vale salientar que o histórico de expansão e desenvolvimento urbano desordenados nos municípios do Estado de São Paulo, em prol unilateralmente do desenvolvimento econômico, é predominante. E, neste sentido, as atuais crises hídricas enfrentadas são um reflexo de deficiência em gestão e planejamento.

O ciclo hidrológico ocorre em um espaço denominado hidrosfera que se estende desde cerca de 15 km na atmosfera até 1 km abaixo da litosfera, onde a água circula em um labirinto de

caminhos (CHOW *et al.*, 1994). Os principais componentes do ciclo hidrológico, conforme Speidel *et al.* (1988), são: Precipitação, Evaporação, Transpiração, Infiltração, Percolação e Drenagem.

De acordo com Chow *et al.*(1994), os fatores condicionantes do escoamento podem ser separados em dois grupos, os climáticos e os fisiográficos. Portanto, sob o seu alcance, cabe ao homem/sociedade intervir de maneira responsável e sustentável, nos fatores condicionantes do escoamento dos recursos hídricos para a sua utilização.

Os fatores condicionantes do escoamento, que fazem parte do grupo dos climáticos, são a precipitação, a evaporação e a transpiração. No grupo dos fisiográficos inclui as características da bacia hidrográfica tais como forma, tamanho, declive e também as características dos cursos d'água tais como capacidade de escoamento, dimensão, forma de secção transversal, declive, rugosidade, características da rede hidrográfica e comprimento do curso d'água (CHOW *et al.*, 1994).

Neste diapasão, o uso e cobertura da terra influencia direta e indiretamente nestes fatores e o componente "infiltração" é essencial para manter o escoamento básico de um curso d'água e disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica. Assim, o conhecimento técnico-científico dos componentes do ciclo hidrológico e suas inter-relações tornam-se imprescindíveis para o planejamento eficiente e para sustentáveis estratégias de conservação das águas.

O marco histórico na esfera legislativa no Brasil, quanto à instituição de políticas voltadas aos recursos hídricos, ocorreu na última década do século XX. A exemplo disso, o estado de São Paulo em 30 de dezembro de 1991 cria a Lei Estadual nº 7.663. Em seu artigo 3º, a lei paulista cita a adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento do recurso hídrico como um bem público, de valor econômico, cuja utilização deve ser cobrada, observado os aspectos de quantidade, qualidade e as peculiaridades das bacias hidrográficas.

Posteriormente, no ano de 1997 é instaurada a Política Nacional de Recursos Hídricos que reforça e complementa a adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial para a sua implementação e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Além disso, esta última inclui a informação de que este recurso natural é limitado. A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água precipitada e que converge o escoamento para um único ponto de saída. Ou seja, esta compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 1997).

Vale lembrar, neste contexto, que os sistemas antrópicos são parte da dinâmica ambiental e que, é preciso uma compreensão integrada da realidade socioeconômica, pela dinâmica dos processos de ocupação e das relações econômicas e sociais (ROSS, 2009).

De acordo com Gayoso (2014), a bacia hidrográfica, em sua condição natural, possui uma dinâmica, em equilíbrio, de entrada e saída de energia e matéria que, com a interferência humana ocorre a adição e/ou a subtração de elementos neste sentido. Assim, a sua fisionomia e a sua dinâmica sofrem alterações que são diversas, tais como, instabilidade de vertente, impermeabilização que potencializa enchentes e enxurradas, esgoto difuso, perda de biota, assoreamento acelerado, etc.

A unidade ideal para o trabalho com recursos naturais é a bacia hidrográfica, uma vez que esta é definida pela própria natureza a partir dos processos físicos e químicos que moldam o relevo e condicionam as relações entre os componentes bióticos e abióticos existentes na área. O elo entre estes componentes é a água que ao precipitar sobre este espaço é direcionada para regiões determinadas pelo seu ciclo, formando os córregos e rios que escoam superficialmente ou infiltra nos depósitos subterrâneos, alimentando os aquíferos ou as nascentes que manterão os cursos de água nos períodos entre as precipitações (PIROLI, 2013, p. 21).

Apesar das diversas citações a respeito da importância da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos, é importante colocar que há desafios a serem superados, como por exemplo, os limites político-administrativos, municipais, estaduais e federais, criados pelo próprio Estado, que não respeitam os limites das bacias hidrográficas, exigindo assim medidas e atitudes colaborativas que vão além dos limites físicos.

Os termos sub-bacias e microbacias são incorporados na literatura técnico-científica, sob divergências conceituais (TEODORO et al., 2007). Faustino (1996) define que as microbacias possuem área inferior à 100 km².

Segundo Lima & Zakia (2000), as microbacias são classificadas não somente por superfície total, mas também por possuírem uma grande sensibilidade ao fator uso e cobertura do solo e em relação às chuvas de alta intensidade e curta duração.

Mosca (2003) e Leonardo (2003) afirmam que a microbacia é considerada a menor unidade do ecossistema onde é possível observar as delicadas relações de interdependência entre os fatores bióticos e abióticos, sendo então muito utilizada à identificação e monitoramento dos impactos ambientais. Neste sentido, a utilização de ferramentas de geoprocessamento aplicadas às análises sistêmicas torna-se estratégica e fundamental às ações de planejamento e ordenamento territorial por parte dos municípios.

Introduzido no Brasil nos anos 1980 (MOREIRA, 2011), o geoprocessamento pode ser considerado um ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas com o uso de componentes tais como a Informática, os SIGs (Sistema de Informação Geográfica), Sensoriamento Remoto, GPS (Global System Position), cartografia digital, topografia, dados de campo, técnicas de processamento digital de imagens e profissionais capacitados (PIROLI, 2010).

Christofolletti (1999) define SIG como um conjunto integrado de programas especificamente elaborados para serem utilizados com dados geográficos, executando tarefas que incluem entrada, armazenamento e recuperação dos produtos resultados do manejo dos dados. Os SIGs são utilizados tanto na produção de mapas, para geração e visualização de dados espaciais como ferramenta de suporte para análise espacial de fenômenos, na combinação de informações espaciais. Devido a sua alta capacidade de armazenamento e recuperação de informações espaciais são utilizados como banco de dados geográficos (PIROLI, 2010).

Neste contexto, o recorte espacial do presente estudo é a microbacia do Córrego Água da Onça que localiza-se na região central do município de Avaré, estado de São Paulo, próxima à malha urbana do município. Esta microbacia está inserida na UGRHI 17 – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema.

De acordo com dados do IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015), a população do município de Avaré é de 88.385 habitantes. O abastecimento público de água para o município provém 67% de águas subterrâneas e 33% de águas superficiais. Os cursos d'água que abastecem o município são o Ribeirão do Lajeado, de vazão $Q_{95\%}$ 28,88l/s, e o Córrego Água da Onça, de vazão $Q_{85\%}$ 78,89 l/s, cuja microbacia é o objeto deste estudo (ANA, 2010).

Apesar da vocação desta microbacia, como um manancial de abastecimento público de água, atualmente, nota-se indícios evidentes de degradação dos seus recursos hídricos, como por exemplo, o assoreamento de corpos d'água e erosões próximas às nascentes.

A presença de cuevas basálticas e da APA-Área de Preservação Ambiental Corumbataí Botucatu Tejuapá, na porção sul do município de Avaré, direcionam as políticas de habitação e o vetor de crescimento urbano às regiões oeste e noroeste, onde já são perceptíveis os impactos das ações humanas sobre o ambiente.

Na microbacia do córrego Água da Onça, a expansão urbana sobre suas cabeceiras ameaçam a integridade dos recursos hídricos ali existentes. Além disso, esta microbacia encontra-se segmentada pela Rodovia João Mellão, que possibilita o acesso à rodovia Presidente Castelo Branco, além da presença de outras estradas que seccionam os cursos d'água, separando-os, assemelhando-se a uma “decapitação” da microbacia. Estas intervenções provocam diversas conseqüências ao sistema fluvial, tais como maior propensão a processos erosivos, assoreamentos, enchentes e acúmulo de resíduos que, além de obstruir o contínuo do canal fluvial, podem impactar o ambiente aquático (TUCCI, 1997).

Destarte, o presente estudo contempla o levantamento morfométrico básico, o uso e cobertura da terra e conflitos de usos em APP (Área de Preservação Permanente) da microbacia do Córrego Água da Onça.

OBJETIVOS

O objetivo deste estudo é contribuir com a produção de conhecimentos e informações, que possam vir a auxiliar no aprimoramento da gestão e do planejamento ambiental, diante dos diversos usos, na microbacia do Córrego Água da Onça no município de Avaré, priorizando a integridade do recurso hídrico. Os dados coletados e as análises deste estudo são imprescindíveis para orientar um adequado Plano de Manejo para a microbacia. Os objetivos específicos são: caracterizar os aspectos físicos, morfométricos, de uso e cobertura da terra na microbacia e nas APP do Córrego Água da Onça, além de registrar e mapear os conflitos que ameaçam a integridade dos recursos hídricos.

MÉTODO DE ANÁLISE

Para a elaboração do presente estudo, foram utilizados: computador Laptop com alta capacidade de processamento, SIG -ArcGis 9.3, GPS Map 76CSx Garmin, Software Mapsource e Google Earth Pro. Ademais foram utilizados: carta topográfica oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística –IBGE – escala 1:50.000 FOLHA SF-22-Z-D-II-I (Avaré), imagens de satélite, mapas, arquivos em formatos SHP e DWG disponíveis em sites de órgãos públicos oficiais. Todos os dados introduzidos e manipulados em software SIG foram georreferenciados. Importante salientar que todos os mapas elaborados estão em Projeção Universal Transversa de Mercator-UTM, Fuso 22S, em Datum Vertical Marégrafo de Imbituba/SC e Datum Horizontal: SIRGAS 2000.

Em agosto de 2015 foi realizada uma vistoria de campo com o objetivo de averiguar as classes de uso e cobertura da terra, assim como identificar a situação alarmante das nascentes do Córrego Água da Onça, nas áreas de expansão urbana. A vetorização da rede de drenagem, das nascentes e represas foram realizadas manualmente, a priori, a partir da carta topográfica do IBGE georreferenciada, posteriormente, esta foi corrigida conforme a realidade de campo.

A base utilizada para correção foi a imagem de satélite Landsat 8, a partir do instrumento imageador Operacional Landa Imager-OLI, datada de 26 de junho de 2015. Foram utilizadas as bandas 4, 3, 2 e 8. A composição de bandas utilizada foi a R4G3B2. Posteriormente, com o objetivo de alcançar uma melhor resolução espacial da imagem, foi realizada a fusão de bandas, com a banda 8 pancromática cuja resolução é de 15 metros.

Além disso, foi utilizado, como apoio para a interpretação das imagens, o software Google Earth Pro. A delimitação da microbacia foi elaborada de forma manual, a princípio a partir das curvas de nível da carta topográfica do IBGE. Assim, por meio das cotas mais altas foi criado um *layer polygon* representando a microbacia. Posteriormente, para conferência desta delimitação, por meio de técnicas de geoprocessamento, utilizou-se a ferramenta *Basin*, de análises hidrológicas do software SIG. Neste caso, a base de trabalho para utilização desta ferramenta foi o Modelo Digital de Elevação-MDE do Estado de São Paulo, disponibilizado pela SMA-Secretaria do Meio Ambiente, elaborado a partir das curvas de nível extraídas das cartas do IBGE, Instituto Geográfico e Geológico-IGG e Departamento de Serviços Geográficos do Exército, de escala 1:50.000, (projeto GISAT). Esta possui resolução horizontal de 30m (0,0002777 graus decimais).

Assim, por meio da análise da delimitação da microbacia realizada manualmente, com base na carta topográfica, em comparação com a microbacia delimitada por meio da ferramenta *Basin* do software SIG, além da observação da imagem Landsat 8 e apoio do software Google Earth Pro, esta foi corrigida e aperfeiçoada.

Já as delimitações das APP foram realizadas por meio de operadores de distância em plataforma SIG, denominados *Buffer*. Para isto, foram utilizados limites definidos pela Lei 12.651/12 e suas alterações sob a Lei 12.727/12. As classes de uso e cobertura da terra foram realizadas em software SIG. Estas foram vetorizadas por meio da interpretação visual da imagem fusionada (composição R4G3B2 e a banda 8 pancromática) do satélite Landsat8,

datada de 26 de junho de 2015 e com auxílio do software Google Earth Pro, além de visita a campo. Foi utilizado como apoio o Manual de Uso da Terra do IBGE, ano de 2013.

Os estudos morfométricos utilizam alguns parâmetros chave para o entendimento da dinâmica processo-resposta do modelado da superfície terrestre, representando numericamente a morfologia da superfície terrestre (CHEREM, 2008, p. 48). Alguns dos parâmetros foram pioneiramente utilizados por Horton (1945), outros são derivados da correlação desses parâmetros iniciais em estudos mais recentes (RUBIN, 1999).

Neste estudo foram extraídas as características básicas geométricas da microbacia Córrego Água da Onça e as características da rede de drenagem. As características geométricas extraídas da microbacia foram: a área de drenagem (A), perímetro (P), coeficiente de compacidade (Kc) e o Índice de circularidade (IC). As características extraídas da rede de drenagem foram: a hierarquia fluvial, comprimento total dos cursos d'água e a densidade de drenagem (Dd).

Dentre as características básicas geométricas da microbacia, a área de drenagem (A) é toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, inseridos entre os divisores topográficos, projetada em plano horizontal. Ao determinar o perímetro da bacia, ferramentas do geoprocessamento (*Calculate Geometry*) possibilitam cálculos referentes a este *polygon* que, representa a bacia. O perímetro da bacia (P) constitui o comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas.

O coeficiente de compacidade (Kc), relaciona a forma da bacia com um círculo. Este constitui a relação entre a perímetro da bacia. De acordo com Villela & Mattos (1975), esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente do seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Uma bacia circular obterá um coeficiente mínimo igual à unidade, uma bacia alongada obterá um valor de coeficiente significativamente superior a 1. Uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando o seu Kc for mais próximo da unidade (CARDOSO *et al.*, 2006). O Kc foi determinado sob a seguinte equação, sendo P (Perímetro em Km) e A (Área em Km²):

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

O índice de circularidade (IC) tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a bacia se aproxima da forma alongada (CARDOSO *et al.*, 2006). A equação utilizada é a proposta por Miller (1953), sendo P (Perímetro em Km) e A (Área em Km²):

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

Dentre as características da rede de drenagem, conforme Christofletti (1980), a hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Neste estudo foi utilizada a classificação de Strahler (1952) para a determinação da hierarquia fluvial e assim, determinar a ordem da microbacia em estudo. A ordenação de Strahler elimina o conceito de que o rio principal deve ser o mesmo número de ordem em toda a sua extensão.

O comprimento total (Lt) da rede de drenagem em estudo foi obtido por meio da somatória do comprimento de todos os cursos d'água que compõem a microbacia do Córrego Água da Onça. Essa informação foi utilizada para calcular a densidade de drenagem assim como em outras análises relacionadas aos corpos d'água. O sistema de drenagem é formado pelo curso d'água principal e seus tributários. O estudo do sistema de drenagem permite avaliar a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. Desta forma, o índice de densidade de drenagem (Dd) indica o grau de desenvolvimento do sistema, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. O índice de densidade de drenagem (Dd) é expresso pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais fluviais, sejam eles, perenes, intermitentes ou efêmeros e a área total da bacia (CARDOSO *et al.*, 2006).

Lima (1976) complementa que, a densidade de drenagem revela a influência da topografia, solo e vegetação. Segue a equação utilizada, sendo Lt (somatório dos comprimentos de todos os canais fluviais em Km) e A (área de drenagem da bacia em Km²):

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Além disso, foi elaborado o mapa hipsométrico que representa como as áreas da bacia estão distribuídas em função das cotas topográficas. Neste estudo, por meio de técnicas do geoprocessamento, foram extraídas, do MDE do Estado de São Paulo, disponível pela SMA, as cotas topográficas em curvas de nível de 10 em 10 metros. As curvas de nível foram interpoladas e o resultado foi reclassificado visando a elaboração das classes de altitude. O mapa clinográfico, também elaborado, representa a distribuição das diferentes classes de declive da bacia. Este foi realizado a partir do mapa hipsométrico e processado visando a espacialização das classes de declive em porcentagem, conforme a classificação de Lepsch *et al.* (1991), cujos intervalos de classe de declive são para fins de conservação de solos.

RESULTADOS

A microbacia do Córrego Água da Onça apresenta hierarquia fluvial de 3ª ordem segundo a classificação de Sthraler (1952). Esta possui 2.592,26 hectares e perímetro de 22,69 km. O comprimento total dos cursos d'água existentes no interior da microbacia é de 31,78 km. O curso d'água principal possui 10,30 km de extensão. A tabela 01 demonstra os resultados da análise morfométrica da microbacia em estudo.

Tabela 01: Resultado dos valores da análise morfométrica da microbacia do Córrego Água da Onça.

Características Geométricas	Valores
A - Área	26 Km ²
P - Perímetro	22,69 Km
Kc – Coeficiente de Compacidade	1,25
Ic – Índice de circularidade	0,63
Características da rede de drenagem	
Extensão Total dos cursos d'água	31,75 Km
Extensão do curso d'água Principal	10,3 Km
Dd – Densidade de drenagem	1,22 Km/Km ²
Ordem dos cursos d'água	3ª ordem

Em relação ao levantamento hipsométrico, a menor altitude da microbacia do Córrego Água da Onça é de 699 metros, já o maior ponto cotado é de 862,41 metros. A Figura 01 ilustra o Mapa hipsométrico elaborado. Já a declividade da área foi obtida por meio da realização de um mapeamento clinográfico. A tabela 02 demonstra as classes de declive e suas ocorrências na microbacia do Córrego Água da Onça. A Figura 02 ilustra o Mapa clinográfico.

Tabela 02: Classes de declive e ocorrências, em área e em porcentagem, na microbacia em estudo.

Classes de declive	Relevo	Área (ha) Ocorrência das Classes de Declive na área da Bacia	Percentual (%) Ocorrência das Classes de Declive na área da Bacia
0 -3%	Plano	993	38,31
3 - 6%	Suave Ondulado	750	28,93
6 - 12%	Ondulado	665	25,65
12 - 20%	Forte Ondulado	182	7,03
20 - 40%	Montanhoso	2	0,08
> 40%	Escarpado	Não ocorre	Não ocorre

Figura 01: Mapa Hipsométrico

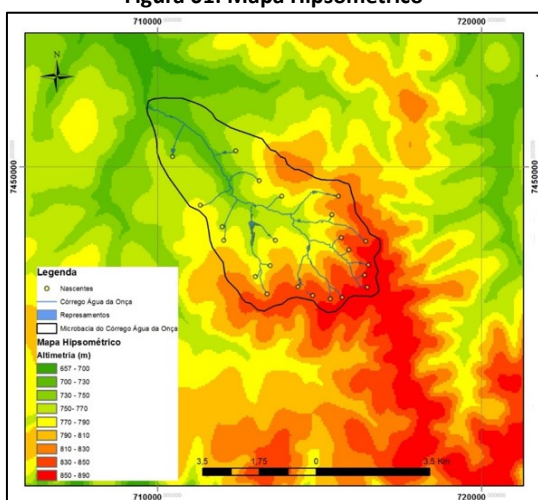
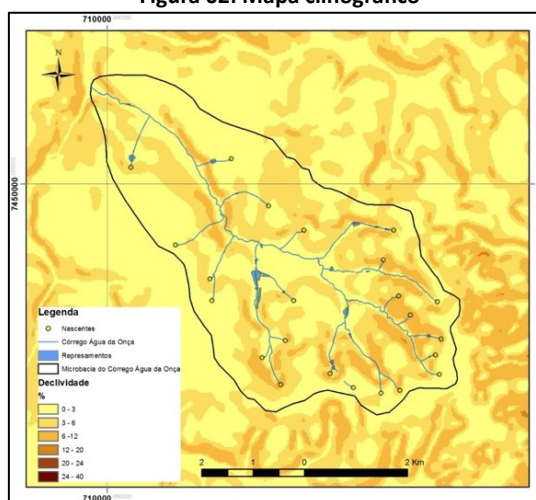


Figura 02: Mapa clinográfico

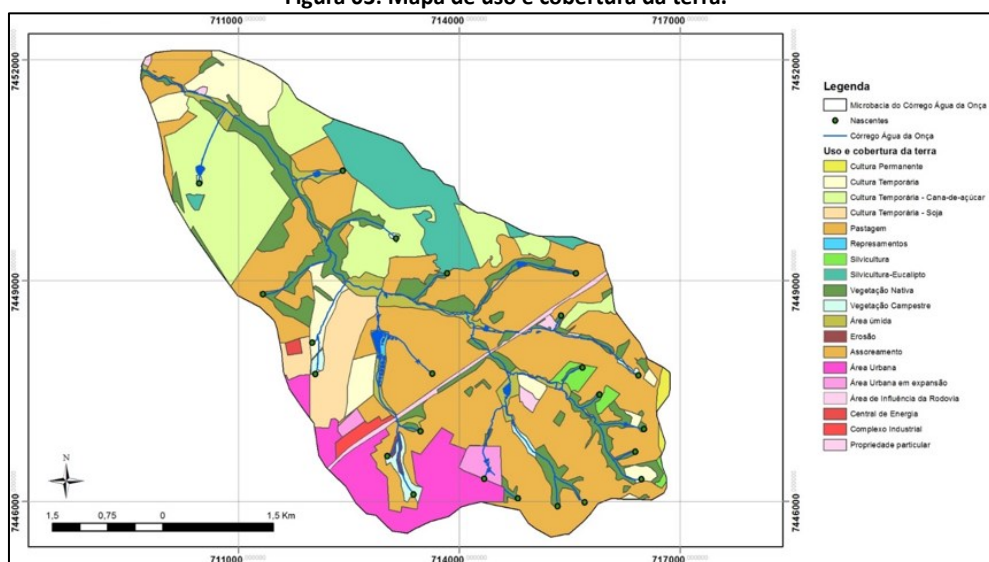


Em relação ao uso e cobertura do solo, verifica-se nos resultados da tabela 03 que, há predominância da pastagem, seguida de culturas agrícolas temporárias como a cana-de-açúcar. A presença de vegetação nativa equivale a 10,11% da área total da microbacia. A figura 03 evidencia o mapa de uso e cobertura da terra para microbacia em estudo.

Tabela 03: Uso e Cobertura da terra na microbacia do Córrego Água da Onça

Uso e Cobertura da Terra Microbacia do Córrego Água da Onça	Áreas (ha)	%
Complexo Industrial	13	0,5
Área Urbana consolidada	173	6,65
Área Urbana em expansão	30	1,15
Central de Energia	4	0,15
Silvicultura – Eucalipto	171	6,58
Silvicultura–Não Id.	21	0,89
Pastagem	1084	41,70
Vegetação Nativa	263	10,11
Cultura Permanente–Não Id.	9	0,34
Erosão	4	0,15
Assoreamentos	3	0,11
Vegetação Campestre	25	0,96
Área Úmida	79	3,03
Represamentos	14	0,54
Cultura Temporária – Soja	102	3,92
Cultura Temporária–Não Id.	159	6,11
Cultura Temporária – Cana-de-açúcar	413	15,89
Área de influência da Rodovia João Mellão	21	0,8
Propriedades Rurais Particulares	11	0,42

Figura 03: Mapa de uso e cobertura da terra.



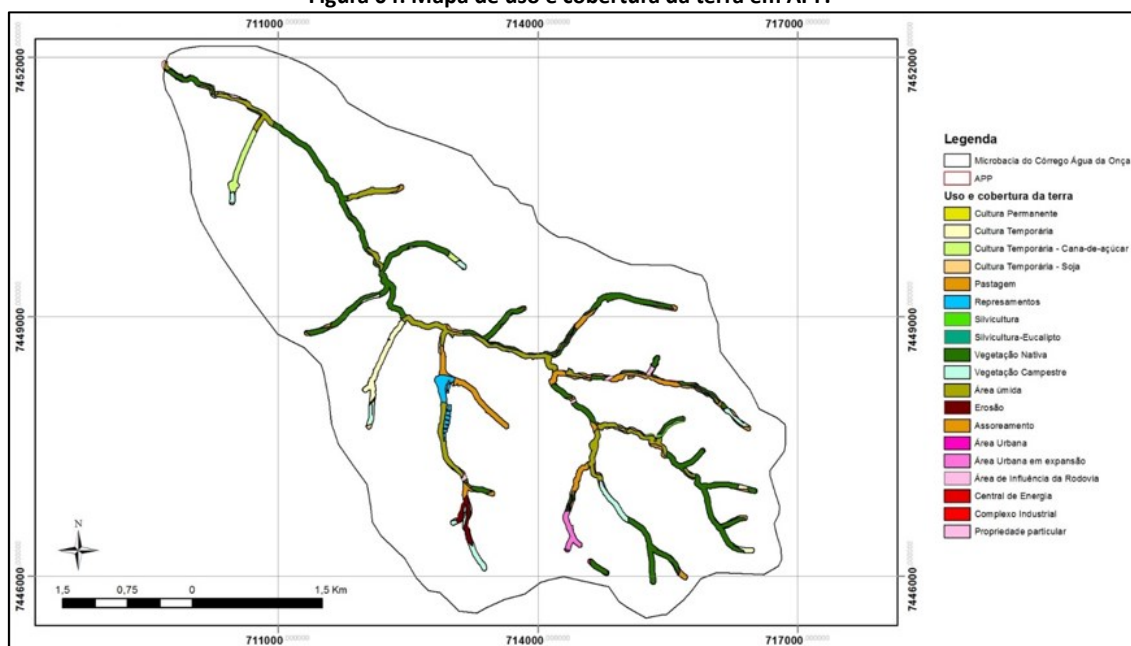
Quanto aos usos e cobertura da terra nas APP, nota-se 40,72% de sua área coberta por vegetação nativa. Dentre os conflitos existentes na APP, destacam-se os usos: área urbana em

expansão, pastagem e culturas temporárias. A tabela 04 e figura 04 representam a área e porcentagem do uso e cobertura da terra em APP.

Tabela 04: Uso e Cobertura da Terra nas APP da microbacia do Córrego Água da Onça.

Uso e Cobertura da Terra nas APP da Microbacia do Córrego Água da Onça	Áreas (ha)	%
Área Urbana em expansão	4	2,06
Silvicultura–Não Id.	1	0,52
Pastagem	30	15,46
Vegetação Nativa	79	40,72
Erosão	4	2,06
Assoreamentos	2	1,07
Vegetação Campestre	11	5,67
Área Úmida	38	19,58
Represamentos	6	3,09
Cultura Temporária - Soja	1	0,51
Cultura Temporária–Não Id.	10	5,15
Cultura Temporária – Cana-de-açúcar	6	3,09
Área de influência da Rodovia João Mellão	1	0,51
Propriedades Rurais Particulares	1	0,51

Figura 04: Mapa de uso e cobertura da terra em APP.



CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que a microbacia do Córrego Água da Onça possui alta a média propensão a grandes enchentes, já que o coeficiente de compacidade (Kc) é de

1,25. De acordo com Villela e Mattos (1975), quanto mais o coeficiente de compacidade se aproxima da unidade, maior a sua susceptibilidade às enchentes.

O índice de circularidade da microbacia do Córrego Água da Onça é 0,63. Este resultado indica que a microbacia em estudo está mais próxima da forma circular do que da forma alongada. Este resultado evidencia que a microbacia em estudo possui médio a alto risco de grandes cheias em condições normais de pluviosidade anual. Este índice complementa o índice de compacidade (Kc).

A Densidade de drenagem (Dd) encontrada foi de $1,22\text{km}/\text{km}^2$, considerada baixa. Christofolletti, (1980) classifica as bacias hidrográficas de baixa densidade as que possuem valores menores do que $7,5\text{Km}/\text{Km}^2$. Este valor de índice de drenagem indica uma baixa disponibilidade hídrica superficial, ou seja, para um melhor aproveitamento de suas águas, são necessárias ações para manutenção e permanência destas águas para que estas permaneçam disponíveis por mais tempo (FERREIRA et al., 2010). De acordo com Villela & Mattos (1975), a bacia tem a maior eficiência de drenagem quanto maior for essa relação.

Na microbacia em estudo predominam os relevos plano, suave ondulado a ondulado que, segundo Lepsch *et al.* (1991), são favoráveis à agricultura mecanizada e ao cultivo de culturas temporárias, desde que associadas às práticas conservacionistas dos solos. Verifica-se a predominância na área, de pastagem e culturas temporárias tais como a cana-de-açúcar e a silvicultura. Apesar da alta representatividade, em porcentagem, de vegetação nativa (40,72%) em APP, ainda há conflitos de uso com o cultivo de culturas temporárias e a pastagem, representando 24,21% desta.

Destaca-se a importância do papel do município no que diz respeito ao ordenamento territorial adequado, conferindo à cidade sustentabilidade em sua expansão. Sabe-se que o Plano Diretor atualmente vigente no município, está sob Inquérito Civil pelo Ministério Público sob suspeita de irregularidades, no entanto, já é prevista a expansão urbana na direção da microbacia em estudo.

Diante de todo exposto cabe salientar a importância da elaboração de um Plano de Manejo para a microbacia do córrego Água da Onça, que possibilite assegurar a preservação deste manancial responsável por parte do abastecimento público de água do município de Avaré.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Comitê de Bacias Hidrográficas do Médio Paranapanema e à Unesp/campus de Ourinhos por possibilitar o desenvolvimento deste estudo, produto do curso de especialização lato-sensu em Gerenciamento de Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental de Bacias Hidrográficas, promovido pela parceria entre FEHIDRO e UNESP para capacitação de profissionais na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA), 2010. **Abastecimento Urbano de Água**. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=6>>. Acesso em: 10/07/2015.

BRASIL. **Lei Federal no.12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília: Presidência da República, 2012.

BRASIL. **Lei Federal no.12.727, de 17 de outubro de 2012.** Altera a Lei no 12.651/2012, e as Leis nos 6.938/1981, 9.393/1996, e 11.428/2006; e revoga as Leis nos 4.771/1965, e 7.754/1989, e a Medida Provisória no 2.166-67/2001. Brasília: Presidência da República, 2012.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. **Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan**, Nova Friburgo/RJ. Revista Árvore 30 (2): 241-248, 2006.

CHEREM, L. F. S. **Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas – MG.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, Instituto de Geociências. Belo Horizonte/MG, 2008.

CHOW, V.T; MAIDMENT, D.R.; MAYS, L.W. **Hidrología Aplicada.** Tradución Juan G.Saldarriaga, Editora Martha Edna Suárez R., 1994.

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

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** 1ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas.** TurrialbaCatie, p.90, 1996.

FERREIRA, C. W. S.; LIMA, C. S.; CAVALCANTI, L. C.S.; SANTOS, A. H. O. **Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Açude Cachoeira II, no município de Serra Talhada – PE, Brasil.** VI Seminário Latino Americano de Geografia Física, II Seminário Ibero Americano de Geografia Física- Tema 2 – Expansão e democratização das novas tecnologias em Geografia Física: aplicações emergentes. Universidade de Coimbra, maio 2010.

GAYOSO, R. C. **Fragilidade Ambiental e Vulnerabilidade Social para análise integrada do espaço geográfico: bacia hidrográfica no Jardim Ângela (São Paulo-SP).** São Paulo/SP. Dissertação de Mestrado. FFLCH/USP-Universidade Estadual Paulista, 2014.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology.** Bulletin of the American Geological Society 56(3) : p.275-330, 1945.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) 2015. Disponível em: <http://ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?lang=_PT&codmun=350450&search=sao-paulo/avare/infograficos:-dados-gerais-do-municipio> Acesso em: 26 de abril de 2016.

LEONARDO, H. C. L. **Indicadores de qualidade de solo e água para avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do Rio Passo CUE, região oeste do Estado do Paraná, 2003.** 121p. Dissertação de mestrado em Recursos Florestais – ESALQ-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP-Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 2003.

LEPSCH, I. F. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação.** Campinas: SBCS, 1991. 175p.

LIMA, W. P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas.** Piracicaba/SP, ESALQ-USP, 1976.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. **Hidrologia de mata ciliares.** In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – USP, 2000. p. 33-43.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: história de uma procura.** São Paulo/SP: Contexto, 2000.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação** Editora UFV. 4aed. Atual e ampl. Viçosa/MG: Ed.UFV, 2011. 422 p.

MOSCA, A. A. O. **Caracterização Hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas, 2003.** Dissertação de mestrado-ESALQ-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-USP- Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 2003

PIROLI, E. L. **Introdução ao Geoprocessamento**. Ourinhos-São Paulo/SP, 2010.

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**. Tese de doutorado para obtenção de Livre docência. UNESP-Universidade Estadual Paulista, campus de Ourinhos/SP, 2013.

REBOUÇAS, A.C. **Água doce no mundo e no Brasil**. In: BRAGA, B.; TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T. M.; CIMINELLI, V. S.T. (Org.) **Águas Doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação**. 4 ed., São Paulo, 2015.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil, Subsídios para Planejamento Ambiental**. São Paulo/SP, Oficina de textos, 2009.

RUBIN, J. C. **Sedimentação quaternária, contexto paleoambiental e interação antrópica nos depósitos aluviais do alto rio Meia-Ponte – Goiás/GO**. Rio Claro, 1999. Tese de Doutorado – Geociências – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP-Rio Claro, 1999.

SÃO PAULO. **Lei Federal no 7.663, de 30 de dezembro de 1991**. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo/SP. Governo do Estado de São Paulo, 1991.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE (SMA). Portal do Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/modelo-digital-de-elevacao-mde-do-estado-de-sao-paulo/>> Acesso em: 10/06/2015.

SOTCHAVA, U. B. **Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre**. Biogeografia. São Paulo/SP, n.14, 1978.

SPEIDEL, D. H.; RUEDISILI, L. C.; AGNEW, A. F. (Eds.). **Perspectives onwater: uses and abuses**. New York: Oxford University Press, 1988.

STRAHLER, A. N. **Hypsometric (área-altitude) – analysis of erosion al topography**. Geological Society of America Bulletin, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D.J.L.; FULLER, B. B. **O conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o entendimento da dinâmica Ambiental Local**. Revista UNIARA, n.20, 2007.

TUCCI, C. E. M. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 2, n.2, jul/dez, 1997.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo/SP: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.