



Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana

Helena Rennó Vianna Sebusiani¹
Sueli do Carmo Bettine²

Resumo

A intensidade de uso e ocupação de uma bacia hidrográfica está fortemente associada ao nível de impermeabilização do solo dessa mesma região e por isso esses aspectos devem ser trabalhados de forma conjunta. O mapeamento das informações é um recurso muito utilizado para tornar mais evidente os padrões de uso e ocupação dos espaços. A visualização dos fatos no espaço, melhora a compreensão das interações existentes. O estudo detalhado na área da bacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Santa Cândida visa identificar, mapear e interpretar o uso e ocupação do solo e assim servir como base para ações voltadas às políticas públicas relacionadas à ocupação de micro bacias hidrográficas urbanas em grandes metrópoles.

Palavras-chave: Uso e Ocupação do Solo; Impermeabilização do Solo; Bacia Hidrográfica Urbana; Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Methodology for analyzing the use and occupation of soil in urban micro basin

1 Aluna da Faculdade de Engenharia Ambiental da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas). Trabalho desenvolvido no Âmbito do Programa Integrado de Iniciação Científica (PIC/FAPIC/Reitoria), Grupo de pesquisa: Sustentabilidade Ambiental das Cidades. Linha de pesquisa: Sustentabilidade Ambiental. E-mail: helenarvs@terra.com.br

2 Doutora em Engenharia Civil pela Unicamp, Professora da Faculdade de Engenharia Ambiental da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas) e orientadora do trabalho. E-mail: subettine@puc-campinas.edu.br

Abstract

The intensity of soil use and occupation in a hydrographic basin is strongly associated with the soil impermeabilization level from that same area, and because of that, these aspects should be worked together. The information mapping is a well used resource to show the standards of space use and occupation, visualizing the facts in space helps in the comprehension of existing interactions. The detailed study of the hydrographic basin at 'Córrego da Fazenda Santa Cândida' intends to identify, map and interpreted the use and occupation of the soil, and in that way cooperate with politic actions related to urban hydrographic basins in metropolitan areas.

Keywords: Use and Occupation of the soil; Soil Impermeabilization; Urban Hydrographic Basin; Geographic Information System (GIS).

Introdução

O pleno exercício de cidadania exige o estabelecimento de uma postura crítica diante dos fatos associados ao uso dos recursos e ocupação dos espaços.

Um referencial é o reconhecimento das áreas mais aptas à exploração e outras para conservação dos recursos naturais, que determinam a qualidade de vida da comunidade.

É importante saber também a relação socioeconômica que se estabelece entre os diversos usos com o meio físico. Ou seja, de acordo com o uso e a relação de consumo de diferentes classes sociais, qual a demanda de recursos naturais, qual o resíduo produzido, como e para onde é destinado.

É possível utilizar o espaço geográfico como recurso de gestão ambiental, desde que as pessoas, os grupos e, em especial, os tomadores de decisões sobre a ordenação territorial sejam conscientizados para influir decisivamente na melhoria da relação sociedade/espaço.

O mapeamento das informações é um recurso muito utilizado para tornar mais evidentes os padrões de uso e ocupação dos espaços. A visualização dos fatos no espaço, melhora a compreensão das interações existentes e aponta as ações necessárias.

Em contato direto com a realidade, a complexidade das questões ambientais dificulta a visualização e a interpretação das interações dos atores sociais com a natureza. Cada localidade tem suas peculiaridades. Reforça-se, então, a importância das representações cartográficas na visualização e interpretação dos aspectos necessários ao planejamento ambiental. As representações cartográficas mostram a realidade sintetizada de um modo visual.

Como afirma o IBGE (2008), a principal função da cartografia é representar, de forma padronizada e organizada, a realidade existente, com a finalidade de atender aos mais diversos ramos de atividades. Para se ter essas representações, utilizam-se mapas e cartas temáticos.

Costa (2001) ressalta que a cartografia forma-se em um conjunto de operações através das quais é possível obter informações espaciais, com a elaboração de mapas, cartas e plantas topográficas, possibilitando aos técnicos, ações no sentido de buscar soluções para planejamento, projeto, implantação e acompanhamento de empreendimentos de engenharia. Esse mesmo autor enfatiza que com a evolução da informática e da eletrônica e com o advento da computação gráfica a Cartografia passa a se utilizar dessas ferramentas, evoluindo para o que se chama Cartografia Digital.

Câmara, Davis e Monteiro ([199-?]) destacam que os primeiros Sistemas de Informação Geográfica surgiram no Canadá, na década de 60. No início faziam parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Seu desenvolvimento, em nível comercial, se tornou possível com o aparecimento de novos e mais acessíveis recursos de hardware, por volta dos anos 70. Nos anos 80, com a evolução dos computadores pessoais e dos sistemas gerenciadores de bancos de dados, o uso do SIG se expandiu muito.

Ainda segundo esses autores, no Brasil, esse sistema de informação teve seu início ainda nos anos 80. Alguns variados programas foram então aqui desenvolvidos como, por exemplo, o Sistema de Análise Geo-Ambiental (SAGA), criado na UFRJ; o Sistema Automatizado de Gerência da Rede Externa (SAGRE) produzido pelo CPqD em conjunto com a Telebrás e por fim as criações do INPE como o Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM), o Sistema de Informações Geográficas (SGI) e o Sistema para Processamento de Informações Geográficas (SPRING).

A partir dos anos 70 e 80, a sociedade sofreu grandes transformações relacionadas à sua forma de pensar e agir, passando a demonstrar mais preocupação com a preservação e conservação de recursos naturais, necessitando, portanto de projetos que em seu planejamento apresentem de forma destacada as questões ambientais; como destaca Cereda Junior (2006).

Para a elaboração integrada desses projetos e para a obtenção de dados mais precisos e de forma rápida, uma das soluções é o uso de sistemas computacionais capazes de organizar em bancos de dados as informações previamente georreferenciadas. Desse modo, o geoprocessamento torna-se um conjunto de ferramentas capaz de reunir a cartografia, o armazenamento de dados, permitindo que se faça o tratamento e a análise dessas informações, tudo isso de forma integrada, através de programas computacionais relacionados a um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Segundo Souza (1996), através da utilização de um SIG é possível elaborar um diagnóstico sócio-ambiental de uma determinada área de estudo, através da criação e monitoramento de um banco de dados. Mais que isso, o uso integrado de planos de informações permite que esse diagnóstico seja preparado de forma que as interações entre temas sejam claras e construtivas. Entenda-se aqui temas como cada característica da área a ser analisada, como por exemplo: tipo de solo, clima, corpos hídricos, vegetação e ocupação, dentre outras.

Em uma visão moderna de mundo e de gestão de território, toda ação referente à planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve conter em suas atividades a análise dos mais variados componentes do meio, incluindo o ambiente físico-biótico, a ocupação humana e as inter-relações entre eles. Desse modo, o conceito atual de desenvolvimento sustentável estabelece a necessidade de realizar uma análise abrangente dos impactos no ambiente que esteja associada à ações de ocupação do território (CÂMARA, DAVIS e MONTEIRO [199-?]).

A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento

Definir uma área para planejamento e implantação de um estudo não é tarefa fácil em função das dificuldades em se delimitar a área de abrangência de impactos ou da ocorrência de determinados fenômenos.

Santos (2004) ressalta que as atitudes e atividades humanas não respeitam critérios ou limites físicos, como limites geológicos, pedológicos ou de bacias hidrográficas. Há também o fato de dados censitários, de infra-estrutura e estatísticos se darem por município ou estados, o que pode dificultar ainda mais a definição de uma área para planejamento.

Mesmo com tais limitações, a adoção da Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação universal, uma vez que ela é um sistema natural, bem delimitado no espaço e de fácil caracterização, onde interações, no mínimo físicas, estão integradas. De forma complementar, as bacias podem ser subdivididas em unidades menores, o que facilita, por razões técnicas e estratégicas, o seu planejamento (SANTOS, 2004).

Por sua importância histórica e também pelo fato de hoje constituírem áreas de intensa ocupação urbana, as bacias hidrográficas presentes no meio urbano constituem um recorte espacial de importância fundamental para o planejamento urbano. Quase sempre, seu processo de uso e ocupação do solo, é desenvolvido de modo espontâneo, raramente fundamentado nas questões ambientais.

As normas de usos e ocupação de bacias hidrográficas no meio urbano restringem-se aos zoneamentos urbanos e delineiam-se segundo tendências político-administrativas de expansão territorial. Este fato ocasiona conflitos de ordem ambiental e, em muitos casos, a ocupação ocorre de modo desordenado.

Conforme Silveira (1993), a bacia hidrográfica “compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem

formada por cursos d'água que confluem até resultar um leito único no exutório”.

A ação antrópica sobre a superfície uma bacia hidrográfica provoca transformações no sistema hidrológico. A introdução de superfícies impermeáveis diminui a infiltração e reduz a superfície de retenção, portanto tem-se uma diminuição do abastecimento do lençol freático, o que pode implicar desperenização dos cursos d'água. A mesma impermeabilização causa um aumento no escoamento superficial combinado com o aumento da velocidade produzida pela drenagem artificial, resultando em maiores vazões de pico com tempo de ocorrência mais rápido, provocando as enchentes em áreas urbanas (TUCCI, 2002).

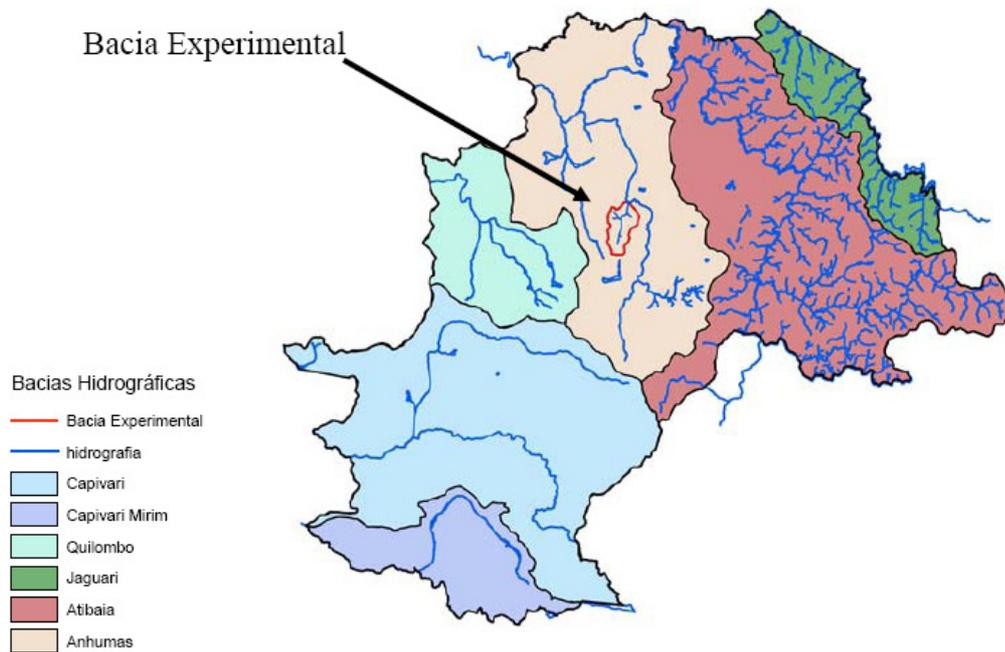
Para Hammes (2002), quando se trata de questões ambientais, o estudo da bacia hidrográfica deve considerar, além das questões físicas, os demais aspectos econômicos, sociais, culturais e políticos, característicos de cada localidade. No contexto do recorte territorial da bacia hidrográfica, os estudos socioambientais podem também ser mais limitados, ou seja, restringir-se às micro bacias – formadas por ribeirões e córregos contribuintes.

Caracterização da Área de Estudo

O objeto de estudo em questão nesse trabalho é a microbacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida que está situada entre os paralelos 22.846° a 22.862° de latitude Sul e pelos meridianos 47.0419° a 47.0495° de longitude Oeste.

O Córrego Fazenda Santa Cândida é um afluente do Ribeirão das Anhumas, o qual nasce no centro de Campinas/SP e, que depois de receber as águas de seus afluentes, deságua no rio Atibaia. Este último ajuda na formação do Rio Piracicaba, que em conjunto com os rios Capivari e Jundiá são parte representativa dos recursos hídricos do estado de São Paulo. Assim a microbacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida faz parte do comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ), estando portanto inserida na Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRH) número 5 do Estado de São Paulo (PEREIRA, 2005).

Figura 1: Bacias hidrográficas do Município de Campinas e a localização da Bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida



Fonte: TAMURA, 2006

A área foco do estudo abrange uma extensão de aproximadamente 4,0 km² dentro do Município de Campinas. Ela é ocupada por uma população de 12.557 habitantes, segundo o CENSO de 2000 (IBGE, 2002). Conforme observações realizadas junto à mapas da prefeitura, dela fazem parte os bairros Mansões Santo Antônio, Jardim Santa Cândida, Chácara Primavera, Jardim Colonial, Parque das Universidades, Parque Rural Fazenda Santa Cândida e Parque dos Jacarandás.

Originalmente, a atividade predominante na região, e até por volta do ano de 1960, foi a rural, a partir de então ela passou a ser urbana. Atualmente, quando se percorre a microbacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida, é possível observar que lá se encontram diferentes tipos de ocupação, os quais variam entre residências horizontais e verticais, chácaras, indústrias e comércio. Também a situação econômica dos moradores da região interna à bacia é bem

variável, com níveis de renda que passam desde os mais elevados até os mais baixos.

Independente do tipo de ocupação de uma determinada região, segundo Pereira (2005), problemas óbvios ligados à ocupação urbana podem ser exemplificados como o caso de despejo de altas cargas de efluentes, sejam eles domésticos e/ou industriais, em corpos d'água. Esses por consequência são, sem muitas restrições, canalizados e tamponados. Assim, através de um embasamento técnico e científico é necessário que se una equilíbrio ecológico e desenvolvimento urbano, além de integrá-los às decisões políticas.

A cidade de Campinas, como um grande centro urbano, não foge à esses problemas, pois segundo estudos desenvolvidos na região, o maior problema dos rios da região de Campinas é primeiramente o esgoto doméstico seguido de efluentes industriais, fazendo com que essa região seja classificada entre as três piores do Estado, e impondo restrições a instalação de novas indústrias próximas as bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

Especificamente na área de estudo, através de consultas ao site da empresa de saneamento da cidade (SANASA, 2008) e mesmo com informações fornecidas pelo Setor de Cadastro dessa empresa, na região em estudo a coleta de esgoto ainda é por meio de fossas, ou até lançamento direto no Córrego. Ainda segundo a SANASA, a verba para a instalação de coletores, interceptor e emissário de esgoto já está liberada desde o final do ano de 2006. Nessa futura obra, o emissário de esgoto será direcionado para a Estação de Tratamento de Esgoto Anhumas, que já está em funcionamento. Para tanto, o projeto prevê a construção de uma Estação Elevatória de Esgoto. Tal conjunto de obras é fundamental para a despoluição do Córrego da Fazenda Santa Cândida.

Mais um fator importante da área de saneamento básico de um município é a chamada destinação dos resíduos sólidos. Para o município de Campinas, segundo consta no Plano Diretor (2006), os resíduos sólidos devem ser divididos em domésticos, industriais, hospitalares, entulhos e podas de árvore. A Prefeitura Municipal de Campinas realiza a coleta de lixo em toda a área da microbacia em questão, com horários pré-determinados, porém no trabalho de realização de coleta seletiva ainda há deficiências. E além desse fato, ao percorrer a área do Córrego da Fazenda Santa Cândida é possível encontrar resíduos espalhados pelos terrenos vazios e ruas.

Outra característica importante a ser levada em consideração quando se pensa em Planejamento e ocupação de uma área é o tipo de

solo da região. Na bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida, segundo Bueno *et. al.* (2008), predominam os tipos de terreno: Colinas Médias e Amplas (Cma), seguidas de Planícies Fluviais (Pf), sendo a primeira mais favorável à ocupação humana, apesar da ocorrência significativa de erosão laminar reentalhe de canal, ravinamentos e voçoramento.

Na região da micro bacia encontram-se instalados o Shopping Parque Dom Pedro, a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), a Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), centros de Pesquisa (CPQd e Laboratório Nacional de Luz Sincontron) e grandes condomínios residenciais. Com centros atrativos e importantes localizados na área em estudo, ela apresenta forte e crescente tendência à expansão urbana.

Metodologia

A partir de uma carta topográfica do local de estudo, obtida junto ao Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE) de Campinas/SP, datada do ano de 1979, pertencente ao Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, foi possível obter uma carta topográfica digitalizada. Essa carta topográfica, cuja identificação é SF-23-Y-A-V-4-NE-F, possui uma escala de 1:10.000 e curvas de nível equidistantes em 5 metros.

Foram também utilizadas fotos aéreas, em preto e branco, datadas do ano de 1994, em escala 1:5.000. Na realidade o que se obteve foram cópias dessas fotos, as quais foram disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de Campinas. À partir delas criou-se um mosaico das fotos, o qual fora digitalizado no laboratório de Geoprocessamento da Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

Também os mapas gerados por Tamura (2006) que contemplam uso e ocupação do solo e grau de impermeabilização do solo já existentes para a bacia em estudo foram utilizados.

Mais uma base utilizada na elaboração desse trabalho foi uma imagem de satélite obtida através do sistema Google Earth no ano de 2008, imagem essa que, na realidade se refere ao ano de 2007.

O programa computacional utilizado para que esse trabalho pudesse ser desenvolvido foi o Sistema para Processamento de Informações Geográficas – SPRING, versão 4.2. As informações cartográficas descritas anteriormente foram georreferenciadas através desse software criado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Assim, os dados disponíveis foram transportados para o banco de dados no referido software – SPRING, 4.2.. A partir daí trabalhou-se com layers, nos quais ficaram armazenadas todas as informações da região de estudo. Cada um desses layers, ou camadas, contém informações importantes e eles podem ser virtualmente sobrepostos e assim permitir interpretações e ações efetivas para o desenvolvimento de melhorias na região.

Em seguida foi necessária a realização de um levantamento detalhado, com visitas em campo. Tais visitas auxiliaram no registro das informações necessárias para o posterior desenvolvimento de mapas. Quando realizadas, essas visitas geraram anotações e comprovações das informações existentes na imagem de satélite da aérea, desse modo esses dados puderam ser acrescentados ao software em uso, e assim gerar os mapas desejados.

Estudo de impermeabilização da área

A análise de uma área depende, dentre muitas variáveis, do tipo de estudo que se almeja realizar.

No caso de uma avaliação de uso e ocupação de solo é necessário que, em primeiro lugar, se tenha claramente explicitada a área de estudo. No caso desse trabalho, esta já foi previamente definida e conforme acima descrito, foi delimitada em base cartográfica oficial. Quando fora comparada com a área delimitada por Tamura (2006) não foram grandes as diferenças encontradas, desse modo utilizou-se essa delimitação já existente para que as comparações e avaliações a serem realizadas fossem mais próximas dos dados por ele produzidos.

Como a proposta é fazer um mapeamento do uso e ocupação, para isso foi importante que se realizasse uma correlação cronológica do uso e ocupação da área. Assim, algumas características já utilizadas por outros autores, como Tamura (2006), para classificar a área devem ser levadas em consideração.

No trabalho elaborado pelo autor acima citado, o nível de impermeabilização do solo foi a base para a realização de uma avaliação da densidade de ocupação da área. Segundo ele, o espaço estudado foi separado nas seguintes categorias: Densamente urbanizada, Urbanizada, Vazios urbanos/Usos rurais e Remanescente de mata nativa.

Desse modo, para que a análise cronológica do uso e ocupação da área pudesse incorporar as informações já obtidas por Tamura (2006), realizou-se o estudo cronológico do nível de impermeabilização do solo na região da Bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida. Para

tanto, utilizando as fotos aéreas de 1994 (Figura 2) e a imagem de satélite de 2007 (Figura 3) criou-se no programa SPRING 4.2 layers (Categorias) de Impermeabilização, os quais foram, cada um deles, divididos em três subtipos (Planos de Informação), sendo eles: Alto, Médio e Baixo.

Esses três subtipos seguem o método de I-Pai-Wu modificado e adaptado, ou seja, o método original apresenta 5 graus de impermeabilização: muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo. Esse método utiliza o coeficiente de escoamento superficial volumétrico (C) para o desenvolvimento de sua classificação (TAMURA, 2006). Porém, como já afirmou o autor anteriormente citado, a classificação simplificada facilita a utilização de programas do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e conseqüentemente o estudo analítico da área pode ser feito visual e manualmente através desses programas.

A seguir são apresentadas as telas de visualização do programa SPRING, durante a elaboração do estudo de impermeabilização da área desejada, no SIG desenvolvido neste trabalho.

Figura 2 – Visualização da tela exibida durante a elaboração do estudo de impermeabilização de 1994 no SPRING 4.2. No fundo fotos aéreas de 1994.

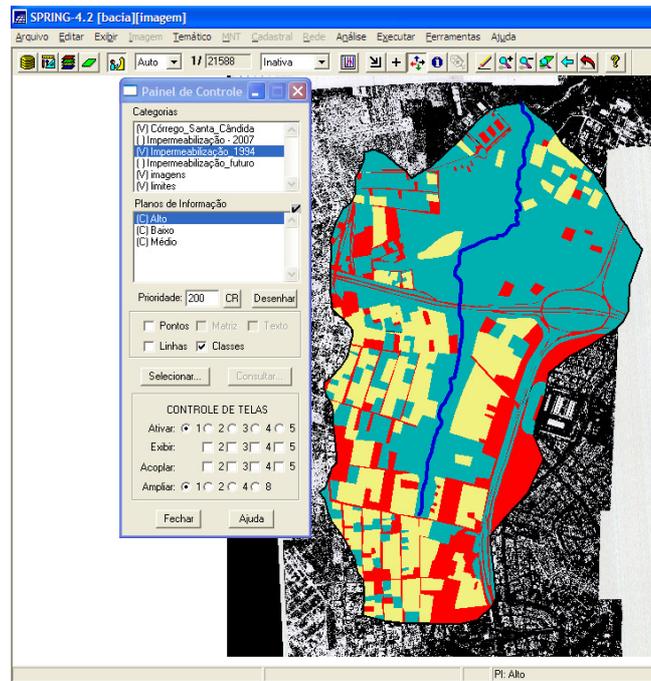
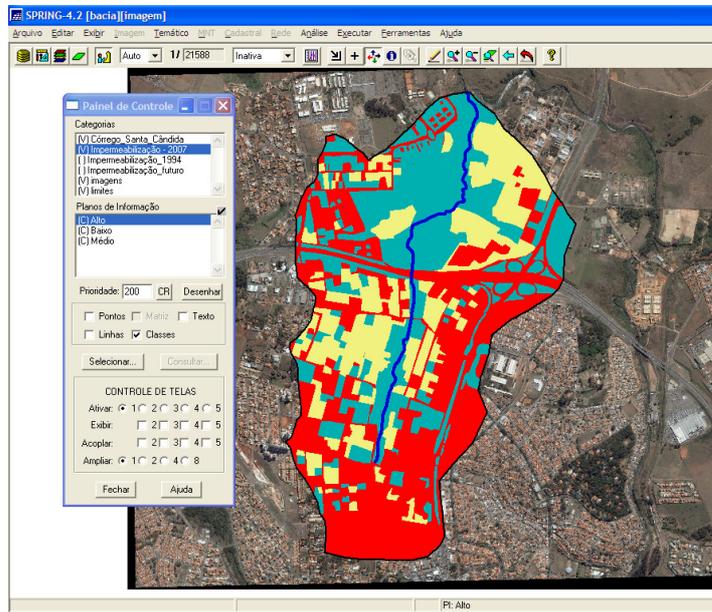


Figura 3 – Visualização da tela exibida durante a elaboração do estudo de impermeabilização de 2007 no SPRING 4.2. No fundo imagem de satélite de 2007



O grau de impermeabilização do solo mostra a evolução do uso e da ocupação da área em estudo, uma vez que o critério considera, segundo tabela abaixo (Tabela 1), os seguintes tipos de uso do solo.

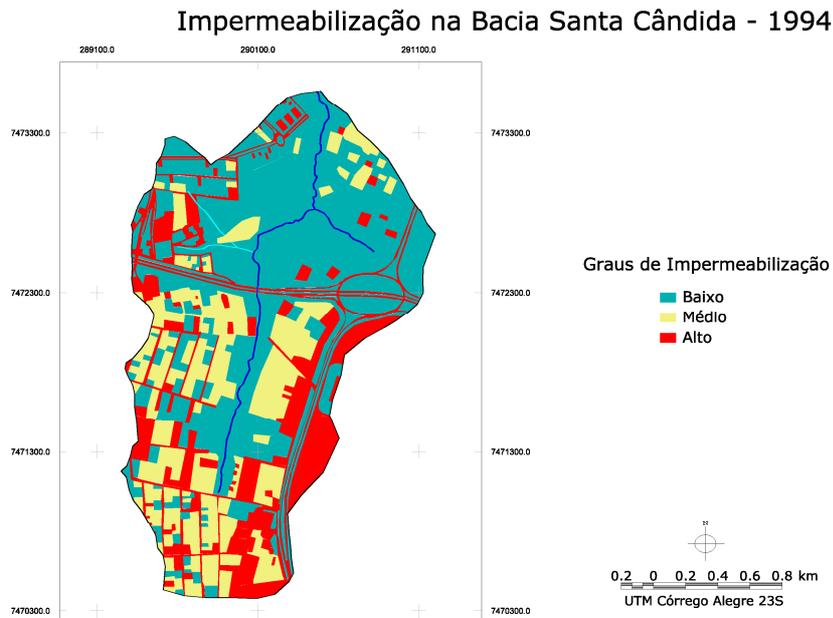
Tabela 1: Simplificação da classificação dos coeficientes de escoamento superficial volumétrico do método de I-Pai-Wu

Grau de impermeabilidade do solo	Uso do solo	C
Baixo	Parques; pastos; áreas cultivadas	0,3
Médio	Residencial (lotes ≥ 1000 m ²); Chácaras	0,5
Alto	Residencial (100 < lotes < 1000 m ²); edifícios; indústrias; rodovias	0,8

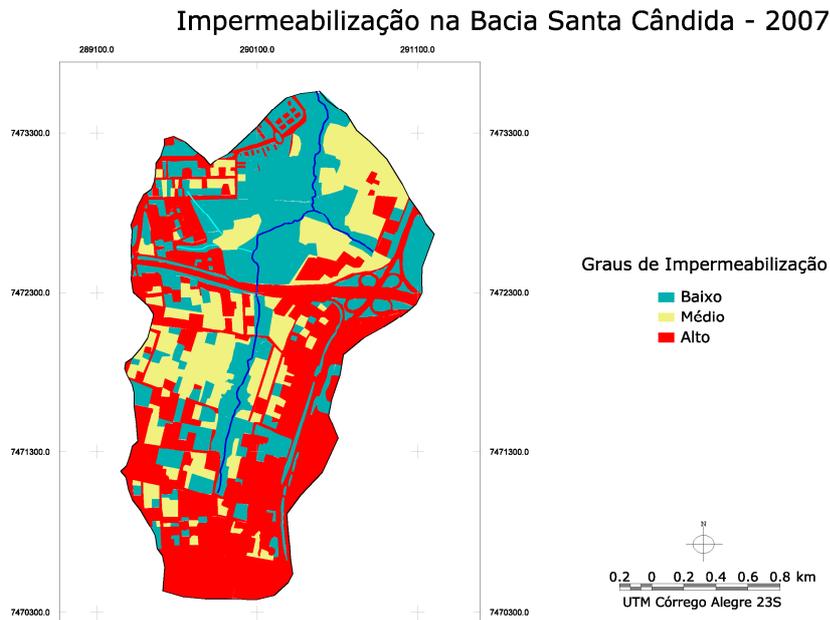
Fonte: TAMURA, 2006

Como resultado a esse estudo de impermeabilização da área foram gerados dois mapas temáticos. O primeiro é chamado Impermeabilização na Bacia Santa Cândida - 1994 (Mapa1) e o segundo Impermeabilização na Bacia Santa Cândida - 2007 (Mapa 2), ambos apresentadas a seguir.

Mapa 1: Mapa de Impermeabilização do solo na área da Bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida, produzido à partir de fotos aéreas de 1994



Mapa 2 - Mapa de Impermeabilização do solo na área da Bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida, produzido à partir de imagem de satélite de 2007



Na região da Bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida pode-se traçar um perfil do grau de impermeabilização do solo, pois com os dados e mapas produzidos no programa SPRING 4.2 é possível determinar a área correspondente a cada um dos subtipos (Planos de Informação), o que nos permite fazer uma relação com a área total. Assim, os resultados obtidos no SIG desenvolvido podem ser expressos na forma de gráficos apresentados nas Figuras 4 e 5.

Figura 4: Grau de impermeabilização do solo na Bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida no ano de 1994

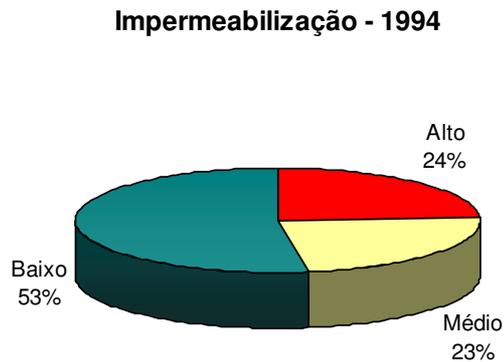
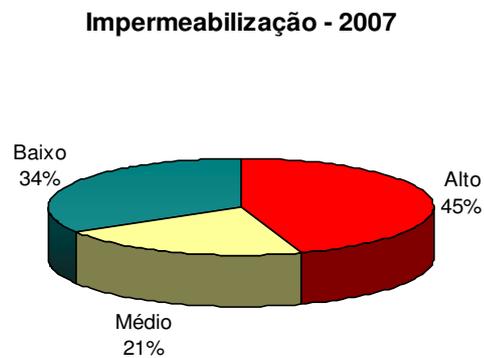


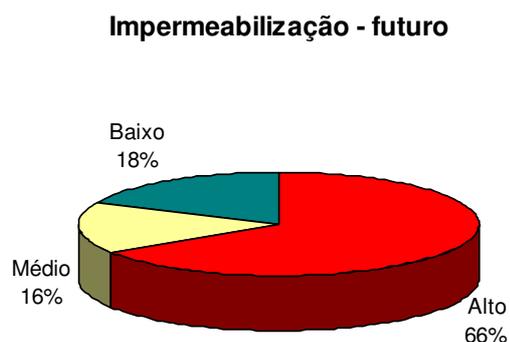
Figura 5: Grau de impermeabilização do solo na Bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida no ano de 2007



É possível observar das figuras 4 e 5 que a região sofreu um processo de intensa ocupação nos últimos treze anos, uma vez que o seu grau de impermeabilização aumentou consideravelmente. Verifica-se à partir da figura 5 que 45% da área da Bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida já se encontra com grau alto de impermeabilização e que o nível baixo de impermeabilização foi bastante reduzido na área de estudo, passando de 53% para 34%.

À partir desse estudo de impermeabilização do solo, contemplando imagens dos anos de 1994 e 2007, e considerando-se a mesma tendência de ocupação da área para um mesmo período de 13 anos é possível fazer uma estimativa de impermeabilidade do solo para o futuro. Assim, tem-se que por volta do ano 2020 o perfil de impermeabilidade do solo apresentará com os percentuais indicados na Figura 6.

Figura 6 - Grau de impermeabilização do solo na Bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida – Cenário para o ano de 2020

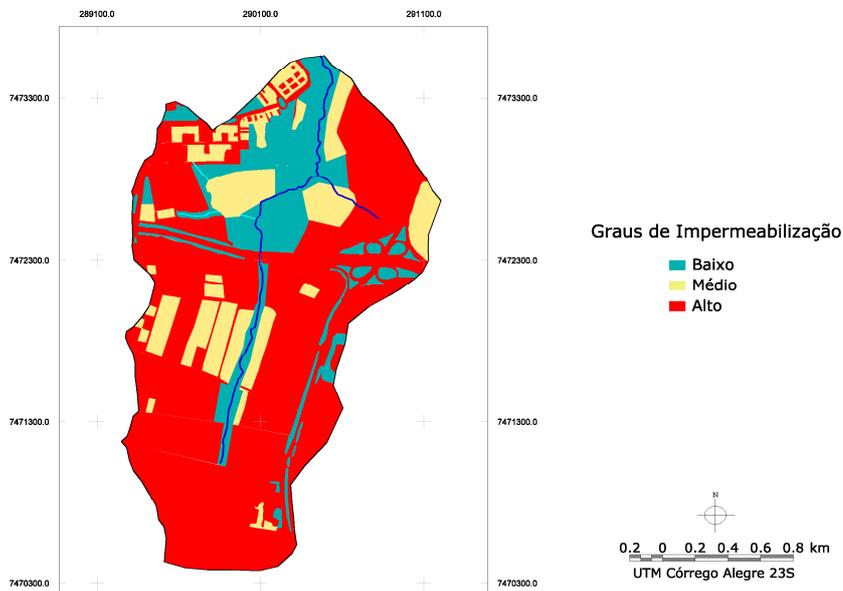


Observa-se, portanto, que mantida a tendência para a região, o grau alto de impermeabilização ultrapassa a marca dos 65%. Para esse valor ser atingido, as áreas que apresentam baixo e médio grau de impermeabilização serão ainda mais reduzidas, atingindo valores abaixo dos 20%.

A seguir apresenta-se o mapa de impermeabilização gerado para a área da Bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida para o ano de 2020 (Mapa 3).

Mapa 3: Mapa de Impermeabilização do solo na área da Bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida - Cenário para o ano 2020.

Impermeabilização na Bacia Santa Cândida - Projeção Futuro



Uso e Ocupação da Área

Inicialmente poder-se ia pensar em inúmeras categorias de classificação de uso e ocupação de uma dada região. Portanto, baseando-se no estudo de impermeabilização da área, conforme descrição anterior, é possível propor um método para que se possa desenvolver a análise do uso e ocupação do solo de uma determinada região.

No presente trabalho, visando realizar um mapeamento detalhado e uma análise real do uso e ocupação do solo na área da Bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida e assim gerar um mapa sobre uso e ocupação da área, foi necessário que se estabelecessem algumas categorias. Desse modo, as categorias criadas representam os tipos de uso e ocupação do solo, sendo possível correlacioná-las à intensidade de ocupação, ou seja, com o grau de impermeabilidade do solo. Assim, as categorias estabelecidas foram:

Cobertura vegetal nativa: representando áreas onde a vegetação nativa se encontra preservada, na grande maioria das vezes se refere à Mata Ciliar;

Cobertura vegetal não nativa: se compõe de áreas verdes, sendo elas praças, gramados, pastos, plantações, terrenos vazios (ainda disponíveis à construção);

Chácaras/Lotes Maiores: formada por lotes urbanos cuja área seja aproximadamente igual ou superior à 1000 m² e por chácaras (subpartições de áreas rurais mas que apresentam áreas maiores do que terrenos urbanos);

Residencial Individual: composta por casas cujos lotes são menores do que 1000 m² e que não se encontram dispostas em forma de condomínio;

Residencial Condominial: apresenta ocupações residenciais, sendo elas formadoras de um condomínio. Estas podem ser horizontais (condomínio de casas) ou verticais (prédios);

Comércio/Indústria/Serviços: esta categoria engloba as mais variadas formas de empresas, podendo estas ser hospitais, instituições de ensino, estacionamentos, padarias, mercados, farmácias e muitos outros;

Ruas/Avenidas pavimentadas: vias de circulação de veículos que sejam asfaltadas; e

Ruas/Avenidas não pavimentadas: vias de circulação de veículos que não são recobertas por algum tipo de pavimento, são as chamadas ruas de terra.

É possível fazer, portanto, a correlação entre as categorias acima estabelecidas e os níveis alto, médio e baixo utilizados no estudo de impermeabilização do solo na área desejada. Esses dados se encontram dispostos em forma de tabela (Tabela 2).

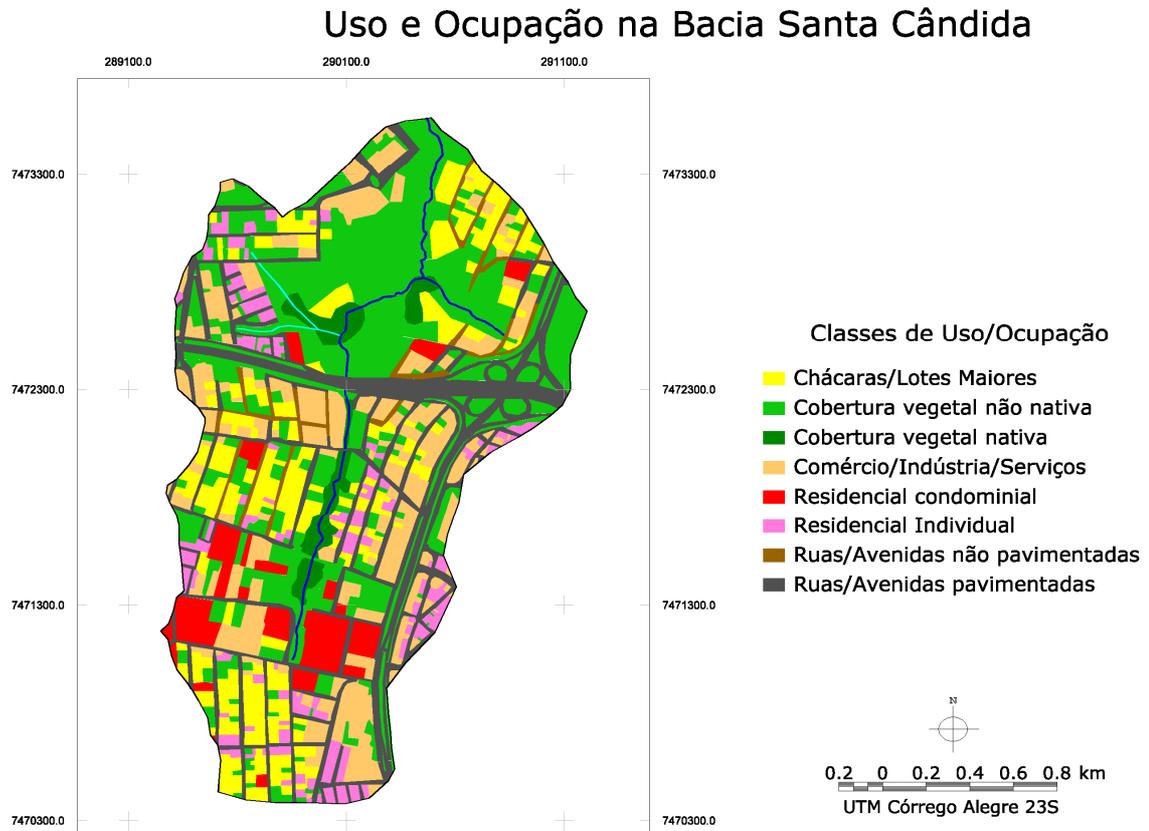
Tabela 2: Inter-relação entre categorias de uso e ocupação e grau de impermeabilização do solo

Categoria de Uso e Ocupação	Grau de impermeabilização do solo
Cobertura vegetal nativa	Baixo
Cobertura vegetal não nativa	Baixo
Chácaras/Lotes Maiores	Médio
Ruas/Avenidas não pavimentadas	Médio
Residencial individual	Alto
Residencial condominial	Alto
Comércio/Indústria/Serviços	Alto
Ruas/Avenidas pavimentadas	Alto

Sabe-se porém, que dentro de uma mesma categoria podem surgir divergências quanto ao grau de impermeabilização do solo, devido o tipo de construção e de pavimentação utilizada em cada terreno. Assim, para cada categoria foi realizada uma avaliação individual do nível de impermeabilidade do solo, característica que está diretamente ligada ao seu nível de uso e ocupação. Esses dados foram obtidos através da imagem de satélite utilizada (Google 2007) e confirmados através de visitas à área de estudo, realizadas ao longo dos anos de 2008 e 2009.

Com a criação do SIG ao longo do desenvolvimento do trabalho, foi gerado um mapa de uso e ocupação da área de estudo denominado: “Uso e Ocupação na Bacia Santa Cândida” (Mapa 4) o qual se encontra disposto a seguir.

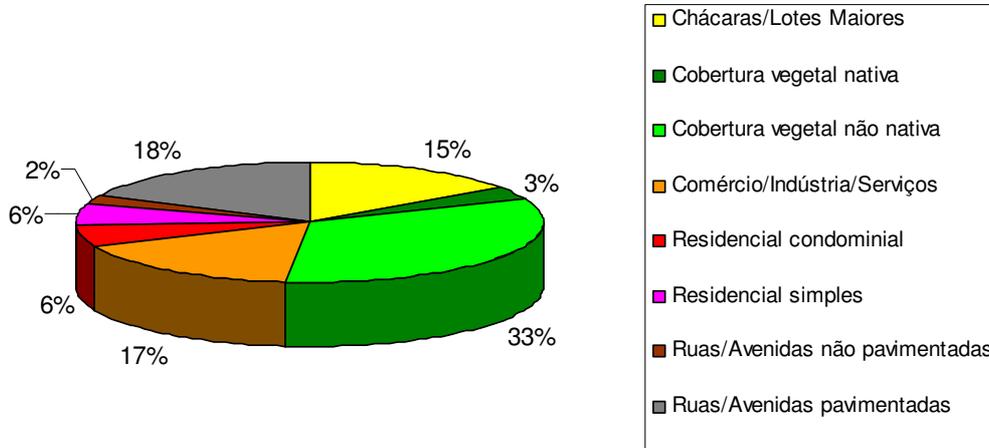
Mapa 4: Mapa de Uso e Ocupação do solo na área da Bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida



Com as informações obtidas a partir do SIG gerado, e conseqüentemente com mapa anterior, é possível realizar uma avaliação de como o uso e ocupação dessa bacia hidrográfica se encontra distribuído. A seguir um gráfico (Figura 7) apresentando todas as categorias criadas para a realização do estudo e geração do mapa e as porcentagens que cada uma representa com relação à área total de estudo.

Figura 7: Gráfico de distribuição dos tipos de uso e ocupação na área de estudo

Uso e Ocupação - Bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida

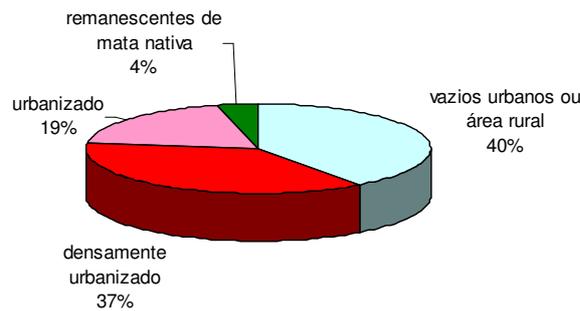


Pode-se dizer, portanto, que o nível de área verde na bacia ainda é consideravelmente elevado, representando um total de 36%, se forem somadas as áreas de cobertura vegetal nativa e não nativa. Porém, para que se possa fazer uma comparação com o estudo levantado por Tamura (2006) (Figura 8), é necessário reorganizar essas categorias, somando os percentuais de algumas delas. Feito isso o resultado encontrado pode ser expresso na forma de gráfico (Figura 9).

Figura 8: Gráfico com diferentes tipos de uso e ocupação – TAMURA (2006)



Figura 9: Gráfico com diferentes tipos de uso e ocupação para efeito comparativo



O gráfico da figura 9 expressa dentro de ‘vazios urbanos ou área rural’ a categoria Cobertura vegetal não nativa. Também nele, a fatia ‘densamente urbanizado’ engloba as categorias Comércio/Indústria/Serviços, Residencial Condominial, Residencial Simples e Ruas/Avenidas pavimentadas. As categorias Chácaras/Lotes Maiores e Ruas/Avenidas não pavimentadas estão somadas na área do gráfico que representa ‘urbanizado’ e por fim o que foi chamado de ‘remanescentes de mata nativa’ dizem respeito apenas à cobertura vegetal nativa.

Analisando esses dois últimos gráficos é possível levantar que em um período de sete anos (entre 2000 e 2007) a área teve o seu percentual indicativo de densamente urbanizado acrescido em 9%. Enquanto isso, as outras faixas de classificação foram reduzidas, uma vez que áreas urbanizadas foram mais intensamente ocupadas e áreas verdes, sendo elas nativas ou não, passaram a ser ocupadas por construções urbanas. Fato esse que pode ser observado com facilidade por quem visita freqüentemente na área, pois esta apresenta construções novas em uma velocidade surpreendente.

Assim como já foi proposto por Tamura (2006) e visando facilitar o estudo detalhado da área, podemos dividi-la em três secções menores, sendo elas Alto, Médio e Baixo curso d’água.

O Alto curso

O alto curso representa a área da nascente do curso d’água, portanto sua cabeceira. Essa região deveria ser a área mais preservada do córrego, uma vez que comporta sua principal nascente. No entanto, opostamente à essa característica, a área do alto curso do Córrego da Fazenda Santa Cândida, localizada ao sul da bacia, é a que

se encontra mais densamente ocupada e urbanizada. Apresentando um alto índice de impermeabilidade do solo, com todas as ruas ali existentes pavimentadas, pouca cobertura vegetal não nativa, ou seja, as raras áreas verdes que podem ser encontradas nessa região são compostas por terrenos vazios, os quais ainda não foram construídos e canteiros cobertos por gramíneas, especialmente os canteiros às margens da Rodovia Eng. Miguel Noel Nascentes Burnier, mais conhecida por Rodovia Campinas/Mogi Mirim. Essa área não comporta remanescente de vegetação nativa e contém todos os tipos de ocupações que representam alto índice de impermeabilização do solo, sendo elas comerciais, industriais, prestação de serviços e residenciais, com lotes maiores e menores, alocados de forma individual ou coletiva, condominial.

A nascente do córrego, localizada na Rua Jasmim, encontra-se ameaçada uma vez que à sua volta não se observa a vegetação necessária à sua preservação, chamada vegetação ciliar. E as poucas árvores e arbustos que restam estão sofrendo com disposição inadequada de resíduos, observar figura 10. Esse fato já havia sido levantado em estudos anteriores, como aquele elaborado por Tamura (2006) e um estudo de diagnóstico ambiental realizado na bacia pelos alunos da Faculdade de Engenharia Ambiental da Pontifícia Universidade Católica de Campinas no ano de 2008 (BUENO, 2008).

Figura 10: Nascente do córrego localizado ao lado da rua Jasmim (Chácara Primavera)



Fonte: TAMURA, 2006

Outra observação importante a ser feita com relação à essa região da bacia é que nela se encontra o bairro de nome Chácara Primavera, o qual originalmente deveria ser formado por chácaras destinadas à lazer ou moradia, mas que com a expansão imobiliária voltada para essa região, encontra seus lotes sendo sub divididos em porções menores, lotes individuais pequenos e com alto nível de área construída por lote, ou até destinados à construções residenciais condominiais. Essa característica já está modificando a característica de ocupação dessa região específica, provocando alterações dos níveis de impermeabilidade do solo e até comprometendo as infra-estruturas do local, como por exemplo as galerias de águas pluviais.

Médio curso

Já o médio curso, porção mais central do mapa de representação, abrange a área que se estende desde a Rua Hermantino Coelho até a rodovia Dom Pedro I. Nessa região da bacia hidrográfica encontram-se estabelecidos muitos empreendimentos comerciais, industriais e de prestação de serviços. Esses na sua grande maioria são dispostos em construções na forma de barracões e que, por esse motivo, apresentam índice de impermeabilização do solo muito elevado. As maiores concentrações desses empreendimentos estão localizadas ao longo das margens das rodovias Eng. Miguel Noel Nascentes Burnier e Dom Pedro I, como é o caso de empresas como a Tecnol, postos de gasolina, Faculdade Politécnica de Campinas (POLICAMP) e a chamada Cidade Judiciária, a qual está parcialmente inserida na área de estudo.

Essa região apresenta também residências individuais, chácaras e lotes maiores do que 1000m², os quais já estão avançando para as margens do curso d'água. Isso além de já contar com a presença de condomínios residenciais, os quais tendem a se expandir. Embora menos do que a próxima região da bacia a ser descrita, esta apresenta ainda vestígios de cobertura vegetal nativa, além das áreas verdes de cobertura não nativa, sendo formada principalmente por lotes ainda não construídos e com grande potencial de exploração (Figuras 11). Nessa área da bacia ainda há ruas não pavimentadas, especialmente na porção a oeste do córrego.

Figura 11: Ao fundo condomínio, casas e estabelecimentos comerciais e mais a frente vegetação ciliar do Córrego da Fazenda Santa Cândida no seu médio curso



Baixo curso

O baixo curso representa a parte mais baixa da bacia hidrográfica e nesse caso configura a região mais ao norte do Córrego da Fazenda Santa Cândida, região que se estende desde a Rodovia Dom Pedro I até o seu deságüe no Ribeirão das Anhumas. Observando o mapa de uso e ocupação gerado é possível dizer que a maior parte de vegetação encontrada na área da bacia em estudo se encontra ali disposta. Isso se deve principalmente pelo fato de nessa região se encontrar a fazenda que dá o nome ao córrego, a Fazenda Santa Cândida. Esta é uma propriedade particular e, portanto, de difícil acesso.

Porém, andando por seus arredores é possível comprovar os dados obtidos através da imagem de satélite utilizada na realização do estudo. Pode-se perceber que a área pertencente à essa propriedade rural é composta principalmente por pastos. Portanto na hora de realizar a distribuição da sua área dentro das categorias de uso e ocupação estabelecidas, na sua maior parte fora classificada como cobertura vegetal não nativa. A parte da sede da fazenda fora classificada de forma similar às chácaras existentes na região, uma vez que apresenta construções cercadas por vegetações.

Somada à toda essa área verde pertencente à fazenda encontram-se as áreas verdes localizadas nas dependências da

Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas). Por esse motivo, quando foram analisadas as terras pertencentes à essa instituição de ensino durante a realização do estudo e classificação de uso e ocupação do solo, elas foram classificadas de modo distinto àqueles estabelecimentos comerciais compostos apenas por barracões e áreas pavimentadas. Nesse caso, as áreas construídas dessa instituição foram encaixadas na categoria Comércio/Indústria/Serviços, como esperado, porém as outras áreas, compostas por áreas verdes foram classificadas como Cobertura vegetal não nativa, uma vez que são compostas principalmente por gramíneas, árvores e arbustos não nativos (Figuras 12 e 13).

Figura 12: Gramado e área com arbustos próximo à antiga reitoria da PUC-Campinas



Figura 13: Gramado na frente da nova sede da reitoria da PUC-Campinas



Também na região do baixo curso do córrego em estudo encontram-se duas áreas mais urbanizadas. A primeira delas se localiza mais a oeste do córrego e é formada principalmente por moradias individuais e estudantis, as quais foram classificadas como residencial individual. Há também nessa área, embora em uma quantidade menor, estabelecimentos comerciais, industriais e de serviços, como é o caso do Hospital Madre Theodora e da indústria La Basque. Somada à toda essa ocupação, todas as ruas/avenidas desse trecho se encontram pavimentadas, o que colabora para a elevação do índice de impermeabilização da região.

A outra região a ser destacada está estabelecida à margem leste do curso d'água. Nela a predominância é de chácaras e lotes maiores do que 1000 m² e também de estabelecimentos comerciais, os quais variam principalmente entre barracões de fábricas e indústrias de pequeno porte, motéis e restaurantes. Esse trecho da bacia em estudo é o que visualmente se apresenta como o menos economicamente favorecido, apresentando muitas ruas sem pavimentação, com buracos e valetas, o que dificulta a circulação da população na região.

É ainda ao longo do seu baixo curso que o Córrego Santa Cândida recebe a contribuição de outros braços, sendo dois deles na porção oeste e um na porção leste do leito principal. Esses braços estão indicados nos mapas de impermeabilização e de uso e ocupação elaborados, e os cursos do lado oeste se encontram fortemente modificados pela ação antrópica. Essa modificação se deve ao fato de que um deles foi aterrado dando lugar a uma praça pública e o outro, por ser intermitente, teve sua nascente parcialmente canalizada, com a finalidade de evitar que suas águas, no período chuvoso, se espalhassem sobre a Rua Quarenta e Oito no bairro Parque das Universidades.

Considerações finais

O estudo de uso e ocupação interligado à análise do grau de impermeabilização do solo realizados na área da Bacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida, indica que essa região do município de Campinas ainda apresenta uma quantidade razoável de área com cobertura vegetal. Porém, segundo projeção levantada durante esse mesmo estudo é possível concluir que se o ritmo de urbanização da região se mantiver acelerado, níveis bem significativos de impermeabilidade do solo podem ser atingidos dentro de alguns anos, trazendo com ele todos os problemas de uma ocupação urbana desordenada, tais como: remoção de mata ciliar, ocupação de áreas de

proteção ambiental (APP), impermeabilização de áreas de recarga do lençol freático, aumento na frequência de cheias, incremento nos picos de vazões de cheias, aumento da poluição difusa, entre outros.

Em toda a extensão da bacia hidrográfica (alto, médio e baixo curso) é possível encontrar condomínios residenciais e também lotes ocupados por estabelecimentos comerciais, industriais e prestadores de serviços. Este fato se opõe à política de zoneamento do município de Campinas quando esta afirma a necessidade de se orientar e controlar/limitar a urbanização em algumas regiões do município, as quais incluem a área aqui em estudo.

Durante o levantamento desse estudo foi possível comprovar a existência de uma forte atração para desenvolvimento de novos loteamentos habitacionais de padrão médio e alto dentro da área da bacia ou em seus arredores, o que comprova a necessidade de melhorar o sistema de infra-estrutura existente na região; aspectos esses já previstos na Lei de Zoneamento do município (SEPLAMA, 2008).

Desse modo é possível afirmar que o método de categorias desenvolvido para a realização do presente trabalho pode ser considerado eficiente, uma vez que permitiu a visualização e a análise detalhada do uso e ocupação na área desejada. Pode-se concluir então que o monitoramento do uso e ocupação do solo, através da aplicação de tecnologias, especialmente com o uso de sistema de informação geográfica (SIG) é de extrema importância para que ações preventivas e mitigadoras sejam colocadas em prática para a manutenção de uma boa qualidade de vida da população.

Referências

BUENO, C. C. *et al.* *Trabalho de Diagnóstico Ambiental - Área de Estudo: Córrego da Fazenda Santa Cândida, Campinas, SP.* Trabalho desenvolvido no âmbito da disciplina Meio Ambiente e Planejamento - Faculdade de Engenharia Ambiental, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2008.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. e MONTEIRO, A. M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação. [199-?]. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>>. Acesso em: 17 nov. 2008.

CEREDA JUNIOR, A. *Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia do ribeirão do Monjolinho - São Carlos - SP - Utilizando ferramentas de geoprocessamento.* 2006. 111f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Urbana) – Programa de pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006. Disponível em: <http://www.bdtd.ufscar.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1368>. Acesso em: 26 nov. 2008.

COSTA, Diógenes Cortijo. *Diretrizes para elaboração e uso de bases cartográficas no planejamento municipal: urbano, rural e transportes*. 2001. 329 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidades de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/>>. Acesso em: 25 nov. 2008.

GOOGLE EARTH. Imagem de satélite. Ano 2007. Acesso em: mar 2009.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE). SF-23-Y-A-V-4-NE-F. Ano: 1979. Escala: 1:10.000

HAMMES, Valéria S. *Ver, percepção do diagnóstico ambiental*. Brasília: Editora Técnica, EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). CENSO 2002. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/seplan/censo2000/arpop.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2008.

_____. *História da cartografia*. In: Atlas geográfico escolar. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/atlasescolar/apresentacoes/historia.swf>>. Acesso em: 15 set. 2008.

_____. *O que é cartografia*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/atlasescolar/apresentacoes/oquee.swf>>. Acesso em: 15 set. 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Spring. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>>. Acesso em: 14 abr 2008.

PEREIRA, José Carlos. *Geoquímica de solos e sedimentos e impacto antrópico por elementos-traço, na microbacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida, área periurbana de Campinas (SP)*. Campinas, 2005. 86 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. *Fotos aéreas de 1994*. Base S.A 0-569. Dez fotos: preto e branco. Escala: 1:5.000.

SANTOS, R. F. dos. *Planejamento Ambiental: teoria e prática*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184p.

SECRETARIA DE PALENJAMENTO, DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE (SEPLAMA). *Plano Diretor 2006*. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/seplan/publicacoes/planodiretor2006/pd2006vfinal.htm>>. Acesso em: 14 set. 2008.

SILVEIRA, A. L. L. da *O ciclo hidrológico e a bacia hidrográfica* in TUCCI, C. E. M. (org.) *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993. p. 35-51.

SOCIEDADE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO (SANASA). *Obras Sanasa Campinas – investimentos em saneamento 2006/2007*. Disponível em: <http://www.sanasa.com.br/document/noticias/520.pps#_262,1,Slide1>. Acesso em: 14 mai 2008.

SOUZA, M. E. de. *Utilização de sistema de informação geográfica (SIG) na análise do meio físico. Estudo de caso: A área do município de Campinas entre os meridianos 47°15' e 46°45'W e os paralelos 22°45' e 22°51'S*. 1996. 84f. Dissertação (Mestrado em Saneamento) – Departamento de Hidráulica e Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000136167>>. Acesso em: 25 set. 2008.

TAMURA, E. *Bacia Hidrológica Experimental*. Campinas: Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Engenharia Ambiental, PUC-Campinas, 2006.

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