

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ - UEM
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES - CCH
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA - DGE

**OS IMPACTOS AMBIENTAIS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS NA CIDADE DE AVARÉ –
SP.**

CÁSSIA MARIA BONIFÁCIO

MARINGÁ

2010

CÁSSIA MARIA BONIFÁCIO

**OS IMPACTOS AMBIENTAIS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS NA CIDADE DE AVARÉ –
SP.**

Monografia apresentada ao Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá como um dos pré-requisitos para o título de Bacharel em Geografia, na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso ministrada pelo Prof. Dr. Sergio Luiz Thomaz e tendo como orientadora a Prof. Dra. Maria Teresa de Nóbrega.

MARINGÁ

2010

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Débora e Edegar pelo amor incondicional, dedicação e confiança que sempre me dedicaram, e por nunca terem poupado esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos e sonhos.

A minha Orientadora, Prof. Dra. Maria Teresa, por ter acreditado em minha capacidade de estudo. E principalmente pela ajuda, paciência e compreensão.

A todos os professores do Departamento de Geografia pela minha formação acadêmica, e em especial ao Prof. Dr. Hélio Silveira e Prof. Dr. Elpídio Serra.

A Roselene M. Schneider e a Rosane Freire, pela amizade e por todo o conhecimento transmitido na área de análise e gerenciamento de recursos hídricos, além do exemplo de caráter e humildade.

Ao professor da Engenharia Civil: Prof. Dr. Cristiano Poletto, pelo conhecimento transmitido.

Aos amigos de curso, Marcel H. Fumiya, Tatiana M. Tamura, Vinicius R. Conceição, Hugo Castilho, pela ajuda nesses anos de graduação.

A Secretaria da Assistência e Desenvolvimento Social e Secretaria de Planejamento e Obras de Avaré: Paulo Roberto Villa, Paulo Francisco Cavini e Alessandra B. Mazetti, pela disponibilização dos dados, mapas e explanação de dúvidas, e principalmente pela boa vontade em ajudar.

Aos professores de Geografia do ensino médio: Luzia, Malu, Luiz Henrique e Muller, pelo incentivo e influência na escolha deste curso.

Ao meu Ju, pelo companheirismo desses anos, e pela ajuda na coleta de dados em campo.

Muito Obrigada!

“O mundo está mudado.

Eu sinto isso na água.

Eu sinto isso na terra.

Eu farejo isso no ar.

Muito do que já existiu se perdeu, pois não há mais ninguém vivo que se lembre”

(J.R.R.Tolkien)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	07
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	09
LISTA DE EQUAÇÕES.....	09
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
3. MATERIAIS E METODOS.....	19
4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	26
4.1. LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE AVARÉ E DA ÁREA DE ESTUDO.....	26
4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO MUNICÍPIO DE AVARÉ.....	27
4.3. ASPÉCTOS HISTÓRICOS E SOCIOECONÔMICOS DO MUNICÍPIO DE AVARÉ..	
.....	29
5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	32
5.1. CÓRREGO RANCHO ALEGRE.....	32
5.2. RIBEIRÃO ÁGUA BRANCA.....	47
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXO I.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema inicial da metodologia de vazão por flutuadores.....	14
Figura 2 – Esquema final da metodologia de vazão por flutuadores.....	22
Figura 3 – Esquema básico de uma bacia hidrográfica.....	23
Figura 4 – Localização do município de Avaré-SP.....	24
Figura 5 – Localização das bacias hidrográficas no município de Avaré-SP.....	25
Figura 6 – Gráfico da precipitação no município de Avaré, referente ao ano de 2010.....	27
Figura 7 – “O sinal da cruz e da fé simboliza o nascimento de todos os corações de patriotas que, por mercê de Deus, receberam por berço ou por cidade esta bela comarca de Avaré”.....	29
Figura 8 – Localização do córrego Rancho Alegre.....	31
Figura 09 – Declividade do córrego Rancho Alegre.....	32
Figura 10 – Hipsometria do córrego Rancho Alegre.....	33
Figura 11 – Nascente do córrego Rancho Alegre recebendo esgoto da Favela da Biquinha.....	33
Figura 12 – Eutrofização do córrego Rancho Alegre nas proximidades da nascente.....	33
Figura 13 – Assoreamento e eutrofização no córrego Rancho Alegre nas proximidades da nascente.....	34
Figura 14 – Esquema de concentração de N e P em uma bacia hidrográfica de ocupação urbana.....	35
Figura 15 – Uso do solo e limite da área de mata ciliar no córrego Rancho Alegre.....	37
Figura 16 – Vegetação existe próxima a nascente do córrego Rancho Alegre.....	37
Figura 17 – Vegetação existente nas margens do córrego Rancho Alegre.....	38
Figura 18 – Resíduos Sólidos encontrados na bacia do córrego Rancho Alegre.....	39

Figura 19 – Resíduos Sólidos encontrados sobre o córrego Rancho Alegre.....	39
Figura 20 – Traçado das ruas dos bairros.....	40
Figura 21 – A. Ruas perpendiculares ao curso d’água. B. Galeria pluvial em superfície. C. escoamento direto ao córrego. D. Desbarrancamento da vertente.....	41
Figura 22 – A. Dissipador inadequado. B. Galeria pluvial que descarrega no curso d’água.....	42
Figura 23 – A. Resultado da descarga da galeria pluvial. B. Assoreamento do córrego. C./D. Raízes expostas pelo solapamento da margem.....	42
Figura 24 – Volumes de terra descartados próximo ao córrego Rancho Alegre.....	43
Figura 25 – Assoreamento do lago artificial do córrego Rancho Alegre.....	44
Figura 26 – Erosão laminar e sulcos no lago artificial do córrego Rancho Alegre.....	44
Figura 27 – Gota de chuva desagregando o solo exposto.....	45
Figura 29 – Localização do ribeirão Água Branca.....	46
Figura 30 – Declividade do ribeirão Água Branca.....	47
Figura 31 – Hipsometria do ribeirão Água Branca.....	47
Figura 32 – Vegetação ciliar existente nas nascentes do ribeirão Água Branca.....	48
Figura 33 – Vegetação ciliar existente nas nascentes do ribeirão Água Branca.....	48
Figura 34 – Desaparecimento de uma das nascentes, grafada em vermelho.....	49
Figura 35 – Resíduos sólidos encontrados nas proximidades do ribeirão Água Branca.....	50
Figura 36 – Ponto da medição da vazão, grafado em vermelho.....	51
Figura 37 – Esquema de medição da vazão pelo método do flutuador, no ribeirão Água Branca.....	52
Figura 38 – Resultados obtidos nas leituras, no ribeirão Água Branca.....	52

Figura 39 – Parte visível do ribeirão Água Branca no centro urbano de Avaré-SP.....	54
Figura 40 – Galeria pluvial em um dos trechos do transbordamento.....	54
Figura 41 – Impermeabilização completa da bacia nono centro urbano de Avaré-SP. Aqui o ribeirão Água Branca está canalizado e sobre ele foi construídas vias de circulação urbana.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

RL – Reserva Legal.

TC – Tempo de concentração.

LISTA DE EQUAÇÕES

$F = A/L^2$	(1).....	21
$IC = 12,57 * A/P^2$	(2).....	21
$Q = (A_{média} \times L \times C) / T_{médio} [m^3/s]$	(3).....	23
$V = (L \times C) / T_{médio} [m/s]$	(4).....	23

RESUMO

O crescimento urbano caótico e o mau planejamento, geraram fortes impactos no meio ambiente, principalmente no que se refere aos recursos hídricos. E, como as bacias hidrográficas possuem limites bem definidos, é possível detectar as atividades antrópicas e os pontos de poluição nela estabelecidos. Com esse pressuposto, foram estudadas duas bacias hidrográficas, a do córrego Rancho Alegre e do ribeirão Água Branca, ambas situadas na área urbana e periurbana do município de Avaré – SP. Foram abordadas duas metodologias distintas, uma referente às transgressões à legislação ambiental, aplicada no córrego Rancho Alegre, e outra abordando as enchentes provocadas pelo ribeirão Água Branca.

Palavras chave: Bacia hidrográfica, Impacto ambiental, Avaré-SP.

ABSTRACT

The chaotic urban growth and poor planning, generated strong impacts on the environment, especially with regard to water resources. And as watersheds have well defined limits, you can detect human activities and pollution points. With this assumption, with this assumption two wathersheds were studied, the stream of Rancho Alegre and the stream of Agua Branca, in the urban area and outskirts of the city of Avare - SP. Were applied two different methodologies, one referring to transgressions of environmental laws, applied in stream Rancho Alegre, and another addressing the floods caused by the stream Agua Branca.

1. INTRODUÇÃO

As áreas de mata ciliar constituem um local muito afetado pela ocupação indiscriminada do homem. Essa ocupação indevida acarreta em inúmeras conseqüências ambientais, tais como: desencadeamento e aceleração do processo de erosão às margens dos rios, assoreamento, impermeabilização do solo e inundações, alteração da qualidade da água que, se não sanadas a tempo, podem levar a conseqüências irreversíveis.

No intuito de minimizar os impactos ambientais gerados pelo processo de ocupação o Código Florestal Brasileiro aprovado pela lei 4.771/65 de 1965, nos seus artigos 2º e 3º estabelece a criação da APP (Área de Preservação Permanente). As APP's são espaços físicos legalmente protegidos, são áreas cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar da população humana.

Tendo em vista os impactos gerados, sobretudo pela ocupação urbana, e as transgressões à legislação ambiental na cidade de Avaré, estado de São Paulo, desenvolveu-se este estudo com o objetivo de realizar um levantamento e caracterização das transformações e condições atuais de duas bacias hidrográficas situadas na sua área urbana e periurbana.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Recursos Hídricos

A água é um dos elementos mais importantes do meio ambiente, e é parte indispensável para a manutenção de todos os ecossistemas, logo, é essencial à vida na Terra.

A utilização econômica desse elemento fez com que a água passasse a ser reconhecida como um recurso hídrico (SCHNEIDER, 2009).

Sendo assim, os recursos hídricos são fontes de valor econômico, necessários para o desenvolvimento dos seres vivos. Durante muitos anos acreditou-se que a falta de água doce era impossível. E, isto levou a uma despreocupação com a preservação deste recurso por parte das sociedades modernas, que continuaram a se desenvolver formando grandes centros urbanos a qualquer custo. Contudo, a poluição ou a contaminação desses recursos por despejos, traz prejuízos para a saúde, além de prejudicar a fauna e a flora.

Deste modo, foi criada a Política Nacional de Recursos Hídricos, através da Lei 9.433 do ano de 1997, que tem como um dos objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Ao que se refere à disponibilidade, é possível definir quanto das águas doces podem ser destinadas para as atividades humanas, garantindo que ainda haja desse recurso para a manutenção da vida dos ecossistemas aquáticos. Todavia, deve-se ressaltar que não basta haver a disponibilidade da água sem que a mesma não seja de boa qualidade.

Com essa preocupação, de assegurar a qualidade das águas superficiais, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu parâmetros de qualidade que devem ser seguidos, em todo território brasileiro, de acordo com os usos preponderantes das águas.

Atualmente em vigor a Resolução n. 357 do CONAMA, de 17 de Março de 2005, no capítulo II da classificação dos corpos de água estabelece que as águas doces são classificadas em (MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE, 2005):

- Classe Especial – águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;

c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

- Classe 1 – águas destinadas:

a) ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento simplificado;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n.274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;

e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

- Classe 2- águas destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n.274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;

e) à aqüicultura e à atividade de pesca;

- Classe 3 – águas destinadas:

a) ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;

b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;

c) à pesca amadora;

d) à recreação de contato secundário;

e) à dessedentação de animais.

- Classe 4 – águas destinadas:

a) à navegação;

b) à harmonia paisagística;

Sendo assim, foram estabelecidos limites para os parâmetros de qualidade da água, conforme a classe respectiva. Através disso, é possível assegurar que se a água apresenta classificação para determinado uso, sua qualidade deve apresentar-se conforme os padrões para o uso ao qual se destina.

Através desses parâmetros estabelecidos pelo CONAMA, é possível assegurar, de certa forma, a preservação do curso d'água, pois este fator tem ligação direta com a

qualidade da água. Conforme os estudos de Farias (2006), para que haja um gerenciamento sustentável de uma bacia hidrográfica são necessários cinco estágios, dentre eles: determinar o estado atual; identificar as forças atuantes, estabelecer um limite acima dos quais os dados ecológicos são prováveis de ocorrer, prognosticar a possível extensão temporal e espacial dos danos usando características locais, desenvolver planos de gerenciamento apropriados por meio da utilização de cenários múltiplos de avaliação.

Desse modo, é necessário “propor que os dados e informações obtidas sirvam de instrumentos, para que a bacia hidrográfica seja transformada para melhor, em termos de diversidade biológica e qualidade de vida” (Freire 2010 p.13).

2.2. Impactos urbanos

Segundo os estudos de Oke (1980 *apud* Guerra e Cunha 2004), a urbanização é o processo de conversão do meio físico natural para o assentamento humano, acompanhada de drásticas e irreversíveis mudanças do uso do solo, gerando uma nova configuração da superfície. As obras e modificações efetuadas diretamente nos canais têm acentuado as mudanças nos processos fluviais. Sendo assim, com o crescimento urbano, mal planejado, acaba por modificar as seções transversais e o perfil longitudinal dos rios, alterando a eficiência do fluxo, perdendo suas características atuais. E, de acordo com Christofoletti (1993), para a área da seção transversal dos rios não serem afetadas pela urbanização é necessário que o total das áreas pavimentadas da bacia seja inferior a 5% da área total. E quando a impermeabilização é intensa pode acarretar no aumento no pico das cheias.

2.3. Bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica é uma unidade territorial de gerenciamento de recursos hídricos, conforme a Lei 9.433/97, e é o elemento fundamental de análise no ciclo hidrológico.

Também é uma área limitada por um divisor de águas, que serve de captação da água da precipitação através da superfície das vertentes, além disso, este divisor também serve para separar as bacias distintas. A bacia hidrográfica de um rio se caracteriza como uma área de influência, onde há uma superfície limitada por um contorno, dentro do qual toda a água precipitada, quando não é evaporada, infiltrada ou retida, escoam para o exutório (TUCCI, 1997) (Figura 1).

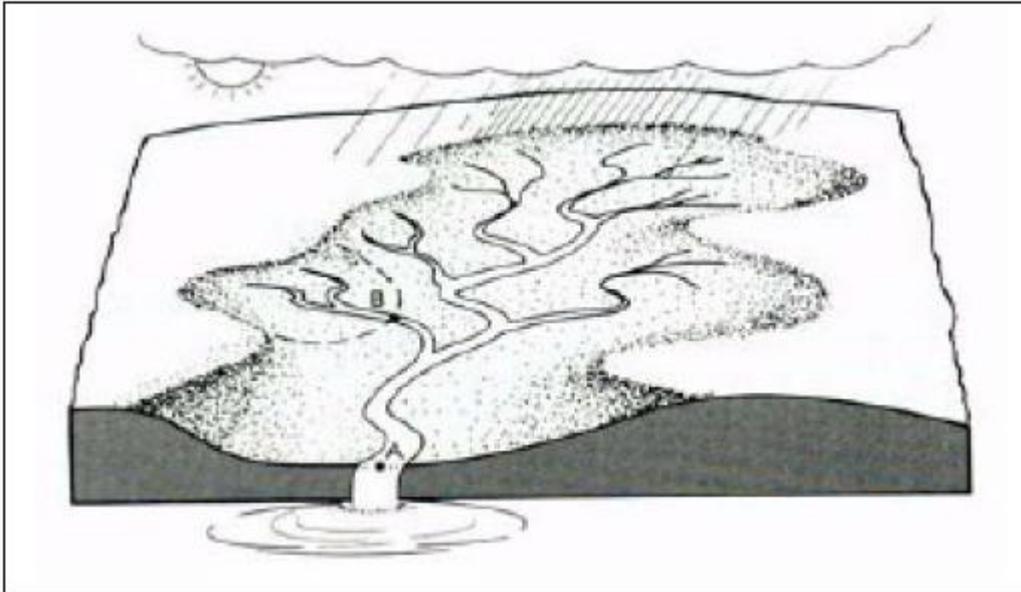


Figura 1 – Esquema básico de uma bacia hidrográfica.

Fonte: TUCCI, 1997.

Nos estudos de Von Sperling (1996) a bacia hidrográfica é definida como uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos, que recolhe a precipitação, defluindo-se em uma seção fluvial única. E estes divisores formam uma linha fechada em direção às maiores elevações, enquanto que a rede de drenagem é formada pelo rio principal e seus afluentes.

Conforme os estudos de Christofolletti (1969), a quantidade de água que atinge um curso de água depende da sua extensão e tamanho, que compõe sua área. Sendo assim, ela pode ser classificada como mais ou menos sujeita à concentração de água, quando ocorre a precipitação. Já o fator de forma (determinado a partir da área da bacia, dividido pelo valor da extensão da bacia elevado ao quadrado) juntamente com o coeficiente de compacidade (relação entre o perímetro da bacia com a circunferência da área igual a da bacia) e a forma do canal, são responsáveis pelo tempo de concentração

(tempo necessário para a chuva, que cai no local mais distante do exutório, escoar até o mesmo) e pela tendência de cheias (MULVANY 1850 *apud* KOBİYAMA 2006).

Conforme os estudos de Freire (2010) o sistema de drenagem de uma bacia é constituído por um canal principal e por seus afluentes e tributários. E para determinar o grau de ramificação ou bifurcação de uma bacia (ordem dos rios), Strahler (1957 *apud* TUCCI, 1997) propôs uma metodologia para o ordenamento dos canais de drenagem. Essa metodologia tem como base a classificação de todos os canais sem tributários como de primeira ordem, podendo ter tributários também de primeira ordem. Já os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber tributários de segunda e primeira ordem. E a ordem da bacia será definida pelo canal de maior ordem.

2.4. Vazão

O volume de água que passa pelo exutório na unidade de tempo é a vazão ou descarga da bacia, sendo o valor expresso em metros cúbicos por segundo m^3/s . A quantidade de água que atinge os cursos d'água depende das características físicas da bacia (área, forma, sistema de drenagem, relevo) além da precipitação total, e seu regime de perdas por evaporação, transpiração e infiltração (TUCCI, 1997).

A vazão pode ser influenciada pelo clima, aumentando durante os períodos de precipitação e diminuindo nos períodos de estiagem.

Sua medição é importante, pois influencia a qualidade da água, além dos organismos que nela vivem. E também, seu estudo se faz necessário para o planejamento urbano, uma vez que corrobora para a precaução de enchentes.

2.5. Uso e ocupação do solo

Na segunda metade do século XX houve uma aceleração no desenvolvimento urbano, que gerou maior concentração da população, e conseqüentemente aumentou a demanda pelos recursos naturais, destruindo parte da biodiversidade natural.

Conforme a urbanização cresce, há o aumento das vazões máximas da água nos rios, ocorre à impermeabilização do solo, e a água da chuva cai diretamente, e, como não tem por onde infiltrar escoar em um tempo muito rápido, diretamente ao canal de drenagem. Como o tempo de concentração é menor, a descarga se torna maior e acaba

por levar a erosão do talvegue e leito do rio, conforme a intensidade da precipitação. Assim, além dos problemas de inundação/enchentes há também o problema de erosão das margens (MULVANY 1850 *apud* KOBİYAMA 2006).

A ausência de vegetação nas vertentes e margens, causada pela urbanização, deixa os rios mais susceptíveis à erosão, conforme a teoria da resistasia de H. Erhart (1967 *apud* BERTRAND 1977) onde a morfogênese domina a dinâmica da paisagem. A erosão é também consequência do uso agrícola das terras, após a retirada da mata nativa e a implantação dos cultivos agrícolas (SCHNEIDER, 2009). Além disso, a qualidade do solo é afetada, podendo perder sua capacidade produtiva.

2.5. Constituição e aspectos constitucionais

O principal instrumento legal que possibilita a identificação e delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs) no território nacional é o Código Florestal, instituído pela Lei 4711/65 e alterado pelas Leis 7803/89 e 9985/2000 e pela Medida Provisória 2166-67/2001 (MORAES, 2003).

A Medida Provisória estabelece que a APP corresponde a toda área protegida nos termos da lei, “coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

O Código Florestal declara as florestas e demais formas de vegetação como bens de interesse comum da população (BRASIL. Lei 4711/65). Sendo assim, a eliminação da vegetação da APP só pode ser autorizada em casos de utilidade pública ou de interesse social (MORAES, 2003).

No ano de 1985, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através de sua Resolução 004, apresentou algumas alterações no Código Florestal, dentre elas está à introdução do conceito de leito maior sazonal, a alteração da largura das faixas marginais aos cursos d’água, e estabeleceu as larguras das faixas de preservação em torno de lagoas, lagos e reservatórios naturais ou artificiais, e ampliou a largura da APP em torno nas nascentes

As constituições brasileiras anteriores à de 1988 não traziam nada especificamente sobre a proteção do meio ambiente natural. A Constituição de 1988 foi

a primeira a tratar deliberadamente da questão ambiental. Assumiu o tratamento da matéria em termos amplos e modernos. Traz um capítulo específico sobre o meio ambiente, inserido no título da ordem social. E isso pode ser visto nos artigos:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Quanto às competências, ficou estabelecido que:

Art. 21 - Compete à União:

XIX - instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso;

XX - instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive de habitação, saneamento básico e transportes urbanos;

Art. 22 - Compete privativamente à União legislar sobre:

IV - águas, energia, informática, telecomunicações e radiodifusão;

XII - jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia;

XXVI - atividades nucleares de qualquer natureza.

Art. 23 - É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:

III - proteger os documentos, as obras e outros bens de valor histórico, artístico e cultural, os monumentos, as paisagens naturais notáveis e os sítios arqueológicos;

VI - proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;

VII - preservar as florestas, a fauna e a flora;

IX - promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico;

XI - registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios;

Art. 24 - Compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre:

VI - florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição;

VII - proteção ao patrimônio histórico, cultural, artístico, turístico e paisagístico;

VIII - responsabilidade por dano ao meio ambiente, ao consumidor, a bens de direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico.

Art. 30 - Compete aos Municípios:

- I - legislar sobre assuntos de interesse local;
- II - complementar a legislação federal ou estadual no que couber;
- VIII - promover, no que couber adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução deste trabalho, foram escolhidas duas bacias hidrográficas: a bacia do córrego Rancho Alegre e a bacia do ribeirão Água Branca, ambas afluentes da bacia do ribeirão do Lajeado. E a partir da escolha, partiu-se para a coleta de dados e análise dos mesmos, tendo como base a observação da paisagem e seu funcionamento, para que dessa forma se tornasse possível identificar os impactos e as vulnerabilidades ambientais.

As bacias em estudo são de 1º e 2º ordem, sendo o córrego Rancho Alegre um único canal de drenagem, já o ribeirão Água Branca possui dois tributários de 1º ordem, tornando-se assim de 2º ordem.

Quanto ao escoamento global definido por Christofletti (1969), as bacias em estudo são exorréicas, ou seja, quando o escoamento da água se faz de modo contínuo até o mar. Nesse caso, deságuam em outra bacia que por fim afluirá em outra, até chegar ao mar.

Conforme o autor supracitado, os cursos de água em questão são perenes, pois têm fluxo contínuo o ano todo.

Adota-se o conceito de bacia hidrográfica, nos dois cursos d'água em estudo, independentemente da divergência do tamanho ou área de influência dos mesmos. Pois o termo microbacia poderia ser vago. Primeiramente porque não há um limite de tamanho para sua caracterização, e segundo porque há de se fazer distinção de dois critérios, dentre eles: do ponto de vista hidrológico (onde a bacia é classificada em grande e pequena, não apenas com base em sua superfície total, mas sim nos efeitos de fatores dominantes na geração do deflúvio) e do ponto de vista de programas e políticas (o critério de caracterização da microbacia é eminentemente político e administrativo).

3.1. Delimitação da área da bacia hidrográfica e elaboração de cartas temáticas

A área da bacia hidrográfica foi delimitada pelas linhas divisoras d'água que demarcam seu contorno, onde são os pontos mais elevados da região em torno da rede de drenagem.

O plano de informação (PI) das curvas de nível eqüidistantes, de 20 em 20 m foi obtido através da transferência direta das isolinhas da carta planialtimétrica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, editadas em 1973, em escala 1:50000, do município de Avaré (SF-22-Z-B-II-1) do Estado de São Paulo, com o auxílio do software SPRING. Todas as cartas temáticas (hipsometria, declividade e uso do solo) foram geradas pelo mesmo programa e editadas posteriormente no programa Coreldraw X3.

A Carta de Uso do Solo foi elaborada a partir de imagem do satélite Landsat-5 do ano de 2009. Este satélite possui o sensor *Tematic Mapper* (TM), que possui órbita 223 e ponto 076, com resolução espacial de 30 metros (para região do visível ao infravermelho médio), 120 metros (para região do infravermelho termal), e uma resolução radiométrica de 8bits (256 níveis de cinza) que detecta as faixas radiométrica do azul (banda 1), verde (banda 2), vermelho (banda 3), infravermelho próximo (banda 4), infravermelho médio (bandas 5 e 7), infravermelho termal (banda 6), resolução temporal de 16 dias (MOREIRA, 2001).

A metodologia consistiu no pré-processamento de imagens para eliminar distorções geométricas que podem ser causadas pela rotação da Terra, deslocamento devido ao relevo, variação da velocidade do satélite dentre outros fatores. Para realizar estas correções realizou-se o registro de imagens, que corresponde ao ajuste do sistema de coordenada de uma imagem em relação à outra, aplicando uma imagem *Landsat* ortorretificada disponibilizadas gratuitamente pela universidade de *Maryland* como imagem referência para registrar as imagens Landsat disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), (FLORENZANO, 2008).

Este procedimento foi realizado com a conversão das imagens em formato tiff para GRIB utilizando o modulo IMPIMA do SPRING, já a realização do georreferenciamento das imagens, foi feita a partir deste processo, e foi criado um banco de dados no SPRING 5.0, onde foram importadas as imagens georreferenciadas, gerando planos de informações para as categorias imagem e mapas temáticos. Com esta criação, importaram-se somente as imagens georreferenciadas nas bandas 3(B), 4(G) e

5(R) no sensor *TM*, para o *SPRING*. Uma vez inseridas dentro do SIG, classificou-se manualmente as classes de uso do solo, pois esta apresentou melhores resultados e possibilidade de aplicação devido à pequena dimensão das bacias. Após essa etapa os resultados foram comparados a imagem do Google Earth (2004), além de aferimento em campo.

Nessa carta foi incluída a delimitação da Área de Proteção Permanente, segundo os critérios estabelecidos pelo Código Florestal, de tal modo que fosse possível também verificar, a partir dela, as transgressões à legislação ambiental que ocorrem na área de pesquisa.

3.2. Levantamento de dados em campo

Por meio de observação direta em campo foram levantados e registrados fotograficamente os principais impactos ambientais gerados pela ocupação urbana nas duas bacias hidrográficas selecionadas.

Foram também realizadas medidas de vazão em um dos córregos estudados, susceptível a produzir inundações, aplicando-se as técnicas apresentadas pela EMBRAPA (2007).

3.3. Forma

O fator de forma da bacia hidrográfica, proposto por Horton (1932), pode atuar sobre alguns dos processos hidrológicos, ou sobre o comportamento hidrológico da bacia, incluindo os fenômenos de enchentes. Sendo assim, foi calculado, conforme Equação 1:

$$F = A/L^2 \quad (1)$$

Onde:

F = fator de forma

A = área da bacia

L = comprimento do eixo da bacia (da foz ao ponto extremo mais longínquo no espigão).

Para o estudo da forma da bacia, Christofolletti (1974) atualizou o “índice de circularidade” de Miller (1953), dando a Equação 2:

$$IC = 12,57 * A/P^2 \quad (2)$$

Onde:

IC = índice de circularidade < 1

A = área da bacia

P = perímetro da bacia

Quanto mais próximo de 1, mais próxima da forma circular será a bacia hidrográfica.

3.4. Medidas de velocidade de fluxo e vazão

O método de medição de vazão utilizado no ribeirão Água Branca foi o do flutuador, descrito em EMBRAPA (2007). Tal método é recomendado para trabalhos que não exigem extrema precisão e não dispõem de equipamentos. Para a obtenção da vazão é necessário determinar a velocidade do fluxo hídrico e o volume de água que passa pela seção do canal.

Inicialmente foi escolhido um trecho reto e uniforme do canal de drenagem, com 5 metros de comprimento. Esse trecho foi dividido na metade, utilizando uma trena metálica, e demarcado com barbante, e a partir desse momento, foi realizada a medição horizontal da largura do canal (Figura 2).

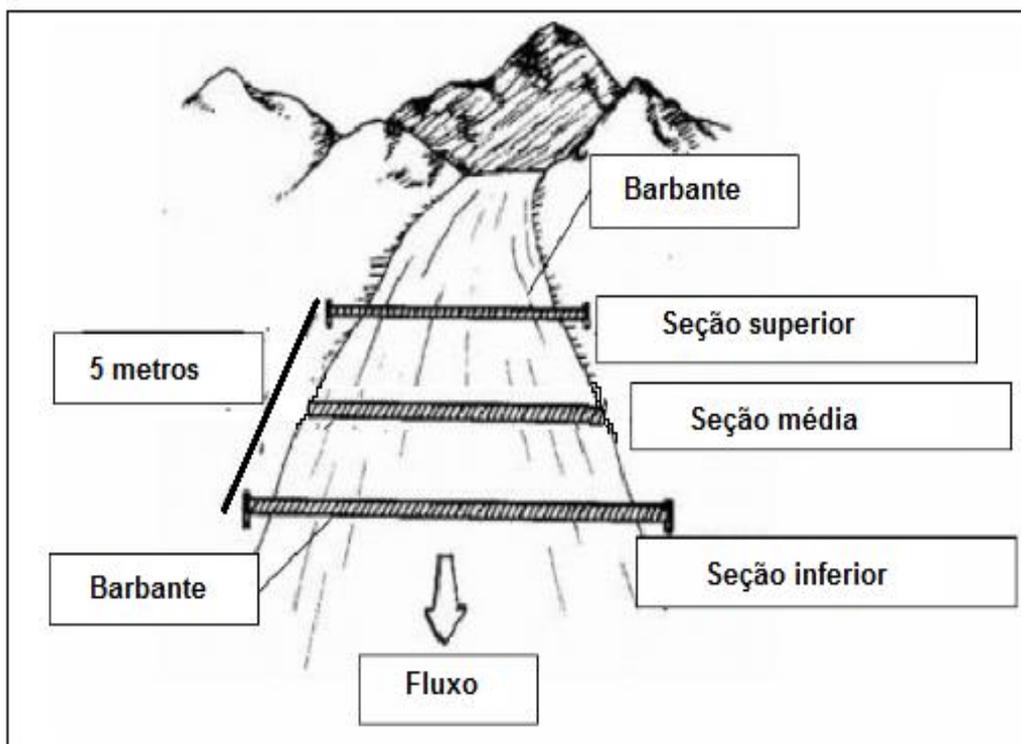


Figura 2 – Esquema inicial da metodologia de vazão por flutuadores.

Fonte: EMBRAPA, 2007.

A técnica para medir a velocidade do fluxo consiste em cronometrar o tempo em segundos, que um objeto flutuante, no caso uma bola de isopor, leva para fazer o percurso da seção superior até a inferior. O flutuador deve ser posicionado no centro do rio. Foram realizadas dez medidas de tempo. O número de repetições foi de três vezes. Para obter o valor médio, excluiu-se o maior e o menor valor, obtendo uma média aritmética dos tempos restantes.

Como a seção transversal do rio não é um polígono regular, ou seja, sua profundidade varia, tornou-se necessário realizar medições de profundidade.

A seção do canal foi dividida em cinco intervalos iguais, com o auxílio de uma trena. Desse modo, mediu-se a profundidade do rio em cada intervalo (Figura 3).

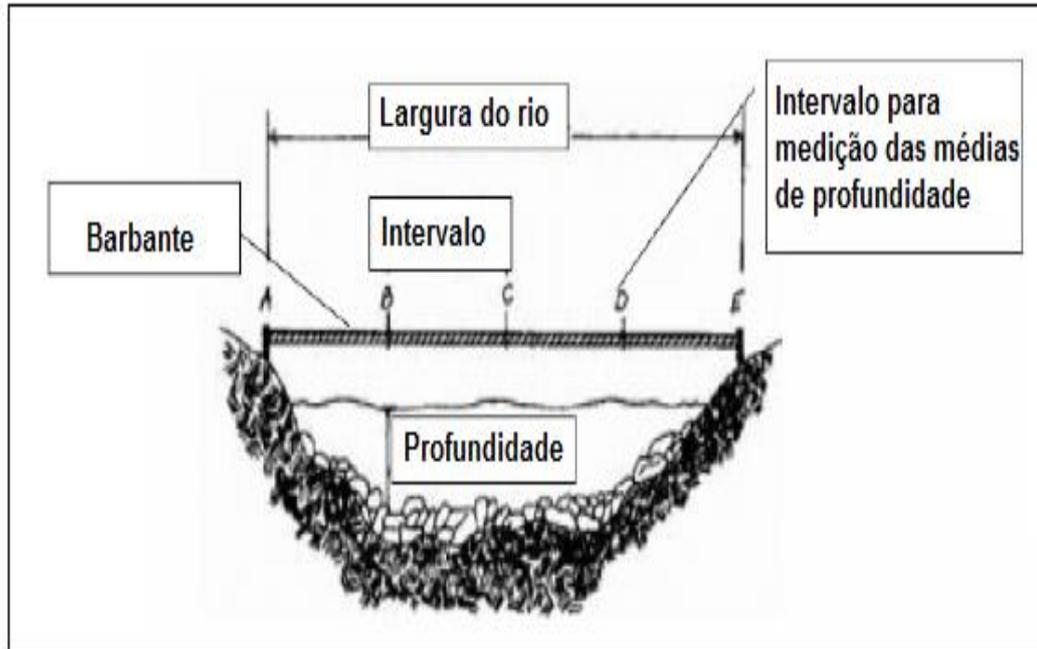


Figura 3 – Esquema final da metodologia de vazão por flutuadores.

Fonte: EMBRAPA, 2007.

Com esses dados, obteve-se a área dessa seção. E foi possível calcular a área da seção retangular do rio, considerando seu comprimento e profundidade do intervalo C (central). Após essa etapa, tirou-se a média das áreas.

Para o cálculo da vazão, utilizou-se a equação abaixo:

$$Q = (A_{\text{média}} \times L \times C) / T_{\text{médio}} \text{ [m}^3/\text{s]} \quad (3)$$

Onde:

Q = vazão média do trecho do rio.

$A_{\text{média}}$ = área média = $(A' \text{ (seção transversal)} + A'' \text{ (seção retangular)})/2$

L = comprimento do trecho = dez metros.

C = coeficiente = fator de correção.

$T_{\text{médio}}$ = média dos tempos.

O coeficiente permite a correção devido ao fato de água ser deslocada mais rapidamente na superfície do que no fundo do rio. Segundo a metodologia da Embrapa (1997) adota-se o coeficiente de correção de 0,9 para rios com fundo barrento.

A velocidade do rio é dada pela equação:

$$V = (L \times C) / T_{\text{médio}} \text{ [m/s]} \quad (4)$$

Onde:

V = velocidade média.

L = comprimento do trecho do rio.

C = coeficiente = fator de correção

T_{médio} = área média dos tempos.

4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DO MUNICÍPIO DE AVARÉ

4.1. Localização do município de Avaré e da área de estudo

O município de Avaré está localizado no sudoeste do Estado de São Paulo (Figura 4). Está inserido na bacia hidrográfica do Médio Paranapanema, que possui área de 1.676.300 ha.

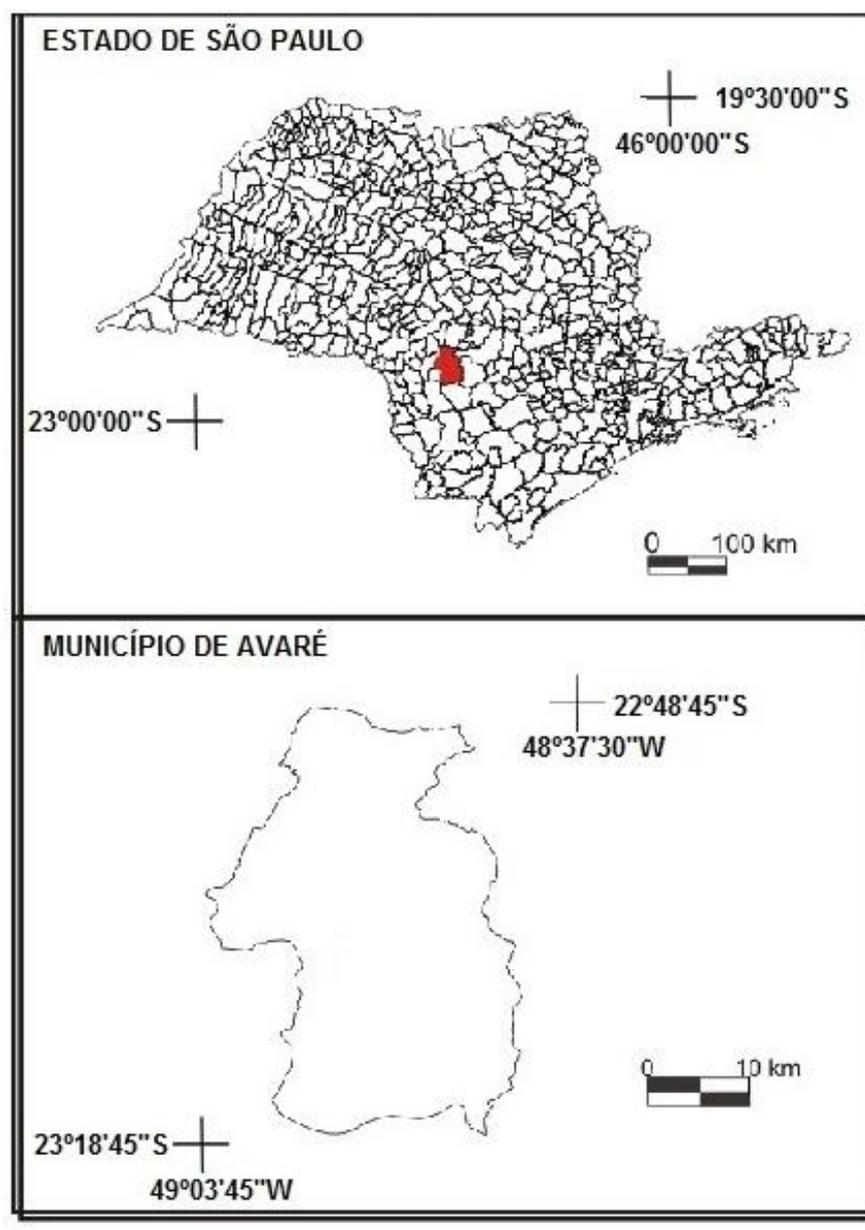


Figura 4 – Localização do município de Avaré-SP.

Elaboração: BONIFÁCIO, C. M. (2010).

As duas bacias – bacia do córrego Rancho Alegre e bacia do ribeirão Água Branca – selecionadas para o desenvolvimento da pesquisa situam-se na área urbana e periurbana de Avaré (Figura 5).

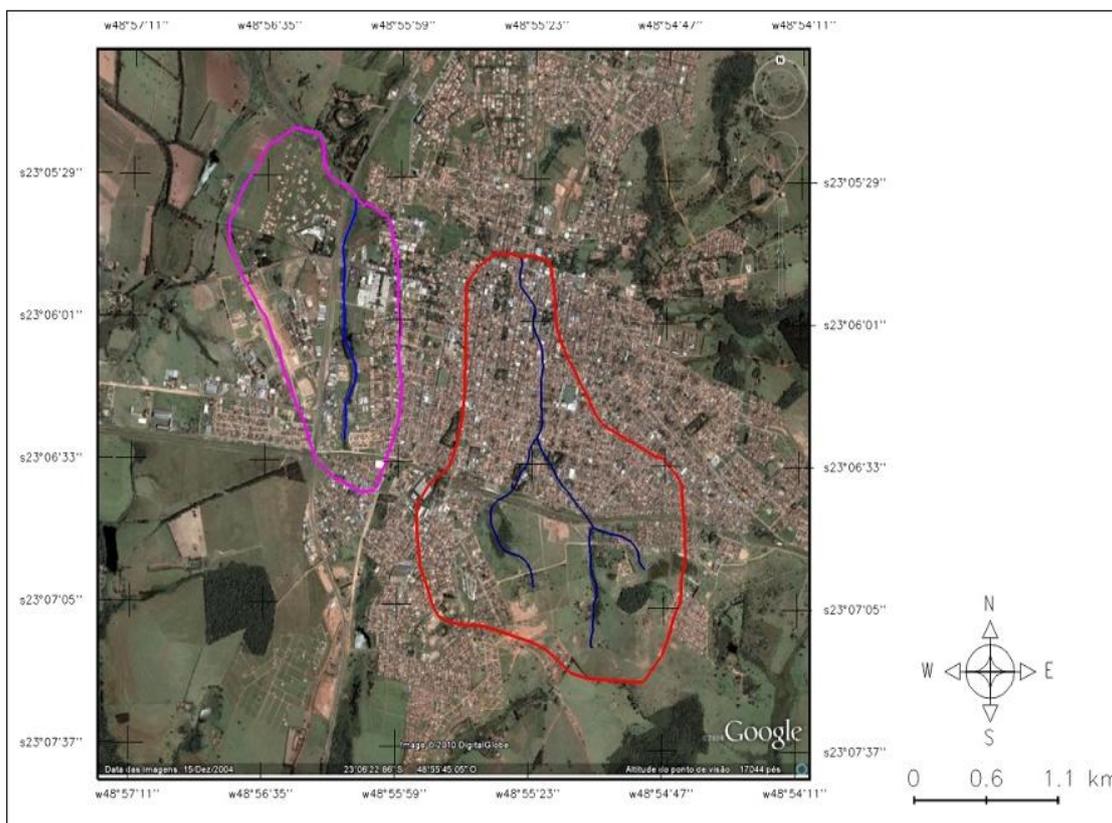


Figura 5 – Localização das bacias hidrográficas no município de Avaré-SP.

Fonte: Google Earth, 2004.

Elaboração: BONIFÁCIO, C. M. (2010).

4.2. Características físicas do município de Avaré

Está totalmente inserido na Bacia Sedimentar do Paraná (Unidade Morfoestrutural), que se estende pelos Estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais. Dentro da Bacia Sedimentar do Paraná, segundo a proposta de classificação do relevo de Ross e Moroz (1997), o município está inserido parcialmente nas unidades morfológicas Planalto Centro Ocidental e Planalto Residual de Botucatu, pertencentes à grande unidade morfoescultural do Planalto Ocidental Paulista. Na unidade morfoescultural Planalto Ocidental Paulista. O Planalto Ocidental Paulista ocupa quase 50% de toda área do estado de São Paulo (CASTANHO, 2008). Tem como substrato geológico as

rochas do Grupo Bauru, que é constituído por diversas formações predominantemente areníticas, ocorrendo, todavia, rochas basálticas nos fundos dos vales dos principais rios, geralmente de forma descontínua, excetuando-se ao longo do rio Paranapanema, onde o afloramento é mais extensivo.

A maior parte do município está situada na unidade morfológica Planalto Centro Ocidental, onde o relevo é suave a levemente ondulado, com predomínio de colinas amplas e baixas, com topos tabulares. E conforme Castanho (2008) apresenta grande dimensão interfluvial média (1.750 a 3.750 metros) e grau de entalhamento dos vales “muito fraco” (menor que 20 metros). Essas características proporcionam um nível de fragilidade potencialmente baixo, exceto nas vertentes mais inclinadas, devido à textura dos solos, média à arenosa (Latosolos Vermelho-amarelo e Argissolo Vermelho-amarelo). Uma pequena parte do município de Avaré, situada ao norte do Reservatório de Jurumirim, corresponde a um setor da unidade morfológica Planalto Residual de Botucatu, cuja litologia é composta por arenitos, lentes de siltitos e argilitos, é caracterizado pela dominância de altitudes mais elevadas (600 a 900 metros), além de solos do tipo Latossolo Vermelho.

A extensão territorial do município de Avaré comporta ainda um trecho da Depressão Periférica Paulista. Essa unidade morfoestrutural está esculpida quase que totalmente nos sedimentos páleo-mesozóicos da bacia e apresenta altitudes entre 600 a 750 metros (ROSS & MOROZ, 1997). Divide-se em três unidades morfológicas, contudo apenas a Depressão do Paranapanema abrange a área de estudo. É caracterizada por apresentar formas de relevo denudacionais constituídos por colinas com topos tabulares, com dimensão interfluvial média e fraco grau de entalhamento dos vales.

Apresenta Latossolos Vermelho-amarelos e Neossolos Quartzarênicos. Em relação ao clima, segundo a classificação climática de Köppen, predomina no município o tipo Cwa, ou clima tropical de altitude, que se caracteriza por apresentar a concentração de precipitação no verão e período de estiagem no inverno. A temperatura média anual é de 20,6 °C, sendo julho o mês mais frio, com média de 16,4 °C, e os meses de janeiro e março os mais quentes, com média de 24 °C (CEPAGRI, 2008).

A precipitação média anual é de 1388,1 mm, apresentando janeiro como o mês mais chuvoso com 213,1 mm e agosto marcado por um período de estiagem, com 40,9 mm. Os dados de pluviosidade mensal de janeiro até setembro de 2010 confirmam essas médias (Figura 6): o maior índice de precipitação mensal acumulada ocorreu em

janeiro, cerca de 290 mm, e em agosto não ocorreu precipitação, confirmando-o como o mês mais seco.



Figura 6 – Gráfico da precipitação no município de Avaré, referente ao ano de 2010.

Fonte: INMET, 2010.

A vegetação original que recobria o território de Avaré era o cerrado (Savana), conhecido como uma vegetação xeromorfa, preferencialmente de clima estacional, podendo, entretanto ser encontrada também em clima ombrófilo. Reveste preferencialmente solos lixiviados aluminizados (CASTANHO, 2008). Contudo, segundo o autor supracitado, pouco restou dessa vegetação original, sobrando apenas 9.332 ha que equivale a 7,25% da área inicial de 128.800 ha.

4.3 Aspectos históricos e sócio-econômicos do município de Avaré

Situado numa planície dominada parcialmente pelas águas do rio Paranapanema, o povoado do Rio Novo surgiu com a vinda de posseiros do estado de Minas Gerais, interessados em terras agricultáveis, no fim da década de 40 do Século XIX.

O nome “Rio Novo” dado ao povoado foi originado por um evento de aumento da vazão de um rio intermitente. Essa versão do nome destaca o costume predominante,

na época, de “aproveitar o mais simples acontecimento ou a mais superficial observação para dar nome ao lugar onde passavam os conquistadores” (GESIEL JÚNIOR, 2010) (Figura 7).



Figura 7 – “O sinal da cruz e da fé simboliza o nascimento de todos os corações de patriotas que, por mercê de Deus, receberam por berço ou por cidade esta bela comarca de Avaré”

Fonte: ALMEIDA, A. 1951 (*apud* GESIEL JÚNIOR 2010).

Todavia, no ano de 1862, o povoado de Rio Novo ainda pertencia à jurisdição da Vila de Botucatu. Devido a sua crescente prosperidade, tornou-se freguesia, e deste modo, seus dirigentes se mobilizaram para obter autonomia política.

Já no ano de 1875, foi promulgada a Lei nº 15, no dia 7 de Julho, pela qual o juiz de Direito Sebastião José Pereira, então presidente da província de São Paulo, atendeu aos reclamos das lideranças de Rio Novo, e por fim lhes concedeu a independência administrativa.

O novo município, com a população de pouco menos de 5 mil habitantes, que tinha a agricultura como base da economia, manteve divisas com Santo Antônio da Boa Vista (atual município de Itaí), São João de Itatinga, Santa Bárbara do Rio Pardo (atual

município de Águas de Santa Bárbara), São Sebastião do Tijuco Preto (município de Piraju) e com o Distrito Policial de São Francisco do Macuco (bairro rural pertencente ao município de Cerqueira César).

E, ainda no ano de 1875, já autônoma, a Vila de Rio Novo promoveu a primeira escolha de seus eleitores pelo sistema indireto, no dia 5 de dezembro, onde foram eleitos os primeiros vereadores, obedecendo às regras do regime imperial.

No ano de 1891, houve a troca de nome, de Rio Novo para Avaré, por razões estritamente políticas.

Deste modo, o Dia de Avaré, comemorado no município, é a data histórica da emancipação no dia 7 de Julho. Já a data simbólica da fundação é no dia 15 de setembro, que é o dia da Padroeira da cidade, Nossa Senhora das Dores. Estas são de fato as datas mais importantes do calendário cívico local, que são comemoradas anualmente pelos avareenses. A idéia de distinção das datas se deu pela intenção de mostrar dois fatos diferentes: o dia 7 de julho é o momento da conquista da autonomia político-administrativa, enquanto que no dia 15 de setembro é evocada a origem da cidade em seu sentido religioso (GESIEL JÚNIOR, 2010).

Segundo os dados do Censo Demográfico do IBGE de 2000, a população total do município de Avaré era de 76.472, distribuída da seguinte forma: 72.387 habitantes na área urbana e 4.085 habitantes na área rural. Segundo os dados apresentados pela Prefeitura Municipal (ANEXO I), o município já possuía, em 2005 uma população urbana de 88.113 habitantes.

A base econômica do município é constituída principalmente pelas atividades relacionadas à agricultura (cana-de-açúcar, milho, laranja, banana, café e soja), pecuária, serviços (comércio varejista, agropecuária, indústria de vestuário, calçado e alimentício, administração pública) e turismo (Homologada Estância Turística em 2002).

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. Córrego Rancho Alegre

Para verificar as relações das formas de uso e ocupação com o meio físico foi realizado um trabalho de campo de caráter exploratório, onde se visou encontrar evidências físicas, na área das bacias, de impactos ambientais.

A bacia de drenagem do córrego Rancho Alegre (Figura 8) apresenta fracas declividades (Figura 9) e hipsometria variável entre 760 a 800 metros (Figura 10).

A cabeceira de drenagem é ocupada densamente por moradias irregulares. Em sua nascente não há presença de vegetação ciliar, além disso, ocorre o despejo de esgoto clandestino, advindo da ocupação da Favela da Biquinha (Figura 11). Este efluente está causando a eutrofização de parte do córrego (Figura 12).

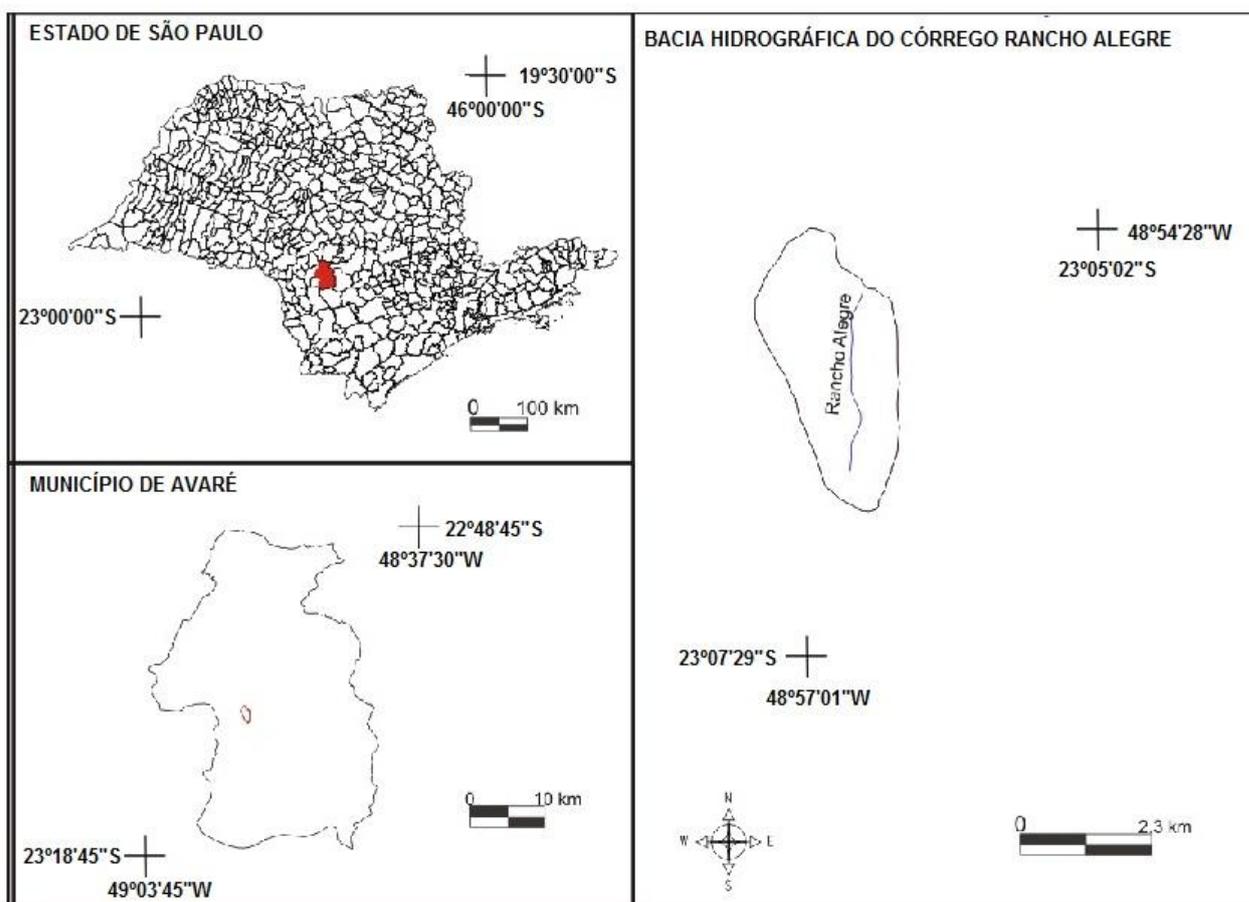


Figura 8 – Localização do córrego Rancho Alegre.

Elaboração: BONIFÁCIO, C. M. (2010).

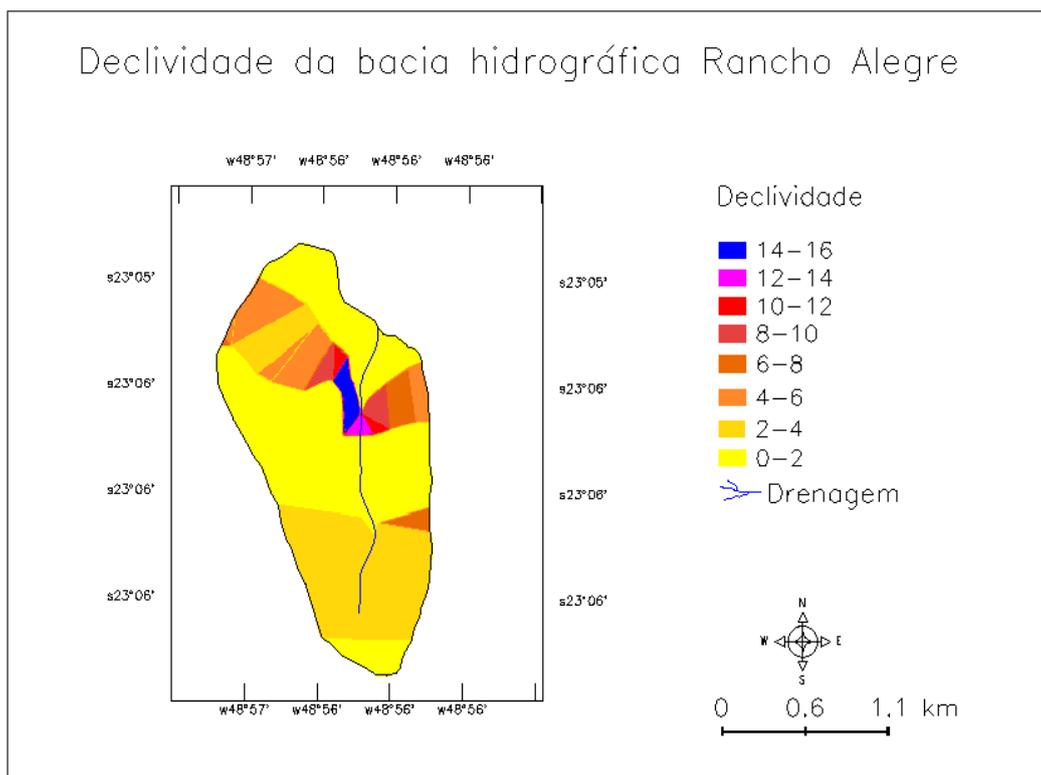


Figura 9 – Declividade do córrego Rancho Alegre.

Elaboração: BONIFÁCIO, C. M. (2010).

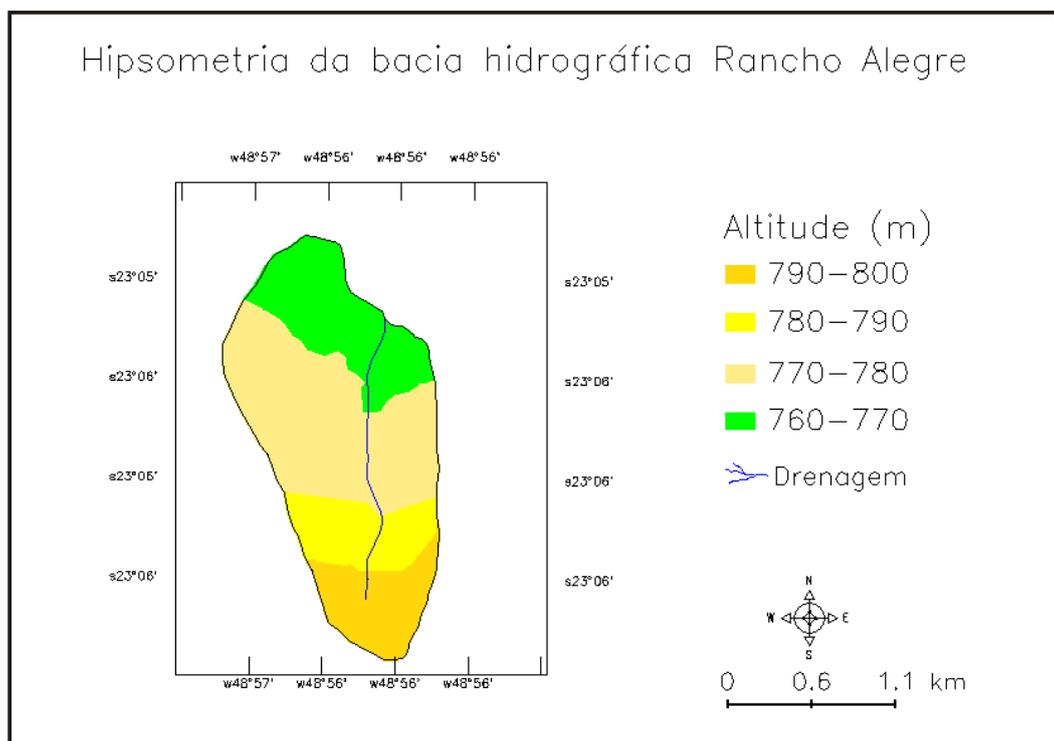


Figura 10 – Hipsometria do córrego Rancho Alegre.

Elaboração: BONIFÁCIO, C. M. (2010).



Figura 11 – Nascente do córrego Rancho Alegre recebendo esgoto da Favela da Biquinha.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 10/07/2010.



Figura 12 – Eutrofização do córrego Rancho Alegre nas proximidades da nascente.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 10/07/2010.

A eutrofização, conforme os estudos de Thomann e Mueller (1987) é o crescimento excessivo de plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, a níveis tais que sejam consideradas advindas de interferências do tipo de uso do solo da bacia.

O principal fator de estímulo é um nível excessivo de nutrientes no corpo d'água, principalmente de nitrogênio e fósforo. E estes, de acordo com Tavares (2006) podem ser oriundos de fontes naturais, como chuva e a matéria orgânica e inorgânica, ou antrópicas, como emissões atmosféricas de combustíveis fósseis, efluentes industriais, defensivos agrícolas e esgotos domésticos.

Sendo assim, no caso em estudo, há presença de despejo de esgoto doméstico, e este contém nitrogênio e fósforo, que conforme Von Sperling (1996) estão presentes nas fezes e urina, nos restos de alimentos, nos detergentes e outros subprodutos das atividades humanas.

Outro fator a ser destacado é a implantação de loteamentos recentes na bacia, que implica em movimentos de terra para as construções. Desta forma, o solo mobilizado pelas operações de terraplanagem gera sedimentos que são facilmente carregados para o fundo do vale e interior do canal de drenagem, promovendo o seu assoreamento (Figura 13), reduzindo o volume útil do corpo d'água, e servindo de meio suporte para o crescimento de vegetais fixos maiores (macrófitas) próximo às margens. E estes vegetais causam evidente deterioração no aspecto visual do corpo d'água (VON SPENLING, 1996).



Figura 13 – Assoreamento e eutrofização no córrego Rancho Alegre nas proximidades da nascente.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 10/07/2010.

Conforme o esquema apresentado por Von Sperling (1996) (Figura 14), em bacias de ocupação urbana há concentração de nitrato e fósforo, descritos anteriormente, em níveis diferentes, que podem levar a uma elevação nas populações de algas e outras plantas. E, dependendo da capacidade de assimilação do corpo d'água, a população de algas poderá atingir valores bastante elevados, trazendo uma série de problemas. E, em um período de elevada insolação, a concentração de algas pode aumentar e constituir uma camada superficial, similar a um caldo verde. Esta camada superficial impede a penetração de luz nas camadas inferiores do corpo d'água, causando a morte das algas ali situadas. Como consequência ocorre uma série de outros problemas, dentre eles: freqüentes florações das águas, distúrbios com mosquitos e insetos, mau odor, mortandade de peixes, toxicidade por amônia, comprometimento da qualidade da água, desaparecimento gradual do corpo d'água.

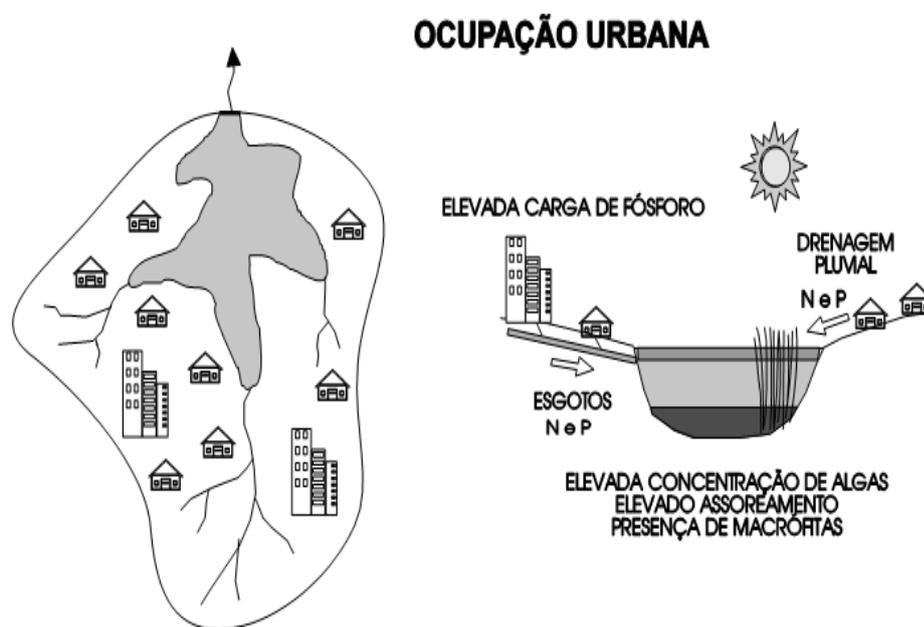


Figura 14 – Esquema de concentração de N e P em uma bacia hidrográfica de ocupação urbana.

Fonte: Von Sperling (1996).

O córrego Rancho Alegre, tem sua área ocupada por alguns bairros de implantação recente, de até menos de 10 anos, e talvez por isso seja um dos poucos cursos d'água, no município, que ainda possui algum resquício de floresta ciliar.

Apresenta vegetação de cerrado e de mata galeria, que são definidos como “hotspots” de biodiversidade (Conservation International, 2010), ou seja, são áreas com alto grau de diversidade biológica em termos de endemismo e extremamente ameaçada.

“A vegetação ciliar é uma formação vegetal que está associada aos cursos d’água, cuja ocorrência está relacionada com a maior umidade do solo, sendo de fundamental importância para o gerenciamento ambiental, pois, além de contribuir para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos, funciona como corredor ecológico, entre as áreas agrícolas” (MORAES, 2003 p. 58).

Todavia, apesar dessa faixa de vegetação ser existente, ela não atende aos critérios estabelecidos pelo Código Florestal (Figura 15), que dispõe que corpos d’água com largura inferior a 10 metros devem ter uma área de floresta ciliar referente a 30 metros, em cada lado do canal, além de uma faixa de 50 metros de raio no entorno da nascente. Em nenhum momento a vegetação alcança o limite mínimo estabelecido por lei. Em alguns pontos houve plantação de espécies nativas, contudo, devido à falta de manutenção as mudas morreram.

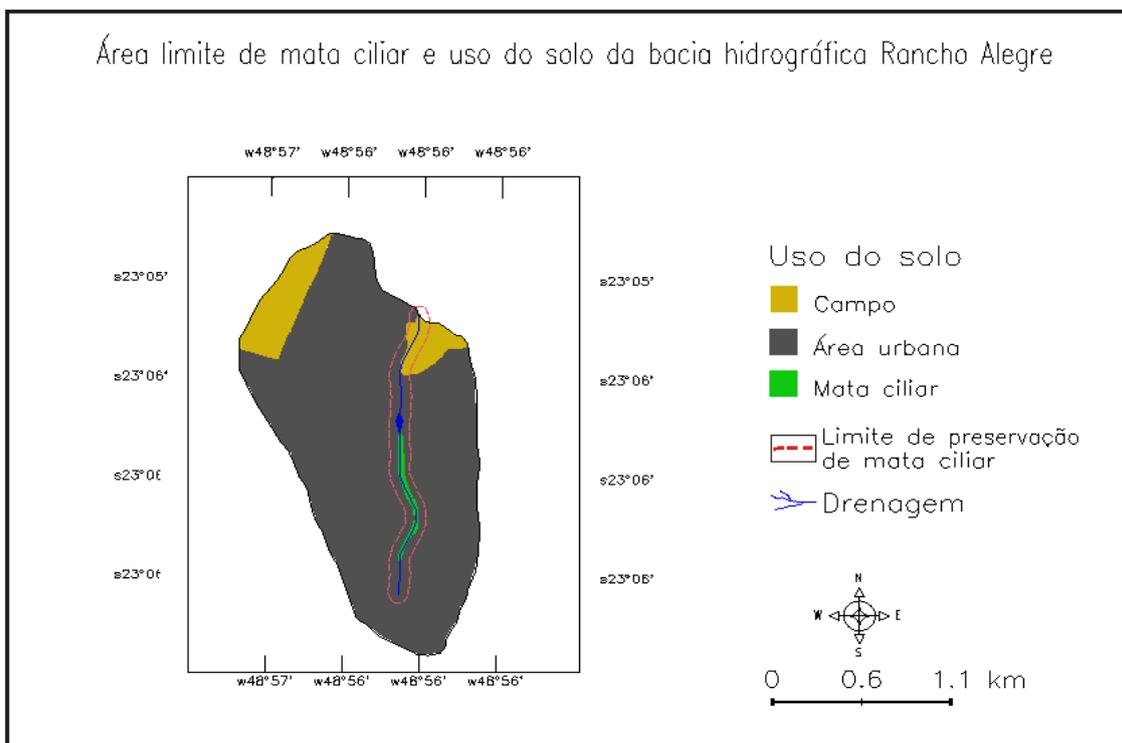


Figura 15 – Uso do solo e limite da área de mata ciliar no córrego Rancho Alegre.

Elaboração: BONIFÁCIO, C. M. (2010).

Ao percorrer o córrego Rancho Alegre, é possível notar que a vegetação ciliar é reduzida e aparece de forma descontínua ao longo do percurso (Figura 16 e Figura 17).



Figura 16 – Vegetação existente próxima a nascente do córrego Rancho Alegre.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 10/07/2010.



Figura 17 – Vegetação existente nas margens do córrego Rancho Alegre.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 10/07/2010.

Foi verificada também a presença de descarte de materiais urbanos nos arredores da bacia e sobre o corpo d'água do córrego Rancho Alegre. A legislação que trata sobre o assunto é a Política Nacional de Saneamento, especificamente a lei nº 5.318 instituída em 1967, onde entre outros itens, abrange o controle da poluição ambiental, e, de acordo o artigo 2º, letra “C” inclui o lixo.

O material heterogêneo gerado após a produção, utilização ou transformação de bens de consumo, é classificado como Resíduos Sólidos (NBR 10.004/87). Ou seja, é tudo que pode ser parcialmente ou totalmente utilizado, diferente do termo “lixo”, que abrange tudo que não pode ser reaproveitado ou reciclado (SEMA, 2008).

De acordo com a NBR 10.004/04 e NBR 10.004/87, os resíduos se classificam em:

- Classe I – Perigosos: Quando oferecem risco à saúde pública e ao meio ambiente.
- Classe II a – Não Inertes: São classificados de acordo com suas propriedades, como: biodegradabilidade, combustibilidade, solubilidade em meio aquoso.
- Classe II b – Inertes: São os que não se alteram ou soludibilizam em contanto com a água.

As maiorias dos resíduos sólidos encontrados na bacia hidrográfica são pertencentes à Classe II b, advindos principalmente de restos de materiais de construção, como concreto, tijolos, telhas (Figura 18). Além dos resíduos mais corriqueiros, como garrafas plásticas e sacolas plásticas (Figura 19).



Figura 18 – Resíduos sólidos encontrados na bacia do córrego Rancho Alegre.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 10/07/2010.



Figura 19 – Resíduos sólidos encontrados sobre o córrego Rancho Alegre.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 10/07/2010.

Outro aspecto verificado (Figura 20) diz respeito ao traçado do arruamento dos bairros que é perpendicular ao eixo de drenagem, favorecendo, dessa maneira, o escoamento hídrico superficial, já que ele não produz nenhuma dissipação de energia, possibilitando que o escoamento se concentre e adquira velocidade até chegar à última rua, no limite com a área de floresta ciliar (Figura 21).



Figura 20 – Traçado das ruas dos bairros.

Fonte: Google Earth (2004).



Figura 21 – A. Ruas perpendiculares ao curso d'água. B. Galeria pluvial em superfície. C. Escoamento direto ao córrego. D. Desbarrancamento da vertente.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 10/07/2010.

A água que escoar superficialmente e a que é drenada pelas galerias são descarregadas nas proximidades do córrego, na maioria das vezes por dissipadores de energia ineficientes (Figura 22). Dessa maneira, o tempo de concentração (T_c) é menor, pois há pouca infiltração devido ao grau de impermeabilização da área, e sendo assim, o nível do córrego sobe acima da sua capacidade ocorrendo o aumento da vazão e acaba por ocasionar erosão das margens do canal através do solapamento de base. Esse processo pode ser detectado através das raízes expostas das árvores que ficam na margem do córrego (Figura 23).



Figura 22 – A. Dissipador inadequado. B. Galeria pluvial que descarrega no curso d'água.
Foto: BONIFÁCIO, C. M. 10/07/2010.



Figura 23 – A. Resultado da descarga da galeria pluvial. B. Assoreamento do córrego. C./D.
Raízes expostas pelo solapamento da margem.
Foto: BONIFÁCIO, C. M. 10/07/2010.

Nas proximidades entre o cemitério municipal e a rodovia, foi verificado o descarte de volumes de terra, próximos a área de floresta ciliar. O material, assim depositado, pode facilmente ser carregado pela chuva até o leito do córrego, e contribuir dessa maneira para o seu assoreamento (Figura 24).



Figura 24 – Volumes de terra descartados próximo ao córrego Rancho Alegre.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 10/07/2010.

Outra evidência de assoreamento é visto no lago artificial, exatamente a jusante do local mostrado anteriormente. O lago foi feito como atrativo turístico, já que o município de Avaré foi decretado como Estância Turística. Todavia, não foi levada em consideração a dinâmica ambiental da bacia. Atualmente, no lago artificial, há uma parte assoreada (Figura 25), e por seu entorno ser totalmente descoberto ocorre também à presença de erosão laminar e sulcos (Figura 26). Estas feições erosivas são provocadas pela retirada de material da parte superficial do solo pela água da chuva. E essa ação se torna acelerada quando a água encontra o solo desprotegido de vegetação, pois o impacto das gotas d'água sobre o solo é capaz de desagregar seus torrões (Figura 27), permitindo dessa maneira que a água ao correr pela superfície leve os sedimentos mais finos e sais dissolvidos.

A erosão laminar passa para o estágio de sulco, quando a intensidade do escoamento superficial aumenta e começa a se concentrar ao longo de linhas de fluxos preferenciais. No entorno do lago a água escoada pela rodovia contribui para esse processo erosivo (Figura 28).



Figura 25 – Assoreamento do lago artificial do córrego Rancho Alegre.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 10/07/2010.



Figura 26 – Erosão laminar e sulcos no lago artificial do córrego Rancho Alegre.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 10/07/2010.



Figura 27 – Gota de chuva desagregando o solo exposto.

Fonte: Internet (2010).



Figura 28 – Esquema do escoamento da água da rodovia para o lago.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 10/07/2010.

Mais a frente o córrego Rancho Alegre deságua em seu afluente o ribeirão do Lajeado.

5.2. Ribeirão Água Branca

A bacia de drenagem do ribeirão Água Branca (Figura 29) apresenta fracas declividades (Figura 30) e hipsometria variável entre 760 a 840 metros (Figura 31).

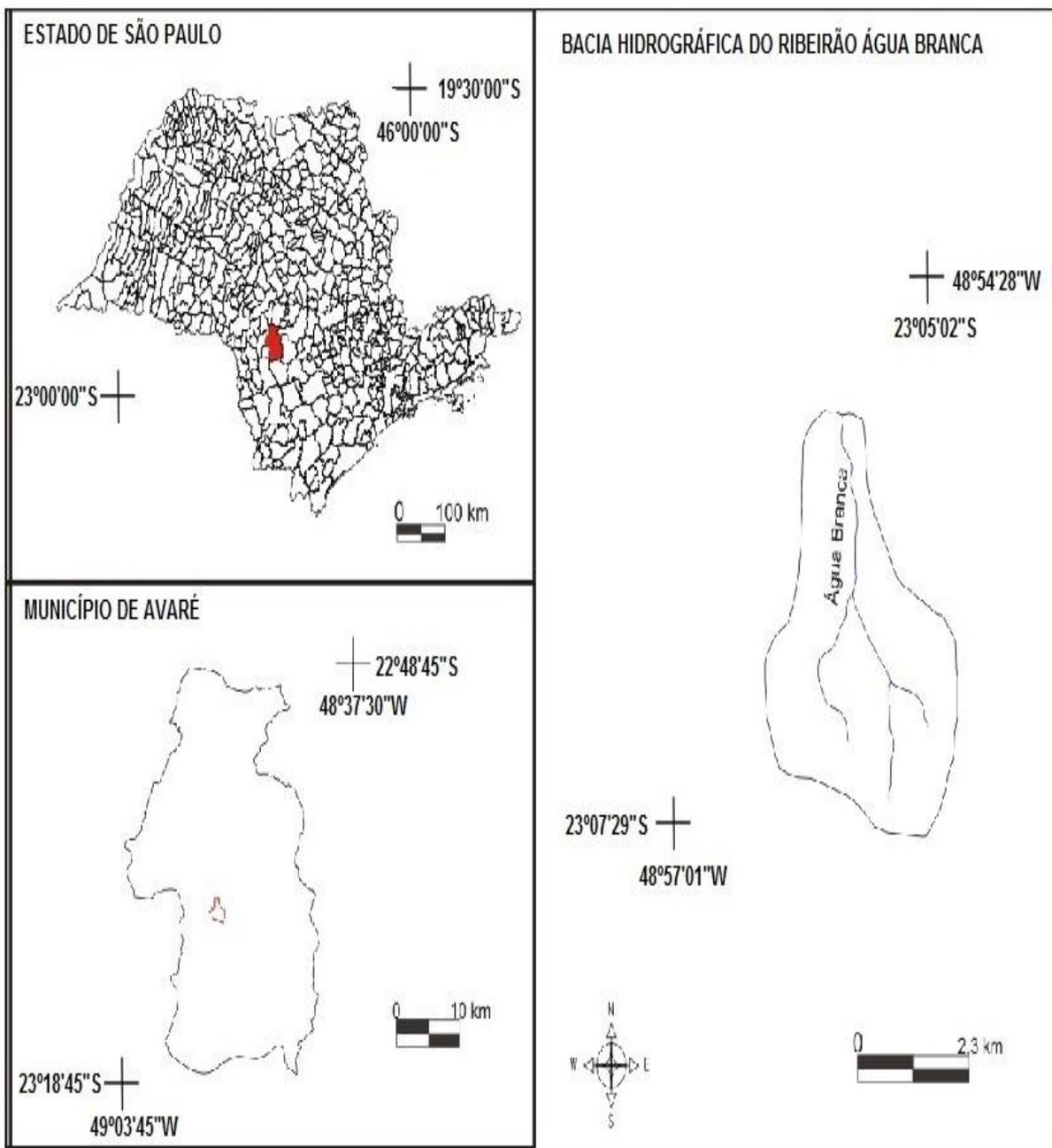


Figura 29 – Localização do ribeirão Água Branca.

Elaboração: BONIFÁCIO, C. M. (2010).

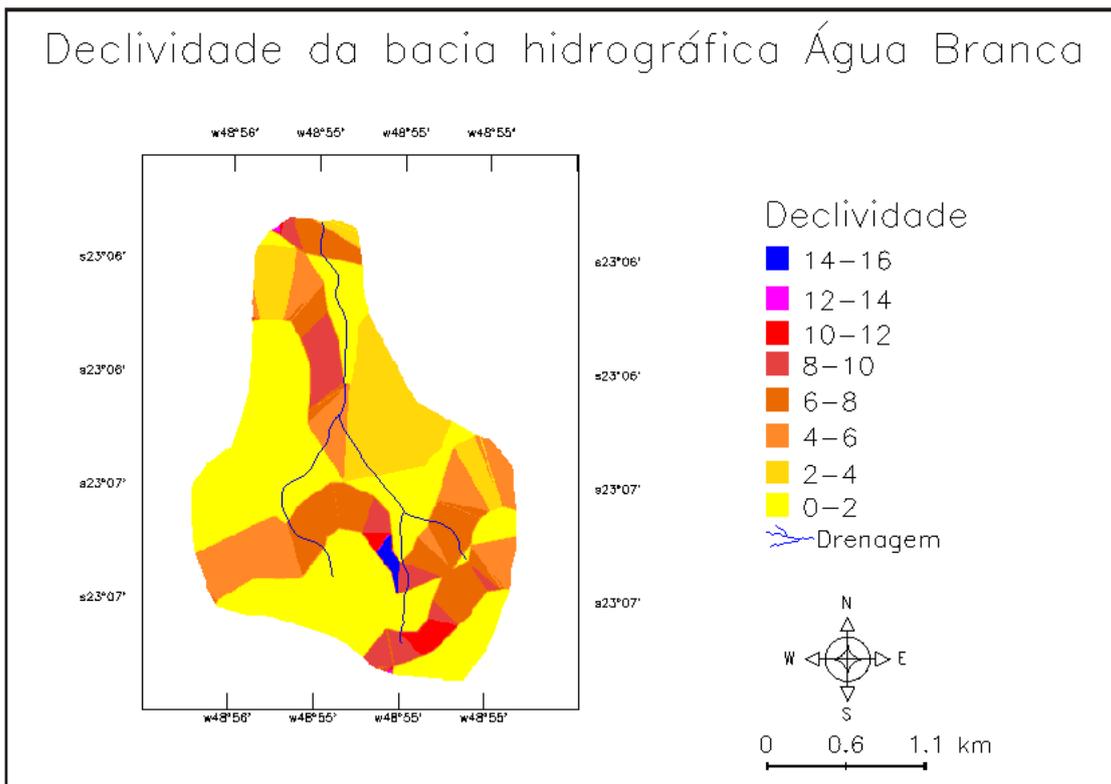


Figura 30 – Declividade do ribeirão Água Branca.

Elaboração: BONIFÁCIO, C. M. (2010).

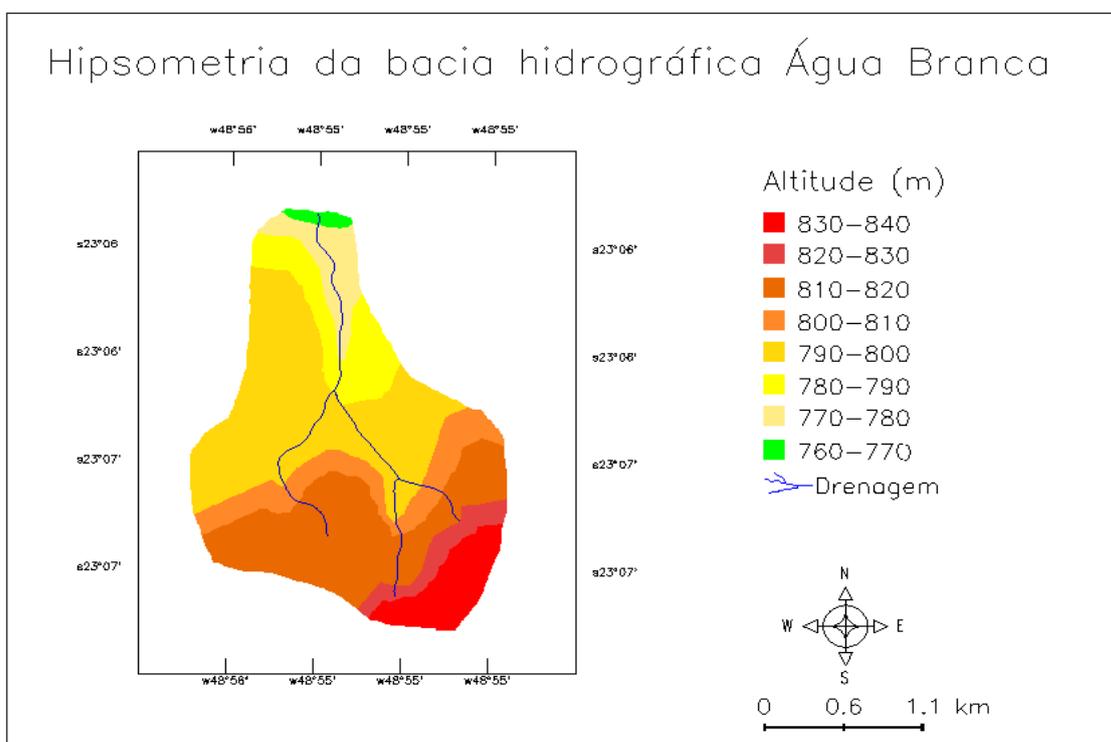


Figura 31 – Hipsometria do ribeirão Água Branca.

Elaboração: BONIFÁCIO, C. M. (2010).

O ribeirão Água Branca é de 2º ordem, surgindo da confluência de três nascentes de 1º ordem.

É importante ressaltar que as nascentes dessa bacia encontram-se em uma faixa de transição entre área urbana e rural, e de certa forma apresentam significativa vegetação ciliar (Figuras 32 e 33).



Figura 32 – Vegetação ciliar existente nas nascentes do ribeirão Água Branca.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 12/10/2010.



Figura 33 – Vegetação ciliar existente nas nascentes do ribeirão Água Branca.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 12/10/2010.

Todavia, uma das nascentes, indicada como permanente na Folha Topográfica do IBGE 1:50000, não foi encontrada nas observações em campo, a área referente a esta nascente atualmente é ocupada por residências (Figura 34). A análise da carta hipsométrica e da morfologia do terreno sugerem apenas a existência de um amplo vale em berço raso onde poderia existir fluxo temporário, mas não permanente.

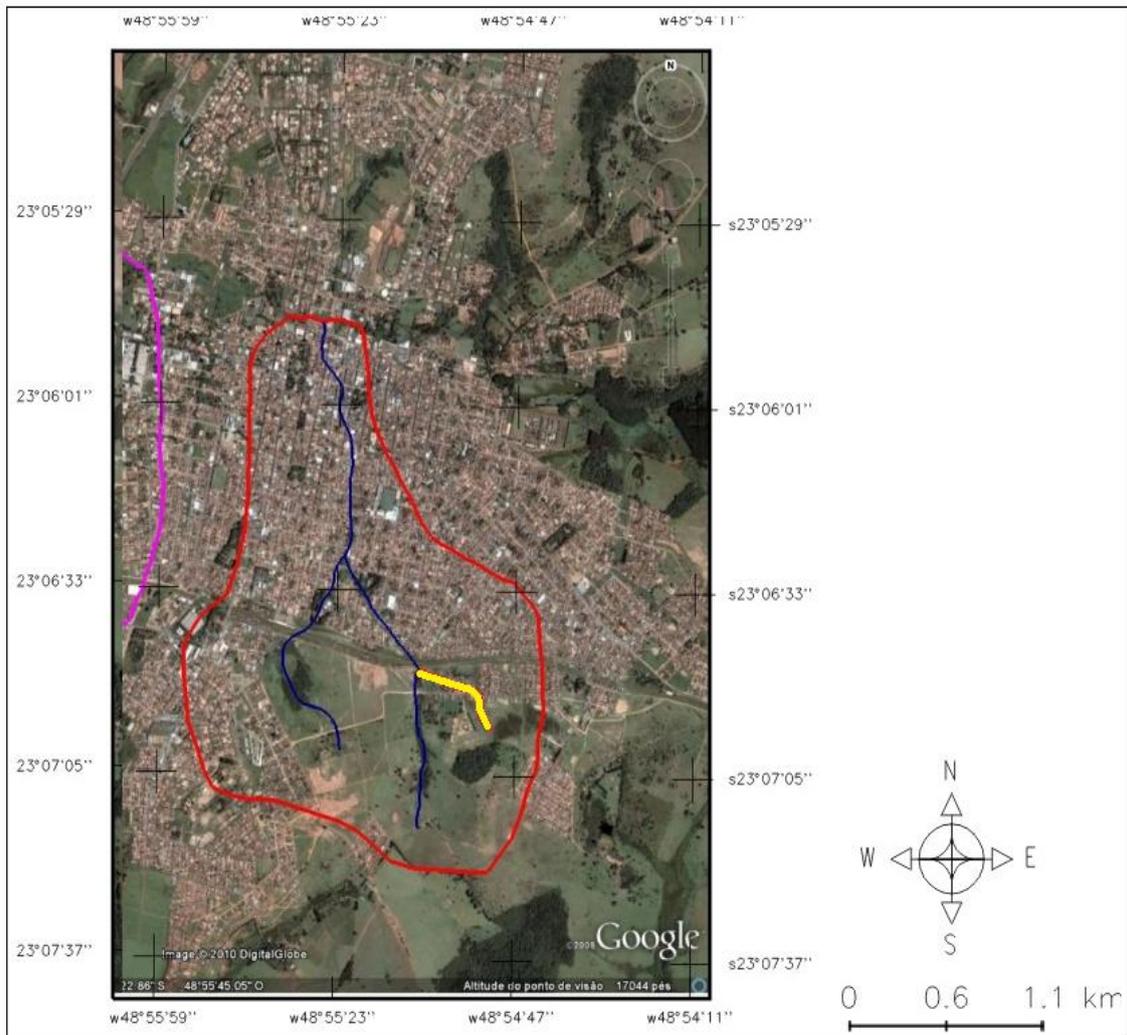


Figura 34 – Desaparecimento de uma das nascentes, grafada em amarelo.

Fonte: Google Earth (2004).

Elaboração: BONIFÁCIO, C. M. (2010).

Com o levantamento de campo, foi possível encontrar o despejo de resíduos sólidos nas proximidades das nascentes, além de focos de queimadas (Figura 35).



Figura 35 – Resíduos sólidos encontrados nas proximidades do ribeirão Água Branca.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 12/10/2010.

O ribeirão Água Branca passa pelo centro do município de Avaré, e em ocasiões de precipitação elevada, acaba por transbordar e inundar parte do centro urbano.

Desse modo, foi realizada uma medição da vazão do ribeirão, na parte referente a 30 metros da confluência (Figura 36). A medição se deu nesse trecho, especificamente em um terreno baldio, devido à facilidade ao acesso, já que um dos proprietários do terreno onde o ribeirão Água Branca passa, em condições mais favoráveis para medição, impediu o acesso ao local.



Figura 36 – Ponto da medição da vazão, grafado em círculo vermelho.

Fonte: Google Earth (2004).

Elaboração: BONIFÁCIO, C. M. (2010).

A medição da vazão, descrita na metodologia, se deu em um trecho de 5 metros, pois foi a medida máxima encontrada em parte limpa e retilínea. Este pedaço foi medido por trena e delimitado por estacas e barbantes (Figura 37). O fundo do ribeirão é barrento, por esse motivo adotou-se o padrão de coeficiente de correção de 0,9, proposto por EMBRAPA (2007).



Figura 37 – Esquema de medição da vazão pelo método do flutuador, no ribeirão Água Branca.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 12/10/2010.

A marcação do tempo se deu com uso de cronômetro, onde o flutuador (bolinha de isopor) era disposto no fluxo no tempo zero, iniciando a partir desse momento a contagem do tempo. Ao final dos 5 metros, marcaram-se os resultados, em segundos (Figura 38). A variação do tempo pode ter ocorrido devido à interferência do vento. Conforme a metodologia foram descartados o menor e o maior valor (grafados em amarelo), para que assim fosse possível calcular a média.

Leituras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tempo (s)	18	18	18	18	24	21	22	22	21	18	18	17	14	15	15

Figura 38 – Resultados obtidos nas leituras, no ribeirão Água Branca.

Com os dados em mãos, foi calculado a área do canal, ou $A_{(\text{seção transversal})} = (0,61\text{m} + 5\text{m}) / 2 = 2,80$ metros.

Considerando a seção transversal do rio como retangular, faz se o cálculo $A_{(\text{seção retangular})} = \text{comprimento (L)} \text{ vezes profundidade no eixo central do rio (Hc)}$.

Onde: $L \times H_c = 5 \times 0,24 = 1,2 \text{ m}^2$.

Tirando a média das áreas, obtém-se $A_{\text{(média)}} = (2,80 + 1,2) / 2 = 2 \text{ m}^2$.

Com todos os dados calculados, calcula-se a vazão média pela Equação 2 (explicada em metodologia):

$$Q = (A_{\text{média}} \times L \times C) / T_{\text{médio}} \text{ [m}^3/\text{s]} \quad (3)$$

$$Q = (2 \times 5 \times 0,9) / 18,53 = 0,48 \text{ m}^3/\text{s}.$$

E a velocidade pela Equação 3:

$$V = (L \times C) / T_{\text{médio}} \text{ [m/s]} \quad (4)$$

$$V = (5 \times 0,9) / 18,53 = 0,24 \text{ m/s}$$

Já o fator de forma da bacia do ribeirão Água Branca, foi calculado, conforme Equação 1:

$$F = A/L^2 \quad (1)$$

$$F = 44.539 \text{ km}^2 / 3.445071^2 \text{ km}^2 = 3,76 \text{ km}^2.$$

E pelo índice de circularidade, dado pela Equação 2:

$$IC = 12,57 * A/P^2 \quad (2)$$

$$IC = 12,57 * 44.539 \text{ km}^2 / 13^2 = 3,3$$

Sendo assim, a bacia pode ser considerada semi circular, pois possui uma área maior que o comprimento do eixo. E conforme a metodologia citada por Christofolletti (1974), que quanto mais próximo de 1 for o valor resultante, mais próxima da forma circular será a bacia hidrográfica, ainda pode-se entender que é semi circular. E a partir disso e juntamente com outros fatores, pode ter maior chance de sofrer inundações.

Segundo relatos de moradores, confirmado posteriormente com dados fornecidos pela estação automática do INMET, verificou-se que uma precipitação de apenas 14,8 mm, no dia 26 de Setembro de 2010, causou enchente do ribeirão Água Branca, no trecho referente ao centro do município (Figura 39).

O fato relatado, confrontado com o dado de precipitação, indica que o transbordamento do ribeirão se dá, não necessariamente pela quantidade de chuva, mas principalmente pela ocorrência de estrangulamento do fluxo ao longo do canal, pelas

galerias pluviais (Figura 40) e construções, como pelo planejamento inadequado do traçado das ruas, e impermeabilização completa da área (Figura 41). Sendo assim, quando chove, toda a água escoar rapidamente rua abaixo, e o canal de drenagem, acaba por transbordar facilmente, afetando algumas ruas do centro.

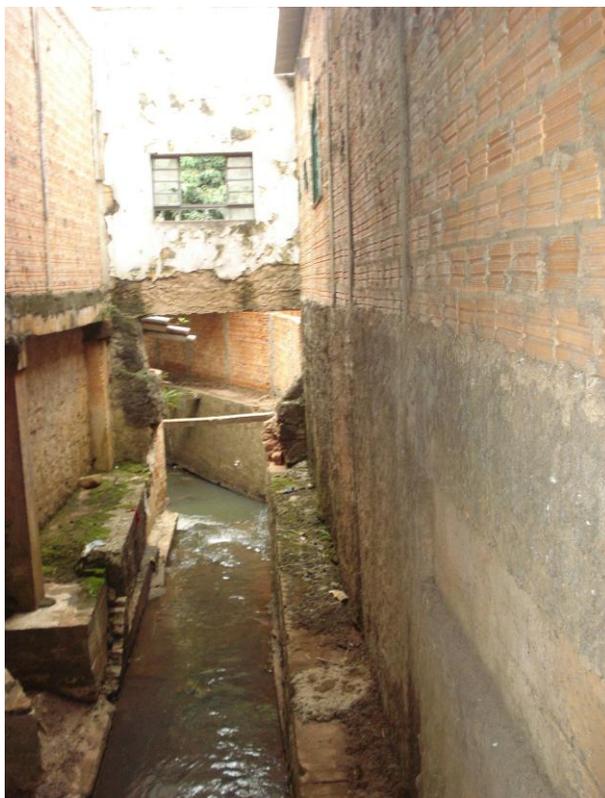


Figura 39 – Parte visível do ribeirão Água Branca no centro urbano de Avaré-SP.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 12/10/2010.



Figura 40 – Galeria pluvial em um dos trechos do transbordamento.

Foto: BONIFÁCIO, C. M. 12/10/2010.



Figura 41 – Impermeabilização completa da bacia no centro urbano de Avaré-SP. Aqui o ribeirão Água Branca está canalizado e sobre ele foi construídas vias de circulação urbana.
Foto: BONIFÁCIO, C. M. 12/10/2010.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As bacias hidrográficas em estudo: córrego Rancho Alegre e ribeirão Água Branca, sofrem com a expansão urbana, sem planejamento, em direção à cabeceira de drenagem destas bacias. As principais nascentes estão atualmente quase impermeabilizadas, e isso além de promover alteração no regime fluvial, perturba de forma irreversível o ecossistema aquático. Após estudos em campo, foi possível verificar o lançamento de efluentes clandestinos direto no córrego Rancho Alegre, além do depósito de resíduos sólidos urbanos às margens dos cursos d'água, nas duas bacias. Quanto à causa da inundação no centro urbano de Avaré, causada pelo transbordamento do ribeirão Água Branca, chegou-se a conclusão que isso ocorre pelo estrangulamento do canal na área central como também pela intensa impermeabilização. Neste aspecto, cabe ressaltar que, no período de chuvas, todos os materiais presentes nas ruas são transportados para o leito dos rios pelas águas pluviais, que podem entupir as galerias, além de inserir substâncias e compostos estranhos na água, que alteram, dessa forma, as condições naturais dos cursos d'água. Esse conjunto de fatores evidencia a falta de infraestrutura ou mesmo o descaso da população e dos gestores municipais quanto aos problemas ambientais e de saúde pública do município.

Sendo assim, deve-se desenvolver um planejamento capaz de gerenciar as bacias com suas características próprias e atuais. Contudo, essa ação de planejamento do espaço deve visar uma proteção mais efetiva dos mananciais de água para garantir sua qualidade para usos futuros e, portanto, propiciar um pleno funcionamento do sistema com a implantação dos usos múltiplos.

A sustentabilidade das cidades não deve ser vista de forma individual, mas sim um composto de gerenciamento estratégico com uma visão integrada e sistêmica dos problemas existentes sob o âmbito social e ambiental, e que devem estar inseridas no Plano Diretor do município. No caso de Avaré-SP, o Plano Diretor deveria ser aprovado pela Câmara Municipal em 1991 (ANEXO I), porém, segundo informação da atual administração municipal, isto ainda não ocorreu até o mês de Outubro de 2010.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTRAND, G. A. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço metodológico. **Caderno de ciência da terra**, São Paulo, n.13, 1977.

BRASIL. Lei nº. 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997. Disponível em: < <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L9433.htm> > Acesso em: 12 de Julho de 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 397, de 03 de abril de 2008. Altera o inciso II do § 4º e a Tabela X do §5º, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº. 357, de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2008 (2008a). Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=563> > Acesso em 12 de Julho de 2010.

CASTANHO, L.R.A. Análise dos índices de produtividade pecuária exigidos pelo INCRA para as microrregiões de Avaré e Bragança Paulista, e sua relação com o relevo. Dissertação – Programa de pós-graduação em Geografia Física. Universidade de São Paulo, 2008.

CONSERVATION INTERNATIONAL, South America: Brazil. Disponível em: < http://www.conservation.org/explore/south_america/brazil/Pages/brazil.aspx > Acesso em 12 de Julho de 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, n.9, v.18, 1969.

_____, A. *Geomorfologia*. Ed. Edgard Blucher Ltda e EDUSP, 1974, 149 p.

_____, Impactos no meio ambiente ocasionados pela urbanização no mundo tropical. São Paulo, 127-38p.

EMBRAPA, Comunicado técnico 455. Medição da vazão em rios pelo método do flutuador. 2007.

FARIAS, Maria S. Sobral de. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo**. Campina Grande, 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - UFCG -Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2006.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. Sensoriamento Remoto para Geomorfologia. In: Florenzano, Tereza Gallotti. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. Ed. Oficina de Textos. São Paulo, 2008, 318p.

FREIRE, R. Monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá. Dissertação – Programa de pós-graduação em Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, 2010.

GESIEL JÚNIOR *apud* Semanário oficial da estância turística de Avaré, nº 457, p. 19. Avaré, 02 de Julho de 2010.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Impactos ambientais urbanos no Brasil. 2ªed. Rio de Janeiro, 2004, 416p.

HORTON, R.E., 1932. *Drainage Basin Characteristics*. Trans. American Geophysical Union, 13: 350-361.

KÖPPEN, W. **Climatologia. Com um estudio de los climas de la tierra**. In: IAPAR. Cartas Climaticas Basicas do Estado do Parana, Londrina, 1948.

KOBIYAMA, M.; GOERL, R.F.; SILVA, R.V. (2006). “Redução de desastres naturais relacionados às inundações: Problemas e soluções”, in *Águas Urbanas*. Org. por Mendiondo, E.M., FINEP, Rio de Janeiro – RJ, (no prelo).

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Resolução n. 004/1985, dispõe sobre florestas de preservação permanente. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res85/res0485.html> > Acessado em 12 de Julho de 2010.

_____, Resolução n. 357/2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acessado em 12 de Julho de 2010.

MORAES, M.E.B. Zoneamento ambiental de bacias hidrográficas: uma abordagem metodológica aplicada na bacia do Rio Bonito (SP). Tese de Doutorado – Programa de pós-graduação em ecologia e recursos naturais. Universidade Federal de São Carlos, 2003.

Moreira, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. São José dos Campos: INPE, 2001. 250 p.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: FFLCH-USP; IPT/FAPES, 1997. Mapas e relatório.

SCHNEIDER, R. M. **Qualidade da Água e Deposição de Sedimentos em Trechos da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó Representados pelo Ribeirão Maringá**. 2009. 150p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

STHALER, A.N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans. American Geophysical Union*, 38: 913-920.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: FFLCH-USP;IPT/FAPES, 1997. Mapas e relatório.

TAVARES, A. R. **Monitoramento da Qualidade e Diagnóstico de Conservação das Águas do Rio Paraíba do Sul**. 2006. 202p. Dissertação (Mestrado em Infra-Estrutura Aeroportuária). Departamento de Infra-Estrutura Aeronáutica. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos.

THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. **Principles of Surface Water Quality Modeling and Control**. Harper Collins Publishers, 1987.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**, 2^o ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**, 3. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p.



PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE AVARÉ
ESTADO DE SÃO PAULO

Secretaria Municipal de Meio Ambiente

Avaré, 28 de setembro de 2010.

Para
Profa. Dra. Maria Teresa de Nóbrega
Departamento de Geografia
Maringá - Paraná
A/c Cássia Maria Bonifácio ()

Em atenção à correspondência da Professora Doutora Maria Teresa de Nóbrega, do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá - PR, Orientadora do Projeto da acadêmica Cássia Maria Bonifácio, que está desenvolvendo o seu trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Geografia, informamos que a população de Avaré é de 88.113 conforme consta pelo SEADE.

Quanto aos dados hidrológicos, Avaré possui 23 microbacias com 22 nascentes georreferenciadas, mas estamos providenciando o georreferenciamento de todas as nascentes da área urbana, que são muitas, pois os córregos que atravessam a cidade, em sua maioria, têm nascentes já fazendo parte da área urbana.

Referente ao plano diretor, ainda está sendo discutido (mais uma vez, desde 1991!) e posteriormente será apresentado à Câmara Municipal para aprovação, provocado pela Promotoria de Justiça.

Sendo só para o momento, colocamo-nos à disposição e enviamos cordiais saudações.

Mirthes Yara de Freitas Vieira
Secretária do Meio Ambiente

