

ANEXO I

PRIMEIRO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL DE PENÁPOLIS

APRESENTAÇÃO

O VII Fórum de Saneamento de Penápolis, realizado em 2006 deliberou em sua plenária que o Município deveria construir seu primeiro Plano Municipal de Saneamento Ambiental e apresentá-lo durante o VIII Fórum.

Ainda em 2006 foi constituído, através de Decreto Municipal, o Grupo Municipal do Plano Diretor com objetivo de construir o Plano Diretor Participativo que dispõe sobre o desenvolvimento urbano e o Plano Municipal de Saneamento Ambiental. Durante o ano de 2006 o Grupo construiu o Plano Diretor Participativo, aprovado em 2007 pela Câmara Municipal de Penápolis.

No transcorrer do ano de 2007, o Grupo trabalhou na elaboração do Plano Municipal de Saneamento Ambiental.

METODOLOGIA

Com base nos diagnósticos e ações aprovadas no 7º Fórum o Grupo desenvolveu vários debates, de forma a buscar a aglutinação das diferentes propostas culminando na definição de diretrizes gerais que foram inseridas no Plano.

As análises foram realizadas considerando a seguinte divisão dos serviços:

ÁGUA – captação / tratamento / reservação / distribuição;
ESGOTO – coleta / afastamento / tratamento / lançamento;
RESÍDUOS SÓLIDOS – coleta de resíduos domésticos/ coleta de resíduos de limpeza urbana/
coleta de resíduos de serviço de saúde / coleta de resíduos industriais / destinação adequada/
coleta seletiva
DRENAGEM URBANA
MEIO AMBIENTE E EDUCAÇÃO AMBIENTAL
CONTROLE DE VETORES
PLANEJAMENTO E GESTÃO – competências e atribuições / melhoria na prestação dos serviços /
financiamento / participação e controle social / integração com
outras políticas.

Paralelamente ao trabalho do Grupo foi realizado oficina de planejamento estratégico com funcionários do DAEP de forma a constituir-se um diagnóstico situacional e um plano de ações para a administração da autarquia. Posteriormente tais ações foram analisadas pelo Grupo do Plano e transformadas, ou complementadas, em diretrizes para o Plano.

Finalmente a proposta do Plano Municipal de Saneamento Ambiental foi apresentada ao VIII Fórum para conhecimento, debate, alterações e aprovação final, antes de ser encaminhado pelo Executivo Municipal ao Poder Legislativo para análise e aprovação.

CONTEXTUALIZAÇÃO

O núcleo populacional de Penápolis começou a se formar no início do século XX, com o estabelecimento de várias fazendas na região, após a expulsão dos índios coroados que ocupavam as terras situadas entre os campos do Avanhandava e as margens do Rio Feio. Seu

desenvolvimento foi impulsionado a partir de 1907, com a chegada dos trilhos da Estrada de Ferro Noroeste do Brasil. Na mesma época, alguns frades capuchinhos de São Paulo adquiriram parte das terras loteadas por Manoel Bento da Cruz e, com o passar do tempo, novas famílias foram se instalando naquela área. Foi principalmente em função da atividade cafeeira que a povoação progrediu. Em 25 de outubro de 1908, frei Bernardino de Lavalle fundou o patrimônio de Santa Cruz do Avanhandava, que, em 17 de novembro de 1909, seria elevado à categoria de distrito do município de São José do Rio Preto, recebendo o nome de Penápolis, em homenagem ao presidente Afonso Pena. Em 16 de dezembro de 1910, o distrito foi transferido para o município de Bauru, adquirindo autonomia municipal pouco tempo depois, em 22 de dezembro de 1913.

Segundo a contagem populacional realizada pelo IBGE, em 2007 o município conta com uma população de 56.681 habitantes, tendo uma taxa de urbanização na ordem de 94,28% e 98,93% dos domicílios são dotados de infra-estrutura adequada.

O Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Penápolis (DAEP) é uma autarquia municipal, criada pela Lei Municipal Nº 935 de 18/05/1978, passando a ser, a partir de 1978, o órgão municipal responsável pelo saneamento básico no município.

Na época o serviço de saneamento era precário, sendo que havia falta de água em alguns bairros do município e o sistema de coleta de esgotos era falho, com alguns bairros que não eram atendidos, e os efluentes eram todos lançados diretamente no Ribeirão Lajeado que é a única fonte de abastecimento de água do município.

A cidade não possuía um sistema de micro medição instalada (hidrômetros) não havendo, portanto nenhum conhecimento ou controle sobre o consumo de água potável.

Nestas condições, o DAEP iniciou seu propósito de contribuir com a saúde preventiva da população e melhorar gradual e sistematicamente os serviços prestados. De 1978 a 1992, o DAEP, mesmo passando por muitas dificuldades, conseguiu gerenciar os recursos disponíveis e atingir 100% de abrangência dos serviços de tratamento e distribuição de água tratada e 100% de abrangência de coleta e tratamento de esgotos.

Em 1993, numa nova visão de que saneamento básico não se restringia apenas aos serviços de água e esgotos, o DAEP passou a ser responsável pelo sistema de coleta e destino final de resíduos sólidos domésticos, industriais, serviços de saúde e entulhos através da Lei Municipal Nº 225/93.

Neste mesmo ano criou-se o CEA – Centro de Educação Ambiental com o objetivo de conscientizar a população para a preservação e recuperação do meio ambiente local e o Fórum de Saneamento e Meio Ambiente, como o elemento de garantia da participação social em todo o processo de planificação e gestão dos serviços de saneamento.

Em 2000, através de parceria com a CORPE – Cooperativa de trabalho dos recicladores de lixo de Penápolis iniciou-se a coleta seletiva do lixo inorgânico doméstico no município.

Em setembro de 2004, o DAEP obteve a certificação na norma ABNT NBR ISO 9001:2000 para todo sistema de gestão da qualidade.

Em dezembro de 2004, iniciou o processo de tratamento do lixo de resíduos de serviço de saúde por autoclavagem, em cumprimento à Resolução nº 31/2003 da Secretaria Estadual do Meio Ambiente.

Durante toda a sua história o DAEP foi reconhecido através de prêmios e outras formas de reconhecimentos direcionados à sua capacidade gestão e qualidade dos serviços prestados.

- **2007** – Prêmio Nacional da Qualidade em Saneamento – PNQS – ABES- faixa bronze – troféu Quíron – ciclo 2007;
- **2007** - 3º lugar na categoria Natureza – Prêmio Von Martius - Gestão ambiental através do CIRL;
- **2006** – Troféu Feilimp – Gestão Cidadã – categoria: educação ambiental – projeto: Educação e Conscientização Ambiental no Município de Penápolis –S.P;
- **2006** – Prêmio Nacional da Gestão Pública – categoria especial saneamento – faixa bronze – ciclo 2006 – Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão;

- **2006** - Publicação do Relatório de Gestão do DAEP – Ministério das Cidades – sendo material de apoio para divulgação do Programa Gespública nos eventos, cursos e oficinas – nível nacional;
- **2006** – Prêmio Selo Cidade Cidadã – Câmara dos Deputados – Comissão de Desenvolvimento Urbano – projeto : Participação popular nas políticas públicas de saneamento e meio ambiente através da realização de fóruns;
- **2005** – WWF Brasil Mostra Água para Vida, Água para Todos- Boas Práticas em Saneamento – o projeto foi contemplado com uma publicação de experiências bem sucedidas no Brasil e recebimento de troféu.
- **2004** – Troféu Feilimp – Gestão Cidadã – categoria coleta seletiva – projeto: CORPE – Cooperativa de Trabalho dos Recicladores de Lixo de Penápolis – Uma alternativa de reinserção que deu certo.
- **2004** – contemplado com o Projeto Sala Verde do Ministério do Meio Ambiente
- **Setembro de 2004**- Honra ao Mérito Ambiental do Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê devido aos relevantes serviços prestados ao meio ambiente na bacia hidrográfica, pelo Consórcio Intermunicipal Ribeirão Lajeado
- **Março de 2003**- honraria de participar de publicação no Diário Oficial do Estado de São Paulo sobre os comitês de bacias hidrográficas, onde foi feito matéria sobre o trabalho do Consórcio Intermunicipal Ribeirão Lajeado.
- **2001** - II Prêmio Balanço Ambiental CPFL – Gazeta Mercantil – 2º lugar na categoria Projeto Ambiental Especial
- **2001** – Premio Flavio Barth – I Congresso Estadual de Comitês de Bacias Hidrográficas – Melhores Práticas
- **1999**- CEA - aumento da abrangência de suas atividades com a honraria de ser, a partir de 1999, a sede do Núcleo Regional de Educação Ambiental BT-1 (1º Núcleo Regional da Bacia Hidrográfica do baixo Tietê)
- **1997**- as atividades do CEA foram incluídas no planejamento anual nas áreas de História, Geografia, Ciências, Educação Artística, Português, Matemática, Estudos Sociais e Biologia, isto é, suas atividades passaram a integrar o currículo escolar.
- **1997**- Programa Gestão Pública e Cidadania da Fundação Getúlio Vargas (SP), sendo classificado entre os quinze finalistas, recebendo prêmio de R\$ 3000,00 (três mil reais) e certificado de mérito – trabalho do Consórcio Intermunicipal Ribeirão Lajeado
- **1994** – Fundo Nacional do Meio Ambiente – o projeto foi contemplado com recursos financeiros (R\$ 8.000,00) para construção de um quiosque para realização de atividades lúdicas e pedagógicas com alunos da rede escolar e para aquisição de equipamentos didáticos.

Hoje, quase 30 anos depois de sua fundação, com mais de 323 colaboradores em seu quadro funcional, o DAEP gerencia e presta os seguintes serviços, com abrangência de 100% da área urbana do município:

- Captação, tratamento e distribuição de água;
- Coleta e tratamento de esgotos;
- Coleta e destinação final de resíduos sólidos.

Os dados referentes à infra-estrutura física dos serviços de água e esgoto são:

Tipo	Quantidade
Adutoras	21.841,00 m
Emissários	30.378,40 m
Rede de água	215.841,61 m

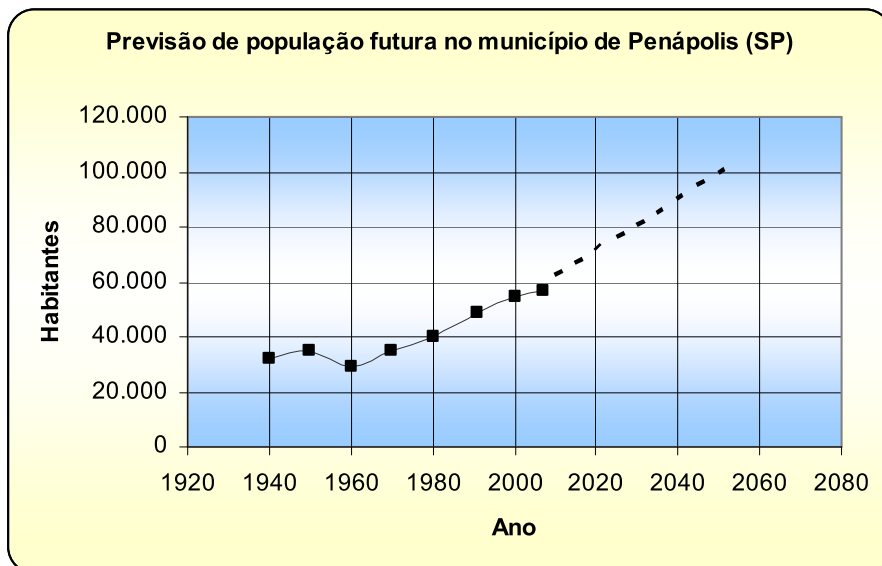
Rede de esgoto	225.783,69 m
Ligações de água	20.571 (total)
Residencial	18.675
Comercial	1.406
Industrial	72
Pública	418

Todos os serviços prestados pela autarquia são regidos por legislação municipal específica, tendo poderes para instituir o sistema de cobrança destes.

CENÁRIOS FUTUROS

A construção de cenários futuros para os diferentes serviços de saneamento, ou mesmo para partes deles, foram feitos a partir de dados do IBGE (populacionais) e do DAEP.

A projeção da população, com base nos dados de CENSOS e taxas de crescimento apresentam a seguinte curva:



Base de dados:	$k_g = 0,0143$
$t_1 = 1960$	
$P_1 = 28.941$	
$t_2 = 2007$	
$P_2 = 56.681$	

Método geométrico

Ano	População (Censo)	População (estimado)	% de crescimento médio anual
1940	32.003		
1950	34.608		0,79%
1960	28.941		-1,77%
1970	34.737		1,84%
1980	40.322		1,50%
1991	48.575		1,71%
2000	54.635		1,31%
2007	56.681*		0,53%
2010		62.814	3,48%
2015		67.122	1,34%
2020		71.556	1,29%
2025		76.098	1,24%
2030		80.727	1,19%
2035		85.421	1,14%
2040		90.158	1,09%
2045		94.912	1,03%
2050		99.661	0,98%
2055		104.378	0,93%

* dados da contagem da população em 2007 IBGE

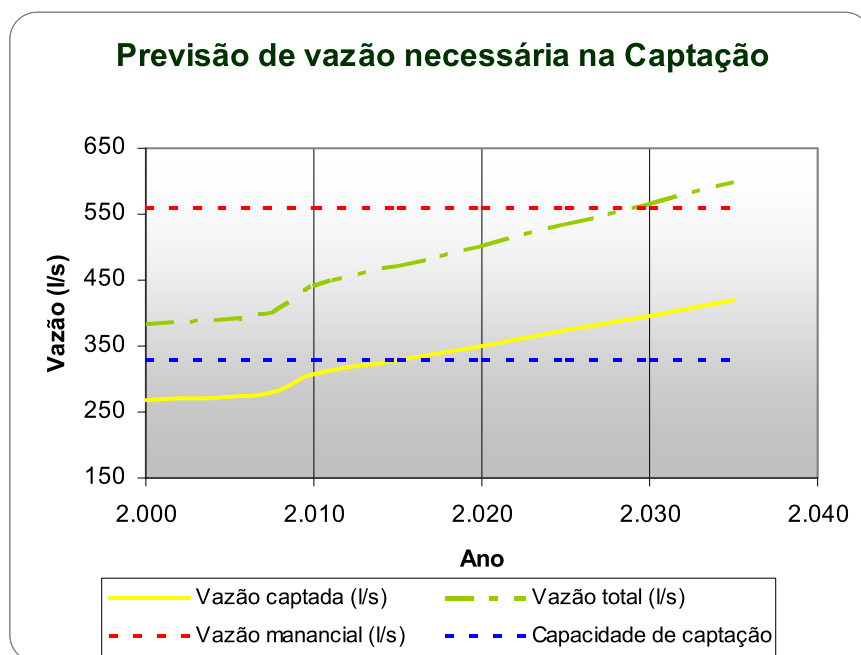
Com base nesses dados populacionais foram construídos cenários futuros para os diferentes setores do saneamento e principalmente sobre a necessidade de revisão ou ampliação de elementos de infra-estrutura.

CENÁRIO FUTURO PARA O SERVIÇO DE ÁGUA POTÁVEL

Captação de água bruta

O cenário aponta para duas datas importantes. A primeira em 2015, quando se dará o estrangulamento da capacidade instalada (motores e bombas) de captação de água bruta junto ao Ribeirão Lajeado e a segunda – 2025 quando o volume de água a ser captado se torna incompatível com a capacidade do Ribeirão.


Consumo per capita	212 (l/hab x dia)	-> refere-se à média de 2005 de acordo com o volume micromedido.
Índice de perdas	40%	-> refere-se a perdas físicas (vazamento de redes, extravasamentos de reservação, manutenção de filtros e decantadores) e de faturamento (hidrômetros com vida útil ultrapassada- 13.000 hidrômetros com mais de 10 anos de vida) do sistema de abastecimento
Coefficiente máximo diário	1,2	-> índice utilizado considerando um percentual de 20% de consumo a maior (dia de maior consumo)
% da vazão captada	70%	-> é a vazão máxima permitida de retirada do curso do Ribeirão Lajeado
Área bacia contribuição	112 km ²	-> área estimada da bacia do ribeirão Lajeado a montante da captação
Vazão Específica Mínima	5 l/s por km ²	-> índice de referência




Ano	População (método geométrico)	Vazão captada (l/s)	Vazão total (l/s)	Vazão manancial (l/s)	Capacidade de captação
2000	54.635	268,12	383,02	560	330
2007	56.681	278,16	397,37	560	330
2010	62.814	308,25	440,36	560	330
2015	67.122	329,40	470,57	560	330
2020	71.556	351,16	501,65	560	330
2025	76.098	373,44	533,49	560	330
2030	80.727	396,16	565,94	560	330
2035	85.421	419,20	598,85	560	330
2040	90.158	442,44	632,06	560	330
2045	94.912	465,77	665,39	560	330
2050	99.661	489,08	698,68	560	330
2055	104.378	512,23	731,75	560	330

* População de 2.000 e 2007 de acordo com IBGE

LEGENDA

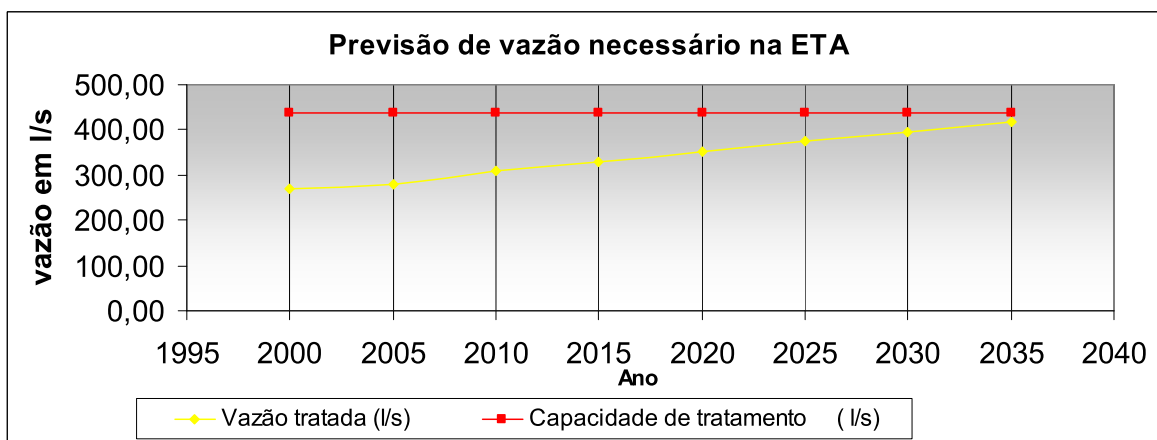
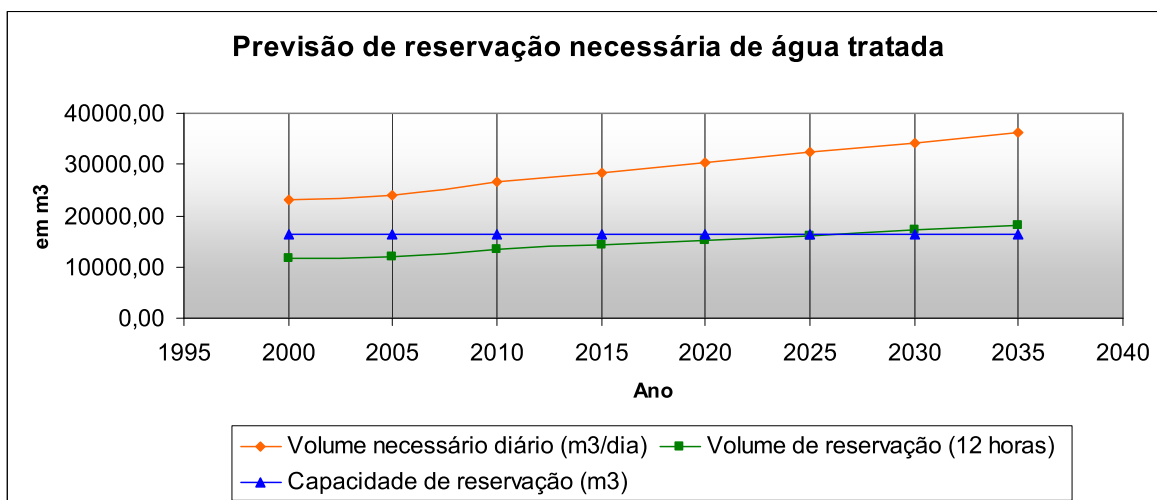
 Refere-se ao ano de estrangulamento de capacidade de captação com os equipamentos existentes (hoje a capacidade é de 330 l/s)

 Refere-se ao ano de estrangulamento de capacidade de fornecimento de água pelo Ribeirão Lajeado

Tratamento e reservação de água

O cenário construído aponta a necessidade primeira em ampliar o sistema de reservação a partir de 2020 e o de ampliação (ou ações que levem à diminuição de perdas) da capacidade de tratamento a partir de 2030.

Consumo per capita	212 (l/hab x dia)	-> refere-se à média de 2005 de acordo com o volume micromedido
Índice de perdas	40%	-> refere-se a perdas físicas (vazamento de redes, extravasamento de reservação, manutenção de filtros e decantadores) e de faturamento (hidrômetros com vida útil ultrapassada- 13.000 hidrômetros com mais de 10 anos de vida) do sistema de abastecimento
Coef. máx. diário	1,2	-> índice utilizado considerando um percentual de 20% de consumo a maior (dia de maior consumo)
% da vazão captada	70%	-> é a vazão máxima permitida de retirada do curso do Ribeirão Lajeado
Área bacia contr.	112 km ²	-> área estimada da bacia do ribeirão Lajeado a montante da captação
Vazão esp. Mínima	5 l/s por km ²	-> índice de referência



Ano	População (método geométrico)	Vazão tratada (l/s)	Volume necessário diário (m³/dia)	Volume de reservação (12 horas)	Capacidade de tratamento (l/s)	Capacidade de reservação (m³)
2000	54.635	268,12	23165,24	11582,62	436	16250
2005	56.681	278,16	24032,74	12016,37	436	16250
2010	62.814	308,25	26633,05	13316,53	436	16250
2015	67.122	329,40	28459,82	14229,91	436	16250
2020	71.556	351,16	30339,89	15169,95	436	16250
2025	76.098	373,44	32265,55	16132,78	436	16250
2030	80.727	396,16	34228,24	17114,12	436	16250
2035	85.421	419,20	36218,64	18109,32	436	16250
2040	90.158	442,44	38226,92	19113,46	436	16250
2045	94.912	465,77	40242,88	20121,44	436	16250
2050	99.661	489,08	42256,14	21128,07	436	16250
2055	104.378	512,23	44256,40	22128,20	436	16250

* População de 2.000 e 2007 de acordo com IBGE

Legenda:

-
 Refere-se ao ano de estrangulamento de capacidade de reservação de água tratada
-
 Refere-se ao ano de estrangulamento de capacidade de tratamento de água tratada de acordo com a vazão da ETA

DIAGNÓSTICO PARA O SERVIÇO DE ÁGUA POTÁVEL

Como diagnóstico do serviço de água potável, apresenta-se o estudo técnico realizado em 2007/2008 que trata da ampliação da capacidade de captação de água bruta pelo DAEP. Tal estudo, contratado pelo DAEP, veio dar resposta à antiga reivindicação dos Fóruns de Saneamento e Meio Ambiente preocupado com a limitada capacidade de abastecimento do ribeirão Lajeado.

“ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL DA AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NO RIBEIRÃO LAJEADO E EM OUTRAS FONTES SUPERFICIAIS COMPLEMENTARES PARA ATENDIMENTO À DEMANDA URBANA DE PENÁPOLIS-SP”.

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL.

Néstor A. Campana
Ricardo Silveira Bernardes
Brasília, fevereiro de 2008.

1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA SOB ESTUDO

O município de Penápolis-SP se localiza na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Lajeado (identificada com o código 800 pelo DAEE), na bacia hidrográfica do baixo Tietê, que constitui a unidade de gerenciamento de recursos hídricos UGRHI-19 do estado de São Paulo (figura 1).

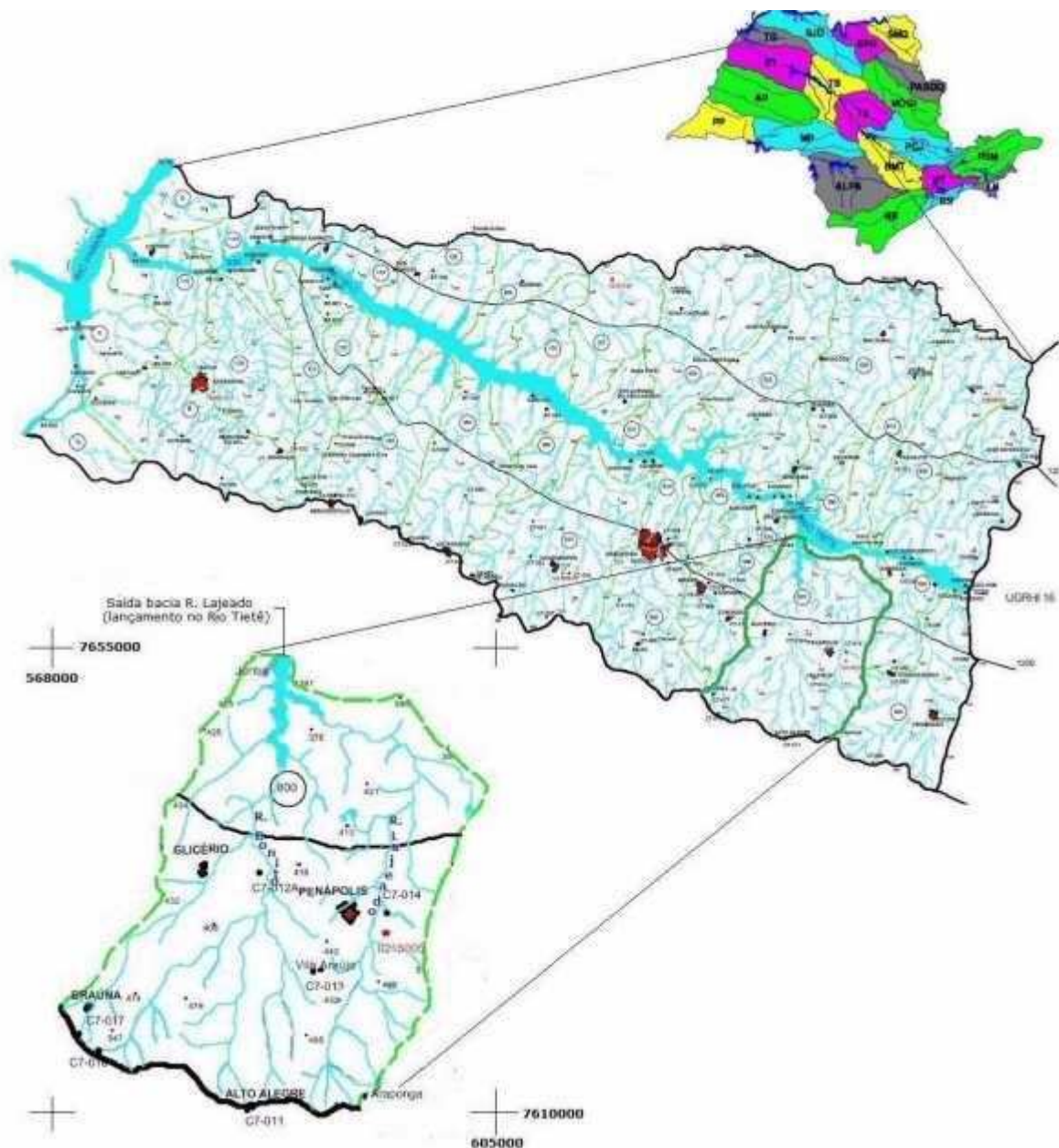


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do ribeirão Lajeado (Cod. 800).

Fonte: adaptada de CBH-BT (2000)

A seguir é apresentada uma caracterização da UGRHI-19, que consiste num resumo e transcrições de parte do texto de CBH-BT (2000).

A UGRHI-19 localiza-se à noroeste do Estado de São Paulo, desde a barragem da Usina Mário L. Leão (reservatório de Promissão), até o Rio Paraná, na divisa com o Estado de Mato Grosso do Sul, numa extensão aproximada de 200 km. Sua área de drenagem é de 15.471,81 km², contendo os reservatórios de Três Irmãos e Nova Avanhandava. São seus cursos d'água principais: Rio Paraná e seu afluente Ribeirão do Abrigo ou Moinho, Rio Tietê e seus afluentes Ribeirão Lajeado, Ribeirão Azul ou Aracanguá, Ribeirão Macaúbas e Ribeirão Santa Bárbara.

A UGRHI-19 limita-se ao norte com a UGRHI 18, da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados, ao sul com a UGRHI 20, da Bacia Hidrográfica do Rio Aguapeí, a leste com a UGRHI 16, da Bacia Hidrográfica do Tietê/Batalha e, a oeste com o Estado de Mato Grosso do Sul, cuja divisa é formada pelo Rio Paraná. Entre as principais cidades localizadas na UGRHI-19 estão Araçatuba, Birigüi, Andradina e Penápolis.

1.1. Geologia

O substrato geológico da região é composto por rochas sedimentares e vulcânicas de idade mesozóica, pertencentes à Bacia do Paraná, juntamente com formações cenozóicas, representadas por depósitos coluvionares e aluvionares antigos e recentes.

As características geológicas da Bacia do Baixo Tietê refletem fundamentalmente a evolução histórica da bacia sedimentar do Paraná. As rochas basálticas formaram-se devido a um intenso vulcanismo que ocorreu no início do período Cretáceo, quando ainda prevaleciam condições desérticas na Bacia do Paraná, acompanhado de perturbações tectônicas que geraram arqueamentos e soerguimento nas suas bordas, associados ao grande número de falhamentos, responsáveis pela estrutura atual da bacia. Posteriormente, durante o Cretáceo Superior, já em clima semi-árido, depositaram-se sobre a seqüência dos derrames basálticos, em ambiente flúvio-lacustre, as seqüências areníticas do Grupo Bauru.

Uma síntese das principais unidades geológicas presentes na UGRHI-19 é relacionada a seguir; entretanto na figura 2 corresponde ao mapa geológico da bacia hidrográfica do baixo Tietê.

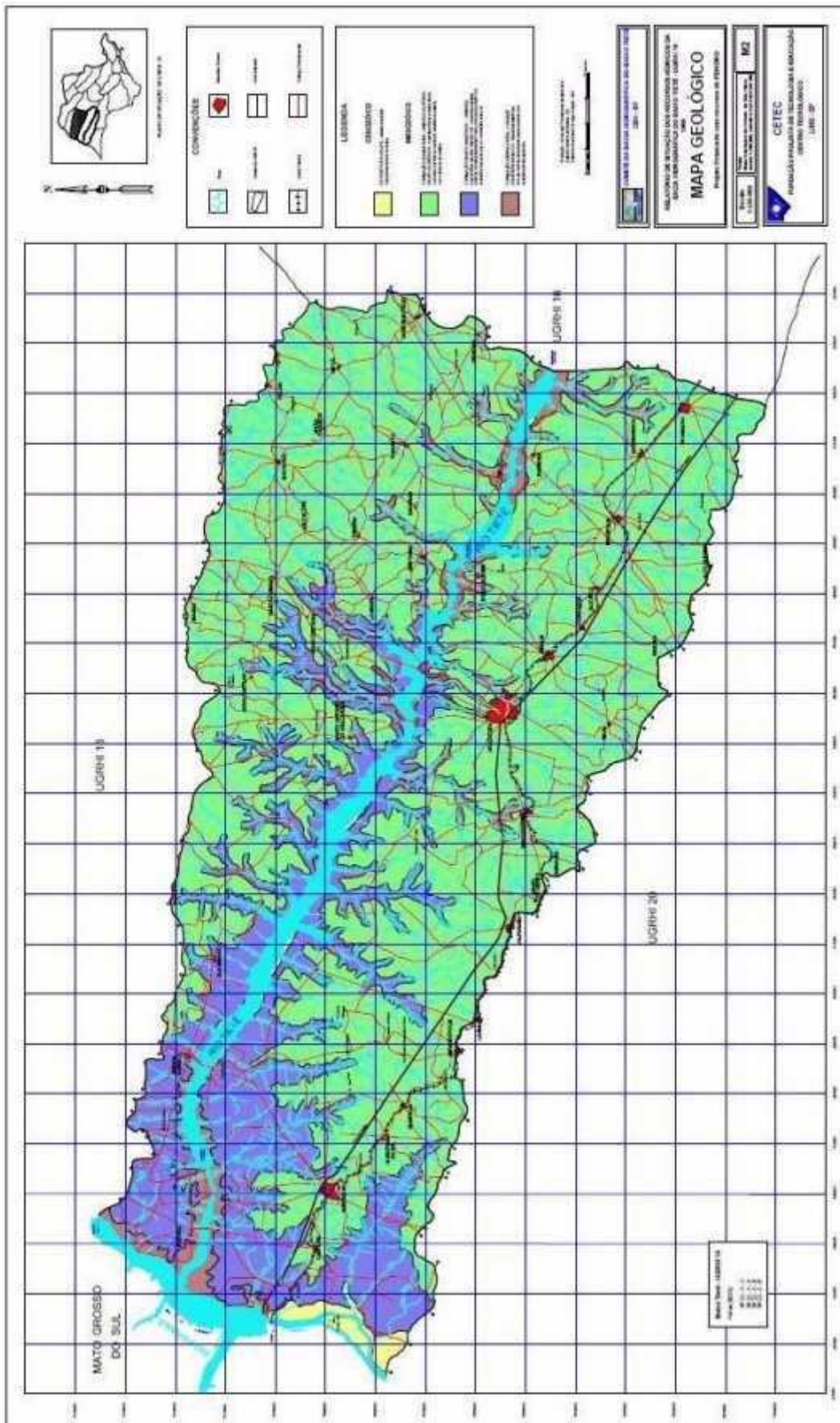


Figura 2. Mapa geológico da UGRHI-19
 Fonte: CBH-BT (2000)

Formação Serra Geral: é composta por um conjunto de rochas basálticas toleíticas, dispostas em camadas sub-horizontais, contendo intercalações de arenitos eólicos, entre os derrames (arenitos intertrapianos). Também podem ocorrer intrusões, associadas à mesma atividades vulcânica, principalmente na forma de diques verticais de composição diabásica, cortando portanto os próprios derrames.

Os basaltos são rochas predominantemente duras e compactas, com textura de granulação muito fina, enquanto que os diabásios muito semelhantes, são diferenciados principalmente pela granulação maior; ambas possuem coloração que varia de cinza escura a preta.

Na área da Bacia do Baixo Tietê a formação Serra Geral aflora ao longo de vales Rio Tietê e na confluência dos seus principais afluentes, além da várzea e entorno do Rio Paraná a partir de Jupia, no sentido montante, até a divisa da bacia. Nestas áreas relativamente planas os basaltos podem ser identificados pela presença de solos diretamente relacionados à rocha (solos de alteração e residuais) vermelho-escuros e argilosos.

Os derrames sucessivos de basaltos tendem a aumentar de espessura para oeste, atingindo maiores valores na região do Rio Paraná. Perfurações profundas realizadas em Presidente Epitácio e Lins, fora da área estudada, registraram valores de 1.532 m e 375 m, respectivamente. Cada derrame, pode por sua vez, ter espessura variável, podendo alcançar espessuras de várias dezenas de metros.

Grupo Bauru: é subdividido em duas formações geológicas: Santo Anastácio e Adamantina, ambas dispostas sobre os basaltos da formação Serra Geral.

As rochas deste grupo foram originadas em um ambiente de sedimentação reconhecidamente continental flúvio-lacustre, o que lhe confere grande descontinuidade nas suas duas unidades geológicas.

A formação Santo Anastácio assenta-se diretamente sobre o embasamento basáltico, formando-se entre estas duas unidades, um contato erosivo ou discordante.

A formação Adamantina, sobreposta à anterior é encontrada predominantemente nas superfícies elevadas dos interflúvios. O contato superior da formação Santo Anastácio com a base da formação Adamantina se dá predominantemente de forma transicional e interdigitada.

As rochas destas duas formações geológicas, constituídas predominantemente por arenitos são em geral brandas, apresentando baixas resistências mecânicas; porém, quando cimentadas esta condição é alterada, passando a ter maiores coerências e resistências.

Formação Santo Anastácio: é constituída por arenitos médios a finos, com menos de 15% de matriz, sendo frequentemente recobertos por película limonítica, responsável pela cor avermelhada, rosada ou amarela da rocha. Os arenitos são geralmente bem selecionados e homogêneos, exibindo localmente cimentação carbonática, responsável pela presença de nódulos e concreções. As estruturas sedimentares são incipientes, constatando-se freqüentemente a ocorrência de bancos maciços com 2 a 3 m de espessura e localizadamente, lentes de lamito marron-avermelhado, com passagem gradual para os arenitos.

As espessuras desta unidade geológica tendem a diminuir no sentido leste, a partir do Rio Paraná, tendo sido constatados valores inferiores a 40 m no vale do Rio Tietê, podendo atingir 80 m no vale do rio Santo Anastácio, fora da área estudada.

São encontradas nas cotas mais baixas ao longo dos Rio Paraná, Tietê e seus afluentes, apresentando maior área de exposição no extremo oeste, próximo ao Rio Paraná.

Formação Adamantina: os sedimentos desta formação compreendem arenitos finos a muito finos que podem conter cimentação e nódulos carbonáticos, além de lentes de siltitos arenosos e argilitos, na forma de bancos maciços. Exibem grande variedade de estruturas sedimentares, caracterizadas pela presença de estratificações plano-paralela e cruzada de pequeno porte. A existência de variações regionais significativas fizeram com que muitos estudiosos dividissem a formação Adamantina em sub-unidades de mapeamento, baseadas em diferenças petrográficas e estruturais.

A formação é a de mais ampla distribuição entre as unidades geológicas encontradas na Bacia do Baixo Tietê, sendo encontrada nos níveis mais elevados do relevo, uma vez que foi totalmente removida pela erosão nos baixos vales dos principais rios.

Suas rochas são em geral pouco alteradas, destacando-se pela coloração bege ou creme, às vezes amarronzada clara, sendo por isto de fácil distinção das demais unidades do Grupo Bauru.

As maiores espessuras são encontradas nos espigões onde chegam a alcançar dezenas de metros, adelgaçando-se nas porções mais erodidas e em direção as regiões leste e nordeste da bacia.

Depósitos Cenozóicos: compreendem essencialmente os depósitos aluvionares e coluvionares com distribuição governada pelos grandes cursos d'água e, os materiais de cobertura "in situ" (solos residuais), resultantes da desintegração das rochas encontradas na região.

Depósitos em várzeas e terraços (aluvionares): constituem os aluviões antigos e recentes encontrados na forma de faixas estreitas e alongadas com altitudes baixas (planícies aluviais e terraços aluviais), encontrados ao longo das calhas dos principais rios. Atualmente a maior parte dessas planícies encontra-se submersas pelos reservatórios das barragens Três Irmãos e Promissão, no Rio Tietê; bem como, no Rio Paraná, pela represa de Jupia e futuramente, foram parcialmente recobertas pelo lago de Porto Primavera.

Os aluviões antigos situados ao longo dos afluentes do Rio Tietê são constituídos predominantemente por cascalheiras, enquanto que os aluviões recentes por areias finas, siltes e camadas de argila, podendo ou não conter camadas de cascalho na base e superficialmente argilas com ou sem matéria orgânica.

Os depósitos de planície antigos do Rio Paraná alcançam espessuras de dezenas de metros, distribuídos em vários níveis de terraços. Os Terraços Superiores são constituídos essencialmente de cascalhos e camadas intercaladas de areias com espessuras que chegam a alcançar 40 m. Os Terraços Intermediários tem composição semelhante à dos superiores, enquanto que o Baixo Terraço - forma deposicional mais característica da planície fluvial do Paraná - é formado predominantemente por areia fina com cascalhos esparsos, apresentando espessuras que chegam a atingir até 10 m. Na Planície de Inundação predominam camadas de areia fina e areia argilosa, passando a argila arenosa, cobertas por camadas superficiais de argila pura.

Os depósitos recentes são constituídos, essencialmente por areias finas e médias, localizadamente grossas, contendo bancos de cascalho encontrados junto as calhas dos Rios Tietê e Paraná, apresentando espessuras de mais de uma dezena de metros.

Depósitos Coluvionares e solos residuais: correspondem aos extensos depósitos de materiais de cobertura inconsolidados, encontrados nas vertentes de rochas tanto sedimentares (Grupo Bauru) como basálticas (formação Serra Geral). Podem ser encontrados também, no sopé das vertentes cobrindo porções de terraços aluvionares. Sua granulometria e composição mineralógica refletem a constituição mineralógica dos solos de alteração das respectivas rochas sotopostas. Quando dispostos sobre os arenitos do Grupo Bauru os depósitos coluvionares tendem a ser francamente arenosos (areias finas e médias) e sob litologias basálticas predominantemente argilosas. Suas espessuras médias oscilam em torno de 8 metros, alcançando maiores valores no sopé das vertentes, onde podem alcançar mais de uma dezena metros, além de possuírem uma linha de seixos, às vezes limonitizadas e/ou constituídas por fragmento de canga que separam tais depósitos dos solos subjacentes.

De um modo geral os solos residuais são encontrados nos topos mais elevados e nas formas de relevo mais arrasadas, enquanto que os colúvios predominam sobre as encostas e rampas vizinhas às principais linhas de drenagem. Na calha dos Rios Tietê e Paraná, os depósitos coluvionares avançam sobre os Terraços Superiores chegando a ocupar porções de calha dos rios, acumulando espessuras que chegam a atingir mais de uma dezena de metros.

1.2. Recursos Minerais

Os recursos minerais da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê compreendem basicamente matérias primas voltadas para a construção civil, tais como argila, areia, cascalho e brita. Outros recursos

minerais como água mineral, argila refratária e areia de fundição, ou mesmo turfa, tendo em vista as características geológicas da região tendem a apresentar menor importância.

Areias, cascalhos e argilas são encontrados em princípio, nas planícies aluviais dos principais cursos d'água, principalmente nos Rios Paraná e Tietê, atualmente, em grande parte cobertas pelos reservatórios das barragens. Existem indicações de áreas potencialmente favoráveis para a exploração de argilas destinadas à produção de materiais cerâmicos, fora das cotas de inundação.

As áreas potenciais para a obtenção da pedra - proveniente de rochas duras de basaltos e diabásios - são encontradas nas áreas de distribuição da formação Serra Geral. A maior parte das pedreiras está localizada próximo às áreas urbanas.

Deve-se destacar ainda, a promissora exploração de água mineral nos municípios de Araçatuba e Santo Antônio do Aracanguá, bem como das águas provenientes de aquíferos confinados, como é o caso das *Thermas da Noroeste*.

1.3. Geomorfologia

Os principais tipos de relevo da região constam no mapa geomorfológico, mostrado na figura 3.

A Província do Planalto Ocidental é caracterizada pela presença de formas de relevo levemente onduladas com longas encostas e baixas declividades, representadas fundamentalmente, por Colinas Amplas e Colinas Médias. Os dois tipos de relevos estão sujeitos ao controle estrutural das camadas sub-horizontais dos arenitos do Grupo Bauru e das rochas efusivas básicas da formação Serra Geral. O subnivelamento do relevo mostra um caimento para oeste, em direção à calha do Rio Paraná, formando uma extensa plataforma estrutural suavizada, com cotas topográficas que oscilam próximo a 500 m. No âmbito da Bacia do Alto Tietê, os pontos mais altos da bacia, situados nos seus divisores limites, chegam a alcançar mais de 560 m e na foz do Ribeirão do Moinho, próximo a Ilha Comprida, 264 m de altitude.

A região apresenta relação entre número de rios ou cursos d'água e a área ocupada pela bacia hidrográfica ou densidade de drenagem baixa, embora possam ser encontradas variações locais, de acordo com os tipos de sistemas de relevo presentes na província ou mesmo, dentro de cada um dos sistemas de relevo. É o caso das áreas de cabeceiras de drenagem que tendem a apresentar densidade de drenagem maior, podendo atingir padrões médios e altos, assim como as Colinas Amplas em áreas sedimentares registram densidades de drenagem maiores do que as desenvolvidas sobre as rochas basálticas.

Caracterizam a Província também, a baixa intensidade de dissecação ou denudação das formas de relevo, pelo efeito dos processos erosivos e a presença de vales pouco entalhados.

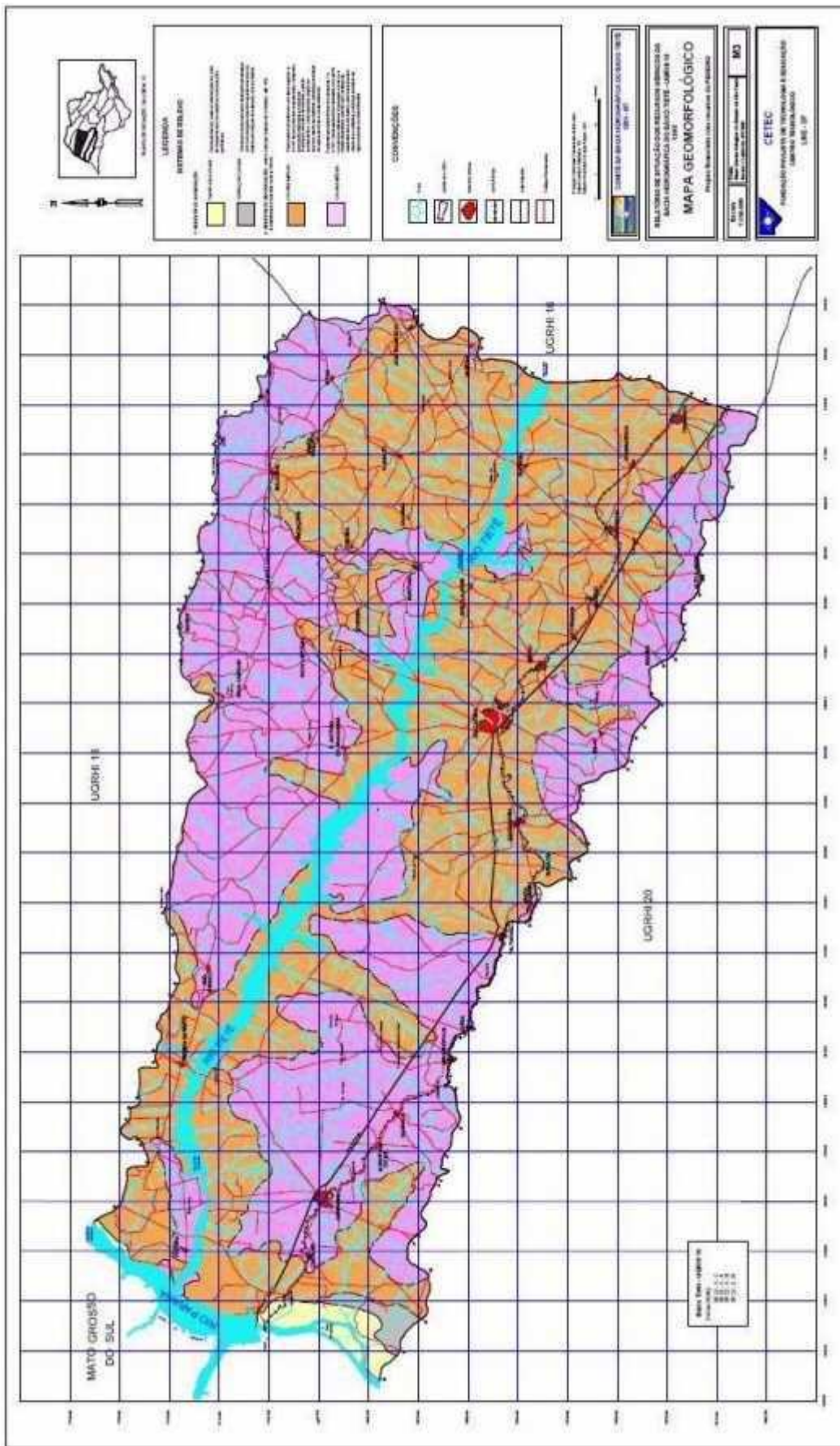


Figura 3. Mapa geomorfológico da UGRHI-19
 Fonte: CBH-BT (2000)

As formas de relevo suavizadas da Bacia do Baixo Tietê são representadas Planaltos Dissecados compostos por Colinas Amplas e Colinas Médias e formas de agradação constituídas por Planícies Aluviais e Terraços Fluviais.

As Colinas Amplas constituem formas de relevo subniveladas de grandes dimensões (predominam inteflúvios com áreas acima de 4 Km²), perfil de vertente retilíneo à convexo e topos aplainados. Destacam-se ainda pela presença de drenagem com padrão subdendrítico, densidade muito baixa, vales erosivos abertos e planícies aluviais interiores estreitas.

As Colinas Médias constituem formas de relevo também subniveladas, com topos aplainados e perfil de vertente retilíneo à convexo, porém, com interflúvios menores (áreas entre 1 e 4 Km²) e densidade de drenagem relativamente maior (média à baixa).

As Colinas Médias ocupam uma porção de área um pouco menor, comparada com a distribuição das Colinas Amplas, sendo encontradas preferencialmente nos divisores de água limites do Baixo Tietê com as bacias vizinhas.

As Planícies Aluviais constituem os terrenos baixos sujeitos periodicamente à inundações e os Terraços Fluviais compreendem os terrenos horizontais ou levemente inclinados, não inundáveis, alçados em relação às várzeas. Os dois sistemas de relevo são encontrados junto aos principais cursos d'água, destacado-se especialmente a Planície Fluvial do Rio Paraná pela sua dimensão e pela presença de feições deposicionais típicas de uma dinâmica fluvial intensa.

No Rio Paraná a Planície Aluvial inclui a planície de inundação e os baixos terraços elevados a poucos metros acima do nível do rio. A planície caracteriza-se pela ocorrência de extensos baixios, alagadiços, lagoas, canais abandonados, diques marginais, barras e ilhas arenosas gerados num padrão típico de canais entrelaçados. A planície possui maior exposição à jusante da Usina de Jupuí, especialmente na confluência do Ribeirão do Moinho (Ilha comprida), onde chega a alcançar cerca mais de 1,5 Km.

Os Terraços Fluviais do Paraná compreendem três patamares planos ou levemente inclinados, elevados acima do nível do rio (um Terraço Superior e dois níveis de Terraços Intermediários), mais desenvolvidos também na foz dos seus maiores afluentes.

1.4. Pedologia

As principais classes de solos existentes na região, mostradas no mapa pedológico da figura 4, são: a) solos com B textural (Solos podzolizados de Lins e Marília – variedade Lins; e solos podzolizados de Lins e Marília – variedade Marília); b) solos com B Latossólico (Latosol vermelho – escuro – fase arenosa; e Latosol roxo). Trata-se de solos que apresentam horizontes diagnósticos com as características descritas a seguir.

Solos com Horizonte B Textural: horizonte mineral subsuperficial que possui incremento de argila, desde que não exclusivamente por descontinuidade litológica; ou seja o conteúdo de argila do horizonte B textural é sempre superior ao do horizonte A e, pode ou não, ser maior do que o horizonte C. Os solos com horizonte B textural são bem drenados, sem influência de salinização. São solos que geralmente são subdivididos em sub-horizontes e as características morfológicas que mais contribuem para a diferenciação desses sub-horizontes são a estrutura, textura e cerosidade. A transição entres os sub-horizontes é gradual com presença de feições claras ou difusas.

Solos com Horizonte B Latossólico: horizonte mineral subsuperficial, que apresenta um estágio avançado de intemperismo, caracterizado pela quase total ausência de minerais facilmente intemperizáveis e/ou de minerais de argila 2:1 e pela concentração residual de sesquióxidos, argila do tipo 1:1, bem como minerais primários resistentes ao intemperismo. A textura deve ficar mais fina que areia franca e a razão silte/argila inferior a 0,7. Os solos com Horizonte B Latossólico possuem perfil A, B e C e a transição é normalmente difusa ou gradual, podendo ser clara ou abrupta na presença de um sub-horizonte. A diferenciação entre o A e o B normalmente não é muito nítida, devido a presença de subhorizontes A3 e B1. A transição entre o B e o C pode ser difusa, gradual ou clara.

1.- Solos podzolizados de Lins e Marília - variedade Lins: esta unidade é constituída por solos com profundidades variáveis entre 2 e 3 metros, além de bem drenados, arenosos com transições graduais e claras, entre o horizonte A e B. São encontrados em relevos, em geral, ondulados a suavemente ondulados.



Figura 4. Mapa pedológico da UGRHI-19
 Fonte: CBH-BT (2000)

2.- *Solos podzolizados de Lins e Marília – variedade Marília*: unidade formada por solos pouco mais rasos do que a variedade Lins e, de um modo geral, com a mesma seqüência de horizontes. A transição do A para o B é clara ou abrupta, ou seja, a passagem entre os horizontes (A e B) é mais acentuada do que o tipo Lins. Apresentam ainda forte tendência de formação de horizontes com partículas mais finas do solo.

3.- *Latosol vermelho – escuro*: compreendem solos minerais não hidromórficos com horizonte B latossólico, diferenciando-se dos solos da classe Latossolo Vermelho-Amarelo por apresentarem teores mais elevados de Fe₂O₃ e conseqüentemente cores mais avermelhadas. São solos profundos, acentuadamente drenados, com pouca diferenciação entre os horizontes e textura predominantemente argilosa. Por apresentarem boas características físicas para o desenvolvimento de raízes e relevo satisfatório à mecanização, são limitados quase que exclusivamente pela baixa fertilidade natural e o seu aproveitamento racional requer adubações e calagens. São considerados de boa resistência à erosão do tipo superficial (laminar), em razão de suas propriedades intrínsecas.

4.- *Latossolo roxo*: constituem os solos minerais acentuadamente drenados, profundos a muito profundos, com seqüência de horizontes A, B e C e presença de horizonte A geralmente moderado sobre um horizonte B do tipo latossólico. Apresenta ainda textura argilosa, cores vermelho-escuras e teores de óxido de ferro superiores a 18%.

Estão relacionados a pequenas ocorrências de basaltos da formação Serra Geral que afloram nos vales dos principais cursos d'água (trecho do Rio Paraná e seus afluentes, além do Tietê, próximo à desembocadura).

1.5. Potencial Agrícola

Os solos na Bacia do Baixo Tietê constituem um recurso natural de importância estratégica, tanto do ponto de vista econômico como social e ambiental, além de serem responsáveis como suporte básico para o processo de ocupação. A região constituiu uma das últimas fronteiras de expansão agropecuária do Estado de São Paulo tendo atualmente como atividades mais significativas a pecuária de corte e a cana-de-açúcar, uma vez que a cafeicultura e o algodão perderam importância nos últimos anos. Estas duas últimas culturas exerceram grande influência nos processos de degradação dos solos em vastas áreas da região. Mesmo a pecuária quando realizada com manejo inadequado de pastagens e dos animais contribuiu para a formação de processos erosivos e assoreamento dos cursos d'água, embora a pecuária de corte, predominante na região, passou a ser considerada como uma alternativa para recuperação progressiva dos solos.

Em termos de potencialidade agrícola, as melhores terras são encontradas nos terraços intermediários que margeiam a planície do Rio Paraná e do Rio Tietê, constituídas por solos Podzolizados de Lins e Marília, não representados na Planta Pedológica, tendo em vista a pequena área. Cabe destacar que independente do tipo de solo, os terraços dos principais cursos d'água possuem características morfológicas favoráveis ao aproveitamento agrícola.

Segue em importância os Latossolo Roxo, relacionados a pequenas ocorrências de basaltos da formação Serra Geral, também encontrados próximo a calha de cursos d'água. Constituem solos bastante férteis, com fraca propensão aos processos erosivos, além de serem encontrados em áreas de relevo levemente ondulado, apresentando, portanto, também, as melhores condições para o uso agrícola.

Os solos Podzólicos de Lins e Marília encontrados nas áreas de encostas de colinas possuem fertilidade natural média e boa potencialidade agro-pastoril. A sua maior limitação é a elevada suscetibilidade à erosão.

Os solos do tipo Latossolo vermelho-escuro, com maior área de ocorrência na bacia, apresentam baixa fertilidade natural e boa resistência à erosão laminar, além de baixa capacidade de retenção de umidade, sendo utilizados principalmente como pastagens e em culturas de cana-de-açúcar, café, citrus e milho.

Conclui-se, portanto que na Bacia do Baixo Tietê são encontradas pequenas extensões de terra férteis favoráveis ao cultivo de lavouras de ciclo curto. A maior parte das terras possuem limitações em relação a fertilidade e média suscetibilidade à erosão e os solos encontram-se atualmente em estágio avançado de degradação.

1.6. Hidrometeorologia

Pela sua posição geográfica, a UGRHI do Baixo Tietê encontra-se sob a influência das massas de ar Tropical Continental e Polar Antártica.

A massa de ar Tropical Continental participa da circulação regional, principalmente no verão. É seca e quente, originária das planícies interiores do continente. Por outro lado, a massa de ar Polar Antártica, proveniente das altas latitudes, é fria e úmida. Embora ativa durante o ano todo, é no inverno que predomina, causando grandes quedas de temperatura.

O regime pluviométrico é tropical típico, com um período chuvoso, iniciando em outubro e findando em abril, e um período de estiagem, de maio a setembro, cujos totais anuais variam entre 1.000 mm e 1.300 mm.

O regime térmico apresenta características tropicais. O inverno, quando a atividade da massa de ar Polar é mais intensa, é geralmente úmido, com quedas de temperatura. Julho é o mês mais frio na UGRHI com temperaturas entre 14°C e 22°C nos períodos em que a atuação da massa Tropical Atlântica é mais intensa, o inverno é ameno com chuvas raras.

O verão, geralmente sob influência da massa Tropical Atlântica, é quente e úmido, com chuvas fortes. Os valores de temperatura média oscilam entre 24°C e 30°C, observando-se que nas áreas mais elevadas os valores são menores.

1.7. Biodiversidade

A UGRHI-19 se caracteriza como área pobre em vegetação natural, que é constituída por pequenas e raras manchas de Mata Atlântica, capoeiras e cerrado, significando menos de 5% do território da Bacia. Na Bacia está localizada a Reserva Biológica de Andradina que é administrada pelo Instituto de Zootecnia da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Também se encontram alguns parques ecológicos municipais, como o Parque Ecológico Municipal de Araçatuba e o Parque Ecológico Municipal de Guararapes, além de viveiros de mudas, como a Flora Tietê e o Viveiro de Mudas Nativas da antiga CESP

Animais como o sauá (pequeno primata ameaçado de extinção), o veado-catingueiro, o macaco-prego, o bugio, o tamanduá-mirim, a seriema, a maritaca e o tucano-azul, são encontrados na reserva. Essa região do Estado conta com 22 (vinte e duas) famílias e 166 (cento e sessenta e seis) espécies de peixes. Entre as espécies de porte médio a grande, destacam-se os curimatás, piaparas, pintados e jaús e são muitas as espécies de pequeno porte.

A pomba-avoante *Zenaida auriculata* cuja população cresceu muito pelos desmatamentos e implantação de monoculturas como o milho, soja e a cana-de-açúcar é um problema econômico no Vale do Rio Paraná.

2. ALTERNATIVAS DE MANANCIAS SUPERFICIAIS SELECIONADAS

Neste estudo, foram selecionadas três alternativas, descritas a seguir:

Alternativa I: contempla a captação de água unicamente no ribeirão Lajeado, na seção da atual captação do DAEP. Então, este estudo avaliará as disponibilidade e demandas dos recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do ribeirão Lajeado na seção citada, para verificar a viabilidade, ou não, de uma segunda captação complementar à atual para atender a demanda futura da cidade de Penápolis.

Destaca-se que a atual captação de água do DAEP para abastecimento à população da cidade de Penápolis está localizada no ribeirão Lajeado na seção de coordenadas UTM {597800m E; 7629330m S}, que drena uma área de 112 km².

Alternativa II: contempla a captação de água unicamente no ribeirão Lajeado, na seção da atual captação do DAEP, e uma captação complementar na seção de coordenadas UTM (599082m E; 7632019m S) localizada imediatamente à jusante da confluência do ribeirão Lajeado com o

córrego (sem nome) que resulta de confluência dos córregos Urutagua e Bairro Morada, que drena uma área de 135,36 km².

Alternativa III: foi identificado o ribeirão Bonito como possível manancial alternativo para abastecimento à população da cidade de Penápolis, assim será avaliada a disponibilidade hídrica do ribeirão Bonito, na seção de coordenadas UTM {588417m E; 7633621m S} que drena uma área de 285,28 km².

A figura 5 mostra uma imagem das áreas de drenagem das três alternativas consideradas.

3. ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL

Como o objetivo é estimar a disponibilidade hídrica superficial para atender uma determinada demanda para abastecimento, é necessário verificar se a vazão a ser captada é menor que a descarga mínima para um dado período de retorno (captação a fio de água). Caso a demanda seja maior que a mínima e menor que a média de longo período, seria preciso avaliar qual o volume de armazenamento necessário para atender essa demanda, associado a um determinado risco de não atendimento em um ano qualquer; mas não será considerada nesta avaliação esta segunda alternativa.



Figura 5. Bacias hidrográficas consideradas nas alternativas I, II e III.

Fonte: Composição de imagens Spot (22/07/2003, 03/06/06 e 16/06/2006) obtida de Google Earth.

Na UGRHI-19 do Baixo Tietê, até a confluência com o Rio Paraná, tem-se 23 postos fluviométricos, mas em apenas cinco dessas estações há disponibilidade de dados (valores de nível d'água, vazões médias diárias e de resumo de medições de descarga líquida). As estações fluviométricas que apresentam dados pertencem ao DAEE e à ANEEL, estando disponíveis no Banco de Dados Fluviométricos do Estado de São Paulo, publicado pelo DAEE/SRHSO atualizado até 1997, e no arquivo de dados fluviométricos da ANEEL do Ministério de Minas e Energia.

Contudo, verifica-se a inexistência de postos fluviométricos na sub-bacia do ribeirão Lajeado (identificada com o código 800 pelo DAEE). Nesse caso, é necessário aplicar técnicas que permitam a transferência de informações de outros locais com dados para a bacia hidrográfica em questão. Uma das técnicas de transferência de informações comumente empregada é a

regionalização hidrológica, técnica esta que pode fornecer estimativas razoáveis quando aplicada com critério, porém a confirmação da precisão dessas estimativas só pode ser feita com o confronto direto com dados medidos.

Então, nesta avaliação adotou-se o modelo proposto por DAEE (1999) para a Regionalização Hidrológica no Estado de São Paulo. Para elaborar o modelo de regionalização, o estudo do DAEE baseou-se em: a) nos totais anuais precipitados em 444 postos pluviométricos do estado de São Paulo, o que permitiu a elaboração da carta de isoietas médias anuais; b) nas séries de vazões mensais observadas em 219 estações fluviométricas; e c) nas séries de vazões diárias de 88 postos fluviométricos.

A análise conjunta dos parâmetros estudados para a obtenção das variáveis hidrológicas de interesse possibilitou identificar 21 regiões hidrológicamente homogêneas no estado de São Paulo, conforme mostrado na figura 6. Pode-se observar nessa figura que a bacia hidrográfica do ribeirão Lajeado, assim como a do ribeirão Bonito, ambas constituintes da bacia hidrográfica do baixo Tietê, estão localizadas na região T.

A seguir se apresenta de forma resumida o equacionamento do modelo de regionalização do DAEE (1999).

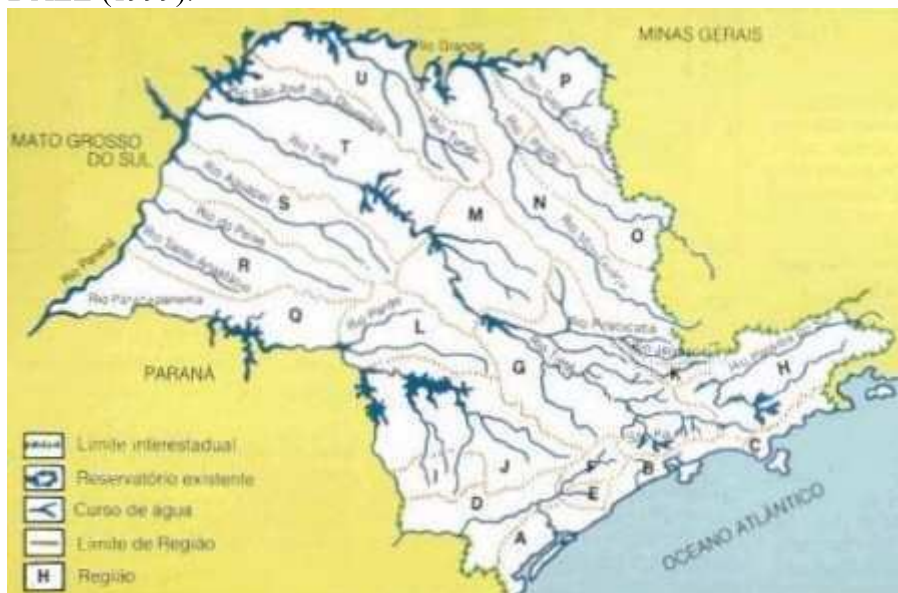


Figura 6. Regiões hidrologicamente homogêneas para o estado de São Paulo.

Fonte: Adaptado de Revista Águas e Energia Elétrica, ano 5 - nº 14.

3.1. Vazão média de longo período:

O modelo de regionalização Hidrológica no Estado de São Paulo estabelece uma relação linear entre a descarga específica e a precipitação média em uma bacia hidrográfica, expressa pela seguinte equação:

$$Q_{esp} = a + b.P \quad (1)$$

onde: Q_{esp} é a descarga específica média plurianual ($l/s/km^2$); a e b são parâmetros regionais; e P é a precipitação média anual (mm/ano) da bacia, calculada pelo métodos das isoietas.

Para o caso das bacias de interesse, localizadas na região "T", a equação para a estimativa da vazão específica media plurianual é:

$$Q_{esp} = -4,62 + 0,0098.P \quad (r^2=0,86) \quad (2)$$

A vazão média de longo período, calculada através da seguinte relação:

$$Q_{LP} = Q_{esp} \cdot AD \quad (3)$$

sendo Q_{LP} é a descarga média de longo período (l/s); Q_{esp} é a vazão específica média plurianual ($l/s/km^2$); e AD é a área de drenagem (km^2).

3.2. Vazão mínima para sete dias de duração e tempo de retorno T:

Para o cálculo da vazão mínima de sete dias consecutivos para o período de retorno de T anos, utiliza-se a seguinte expressão:

$$Q_{7,T} = C \cdot X_T \cdot (A + B) \cdot Q_{LP} \quad (4)$$

onde: $Q_{7,1}$ é a vazão mínima de 7 dias para 10 anos de retorno (l/s); A, B e C são parâmetros regionais; X_T é o valor relativo à probabilidade de sucesso para T anos de tempo de retorno; e Q_{LP} é a vazão média de longo período (l/s).

Para o caso das bacias de interesse, localizadas na região “T”, a equação para a estimativa da vazão mínima com sete dias de duração e período de retorno T é:

$$Q_{7,T} = 0,80 \cdot X_T \cdot (0,4119 + 0,0295) \cdot Q_{LP} \quad (5)$$

Para a definição do valor do parâmetro C foram definidas áreas consideradas homogêneas, como mostrado na figura 7, devendo escolher a região Y para as bacias de interesse. Os valores de X_T para as bacias de interesse (região T) são os apresentados na tabela 1.



Figura 7. Regiões homogêneas quanto ao parâmetro C.

Fonte: Adaptado de Revista Águas e Energia Elétrica, ano 5 - nº 14.

3.3. Vazão mínima de duração d e período de retorno T:

No modelo de regionalização do DAEE a estimativa da vazão mínima com d meses consecutivos de duração e período de retorno T é feita com a seguinte equação.

$$Q_{d,T} = X_T \cdot Q_{LP} \cdot (A + B \cdot d) \quad (6)$$

onde: $Q_{d,T}$ é a vazão mínima com duração d e tempo de retorno T (m^3/s); A e B são parâmetros regionais; X_T é o valor relativo à probabilidade de sucesso para T anos de tempo de retorno; d é a duração (meses); e Q_{LP} é a vazão média de longo período (l/s).

A equação (6) para a região de interesse é:

$$Q_{d,T} = X_T \cdot Q_{LP} \cdot (0,4119 + 0,0295 \cdot d) \quad (7)$$

Tabela 1. Valores de X_T para a região hidrologicamente homogênea “T”

Tempo de retornos (anos)					
10	15	20	25	50	100
0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546

Fonte: DAEE (1999)

3.4. Curva de Permanência:

A construção da curva de permanência das vazões médias mensais é feita com a equação que segue.

$$Q(p) = q(p) \cdot Q_{LP} \quad (8)$$

Onde $Q(p)$ é a vazão média mensal com permanência p (m^3/s); $q(p)$ é a frequência acumulada; e Q_{LP} é a vazão média anual plurianual (m^3/s). Os valores de $q(p)$ são obtidos da tabela 2.

Tabela 2. Valores de $q(p)$.

Frequência acumulada (%)															
5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	80	85	90	95	100
2,471	2,156	1,751	1,468	1,324	1,109	0,880	0,781	0,674	0,581	0,517	0,481	0,429	0,380	0,316	0,240

Fonte: DAEE (1999)

3.5. Resultados

3.5.1. ALTERNATIVA I - Bacia ribeirão Lajeado (seção captação Penápolis)

Vazão média plurianual: 0,801 m^3/s

Vazão específica média plurianual: 7,15 l/s

Tabela 3. Curva de permanência ribeirão Lajeado (seção captação Penápolis).

Tempo (%)	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	80	85	90	95	100
Q (m^3/s)	1,978	1,726	1,402	1,175	1,060	0,888	0,705	0,625	0,540	0,465	0,414	0,385	0,343	0,304	0,253	0,193

Tabela 4. Vazão mínima com duração d e tempo de retorno T ribeirão Lajeado (seção captação Penápolis).

T (anos)	Duração "d" (meses)					
	1	2	3	4	5	6
10	0,234	0,249	0,265	0,280	0,296	0,312
15	0,222	0,237	0,252	0,267	0,282	0,297
20	0,216	0,230	0,244	0,259	0,273	0,288
25	0,211	0,225	0,240	0,254	0,268	0,282
50	0,201	0,214	0,228	0,241	0,254	0,268
100	0,193	0,206	0,219	0,232	0,245	0,257

Tabela 5. Vazão mínima com sete dias de duração e tempo de retorno T ribeirão Lajeado (seção captação Penápolis).

T (anos)	10	15	20	25	50	100
Q (m^3/s)	0,187	0,178	0,172	0,169	0,161	0,154

3.5.2. ALTERNATIVA II - Bacia ribeirão Lajeado (seção à jusante da atual captação)

Vazão média plurianual: 0,968 m^3/s

Vazão específica média plurianual: 7,15 l/s

Tabela 6. Curva de permanência ribeirão Lajeado (seção à jusante).

Tempo (%)	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	80	85	90	95	100
Q (m^3/s)	2,391	2,086	1,694	1,420	1,281	1,073	0,851	0,756	0,652	0,562	0,500	0,465	0,415	0,368	0,306	0,233

Tabela 7. Vazão mínima com duração d e tempo de retorno T ribeirão Lajeado (seção à jusante).

T (anos)	Duração "d" (meses)					
	1	2	3	4	5	6
10	0,282	0,301	0,320	0,339	0,358	0,377
15	0,269	0,287	0,305	0,322	0,340	0,358
20	0,261	0,278	0,295	0,313	0,330	0,348
25	0,255	0,272	0,290	0,307	0,324	0,341
50	0,243	0,259	0,275	0,291	0,307	0,324
100	0,233	0,249	0,264	0,280	0,296	0,311

Tabela 8. Vazão mínima com sete dias de duração e tempo de retorno T ribeirão Lajeado (seção à jusante).

T (anos)	10	15	20	25	50	100
Q (m ³ /s)	0,226	0,215	0,208	0,204	0,194	0,187

3.5.3. ALTERNATIVA III - Bacia ribeirão Bonito (seção futura captação Penápolis)

Vazão média plurianual: 2,039 m³/s

Vazão específica média plurianual: 7,15 l/s

Tabela 9. Curva de permanência ribeirão Bonito.

Tempo (%)	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	80	85	90	95	100
Q (m ³ /s)	5,039	4,396	3,571	2,994	2,700	2,261	1,794	1,593	1,374	1,185	1,054	0,981	0,875	0,775	0,644	0,491

Tabela 10. Vazão mínima com duração d e tempo de retorno T ribeirão Bonito.

T (anos)	Duração "d" (meses)					
	1	2	3	4	5	6
10	0,595	0,635	0,674	0,714	0,754	0,794
15	0,566	0,604	0,642	0,680	0,718	0,755
20	0,549	0,586	0,622	0,659	0,696	0,733
25	0,538	0,574	0,610	0,646	0,682	0,718
50	0,511	0,545	0,580	0,614	0,648	0,682
100	0,491	0,524	0,557	0,590	0,623	0,656

Tabela 11. Vazão mínima com sete dias de duração e tempo de retorno T ribeirão Bonito.

T (anos)	10	15	20	25	50	100
Q (m ³ /s)	0,476	0,453	0,439	0,431	0,409	0,393

3.6. Observações a respeito do modelo de regionalização

Os modelos de regionalização de vazões são obtidos, em geral, por análise estatística mais precisamente por meio de modelos de regressão linear entre as variáveis mais importantes que fazem parte do processo de transformação de chuva em vazão (tais como precipitação e escoamento) e não representam necessariamente uma relação causa-efeito. Contemplam apenas aspectos gerais do comportamento hidrológico das bacias hidrográficas, de modo que as estimativas por eles geradas estão sujeitas a erros de magnitude variada.

Como nas sub-bacias dos ribeirões Lajeado e Bonito não há qualquer registro de vazões não houve alternativa que não seja a adoção do modelo de regionalização de vazões. Para ter pelo menos uma noção qualitativa da precisão dos resultados fornecidos pelo modelo adotado a seguir é feita uma comparação entre os resultados do modelo e os valores reais observados em campo. Para tanto foram consideradas dois postos fluviométricos (7C-003 e 7C-014) e um posto pluviométrico (C7-009) localizados na sub-bacia do rio Araçatuba que pertence à mesma região hidrológica que as duas sub-bacias objetos de estudo.

Embora o modelo de regionalização de vazões médias plurianuais de longo período (equação 2) apresenta um alto coeficiente de correlação ($r^2=0,86$) quando o modelo é utilizado com valores anuais (figuras 8 e 9) a dispersão é significativa, mostrando que não consegue reproduzir as variações locais da vazão, apenas o comportamento genérico da bacia do baixo Tietê como um todo.

Nas figuras 10 e 11 verifica-se que o modelo de regionalização apresenta uma tendência de subestimar a vazão média plurianual de longo período, em 31,5% para o posto 7C-003 (que drena uma área de 65.256 km², e em 12,7% para o posto 7C-014 (que drena uma área de 453 km²). Além disso, observa-se uma certa anomalia no posto 7C-003 (figura 10) já que a vazão média plurianual de longo período estimada pelo modelo de regionalização é inferior à vazão média mensal estimada com dados observados em todos os meses, inclusive no período crítico de estiagem.

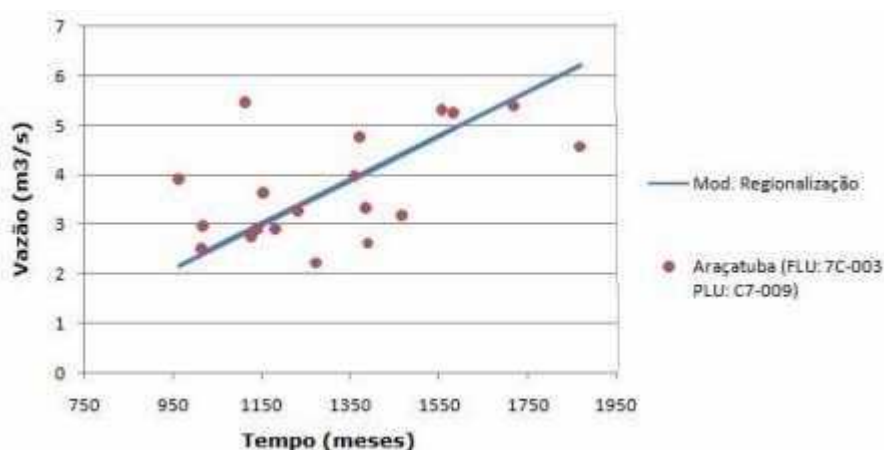


Figura 8. Previsão do modelo de regionalização e dados observados (Posto 7C-003)

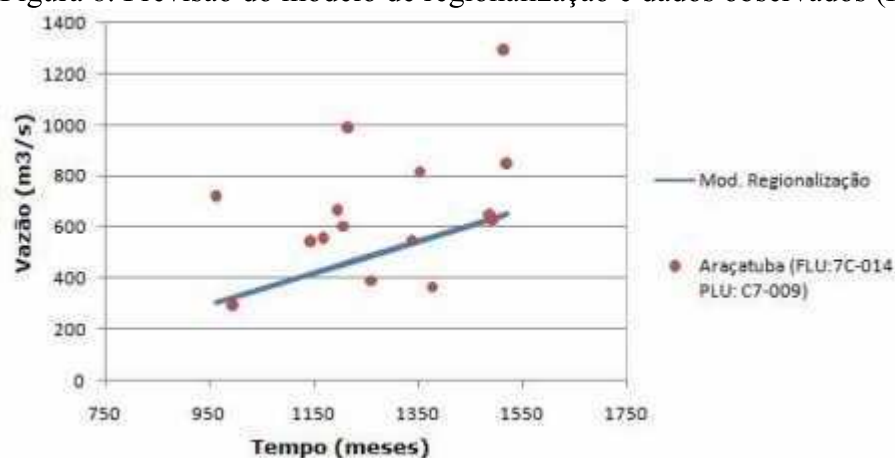


Figura 9. Previsão do modelo de regionalização e dados observados (Posto 7C-014)

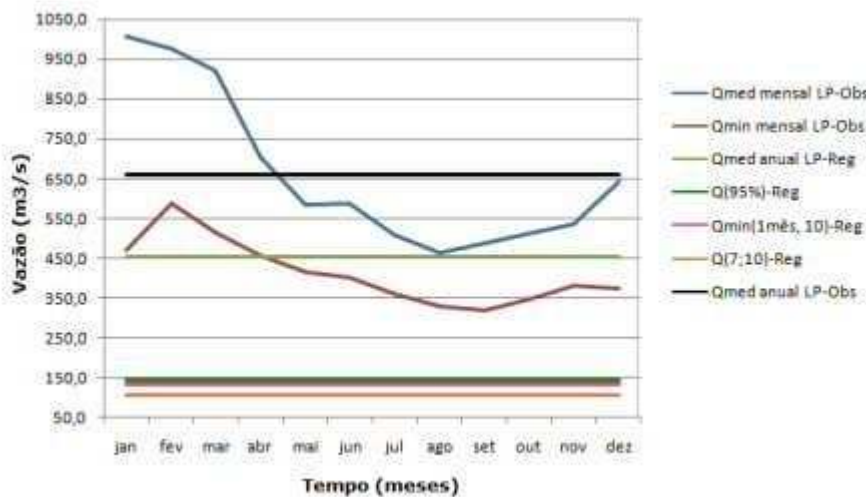


Figura 10. Vazões de referência para o Posto 7C-003.

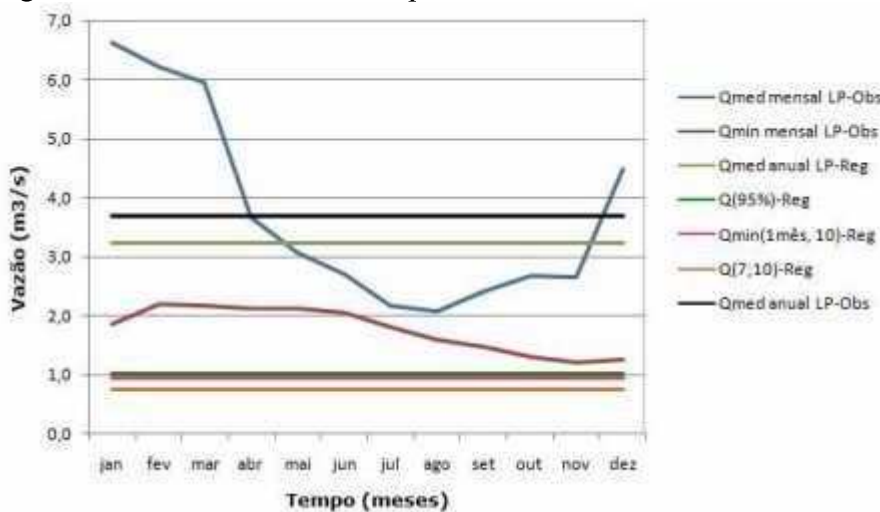


Figura 11. Vazões de referência para o Posto 7C-014.

Conclui-se, então, que os resultados obtidos com o modelo de regionalização de vazões devem ser considerados apenas como indicativos da ordem de magnitude das vazões e não como valores confiáveis, motivo pelo qual urge a necessidade de se iniciar um processo de monitoramento hidrológico para possibilitar no futuro, estimativas mais precisas.

4. ESTIMATIVA DAS DEMANDAS DE ÁGUA SUPERFICIAL

Com o intuito de fornecer mais subsídios na análise da viabilidade, ou não, do aproveitamento dos recursos hídricos superficiais do ribeirão Bonito como manancial de abastecimento à população de Penápolis, é feita a continuação de uma estimativa das demandas de água superficial na citada bacia hidrográfica.

Um aspecto que merece destaque é o que diz respeito da escassez de informações precisas sobre usos e demandas de recursos hídricos superficiais. Para suprir esta deficiência será estimada a demanda específica (por unidade de área) com base nos dados disponíveis para a bacia do ribeirão Lajeado, para finalmente com base na área de bacia do ribeirão Bonito estimar as demandas absolutas.

No Relatório Zero “Situação dos Recursos Hídricos do Baixo Tietê UGRHI-19” as demandas de água de fontes superficiais na bacia hidrográfica do baixo Tietê foram estimadas, para o ano de 1999, como 1,48 m³/s, 0,86 m³/s, e 9,8 m³/s, para o setor industrial, abastecimento à população urbana, e para irrigação, respectivamente. No mesmo relatório são apresentadas as demandas

para a sub-bacia do ribeirão Lajeado, sendo elas 0,060 m³/s, 0,127 m³/s, e 1,036 m³/s, para o setor industrial (incluindo a demanda da aqüicultura), abastecimento à população e para irrigação, respectivamente.

É importante notar que a totalidade da demanda de água superficial para abastecimento à população corresponde à demanda urbana do município de Penápolis, não havendo outra captação superficial importante para abastecimento à população. Segundo o Relatório Zero, na sub-bacia do rio Lajeado estão localizadas as sedes dos municípios de Alto Alegre, Braúna, Barbosa, Glicério e Penápolis, dos quais apenas Penápolis e Barbosa têm captação superficial, mas a captação de Barbosa é feita numa outra bacia hidrográfica (a do ribeirão São Gerónimo). Os demais municípios são abastecidos com água subterrânea.

Também, com base no relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo (Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 1999) verifica-se que a demanda para abastecimento à população rural representa apenas 0,85 % da demanda total para abastecimento.

Apesar dos relatórios Zero e de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo apresentar demandas globais (ligeiramente diferentes, mas da mesma ordem de grandeza), não há qualquer estimativa das taxas de crescimento das demandas por setor. Deste modo, para atualizar essas demandas do setor industrial e da irrigação foram usadas taxas médias anuais de crescimentos estimadas com base em dados apresentados no PERH (2004) para a bacia hidrográfica do baixo Tietê (UGRHI-19). Trata-se sem dúvidas numa estimativa aproximada, em função da não uniformidade do desenvolvimento da indústria e da irrigação na bacia, mas diante da escassez de dados e do caráter preliminar do estudo a mesma pode ser considerada aceitável.

A equação utilizada para calcular a taxa média anual de crescimento da demanda de água superficial para o setor industrial e a irrigação é:

$$i = \left(\frac{D_t}{D_{t-n}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (9)$$

Onde i representa a taxa média anual de crescimento; n o período em anos; D_t a demanda no ano t ; e D_{t-n} a demanda no ano $t-n$.

Segundo o PERH (2004) as demandas por recursos hídricos superficiais na bacia hidrográfica do baixo Tietê representavam à época 2,57 m³/s para o setor industrial e 14,02 m³/s para a irrigação; e as previsões para o ano de 2007 são de 2,00 m³/s para o setor industrial e 15,52 m³/s para irrigação. Com base nesses dados as taxas médias anuais de crescimento das demandas seriam de 3,26 e 3,44 para a indústria e irrigação, respectivamente.

Admitindo que essas taxas médias anuais estimadas para a bacia do baixo Tietê sejam, também, observadas nas sub-bacias dos ribeirões Lajeado e Bonito, foram estimadas as demandas para esses dois setores de consumo nessas duas sub-bacias (tabela 12).

Para a estimativa das demandas de água para abastecimento à população urbana foi adotada outra metodologia em função da disponibilidade de dados mais confiáveis. Como existem dados de população obtidos em diversos censos do IBGE, e o DAEP dispõe de estimativas confiáveis de consumo per capita, a demanda de água para abastecimento urbano para o ano de 2007 e as projeções futuras foram calculadas com a seguinte equação:

$$Q_{urb}(t) = \left\{ k_1 \cdot \frac{1}{1-k_2} \cdot q \cdot P(t) / 86400 \right\} \cdot \frac{24}{N} \quad (10)$$

Onde $Q_{urb}(t)$ é a vazão (l/s) de captação necessária para garantir um consumo per capita q (l/hab.dia) no ano t ; $P(t)$ é a população urbana (número de habitantes) para o ano t ; k_1 é a relação entre o consumo do dia de maior demanda no ano e o consumo médio diário (normalmente variando entre 1,2 e 1,5); k_2 é um coeficiente que representa as perdas de água no sistema; e N é o número de horas de bombeamento por dia.

Assim, nas estimativas das demandas para consumo urbano foram adotados os seguintes valores: $k_1=1,4$; $k_2=28\%$; $q=230$ l/hab.dia; $P(2007) = 55.865$ habitantes; $P(2045) = 87.938$ habitantes; e $N=18$ horas. Observa-se que o valor de $P(2007)$ corresponde à quantificação feita pelo IBGE no

censo de 2007, enquanto que o valor de P(2045) foi obtido a partir da população de 2007 e a taxa de crescimento estimada pelo IBGE, seguindo um modelo de crescimento de tipo logístico.

Tabela 12. Estimativa de demandas de Recursos Hídricos Superficiais

Bacia	Área (km ²)	Demanda em 1999 (m ³ /s)			Demanda em 2007 (m ³ /s)			Demanda em 2045 (m ³ /s)		
		População	Industrial	Irrigação	População	Industrial	Irrigação	População	Industrial	Irrigação
Ribeirão Lajeado	1044,2	0,127 ⁽¹⁾	0,060 ⁽¹⁾	1,036 ⁽¹⁾	0,385	0,078	1,358	0,607	0,263	4,910
Ribeirão Lajeado Captação (Alt. I)	112,0	0,127 ⁽²⁾	0,006 ⁽²⁾	0,111 ⁽²⁾	0,385	0,008	0,146	0,607	0,028	0,527
Ribeirão Lajeado Jusante (Alt. II)	135,36	0,127 ⁽²⁾	0,008 ⁽²⁾	0,134 ⁽²⁾	0,385	0,019	0,176	0,607	0,064	0,636
Ribeirão Bonito (Alt. III)	285,2	(*)	0,016 ⁽²⁾	0,280 ⁽²⁾	(*)	0,018	0,336	(*)	0,072	1,341

⁽¹⁾ Valores obtidos do Relatório Zero

⁽²⁾ Valores estimados a partir das demandas da sub-bacia lajeado, de forma proporcional à área.

(*) Admite-se que a única demanda expressiva para abastecimento à população na região é a do município de Penápolis.

5. BALANÇO DISPONIBILIDADE E DEMANDA

O fator de uso consuntivo (F_{UC}) mede a proporção relativa que as demandas consuntivas representam da disponibilidade potencial, e pode ser estimado como segue:

$$F_{UC} = 1 - \frac{D_{pot} - [C_{urb} \cdot d_{urb} + C_{ind} \cdot d_{ind} + C_{irr} \cdot d_{irr}]}{D_{pot}} \quad (11)$$

Onde F_{UC} é o fator de uso consuntivo; C_i coeficiente de perda consuntiva para o uso i ; d_i é a demanda (l/s) para o uso i ; e D_{pot} é a disponibilidade potencial (l/s) da bacia hidrográfica.

Obviamente, este coeficiente leva em consideração apenas o aspecto quantitativo da disponibilidade, mas sabe-se que a fração não-consuntiva do volume captado retorna à fonte superficial com qualidade pior à da água captada. Além disso, o retorno dessa fração ocorre na maioria dos casos a jusante da captação, de modo que a estimativa do fator de uso consuntivo é sempre otimista.

No cálculo do fator de uso consuntivo foram consideradas as três alternativas selecionadas, identificadas como “alternativa I”, “alternativa II”, e “alternativa III”, a seguir descritas:

Alternativa I: contempla captação de água unicamente no ribeirão Lajeado na atual seção de captação, porém, além da atual captação com capacidade de 385 l/s é considerada a construção de uma segunda captação no mesmo local com capacidade adicional de 222 l/s, para desta forma atender a demanda total de 607 l/s estimada para o ano de 2045.

Alternativa II: contempla captação de água unicamente no ribeirão Lajeado na atual seção de captação, com capacidade de 385 l/s e uma segunda captação complementar no mesmo ribeirão na seção imediatamente à jusante da confluência do córrego (sem nome) resultante da confluência dos córregos Urutagua e Bairro Morada com capacidade adicional de 222 l/s, para desta forma atender a demanda total de 607 l/s estimada para o ano de 2045.

Alternativa III: contempla a captação atual no ribeirão Lajeado com capacidade de 385 l/s e uma segunda captação complementar no ribeirão Bonito com capacidade de 222 l/s, para desta forma atender a demanda total de 607 l/s.

A lei estadual 9.034/94 que estabelece a política de recursos hídricos para o estado de São Paulo estabelece no ser artigo 13 que a vazão de referência para outorga deve ser determinada com base na vazão mínima com 7 dias de duração e 10 anos de tempo de retorno; contudo não

estabelece qual a fração máxima dessa vazão de referência. Por esse motivo nas estimativas foram adotados diversos valores de referência, tais como vazão média plurianual de longo período, vazão com 95% de referência, vazão mínima com um mês de duração e 10 anos de tempo de retorno, e vazão mínima com sete dias de duração e 10 anos de retorno.

Nas tabelas 13 a 15 são apresentados os valores do fator de uso consuntivo para as duas sub-bacias sob estudo, para as alternativas I, II e III.

Tabela 13. Fator de uso consuntivo na alternativa I.

Parâmetros		Ribeirão (captação)		Lajeado		Ribeirão (jusante)		Lajeado		Ribeirão Bonito	
Ano		2007	2045	2007	2045	2007	2045	2007	2045	2007	2045
D _{Pot} (m ³ /s)	1. Q _{LP}	0,801	0,801	0,968	0,968	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039
	2. 70% Q _{LP}	0,561	0,561	0,678	0,678	1,427	1,427	1,427	1,427	1,427	1,427
	3. Q _{min} (1 mês)	0,234	0,234	0,282	0,282	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595
	4. Q _{7;10}	0,187	0,187	0,226	0,226	0,476	0,476	0,476	0,476	0,476	0,476
C _{urb}		0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
C _{ind}		0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
C _{irr}		0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
d (m ³ /s)	d _{urb}	0,385	0,607	0,385	0,607	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	d _{ind}	0,008	0,028	0,019	0,064	0,018	0,072	0,018	0,072	0,018	0,072
	d _{irr}	0,146	0,527	0,176	0,636	0,336	1,341	0,336	1,341	0,336	1,341
F _{UC1}		0,187	0,576	0,180	0,569	0,125	0,500	0,125	0,500	0,125	0,500
F _{UC2}		0,267	0,823	0,257	0,812	0,179	0,715	0,179	0,715	0,179	0,715
F _{UC3}		0,639	1,972	0,618	1,952	0,430	1,715	0,430	1,715	0,430	1,715
F _{UC4}		0,800	2,468	0,771	2,436	0,537	2,143	0,537	2,143	0,537	2,143
As demandas superam a disponibilidade potencial											

Tabela 14. Fator de uso consuntivo na alternativa II.

Parâmetros		Ribeirão (captação)		Lajeado		Ribeirão (jusante)		Lajeado		Ribeirão Bonito	
Ano		2007	2045	2007	2045	2007	2045	2007	2045	2007	2045
D _{Pot} (m ³ /s)	1. Q _{LP}	0,801	0,801	0,968	0,968	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039
	2. 70% Q _{LP}	0,561	0,561	0,678	0,678	1,427	1,427	1,427	1,427	1,427	1,427
	3. Q _{min} (1 mês)	0,234	0,234	0,282	0,282	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595
	4. Q _{7;10}	0,187	0,187	0,226	0,226	0,476	0,476	0,476	0,476	0,476	0,476
C _{urb}		0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
C _{ind}		0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
C _{irr}		0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
d (m ³ /s)	d _{urb}	0,385	0,385	0,385	0,607	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	d _{ind}	0,008	0,028	0,019	0,064	0,018	0,072	0,018	0,072	0,018	0,072
	d _{irr}	0,146	0,527	0,176	0,636	0,336	1,341	0,336	1,341	0,336	1,341
F _{UC1}		0,187	0,548	0,180	0,569	0,125	0,500	0,125	0,500	0,125	0,500
F _{UC2}		0,267	0,983	0,257	0,812	0,179	0,715	0,179	0,715	0,179	0,715
F _{UC3}		0,639	1,877	0,618	1,952	0,430	1,715	0,430	1,715	0,430	1,715
F _{UC4}		0,800	2,348	0,771	2,436	0,537	2,143	0,537	2,143	0,537	2,143
As demandas superam a disponibilidade potencial											

Tabela 15. Fator de uso consuntivo na alternativa III.

Parâmetros		Ribeirão (captação)		Lajeado		Ribeirão (jusante)		Lajeado		Ribeirão Bonito	
		2007	2045	2007	2045	2007	2045	2007	2045		
Ano		2007	2045	2007	2045	2007	2045	2007	2045	2007	2045
D _{Pot} (m ³ /s)	1. Q _{LP}	0,801	0,801	0,968	0,968	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039
	2. 70% Q _{LP}	0,561	0,561	0,678	0,678	1,427	1,427	1,427	1,427	1,427	1,427
	3. Q _{min} (1 mês)	0,234	0,234	0,282	0,282	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595
	4. Q _{7;10}	0,187	0,187	0,226	0,226	0,476	0,476	0,476	0,476	0,476	0,476
C _{urb}		0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
C _{ind}		0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
C _{irr}		0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
d (m ³ /s)	d _{urb}	0,385	0,385	0,385	0,385	0,000	0,222	0,000	0,222	0,000	0,222
	d _{ind}	0,008	0,028	0,019	0,064	0,018	0,072	0,018	0,072	0,018	0,072
	d _{irr}	0,146	0,527	0,176	0,636	0,336	1,341	0,336	1,341	0,336	1,341
F _{UC1}		0,187	0,548	0,180	0,546	0,125	0,511	0,125	0,511	0,125	0,511
F _{UC2}		0,267	0,983	0,257	0,779	0,179	0,730	0,179	0,730	0,179	0,730
F _{UC3}		0,639	1,877	0,618	1,873	0,430	1,752	0,430	1,752	0,430	1,752
F _{UC4}		0,800	2,348	0,771	2,338	0,537	2,190	0,537	2,190	0,537	2,190
As demandas superam a disponibilidade potencial											

A lei estadual 9.034/94 estabelece também, no seu artigo 14 que se a soma das captações na bacia ou parte da bacia for igual ou superior à vazão mínima com sete dias de duração e 10 anos de retorno a situação é considerada crítica e a bacia deve ser objeto de monitoramento especial. Neste sentido destaca-se que o fator F_{UC4} representa a relação entre a demanda consuntiva (captação menos retorno) e a vazão mínima com sete dias de duração e 10 anos de retorno e, portanto é menos restritivo que a determinação do artigo 14 de lei 9.034/94. Contudo, para os dois cenários considerados este fator é maior a 0,5 evidenciando situação crítica nas sub-bacias dos ribeirões Lajeado e Bonito.

Na tabela 16 são apresentados os valores da relação entre a soma das captações na bacia ou parte da bacia e a disponibilidade potencial (em particular a vazão mínima com sete dias de duração e 10 anos de retorno - Q_{7;10} citada na legislação).

Tabela 16. Relação entre captação total e disponibilidade

Disponibilidade considerada	Rib. Lajeado (seção atual captação)						Rib. Lajeado (seção jusante captação)						Rib. Bonito (seção da captação proposta)					
	Altern. I		Altern. II		Altern. III		Altern. I		Altern. II		Altern. III		Altern. I		Altern. II		Altern. III	
	2007	2045	2007	2045	2007	2045	2007	2045	2007	2045	2007	2045	2007	2045	2007	2045	2007	2045
1. Q _{LP}	0,67	1,45	0,67	1,17	0,60	1,10	0,60	1,35	0,60	1,35	0,60	1,12	0,17	0,69	0,17	0,69	0,17	0,82
2. 70% Q _{LP}	0,96	2,07	0,96	1,68	0,86	1,58	0,86	1,93	0,86	1,93	0,86	1,60	0,25	0,99	0,25	0,99	0,25	1,18
3. Q _{min} (1 mês)	2,30	4,97	2,30	4,02	2,07	3,78	2,06	4,63	2,06	4,63	2,06	3,85	0,59	2,37	0,59	2,37	0,59	2,84
4. Q _{7;10}	2,88	6,21	2,88	5,03	2,59	4,73	2,57	5,78	2,57	5,78	2,57	4,80	0,74	2,97	0,74	2,97	0,74	3,55
Situação confortável (valores menores que 0,50)																		
Situação crítica (valores entre 0,50 e 1,00)																		
Situação de conflito (valores maiores que 1,00)																		

6. ASPECTOS QUALITATIVOS DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUPERFICIAIS

As informações a respeito dos recursos hídricos superficiais da sub-bacia do ribeirão Lajeado apresentadas a seguir foram obtidas do trabalho de Dantas e Cruz (2004) que teve como objetivo mostrar a evolução das atividades desenvolvidas pelo Consórcio Intermunicipal Ribeirão Lajeado (CIRL), em parceria com o Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Penápolis (DAEP), durante o período de 1992 a 2003 na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lajeado, visando a sua recuperação, preservação e conservação.

Dantas e Cruz escolheram 18 parâmetros para determinação das características físicas, físico-químicas, químicas e microbiológicas da água do ribeirão Lajeado, e as coletas de água foram realizadas em cinco pontos (ver Figura 12) sendo que estes foram estrategicamente escolhidos por representarem vários segmentos do ribeirão desde a nascente até sua foz. As amostras foram coletadas na superfície durante o período de dezembro/2002 a fevereiro/2003 (período chuvoso), e os resultados obtidos são mostrados na tabela 17.



Figura 12. Localização dos pontos de monitoramento da água do ribeirão Lajeado.

Fonte: adaptado de Dantas e Cruz (2004).

Tabela. 17. Resultado do monitoramento qualitativo da água do Ribeirão Lajeado.

PARÂMETROS	PONTOS DE AMOSTRAGEM									
	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Temp. do Ar em °C	29	37	28	37	26,3	32	26	29	26	29
Temp. Água em °C	24,5	28	25	29	25	33	24	26	24	28
Cor em uH	60	200	150	300	140	400	150	670	150	160
Turbidez em UT	12,8	20,5	21,5	41,9	24,4	80,1	28,7	148	31,5	139
PH	6,61	7,3	6,44	7,39	6,37	7,49	6,73	6,9	6,76	7,43
Condut. Elétrica em us	84	117	68	96	59	78	66	194	62	179
Fosfato Total em mg/L	0,05	0,16	0,05	0,27	0,044	0,46	0,12	0,16	0,007	0,47
Alumínio em mg/L	0,01	0,01	0,028	0,05	0,025	0,06	0,033	0,07	0,03	0,05
Nit..Amoniacal em mg/L	0,011	0,12	0,003	0,098	0,008	0,1	0,12	1,4	0,06	0,36
Nit.Orgânico em mg/L	0,25	2,8	0,39	1,2	0,25	2,8	0,53	3,5	0,38	2,5
Nitrito em mg/L	0,006	0,15	0,09	0,24	0,08	0,5	0,15	2,4	0,02	2,3
Nitrato em mg/L	0,87	1	0,76	1,1	0,76	1,5	1,4	2,33	1,4	2,38
Ferro Total em mg/L	0,7	3,02	0,79	3,3	0,88	4,24	1	5,76	1,2	6,1
O. Dissolvido em mg/L	3,8	7,2	3,9	7	4	6,4	1,6	2,5	2,4	5
D. Q. O em mg/LO2	6	16	10	29	10	31	20	36	25	56
D. B. O mg/LO2	1,3	2	1,3	2,5	1,8	2,2	2,4	6	1,2	5,7
Col. Totais NMP/100ml	3500	6000	2300	13000	220	7000	12500	23000	1300	10000
Col. Term. NMP/100ml	800	1500	300	1800	40	2500	110	3000	40	4000

D B O = Demanda Bioquímica de Oxigênio

D.Q. O = Demanda Química de Oxigênio

Col. Term. = Coliformes Termotolerantes

Fonte: Dantas e Cruz (2004)

Conforme Dantas e Cruz (2004), a análise dos resultados da tabela 17 indicou que o Ribeirão Lajeado no período estudado apresentava três trechos distintos em relação a qualidade de água (Figura 12), conforme descritas abaixo:

Trecho superior: Da nascente a captação de água do DAEP: a água se mostrou de boa qualidade quanto aos aspectos sanitários e biológicos, mesmo com o uso agropecuário de suas margens, principalmente com a cana de açúcar;

Trecho médio: Da captação de água do DAEP até as imediações do Colégio Técnico Agrícola: a água se mostrou alterada em seus aspectos físicos, químicos e biológicos, devido à influência possivelmente de ações antrópicas, descargas de efluentes oriundos das lagoas de tratamento de esgoto e da ocupação de seu entorno, já que este trecho percorre toda a área urbana;

Trecho inferior: Do Colégio Técnico Agrícola até a ponte na Rodovia Assis Chateaubriant (km 274): esta porção de água se mostra completamente alterada, pois além das ações decorrentes do uso de suas margens, também sofre a influência dos efluentes oriundos das lagoas de tratamento de esgoto.

Conseqüentemente o estudo de Dantas e Cruz (2004) conclui que no período estudado o Ribeirão Lajeado em sua porção superior, da nascente no município de Alto Alegre até a captação de água do DAEP, no município de Penápolis, encontrava-se com boa qualidade de água, tanto no aspecto sanitário quanto biológico.

Os mesmos autores destacam que nesse trecho do ribeirão Lajeado, após a formação do CIRL e o estabelecimento da sua parceria com o DAEP, objetivando a implantação e principalmente o desenvolvimento de vários projetos ambientais no período de 1992 a 2003, foi interrompido um acelerado processo de degradação ambiental do ribeirão, afastando momentaneamente o risco de colapso no abastecimento público e melhorando a qualidade da água, mostrando que as ações

desenvolvidas foram eficazes e efetivas em relação aos objetivos propostos no plano de recuperação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Infelizmente, não se dispõe de dados de qualidade da água do ribeirão Bonito, motivo pelo qual não pode ser realizado qualquer diagnóstico.

7. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO

A seguir apresenta-se o dimensionamento da instalação de bombeamento para os dois cenários analisados, destacando-se que trata-se apenas de uma estimativa preliminar uma vez que não se conhece o traçado real da adutora nem a composição real das linhas de sucção e recalque. Apenas para determinar a ordem de grandeza do sistema assim como o consumo de energia elétrica serão feitas as seguintes considerações:

a) Para a alternativa I:

- Vazão de captação de 222 l/s
- Tempo de bombeamento: 18 h/dia
- Composição da linha de sucção: 01 válvula de pé com crivo; 01 curva de 90°; 6 m tubulação de sucção (Ls); e 2 m altura de sucção (Hs)
- Composição da linha de recalque: 01 válvula de retenção; 01 registro de gaveta; 01 saída da canalização; 2,70 km m tubulação de recalque (Lr); 50 m altura de recalque (Hr)

b) Para a alternativa II:

- Vazão de captação de 222 l/s
- Tempo de bombeamento: 18 h/dia
- Composição da linha de sucção: 01 válvula de pé com crivo; 01 curva de 90°; 6 m tubulação de sucção (Ls); e 2 m altura de sucção (Hs)
- Composição da linha de recalque: 01 válvula de retenção; 01 registro de gaveta; 01 saída da canalização; 3,62 km m tubulação de recalque (Lr); 55 m altura de recalque (Hr)

b) Para a alternativa III:

- Vazão de captação de 222 l/s
- Tempo de bombeamento: 18 h/dia
- Composição da linha de sucção: 01 válvula de pé com crivo; 01 curva de 90°; 6 m tubulação de sucção (Ls); e 2 m altura de sucção (Hs)
- Composição da linha de recalque: 01 válvula de retenção; 01 registro de gaveta; 01 saída da canalização; 8,52 km tubulação de recalque (Lr); 72 m altura de recalque (Hr)

Os comprimentos das tubulações de recalque assim como os valores das alturas de recalque foram fixados com base nos perfis topográficos mostrados nas figuras 13 e 14. A figura 15 mostra o traçado em planta dos perfis topográficos.

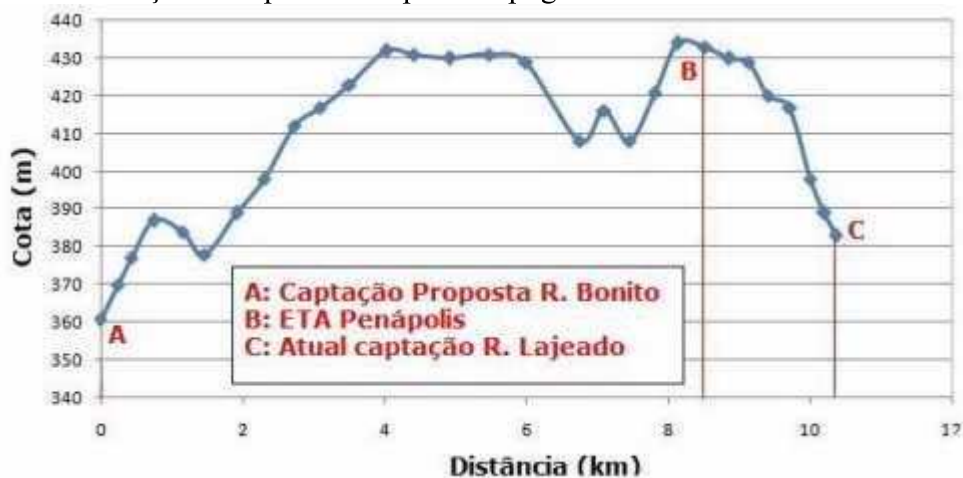


Figura 13. Perfil topográfico ao longo do possível traçado das adutoras das alternativas I e III.

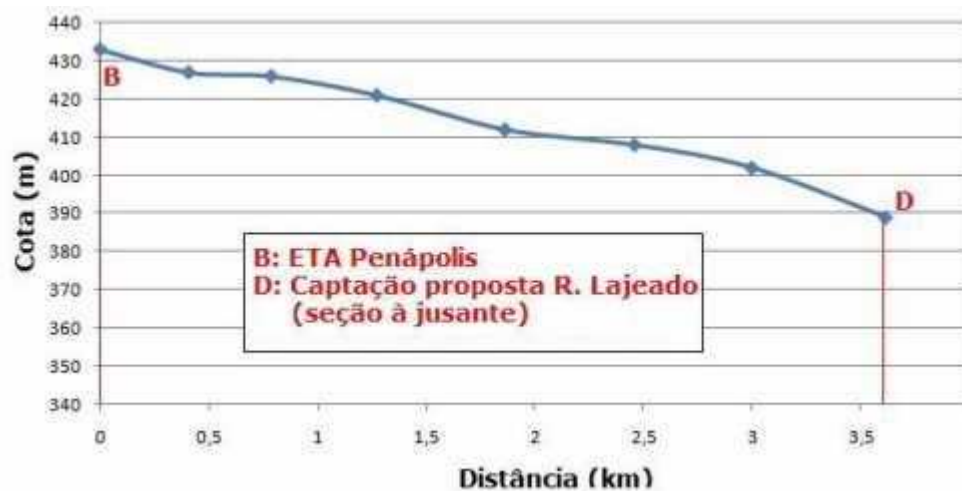


Figura 14. Perfil topográfico ao longo do possível traçado da adutora da alternativa II.



Figura 15. Traçado hipotético considerado para as adutoras.

Fonte: Composição de imagens Spot (22/07/2003, 03/06/06 e 16/06/2006) obtida de Google Earth.

7.1. Dimensionamento da linha adutora

O critério a ser utilizado para escolha de diâmetros de tubulações é o critério de velocidade econômica, por ser simples e eficiente, e segundo a literatura especializada, seu valor deve variar de 0,5 a 2,0 m/s. Contudo, segundo Azevedo Netto e Alvarez (1991), velocidades superiores a 1m/s em geral requerem justificativas técnicas, especialmente com rigoroso cálculo do golpe de aríete e seus dispositivos de amortecimento.

Para determinar o diâmetro a partir deste critério, procede-se da seguinte forma, utilizando-se a relação abaixo:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (12)$$

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad (13)$$

em que V é a velocidade (m/s); Q é a vazão (m³/s); A é a área da seção do tubo (m²).

7.2. Perda de carga e altura manométrica

7.2.1. Altura Manométrica da Instalação

É definida como sendo a altura geométrica da instalação mais as perdas de carga ao longo da trajetória do fluxo. A altura geométrica é a soma das alturas de sucção e recalque, e a altura manométrica é descrita pela seguinte equação:

$$H_m = H_g + h_f \quad (14)$$

sendo H_m a altura manométrica da instalação (m); H_g é a altura geométrica (m); h_f é a perda de carga total (m).

7.2.2. Perda de Carga

Perdas de carga referem-se à energia perdida pela água no seu deslocamento por alguma tubulação. Essa perda de energia é provocada por atritos entre a água e as paredes da tubulação, devido à rugosidade da mesma. Portanto, ao projetar uma estação de bombeamento, deve-se considerar essa perda de energia que é classificada em 2 tipos: a) perdas de carga contínuas, ou distribuídas (relativas às perdas ao longo de uma tubulação, sendo função do comprimento, material e diâmetro); e b) perdas de carga localizadas (proporcionadas por elementos acessórios que compõem a tubulação, exceto a tubulação propriamente dita).

Para o cálculo da perda de carga total, será adotado aqui o método dos comprimentos equivalentes, ou seja, através de tabelas, converte-se a perda localizada em perda de carga equivalente a um determinado comprimento de tubulação. Matematicamente, define-se perda de carga como sendo:

$$h_f = J \cdot L_{eq} \quad (15)$$

sendo h_f a perda de carga da instalação (m); J a perda de carga unitária (m/m); L_{eq} o comprimento equivalente da tubulação.

O comprimento equivalente é determinado como:

$$L_{eq} = N_d \cdot D \quad (16)$$

Sendo L_{eq} o comprimento equivalente (m); N_d um coeficiente chamado de número de diâmetros (ver tabela 18) e D o diâmetro da tubulação (m).

Tabela 18. Valores de N_d .

Tipo de peça	N_d	Tipo de peça	N_d
Cotovelo 90°	45	Registro de gaveta aberto	8
Cotovelo 45°	20	Registro de globo aberto	350
Curva longa 90°	30	Saída de tubulação	35
Curva longa 45°	15	Tê saída lateral	65
Alargamento gradual	12	Tê passagem direta	20
Entrada em tubo	17	Válvula de retenção	100
Redução gradual	0,6	Válvula de pé com crivo	250

Fonte: Macintyre (1996)

Para o cálculo de perda de carga unitária será adotado pela simplicidade e facilidade de uso, o Método de Hazen-Williams, que fornece a da seguinte expressão (Azevedo Netto e Alvarez, 1991):

$$J = \left[\frac{4,0}{0,355 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right]^{1,852} \quad (17)$$

sendo Q a vazão (m³/s); C o constante adimensional de Hazen-Williams (Tabela 19); e D o diâmetro interno da tubulação (m).

Para o cálculo da perda de carga total, ou seja, ao longo das linhas de sucção e recalque, utiliza-se a seguinte equação:

$$h_{f \text{ total}} = h_{f \text{ sucção}} + h_{f \text{ recalque}} \quad (18)$$

Tabela 19. Valores de C (Hazen-Williams) para diversos materiais.

Tubos	Valores de C
Aço corrugado	60
Aço com juntas <i>lock-bar</i> novo	135
Aço galvanizado novo e em uso	125
Aço rebitado novo	110
Aço rebitado em uso	85
Aço soldado novo	120
Aço soldado em uso	90
Aço soldado com revestimento especial (novo e em uso)	130
Chumbo	130
Cimento amianto	135
Cobre	130
Concreto – acabamento liso	130
Concreto – acabamento comum	120
Ferro fundido novo	130
Ferro fundido em uso	90
Ferro fundido, tubo revestido de cimento	110
Grês cerâmico vitrado (manilhas)	110
Latão	130
Tijolos, conduto com revestimento de cimento alisado	100

(Fonte: Macintyre, 1996)

O cálculo da altura geométrica é realizado através da soma das alturas geométricas de sucção e de recalque:

$$H_g = H_{sucção} + H_{recalque} \quad (19)$$

Sendo H_g a altura geométrica (m); $H_{sucção}$ a altura geométrica da linha de sucção (m); e $H_{recalque}$ a altura geométrica da linha de recalque (m).

7.3. Potência do conjunto motor-bomba

Para o cálculo da potência necessária, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$P = \frac{\gamma Q \cdot H_m}{75 \cdot \eta} \quad (20)$$

sendo: P a potência (CV); γ peso específico da água (1000 kg/m³); Q a vazão (m³/s); H_m a altura manométrica (m); η rendimento (decimal), obtido da curva característica fornecida pelo fabricante da bomba.

7.4. Consumo de energia elétrica do conjunto motor-bomba

Para se calcular o consumo horário de um motor elétrico utiliza-se a equação que segue (Motortrafo, 2008):

$$C_{ee} = \frac{P \cdot 0,736}{R} \cdot 100 \quad (21)$$

onde: C_{ee} é o consumo do motor em uma hora de operação, em KWh/h (kilowatt-hora por hora); P é a potência mecânica fornecida pelo motor, em CV; e R é o rendimento do motor, em %.

7.5. Resultados

Na tabela 20 são apresentadas as principais características da adutora e sistema de bombeamento para as três alternativas estudadas.

Tabela 20. Características da adutora e sistema de bombeamento.

Parâmetros		Altern. I	Altern. II	Altern. III
Vazão (l/s)		222,0	222,0	222,0
Velocidade Max. (m/s)		1,5	1,5	1,5
Diâmetro tubulação (m)	Calculado (m)	0,43	0,43	0,43
	Adotado p/sucção (m)	0,50	0,50	0,50
	Adotado p/recalque (m)	0,50	0,50	0,50
Tubulação sucção	Comprimento (m)	6	6	6
	Compr. Equiv. Válvula pé c/crivo (m)	125	125	125
	Compr. Equiv. Curva 90 ⁰	15	15	15
	Compr. Equiv. Total (m)	146	146	146
	Perda unitária (m/m) – Adotou-se C=130	0,0035	0,0035	0,0035
	Perda total (m)	0,51	0,51	0,51
Tubulação recalque	Comprimento (m)	1840	3615	8520
	Compr. Equiv. Válvula ret. (m)	50	50	50
	Compr. Equiv. Reg. Gaveta (m)	4	4	4
	Compr. Equiv. Saída canalização (m)	17,5	17,5	17,5
	Compr. Equiv. Total (m)	1911,5	3686,5	8591,5
	Perda unitária (m/m) – Adotou-se C=130	0,0035	0,0035	0,0035
	Perda total (m)	6,69	12,90	30,1
Perda carga total do sistema adutor (m)		7,20	13,41	30,61
Altura geométrica (m)		52	57	74
Altura manométrica (m)		59,20	70,41	104,61
Potencia (CV) – Adotou-se $\eta=0,85$		206,2	245,2	364,3
Consumo energia elétrica (kWh/h) – Adotou-se $\text{rend.}=0,93$		163,18	194,05	288,31
Tempo diário de bombeamento (horas)		18	18	18
Consumo energia elétrica diário (kWh/dia)		2451,2	3492,9	5189,6

8. ALTERNATIVAS DE MANANCIAIS SUBTERRANEOS SELECIONADOS

O município de Penápolis está situado na região noroeste do estado de São Paulo, localizando-se na margem esquerda do rio Tietê (Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê), limita-se ao sul com Alto Alegre e Braúna, ao norte com Zacarias, a leste com Glicério e a oeste com Avanhandava e Barbosa, com área total de 719,4 km². A sede municipal tem latitude 21°25'11 S e longitude 50°04'39 W. Com base nessa localização será feita avaliação da disponibilidade de aquífero subterrâneo para atender ao município.

Com a localização do município de Penápolis e as informações contidas na publicação “Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo (2005)”, podemos concluir que são três os aquíferos disponíveis na área, dois sedimentares e um de rocha fraturada: Bauru e Guarani (sedimentares) e Serra Geral (rocha fraturada).

Alternativa I: A formação Serra Geral, foi identificada como possível manancial alternativo para abastecimento da população da cidade de Penápolis.

Alternativa II: A formação Bauru, foi identificada como possível manancial alternativo para abastecimento da população da cidade de Penápolis.

Alternativa III: A formação Guarani foi identificada como possível manancial alternativo para abastecimento da população da cidade de Penápolis.

A partir dessa identificação será avaliada a disponibilidade hídrica de cada uma dessas formações.

9. ESTIMATIVA DE DISPONIBILIDADE

9.1. Introdução Para avaliar a disponibilidade dos aquíferos subterrâneos citados como alternativa para atendimento do município de Penápolis, utilizou-se a publicação “Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo (2005)”. Nessa publicação são apresentados os principais aquíferos disponíveis para o estado, com seus respectivos mapas e informações hidrológicas. Para a utilização das informações desse estudo, a localização do município baseou-se em dados fornecidos pela Prefeitura Municipal de Penápolis. Complementarmente, utilizaram-se informações de poços em operação disponibilizados pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais - CPRM.

O Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo é uma síntese de informações hidrogeológicas com a finalidade de oferecer um panorama da localização, distribuição e potencialidades dos aquíferos no território.

A escala adotada é a de 1:1.000.000 (cada cm equivale a 10 km no terreno). Não se pode esperar que esta escala ofereça precisão no detalhe; o que está representado, mediante dados consistentes e selecionados, são sínteses regionais que propiciam uma visualização geral do potencial de águas subterrâneas no Estado e comparação entre seus distintos aquíferos. Cabe, portanto, uma advertência preliminar: o Mapa não se destina a fins de prospecção em áreas específicas ou pontuais e, sim, uma referência inicial para a realização de trabalhos de maior detalhe. O Mapa é uma das bases técnicas para o planejamento e gestão das bacias hidrográficas.

A confecção do Mapa segue a Legenda Internacional para Mapas Hidrogeológicos, da UNESCO (1970) e a legenda proposta por STRUCKMEIER & MARGAT (1995), com simplificações e adaptações adequadas à escala adotada.

9.2. Composição do Mapa

O Mapa é constituído por quatro bases temáticas, a saber:

a. Base Topográfica, compreendendo relevo, hidrografia, cidades e rodovias. A representação do relevo resulta da aplicação do modelo digital do terreno (MDE), produzido na Missão Topográfica por Radar Interferométrico (Shuttle Radar Topographic Mission – SRTM; US Geological Survey, EROS Data Center, Sioux Falls, SD); os demais elementos foram extraídos do Mapa Geológico do Estado em 1:750.000 da CPRM (PERROTTA et al. 2005).

b. Base Aquíferos, na qual os limites dos aquíferos correspondem aos das unidades geológicas maiores, extraídas do mapa geológico mencionado acima. Os aquíferos foram classificados em duas categorias: granulares ou sedimentares, onde a água circula entre os poros da rocha; e fraturados (geralmente rochas cristalinas), onde a água percola ao longo de fraturas e outros tipos de cavidades. No Mapa, segundo a convenção internacional, os aquíferos granulares são apresentados em tons de azul e os aquíferos fraturados, em tons de verde.

c. Base Poços, constituída de poços selecionados e poços representativos, pertencentes ao cadastro de poços do DAEE e, subordinadamente, ao do IG. A base dos selecionados abrange 3539 poços com informação hidrogeológica confiável e distribuídos o mais homoganeamente possível, segundo os aquíferos; a base dos representativos compreende 195 poços com as informações mais completas e com testes de bombeamento.

d. Base Potenciométrica, abrangendo as equipotenciais da água subterrânea e direções de fluxo na porção aflorante dos aquíferos sedimentares. No caso do Aquífero Guarani confinado, as equipotenciais estão representadas no mapa lateral, específico.

9.3. Potencialidade Geral

A potencialidade de água subterrânea dos aquíferos sedimentares está representada no Mapa por faixas de vazão explorável, em m³/h. Define-se como vazão explorável, ou recomendada, aquela que pode ser extraída de forma sustentável por longos períodos e com rebaixamentos moderados da espessura saturada. Para os aquíferos fraturados, no entanto, são indicadas vazões prováveis, pois, apesar de resultarem de cálculos realizados com capacidade específica de poços que

contaram com a realização de testes de bombeamento de, pelo menos, 20 horas, não se relacionam a rebaixamentos em um período de tempo prolongado. Este é um fator que deve ser analisado para cada poço existente ou a ser construído devido à heterogeneidade destes aquíferos.

O cálculo da vazão (Q) explorável para os aquíferos sedimentares foi realizado adaptando a equação de THEIS (1935), para cálculo de rebaixamento, com a aproximação proposta por COOPER & JACOB (1946). Neste cálculo considerou-se um período de 20 anos de bombeamento contínuo.

O rebaixamento máximo do nível d'água subterrânea foi definido para cada aquífero de acordo com as suas características e disponibilidade de dados (ver descrição dos aquíferos sedimentares no capítulo 3). Este método foi inicialmente aplicado por ROCHA et al. (1982), para avaliação da potencialidade do Aquífero Bauru, em São Paulo. A equação utilizada para o cálculo foi a seguinte:

.....

onde,

Q = vazão explorável (m³/h)

s_c = rebaixamento corrigido conforme a aproximação de JACOB (1969 *apud* CUSTÓDIO & LLAMAS 1976) para as condições de aquífero livre (m): $s_c = s - s^2 / 2 H_0$

H₀ = espessura saturada do aquífero (m)

T = transmissividade (m²/h)

S = coeficiente de armazenamento (adimensional)

r = raio do poço (m)

t = tempo de bombeamento, fixado em 20 anos (175.200 h).

Para a aplicação da equação foi adotada a hipótese simplificadora de que o aquífero é predominantemente livre e a circulação da água subterrânea obedece aos requisitos da Lei de Darcy.

No caso do Aquífero Guarani confinado, H₀ corresponde à diferença entre a cota do nível potenciométrico e a cota do topo do aquífero; as faixas de vazão explorável encontram-se traçadas em mapa lateral.

A partir dos resultados obtidos com a aplicação da equação foi realizado o zoneamento das vazões exploráveis, utilizando como pontos de controle as vazões resultantes de testes de bombeamento de longa duração.

O zoneamento de vazões prováveis nos aquíferos fraturados exigiu um procedimento distinto, devido às condições estruturais que regem a ocorrência e circulação da água nestes terrenos. Como parâmetro de avaliação da produção dos poços, considerou-se adequado utilizar a capacidade específica (vazão retirada por metro rebaixado do nível d'água no poço, em m³/h/m), pois esta, quando comparada à vazão, é mais diretamente relacionada ao potencial do aquífero. Nos estudos do DAEE (1981 e 1982), verifica-se boa correlação entre capacidade específica e transmissividade (obtida em testes de bombeamento) do aquífero fraturado local.

O método utilizado consistiu em verificar a variação da produtividade dos poços em relação a alguns fatores que, a princípio, exerceriam influência sobre a circulação e o armazenamento de água subterrânea em aquíferos fraturados. Devido à escala de trabalho e aos dados disponíveis, consideraram-se adequado analisar a variação da produção dos poços em relação aos seguintes fatores: tipos de rocha, blocos geológicos, espessura de manto inconsolidado e fraturas. Para tal, utilizou-se o seguinte procedimento:

- a. divisão da área dos aquíferos fraturados em classes, segundo as subdivisões de cada fator considerado,
- b. agrupamento dos poços conforme as classes mencionadas no item a,
- c. avaliação do comportamento da produtividade de cada conjunto de poços por meio da construção de curvas de distribuição acumulada das capacidades específicas e do cálculo da mediana (valor central) da capacidade específica, e

d. comparação das curvas de distribuição acumulada para verificação da existência de diferenças significativas entre as classes.

Para a análise do fator “fraturas” foram elaborados mapas de lineamentos, cujo tratamento resultou em mapas de densidade de lineamentos e de intersecções de lineamentos, os quais, em geral, são correlacionáveis à densidade e à conectividade de fraturas, respectivamente. Após a identificação de 4 classes de potencialidade, às quais correspondem 4 curvas distintas de distribuição acumulada, procedeu-se à conversão dos valores de capacidade específica de 20% e 80% de cada distribuição para valores de vazão. Isto foi feito por meio de análise de correlação, com grau de confiança de 95%, entre capacidade específica e vazão, utilizando dados de poços nos quais consta a realização de testes de bombeamento com duração maior ou igual a 20 horas. A distribuição espacial das faixas de produtividade de poços segundo os aquíferos proporciona uma visualização geral das áreas de maior ou menor potencialidade, conforme os tons de cor. Os intervalos de vazão, embora guardem coerência com valores pontuais dos poços selecionados, têm limites aproximados no Mapa.

9.4. Resultados

9.4.1. ALTERNATIVA I – AQUIFERO SERRA GERAL

A análise das informações sobre o aquífero fraturado - Serra Geral- na região de Penápolis, indica que não há grande potencialidade para poços nesse aquífero, com grande probabilidade de que os poços não apresentem nenhuma produção. No entanto, as informações apresentadas pela CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (<http://siagas.cprm.gov.br/wellshow/indice.asp?w=1280&h=768&info=1>) para o poço n°= 3500003932 na cidade de Lins (SP), mostra que o mesmo atinge a formação Serra Geral e dá como vazão firme o valor de 66 m³/h, demonstrando que há a possibilidade da utilização de poços perfurados nesse aquífero como alternativa para abastecimento.

9.4.2. ALTERNATIVA II- AQUIFERO BAURU

Caracterização Geral

O Aquífero Bauru ocupa aproximadamente a metade oeste do território do Estado de São Paulo (Figura 16), possuindo uma área aproximada de 96.880 km². Os limites do Aquífero Bauru no Estado compreendem a oeste e noroeste o rio Paraná, a norte o rio Grande, a sul o rio Paranapanema e áreas de afloramento da Formação Serra Geral, que delimitam também o aquífero na região leste.

O Aquífero Bauru é constituído pelas rochas sedimentares dos Grupos Bauru e Caiuá (FERNANDES & COIMBRA 1992), depositados na Bacia Bauru, designação efetuada por FERNANDES (1992).

A sedimentação na Bacia Bauru ocorreu em duas fases principais, a primeira em condições essencialmente desérticas e, a segunda, em clima semi-árido, com maior presença de água. Estas fases compreendem, respectivamente, depósitos de lençóis secos de areias com dunas eólicas e com interdunas úmidas, e depósitos de sistemas fluviais e leques aluviais com pantanal interior bem definido (FERNANDES 1998).

Considerando as condições de armazenamento e circulação das águas, essas formações geológicas foram classificadas nas seguintes unidades hidroestratigráficas: Bauru Médio/Superior (Grupo Bauru) e Bauru Inferior/Caiuá (Grupo Caiuá) (DAEE (1979b) .Ambas as unidades ocorrem de forma livre a localmente confinada e apresentam porosidade granular e contínua, sendo esta porosidade não uniforme, para a primeira unidade, e uniforme, para a segunda.

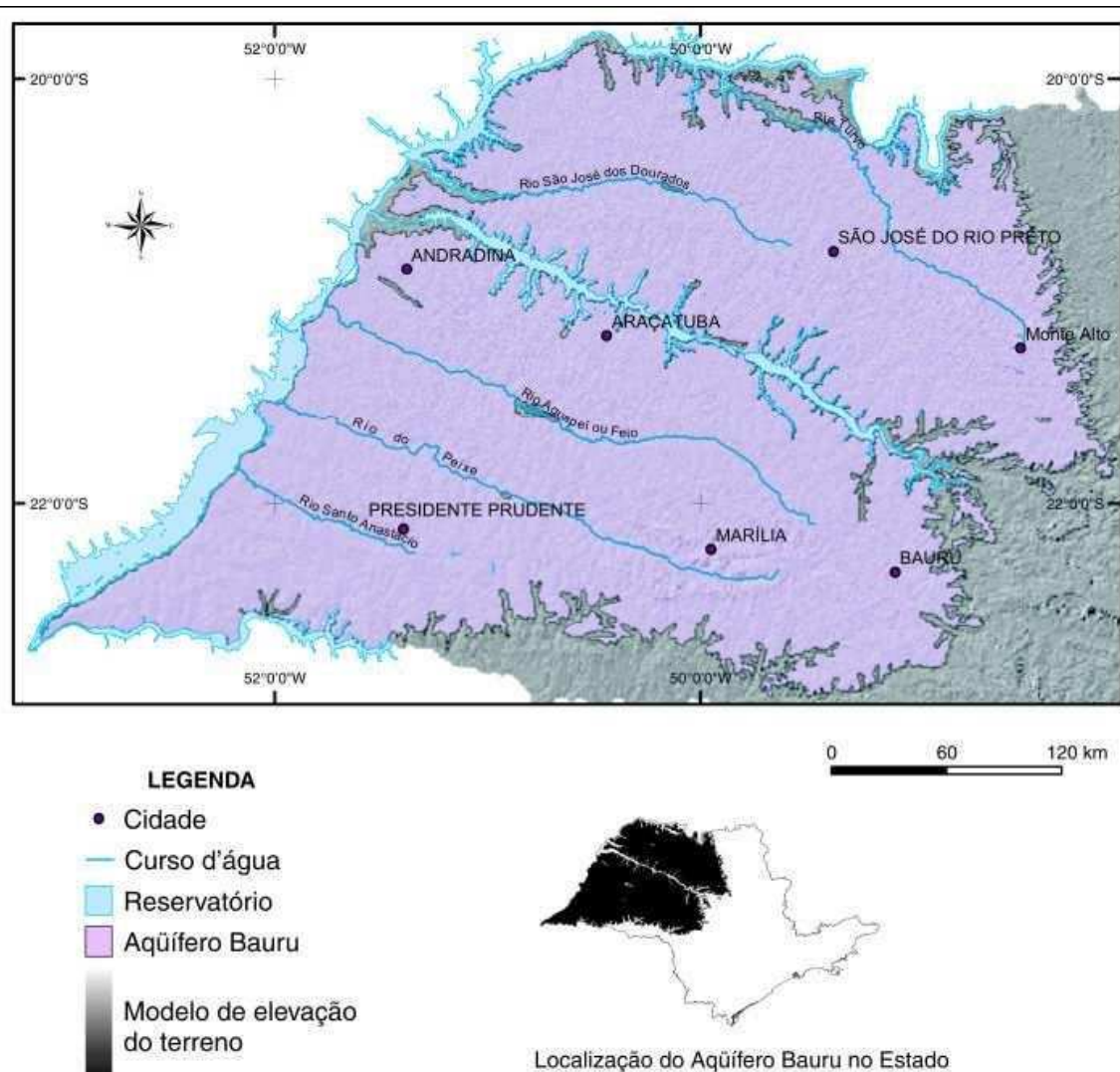


Figura 16. O Aquífero Bauru.

A formação Bauru, na região de Penápolis, é praticamente superficial, assentada sobre o basalto da formação Serra Geral, com espessura total da ordem de 100 m e espessura saturada menor que 50 m. Da análise do potencial explotável dos poços nesse aquífero e nessa região, encontramos valores próximos a 10 m³/h, valor muito baixo para abastecimento de áreas urbanas. Entretanto, pelas características de aquífero mais superficial, poços no mesmo são potencialmente utilizáveis para abastecimento da área rural e para consumidores isolados.

Confirmando esta vazão potencial, a CPRM informa que os poços em Penápolis n^o= 3500002051 e n^o 3500002090, que exploram este aquífero, têm vazão firme de 10 m³/h e 17 m³/h, respectivamente. (<http://siagas.cprm.gov.br/wellshow/indice.asp?w=1280&h=768&info=1>)

9.4.3. Alternativa III-AQUÍFERO GUARANI

Caracterização geral

O Aquífero Guarani ocorre na porção oeste do Estado de São Paulo, ocupando cerca de 76% do seu território. A leste está localizada a faixa aflorante (Figura 17), que se estende desde o município de Rifaina, a norte, até Fartura, ao sul. Esta faixa, com área de 16.000 km², está inserida na Depressão Periférica e apresenta largura irregular que se amplia ao longo das grandes drenagens, como é o caso do rio Jacaré-Pepira, quando atinge o máximo de 175 km. Para oeste daquela faixa, o aquífero encontra-se confinado pelos basaltos da Formação Serra Geral, numa extensão de cerca de 174.000 km². Nesta região, as águas do Guarani abastecem cidades importantes como São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Marília e Araçatuba (Figura 17).



Figura 17. Localização do Aquífero Guarani.

O Aquífero Guarani é granular, homogêneo e regionalmente livre na sua porção aflorante, predominantemente confinado, constituindo um pacote contínuo desde sua área de afloramento, a leste, até o extremo oeste de São Paulo, onde extrapola os limites do Estado.

A superfície do topo, definida pelo contato com a Formação Serra Geral, mergulha para sudoeste, apresentando altitudes de 800 m no limite da parte aflorante, até 1300 m abaixo do nível do mar na região de Presidente Prudente, junto ao rio Paraná (Figura 18). Os gradientes desta superfície são de 1,8 m/km ao longo do vale do rio Tietê, e de 3,8 m/km, pelo eixo próximo ao rio do Peixe até as imediações da cidade de Avaré.

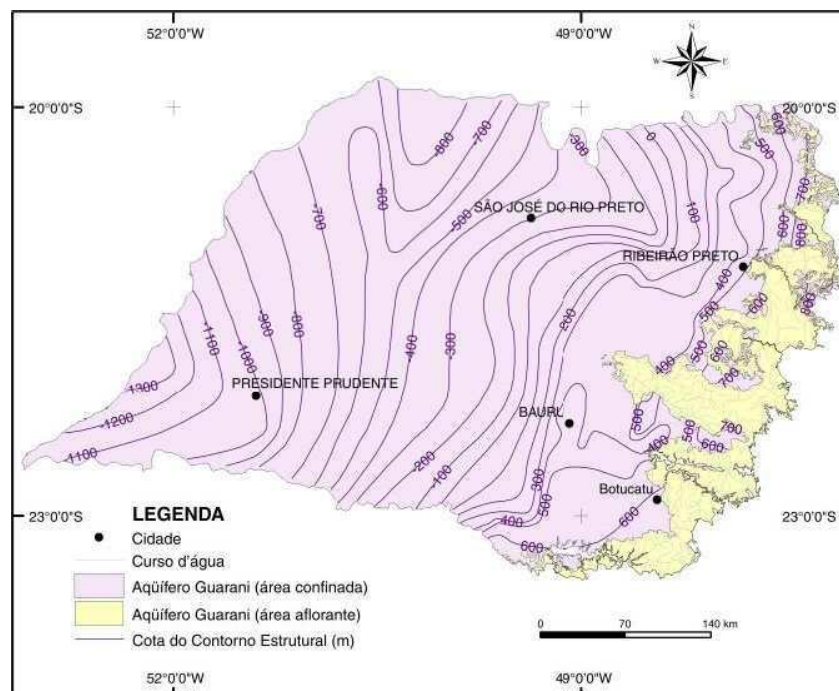


Figura 18. Contorno estrutural do topo do Aquífero Guarani

A espessura do aquífero varia de aproximadamente 100 m na área aflorante, até mais de 400 m, a oeste, ao longo da calha do rio Tietê (Figura 19).

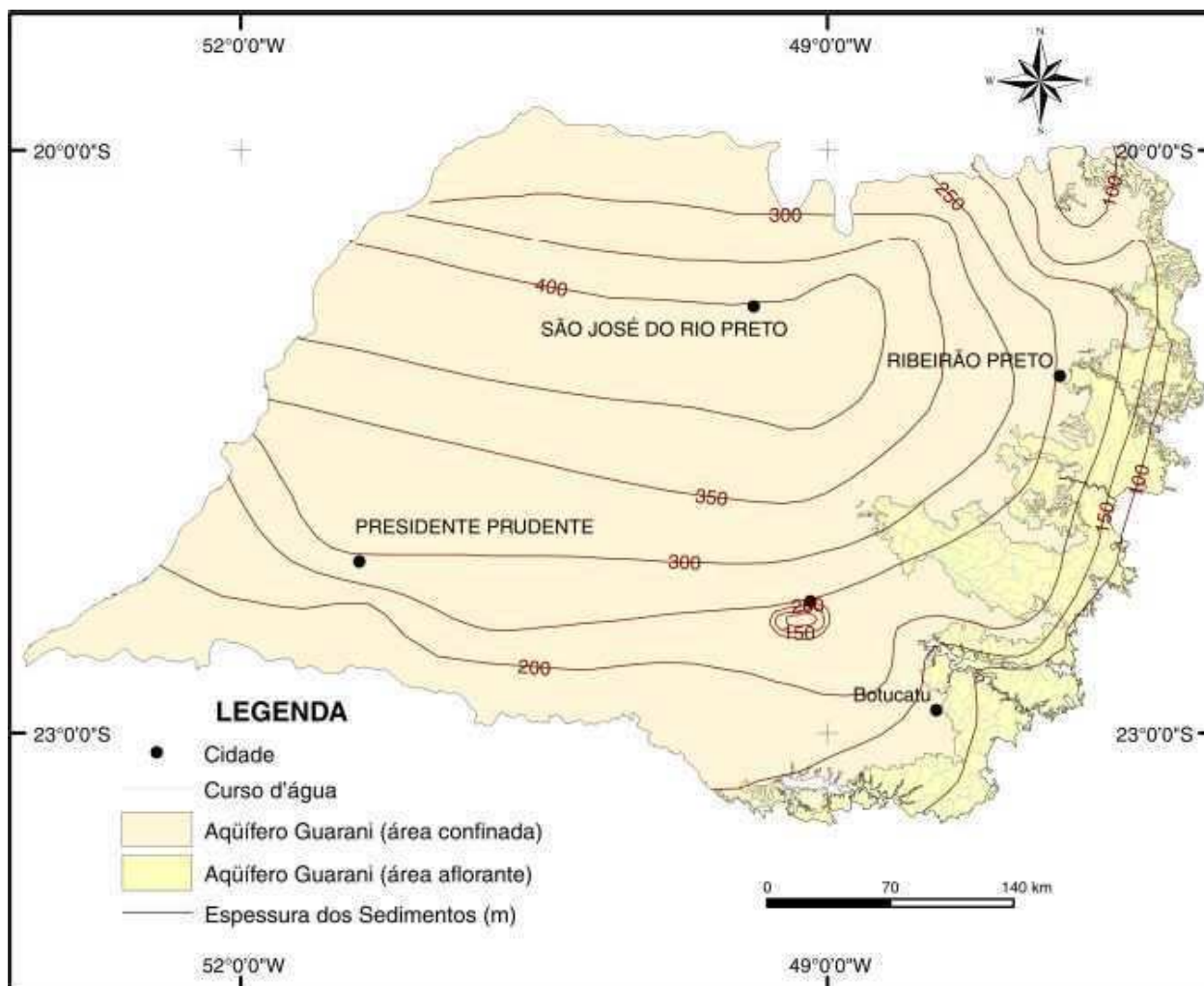


Figura 19. Espessuras dos sedimentos do Aquífero Guarani.

Potencialidade do Aquífero Guarani

O estudo da potencialidade do Aquífero Guarani foi realizado com base em 111 poços selecionados. Destes, 34 foram considerados representativos das principais características do aquífero, tais como nível potenciométrico, cota da superfície do topo, espessura e faixas de vazão representadas no Mapa.

A superfície potenciométrica do Aquífero Guarani apresenta a leste, na área aflorante, cotas de nível d'água da ordem de 800 m, que diminuem no sentido oeste e atingem valores de até 400 m na área confinada. A geometria dessas equipotenciais indica que o fluxo regional ocorre de leste para sudoeste (Figura 20). O gradiente hidráulico médio na porção confinada é de aproximadamente 0,001; enquanto na área aflorante ocorrem os maiores gradientes, como os observados ao longo dos eixos dos rios Pardo e Jacaré-Pepira, com valores de 0,008 e 0,003, respectivamente.

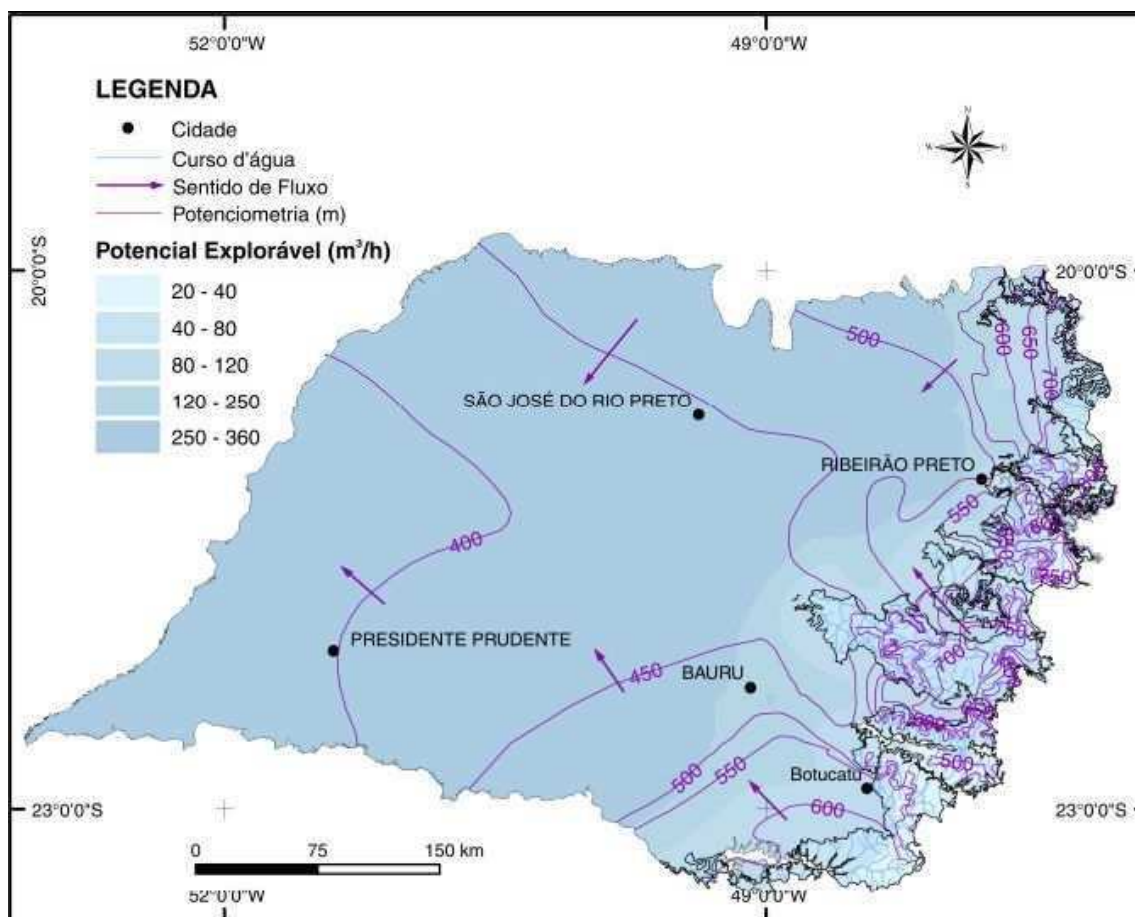


Figura 20. Nível piezométrico aparente do Aquífero Guarani.

No Mapa encontram-se indicadas as linhas que delimitam a área de confinamento e a de surgência das águas subterrâneas, de acordo com SILVA (1983). O limite da área de confinamento é aproximadamente paralelo ao contato entre os basaltos da Formação Serra Geral e os arenitos da Formação Botucatu, desde as imediações de Ourinhos, a sul, até Franca, a norte. Na área de confinamento o nível piezométrico do Aquífero Guarani localiza-se em cota superior à do contato com a Formação Serra Geral.

No que se refere ao limite da área de surgência do Aquífero Guarani, este indica o local a partir do qual o nível d'água subterrânea, sob pressão, eleva-se acima da superfície do terreno. A geometria irregular deste limite é concordante com a topografia regional (SILVA 1983).

A condutividade hidráulica (K) do Aquífero Guarani como um todo foi obtida pelo cálculo da média ponderada dos valores de K das Formações Pirambóia (2,5 m/dia) e Botucatu (3,5 m/dia) (DAEE 1974). O fator de ponderação correspondeu à somatória das espessuras de cada formação, considerando 14 poços localizados na porção confinada do aquífero e 54 poços na área de afloramento. Os valores médios de K obtidos são 2,6 m/dia para a área confinada e 3,0 m/dia para a área livre.

Adotando o mesmo procedimento, foi calculada a média ponderada do coeficiente de armazenamento (S) para a porção livre do Aquífero Guarani, considerando um valor médio de 0,15 para a Formação Pirambóia (DAEE 1974) e 0,25 para a Formação Botucatu (SILVA 1983), obtendo-se, nesta área, um valor médio de 0,17. Na porção confinada, a média não foi calculada pela inexistência de valores definidos para cada uma das formações. Por este motivo, dentro do intervalo de 10^{-3} e 10^{-5} fornecido pelo DAEE (1974), optou-se pelo valor de 10^{-3} , pois este possibilitou a obtenção de faixas de vazão mais compatíveis com a maioria dos poços perfurados.

A transmissividade (T), obtida com base no mapa de espessura do aquífero e nos valores de K, é de aproximadamente 260 m²/dia na área aflorante, aumentando progressivamente para oeste até atingir valores superiores a 1200 m²/dia ao longo do vale do rio Tietê, na área confinada.

O cálculo da vazão (Q) explorável utilizou o método descrito no item 9.3, admitindo-se um rebaixamento de 30% da espessura saturada para um período de 50 anos de bombeamento contínuo, como proposto por COSTA (2000). No entanto, o período de exploração considerado neste trabalho foi de 20 anos, o que resultou em um rebaixamento máximo proporcional de 12%, sendo este valor corrigido segundo a proposta de JACOB (1969 apud CUSTÓDIO & LLAMAS 1976), para a área de afloramento do aquífero. Como resultado foi obtido as seguintes faixas de vazão recomendada: de 20 a 40 m³/h e de 40 a 80 m³/h, no sistema livre; e de 80 a 120 m³/h, 120 a 250 m³/h e 250 a 360 m³/h, no sistema confinado (Figura 20).

A menor faixa de vazão explorável (de 20 a 40 m³/h) pode conter vazões inferiores a 20 m³/h nas áreas próximas à Formação Passa Dois, onde o aquífero apresenta as menores espessuras saturadas. Dentro da área confinada, as vazões aumentam para oeste-noroeste, até se fixarem em valores máximos recomendados de 360 m³/h, a partir da linha que se inicia em Ourinhos, a sudeste, e se estende até as proximidades de Miguelópolis, a nordeste.

A formação Guarani, na região de Penápolis tem cota da estrutura do topo do aquífero da ordem de - 350 m, e é confinado sob a formação Serra Geral, com espessura aproximada da ordem de 400 m. Considerando que a expectativa de rebaixamento é da ordem de 30% da camada saturada, temos um rebaixamento possível da ordem de 130 m. Considerando a cota da cidade de Penápolis (416 m) e os dados anteriores, um poço para explorar esse aquífero na região tem previsão de profundidade igual a 896 m. Pelo mapeamento do nível piezométrico do aquífero Guarani no Estado de São Paulo, pode-se prever um nível estático para o poço muito próximo da superfície, pois a cota prevista está na ordem de 420 metros, muito próxima da cota altimétrica da cidade (416 m).

O potencial de vazão para um poço nessas condições é superior a 250 m³/h, vazão já significativa para compor abastecimento público de área urbana.

Confirmando esta vazão potencial, os dados fornecidos pela CPRM para o poço n°= 3500009777, localizado em Lins, que explora este aquífero, mostram que o mesmo tem vazão firme de 600 m³/h (<http://siagas.cprm.gov.br/wellshow/indice.asp?w=1280&h=768&info=1>).

10. ASPECTOS QUALITATIVOS DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUBTERRANEAS

10.1. ALTERNATIVA II-AQUÍFERO BAURU

De acordo com DAEE (1979b), as águas do Aquífero Bauru apresentam, de modo geral, baixa concentração salina, com valores de resíduo seco raramente atingindo 300 mg/L. As águas com menor concentração salina ocorrem nos vales baixos, especialmente a jusante dos principais rios interiores, enquanto as águas com concentração salina mais elevada ocorrem ao longo dos espigões de Pompéia - Adamantina e Valparaíso - Mirandópolis. Segundo CAMPOS (1993), o pH varia de ácido (4,59) a básico (9,64), com predominância de águas bicarbonatadas cálcicas (58%), nas áreas de planaltos e espigões, e bicarbonatadas cálcico-magnesianas (11%), nas áreas próximas aos vales. No extremo oeste do Estado e nas regiões de Pirapozinho e Bastos, ocorrem águas bicarbonatadas sódicas (DAEE 1979b).

Além desses dados temos algumas análises físico-químicas e bacteriológicas feitas para poços nesse aquífero que estão disponíveis no ANEXO I.

10.2. ALTERNATIVA III - AQUÍFERO GUARANI

De acordo com CAMPOS (1993) as águas deste sistema são predominantemente bicarbonatadas cálcicas e apresentam temperaturas de 22 a 27°C, pH de 5,4 a 9,2 e salinidade inferior a 50 mg/L, na área aflorante. Na área confinada, a temperatura varia de 22 a 59,7°C, o pH de 6,3 a 9,8 e a salinidade de 50 a 500 mg/L. As águas são predominantemente bicarbonatadas cálcicas e

bicarbonatadas sódicas e, subordinadamente, sulfatadas – cloretadas sódicas. Os valores de temperatura (Figura 21), pH, salinidade, e de íons cloreto, sulfato e sódio, aumentam no sentido do confinamento.

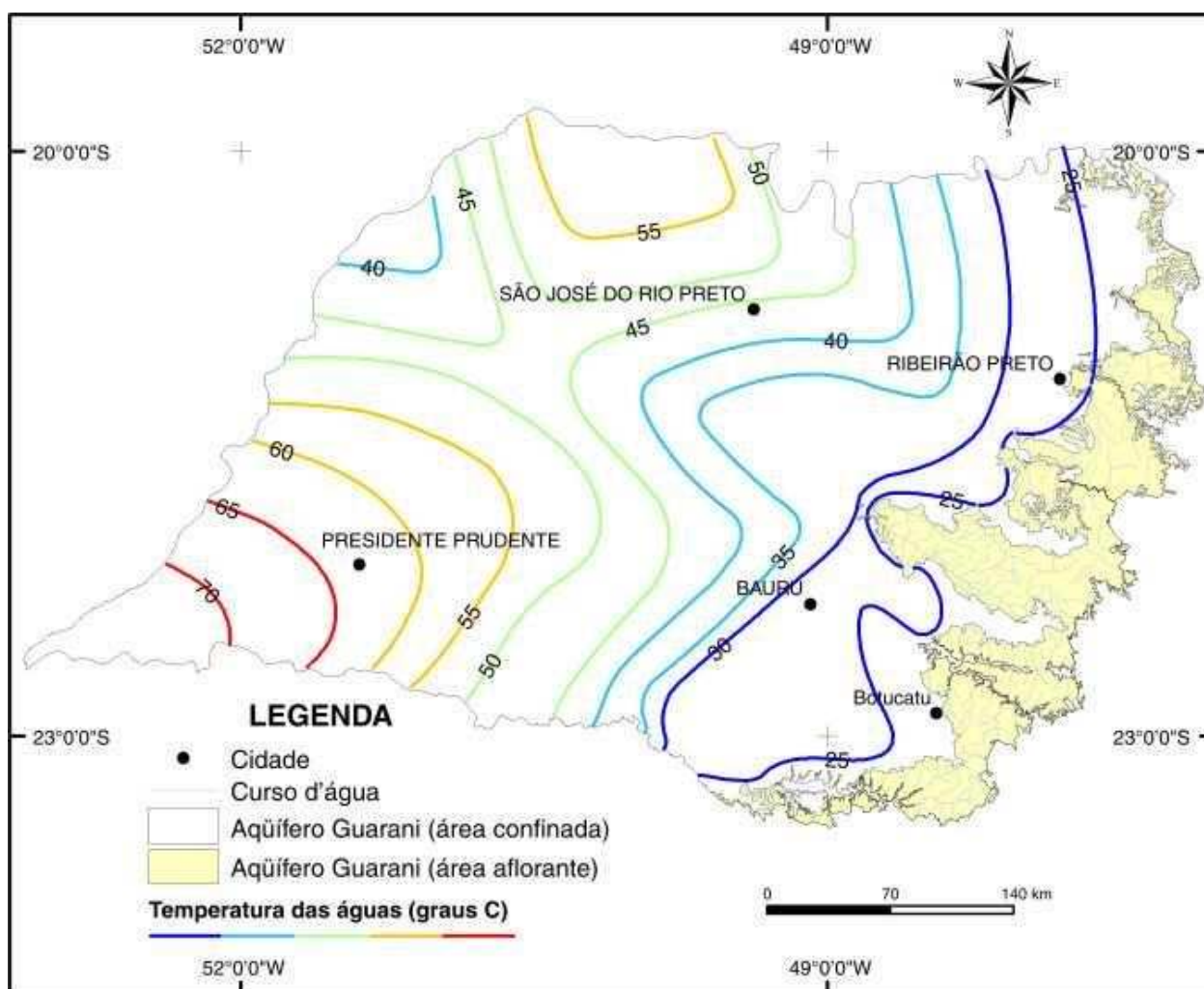


Figura 21. Isotermas da área confinada do Aquífero Guarani.

Em termos de potabilidade, o DAEE (1974, 1976, 1979b) recomenda apenas cuidado com a presença de eventuais contaminantes tais como: nitratos, principalmente na área aflorante devido à existência de fossas negras ou à aplicação de insumos agrícolas; ferro, originário da água dos basaltos ou da dissolução da tubulação dos poços; e flúor, originado mais provavelmente da decomposição de minerais presentes nas rochas sedimentares do aquífero (FRAGA 1992).

11. ALTERNATIVA DE POÇO PARA CAPTAÇÃO NO AQUIFERO GUARANI

De acordo com as características locais do aquífero, o poço para exploração desse manancial terá dimensões conforme as da figura 22.

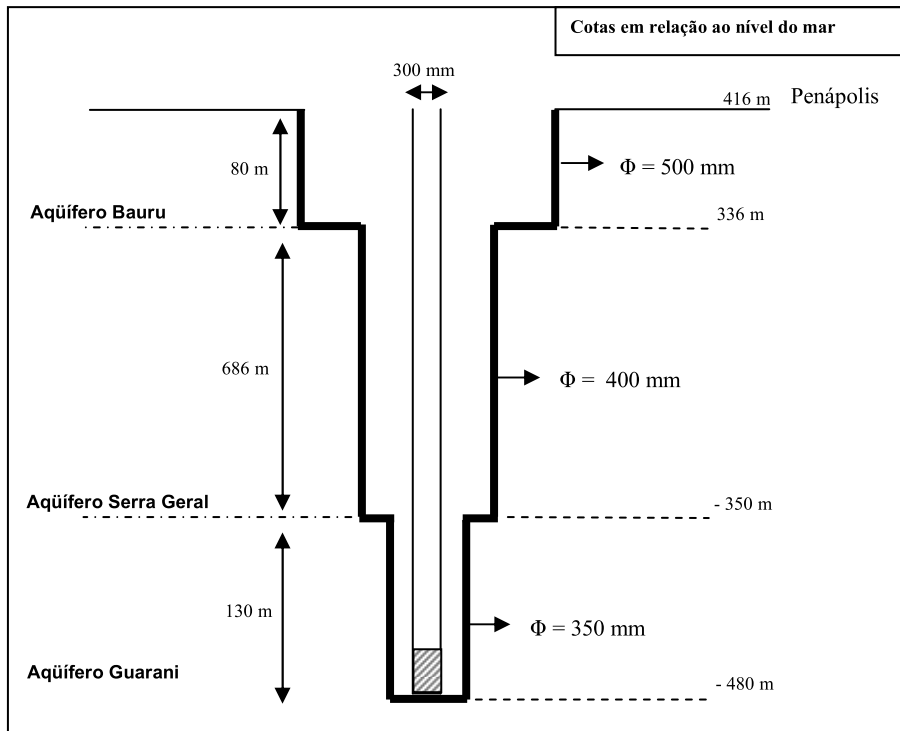


Figura 22: Desenho esquemático do poço para captação no aquífero Guarani.

Para uma estimativa de dimensionamento desse poço, adotou-se a vazão bombeada igual a 450 m³/hora (125 L/s). Com esses valores e as características previstas para o poço, foram dimensionados os componentes do sistema de bombeamento.

11.1. Dimensionamento da tubulação de recalque

O critério a ser utilizado para escolha de diâmetros de tubulações é o critério de velocidade econômica, por ser simples e eficiente, e segundo a literatura especializada, seu valor deve variar de 0,5 a 2,0 m/s. Adotando-se o valor de 1,6 m/s, o diâmetro da tubulação de recalque será igual a 300 mm.

11.2. Perda de carga e altura manométrica

11.2.1. Altura Manométrica da Instalação

É definida como sendo a altura geométrica da instalação mais as perdas de carga ao longo da trajetória do fluxo. A altura geométrica é a soma das alturas de sucção e recalque, e a altura manométrica é descrita pela seguinte equação:

$$H_m = H_g + h_f \quad (14)$$

sendo H_m a altura manométrica da instalação (m); H_g é a altura geométrica (m); h_f é a perda de carga total (m).

11.2.2. Perda de Carga

Para o cálculo de perda de carga unitária será adotado pela simplicidade e facilidade de uso, o Método de Hazen-Williams, que fornece a da seguinte expressão (Azevedo Netto e Alvarez, 1991):

$$I = \left[\frac{4 \cdot Q}{0,355 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right]^{1,852} \quad (17)$$

sendo Q a vazão (m³/s); C o constante adimensional de Hazen-Williams; e D o diâmetro interno da tubulação (m). Para a vazão de 0,125 m³/s, C igual a 100 e o diâmetro de 0,3 m, o valor de I será igual a 1,6 m/100 m. Com o comprimento total de 900 metros, mais 10% de perdas localizadas, a extensão total será de 990 metros, resultando em perda de carga igual a 15,8 metros.

Para uma altura geométrica de 65 metros de elevação (considerando que o nível estático é próximo da superfície, temos 45 metros de rebaixamento e mais 20 metros para elevação acima do solo), a altura manométrica será igual a 70,8 metros.

11.3. Potência do conjunto motor-bomba

Para o cálculo da potência necessária, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75 \cdot \eta} \quad (20)$$

sendo: P a potência (CV); γ peso específico da água (1000 kg/m³); Q a vazão (m³/s); H_m a altura manométrica (m); η rendimento (decimal), obtido da curva característica fornecida pelo fabricante da bomba.

Com os dados disponíveis, a potência será igual a 168,4 CV

11.4. Consumo de energia elétrica do conjunto motor-bomba

Para se calcular o consumo horário de um motor elétrico utiliza-se a equação que segue (Motortrafo, 2008):

$$C_{ee} = \frac{P \cdot 0,736}{R} \cdot 100 \quad (21)$$

onde: C_{ee} é o consumo do motor em uma hora de operação, em KWh/h (kilowatt-hora por hora); P é a potência mecânica fornecida pelo motor, em CV; e R é o rendimento do motor, em %.

Com os dados disponíveis, o valor de C_{ee} será igual a 137,7 KWh/h (kilowatt-hora por hora) ou 2478,6 KWh/dia (considerando 18 horas de bombeamento diário).

11.5. Resultados

Na tabela 21 são apresentadas as principais características do sistema de bombeamento do poço.

Parâmetros		Valor
Vazão (l/s)		125,0
Velocidade Max. (m/s)		1,6
Diâmetro da tubulação	Adotado p/recalque (m)	0,3
Tubulação recalque	Comprimento (m)	900
	Perda unitária (m/m) – Adotou-se C=100	0,0016
	Perda total (m)	15,8
Altura geométrica (m)		65
Altura manométrica (m)		70,8
Potencia (CV) – Adotou-se $\eta=0,8$		206,2
Consumo energia elétrica (kWh/h) – Adotou-se rend.=0,9		168,4
Tempo diário de bombeamento (horas)		18
Consumo energia elétrica diário (kWh/dia)		2478,6

Tabela 21. Características do sistema de bombeamento do poço.

12. CONCLUSÕES

O estudo da qualidade da água do ribeirão Lajeado realizado por Dantas e Cruz (2004) conclui que no trecho (onde estaria a captação de água da alternativa II) que vai da captação de água do DAEP até as imediações do Colégio Técnico Agrícola, a água se mostrou alterada em seus aspectos físicos, químicos e biológicos, devido à influência possivelmente de ações antrópicas, descargas de efluentes oriundos das lagoas de tratamento de esgoto e da ocupação de seu entorno, já que este trecho percorre toda a área urbana.

Além disso, é importante destacar que a vazão média de longo período para o alternativa II é apenas 0,167 m³/s maior que a correspondente à alternativa I, dos quais 0,108 m³/s

correspondem à contribuição do córrego sem nome (formado pela confluência dos córregos Urutagua e Bairro Morada), afluente direito do ribeirão Lajeado, e o restante $0,054 \text{ m}^3/\text{s}$ é a contribuição do próprio córrego Lajeado cuja área de drenagem contempla parte da cidade de Penápolis.

Fica evidente que o acréscimo na disponibilidade hídrica do ribeirão Lajeado entre a atual seção de captação do DAEP e a seção de jusante correspondente à alternativa II é pouco significativa. Também a relação demanda/disponibilidade do ribeirão Lajeado nas alternativas I e II é praticamente idêntica e crítica.

Por essas razões a alternativa II foi considerada inapropriada e assim descartada. Recomenda-se então que a escolha da opção para ampliação da capacidade de captação de água de mananciais superficiais seja feita apenas entre as alternativas I e III. Entretanto, há a necessidade de se realizar um monitoramento da qualidade do ribeirão Bonito para comprovar realmente o potencial (do ponto de vista qualitativo) do mesmo como manancial alternativo para a cidade de Penápolis.

Considerando a potencialidade de vazão para uma captação no aquífero Guarani, da ordem de $0,125 \text{ m}^3/\text{s}$, e os indicativos de que a qualidade da água desse manancial é compatível com tratamento simplificado para posterior distribuição na rede pública, deve-se considerar a alternativa de água subterrânea como altamente viável. Essa indicação fica reforçada se levarmos em conta que o funcionamento do poço é viável para atender períodos de escassez hídrica, atuando como fonte complementar.

Como conclusão, a sugestão de utilização deve atender às seguintes prioridades:

- a. Manter a atual captação no córrego Lajeado, garantindo as ações de controle na bacia, iniciando acompanhamento mais efetivo da variação da vazão desse manancial e desenvolver entendimentos para garantir prioridade de uso na outorga de água na bacia;
- b. Prever a perfuração de poço tubular profundo para captação no aquífero Guarani, em posição tal que sua produção possa ser incorporada rapidamente à produção de água proveniente do córrego Lajeado;
- c. Iniciar processo de montagem de comitê gestor para a bacia do córrego Bonito, visando adequação do controle dessa bacia para uso futuro como captação de água para abastecimento público.

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO NETTO, J.M.; ALVAREZ, G. A. (1991). **Manual de hidráulica**. 7.ed. São Paulo: E. Blücher, v.1, 335p.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO TIETÊ - CBT-BT (2000). Relatório Zero "Situação dos Recursos Hídricos do Baixo Tietê UGRHI-19. CETEC, São Paulo. 263 p.
- CAMPOS, H. C. N. S. Caracterização e cartografia das províncias hidrogeoquímicas do Estado de São Paulo. 1993. 117 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (1999). Relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo. Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos, 128p. São Paulo. <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/r0estadual/>, acessado em 28/01/2008 às 11h37m.
- CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (2005). Mapa de água subterrânea do estado de São Paulo. Escala 1: 1.000.000. Nota explicativa. p. 119. São Paulo.
- COOPER, H. H.; JACOB, C. E. A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well filed story. Transactions Am. Geophysical, v. 27, p. 526-534, 1946.
- CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. Hidrologia subterrânea. Barcelona: Ed. Omega, 1976. Tomo I, Seção 8, p. 644.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. Estudo de Águas Subterrâneas - Regiões Administrativas 10 e 11 - Presidente Prudente e Marília. São Paulo: DAEE, 1979b. v.1 e 2.
- DANTAS, R.; CRUZ, J.A. (2004). Ações integradas para recuperação da bacia hidrográfica do ribeirão Lajeado – Penápolis/SP. Texto acessado em 29/01/2008 às 14:21 h do site: http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/Publicar_Internet/trabalhos/trabalho_12.pdf
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa 5 -Campinas. São Paulo: DAEE, 1981. 2 v.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa 4 -Sorocaba. São Paulo: DAEE, 1982. 2 v.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. Estudo de águas subterrâneas – Região Administrativa 6 - Ribeirão Preto. São Paulo: DAEE, 1974. 4 v.
- COSTA, W. D. Uso e gestão de água subterrânea. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (Coord.). Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 2. ed. Fortaleza: CPRM/ REFO, 2000. cap. 14, p. 341-367.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (1988). Revista Águas e Energia Elétrica, ano 5 - nº 14. São Paulo.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (1999) **Regionalização hidrológica do estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE, 1 CD.
- FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. A cobertura cretácea suprabasáltica no Estado do Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992, São Paulo. Boletim de Resumos Expandidos. São Paulo: SBG, 1992. v. 2, p. 506-508.
- FERNANDES, L. A. Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil). 1998. 216 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- FRAGA, C. G. Origem de fluoreto em águas subterrâneas dos sistemas aquíferos Botucatu e Serra Geral da Bacia do Paraná. 1992. 178 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- MACINTYRE, A.J. (1996). Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais. Ed. Livros Técnicos e Científicos. 3^{ra} Edição. Rio de Janeiro. 739 p.

MOTORTRAFO ENGENHARIA E AUTOMAÇÃO (2008). Informação obtida do site <http://www.motortrafo.com.br/engenharia/energia.htm>. Acesso em 02 de fevereiro de 2008 às 17:37 h.

PERROTTA, M. M. et al. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000. São Paulo: CPRM, 2005.(Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil).

PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO – PERH (2004). Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004/2007 – Resumo. Conselho Estadual de Recursos Hídricos as São Paulo. São Paulo.

ROCHA, G. A. et al. Tentativa de zoneamento das características hidráulicas e hidroquímicas do aquífero Bauru. O grupo Bauru no Estado de São Paulo. In: ENCONTRO DE GEOLOGIA & HIDROGEOLOGIA, 1., 1982, São Paulo.Publicação Especial... São Paulo: SBG/ABAS, 1982.

SILVA, R. B. G. Estudo hidroquímico e isotópico das águas subterrâneas do aquífero Botucatu no estado de São Paulo. 1983. 133 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983.

STRUCKMEIER, W. F.; MARGAT, J. Hydrogeological maps: a guide and a Standard legend. International Association of Hydrogeologists. Hannover: Heise, 1995.(International Contributions to Hydrogeology, v. 17).

THEIS, C. V. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage. Trans. Am. Geophys. Union, 16th Ann. Meeting, part 2, 1935.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC 7AND CULTURAL ORGANIZATION - UNESCO. International legend for hydrogeological maps. England: UNESCO/ IASH/ IAH/ Institute of Geological Sciences, 1970.

DIRETRIZES GERAIS PARA O SERVIÇO DE ÁGUA POTÁVEL

A definição de diretrizes ocorreu a partir das ações apresentadas pela comunidade durante o 7º Fórum de Saneamento e Meio Ambiente realizado em 2006 e nos debates realizados durante o ano de 2007 com o Grupo Municipal de representantes do governo municipal e da sociedade civil.

As propostas apresentadas no 7º Fórum, embora de caráter ambiental, estão diretamente relacionadas à preservação da capacidade de fornecimento de água pelo ribeirão Lajeado. Denota assim que a população tem bastante claro a importância do manancial e das ações voltadas à sua preservação. As propostas apontam para a continuidade do trabalho do Consórcio do ribeirão Lajeado.

Associado às propostas ambientalistas aparece a preocupação, em função do cenário futuro apresentado, na definição de uma nova fonte de captação de água para o abastecimento urbano. A situação do município é privilegiada, pois dispõe de alternativas para uma nova captação superficial, seja no ribeirão Bonito ou seja poço profundo (captação subterrânea).

Esta proposta, especificamente, já foi tratada pelo DAEP e seu resultado é o estudo técnico apresentado neste Plano.

Para o setor de tratamento de água, frente ao Cenário Futuro apresentado, a única ação apresentada é a de executar a ampliação da capacidade de tratamento da atual estação de forma a compatibilizar-se com a capacidade máxima de captação de água bruta. A ação deve, ainda, estar interligada com a proposta de nova fonte complementar de captação.

Quanto ao serviço de reservação de água potável, com a apresentação do cenário Futuro, as propostas se resumem na necessidade de melhoria do sistema de reservação existente, tanto na ampliação como na manutenção. Outras ações apontam para a necessidade de incrementar o uso de reservatórios residenciais como forma de ampliar a capacidade de reservação de todo o sistema.

Ainda foi apresentada proposta que prevê a transferência de obrigatoriedade aos loteadores para que sejam implantados reservatórios nos novos loteamentos. Esta ação depende de alteração no Plano Diretor do Município e ainda de estudos técnicos de como ter a melhor solução para que não tenhamos uma proliferação de pequenos reservatórios que acabariam elevando os custos de manutenção do sistema de reservação.

Para todo o serviço de água potável (captação / tratamento / reservação) foram apresentadas outras propostas no campo de melhoria de instrumentos de gestão, que seriam na constituição de campanhas educativas pelo uso racional da água de forma a diminuir o consumo e proporcionando maior vida útil a todo serviço, prevendo ações que vão desde o incremento na fiscalização sobre o desperdício no uso da água tratada e revisão na política tarifária, beneficiando os baixos consumidores e ainda, na disseminação de técnicas de reuso de água ou mesmo de aproveitamento de águas pluviais.

No campo de gestão as propostas estão voltadas para as melhorias da rede de distribuição de água potável com a substituição de redes antigas, ou de cimento amianto; ações que propiciem uma maior eficiência do sistema, com controle e identificação de pontos de perdas de água tratada.

Com base nessas propostas, as diretrizes gerais definidas para o serviço de água potável, compreendendo os setores de captação, tratamento, reservação e distribuição são as seguintes:

- I. Garantir a continuação e o incremento das ações do Consórcio Intermunicipal do Ribeirão Lajeado, desenvolvidas na bacia do ribeirão Lajeado, com objetivo de melhorar a qualidade e a quantidade do volume de água para o abastecimento urbano, observando:

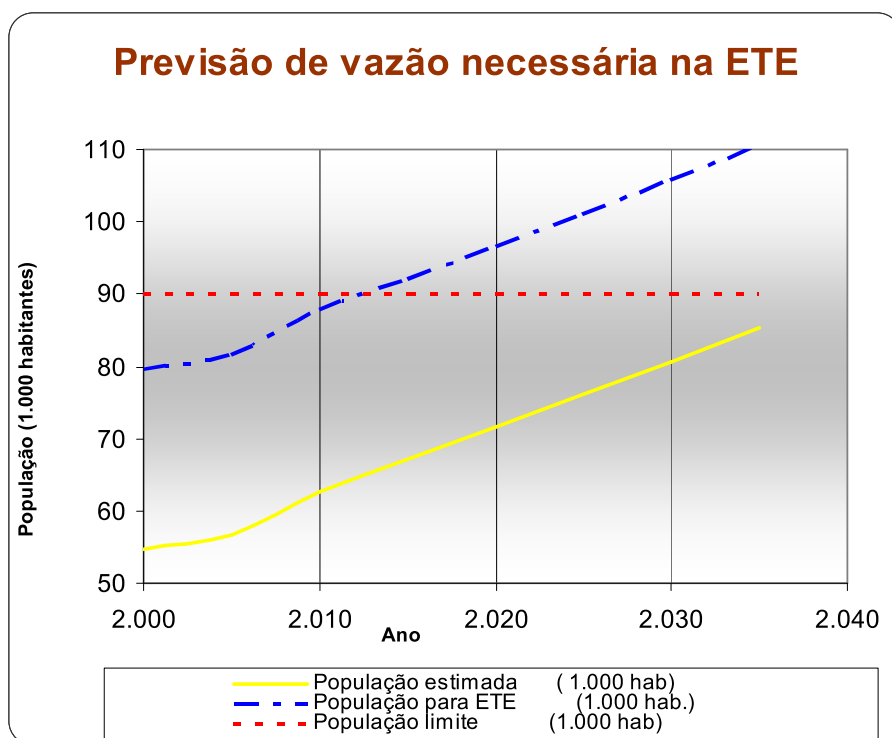
- i. Viabilizar instrumentos legais que possibilitem a ampliação da faixa de trinta metros a partir de cada margem do ribeirão Lajeado (APP), para uma faixa de cem metros como faixa de proteção ao ribeirão;
 - ii. Viabilizar instrumentos que oficializem o compromisso dos proprietários rurais quanto à manutenção e conservação das matas ciliares e no emprego de técnicas de conservação de solo, com definição de responsabilidades e prazos de recuperação;
 - iii. Viabilizar instrumentos que possam permitir que a área de reserva legal (20% da área da propriedade rural) prevista em legislação Federal, seja localizada mais próxima ou junto à área de preservação permanente (APP);
- II. Definição dos procedimentos que serão adotados para aprofundamento do debate sobre o estudo técnico apresentado neste Plano de forma a garantir a transparência das informações e o controle social sobre o processo, criando condições para que até o 9º Fórum tenha consenso sobre quais as alternativas para garantia e ampliação do abastecimento de água bruta para o Município, observando:
 - i. Criação de um grupo de trabalho para o aprofundamento dos trabalhos de forma que na sua composição seja garantida participação de técnicos, usuários dos serviços de saneamento e representantes dos produtores rurais inseridos na bacia do ribeirão Lajeado;
 - ii. Que o Executivo Municipal garanta os custos de possíveis estudos e projetos necessários ao aprofundamento dos trabalhos;
 - iii. Que na análise das diferentes alternativas sejam considerados os fatores econômicos e financeiros envolvidos na solução;
 - iv. Que na análise das diferentes alternativas sejam contemplados estudos sobre possíveis fontes de contaminação e soluções técnicas de bloqueio ou minimização;
 - v. Que a Administração Municipal crie fundo de reserva específico para garantia dos investimentos necessários para a implantação da alternativa escolhida;
 - vi. Viabilizar uma instituição (consórcio/ comitê gestor) com objetivo de conservar e recuperar a bacia do ribeirão Bonito, garantindo a qualidade atual de suas águas.
- III. Adequar a capacidade da estação de tratamento de água de forma a atender a demanda máxima da atual estação de captação.
- IV. Elaborar estudos dos sistemas operacionais existentes, visando o uso de novas tecnologias (automação da ETA, geo-processamento, plano de substituição de redes, emissários e adutoras, etc).
- V. Tornar obrigatório a instalação de reservatórios individuais nas novas construções vinculando sua instalação à liberação do Habite-se, observando:
 - i. Incremento da fiscalização de posturas para garantir a implantação de reservatórios individuais nas construções, com definição de critérios de dimensão e garantia de instalação dos mesmos nas habitações de interesse social.
- VI. Implantar medidas e instrumentos que proporcionem maior eficácia no sistema público de reservação (exemplo telemetria).

- VII. Ampliar a capacidade de reservação de forma a torná-la compatível com a capacidade instalada de tratamento.
- VIII. Incrementar as ações de educação sobre o uso correto de água tratada de forma a evitar desperdícios.
- IX. Desenvolver ações de caráter educacional, com informações de dados técnicos e de incentivos na implantação de modelos de reaproveitamento de águas servidas ou mesmo de águas pluviais, observando:
 - i. Que o Executivo Municipal tome a iniciativa de implantar dispositivos de retenção de água de chuvas ou de reuso de água, nos edifícios públicos;
 - ii. Criar programa para a captação de água pluvial em cacimbas, junto aos pequenos agricultores e hortas comunitárias, para utilização em períodos de estiagem.
- X. Priorizar a substituição das redes de distribuição de água da região central e daquelas ainda executadas em fibrocimento, observando a integração de tais ações com outros setores da prefeitura para garantir melhoria também na qualidade do espaço urbano.

CENÁRIO FUTURO PARA O SERVIÇO DE ESGOTO

O sistema de tratamento de efluentes, comum entre o doméstico e o industrial apresentará seu estrangulamento por volta de 2015, menos pela capacidade instalada e mais por conta da grande carga poluente dos efluentes industriais que hoje, na correspondência com o doméstico, representa o equivalente a quase 50% da atual população do município.

Carga industrial	25.000	população equivalente	-> refere-se ao cálculo da equivalência entre o efluente industrial e o esgoto doméstico
Capacidade ETE	90.000	habitantes	-> refere-se a capacidade instalada de 350 l/s do sistema de tratamento de esgotos



Ano	População Censo (1.000 hab.)	População estimada (1.000 hab.)	População para ETE (1.000 hab.)	População limite (1.000 hab.)
2000	55	55	80	90
2005		57	82	90
2010		63	88	90
2015		67	92	90
2020		72	97	90
2025		76	101	90
2030		81	106	90
2035		85	110	90
2040		90	115	90
2045		95	120	90
2050		100	125	90
2055		104	129	90

2015 Refere-se ao ano de estrangulamento do sistema de tratamento de efluentes

DIAGNÓSTICO PARA O SERVIÇO DE ESGOTO

Atualmente toda a zona urbana do município é dotada de rede coletora de esgoto e emissários que afastam os efluentes até os dois complexos de lagoas de tratamento existentes. Um deles recebe os efluentes da bacia de contribuição do córrego Maria Chica, correspondendo a 80 % do volume total de efluentes. O outro complexo de lagoas atende à bacia do córrego Santa Terezinha com 20% do volume total.

Algumas indústrias, em especial do ramo de curtume e laticínios, tem autorização para lançamento de seus efluentes na rede pública de esgoto, desde que seus efluentes estejam

dentro dos padrões recomendados pela CETESB. A falta de instrumentos jurídicos que permitam ao DAEP realizar vistorias de controle sobre as condições dos efluentes lançados, tem provocado prejuízos ao sistema de tratamento de esgoto, que tem operado com baixa eficiência.

Quanto ao sistema de redes, alguns emissários apresentam alto grau de deterioração pelo tempo e por material usado com características inadequadas.

DIRETRIZES GERAIS PARA O SERVIÇO DE ESGOTO

As ações propostas, com base no cenário futuro apresentado, apontam a necessidade de aumentar os poderes de fiscalização do DAEP quanto ao acesso aos sistemas de pré-tratamento de efluentes industriais, ou mesmo do simples lançamento na rede, de forma a se ter um maior controle da eficácia dos mesmos e evitando o colapso no sistema de tratamento instalado.

As diretrizes gerais para o serviço são:

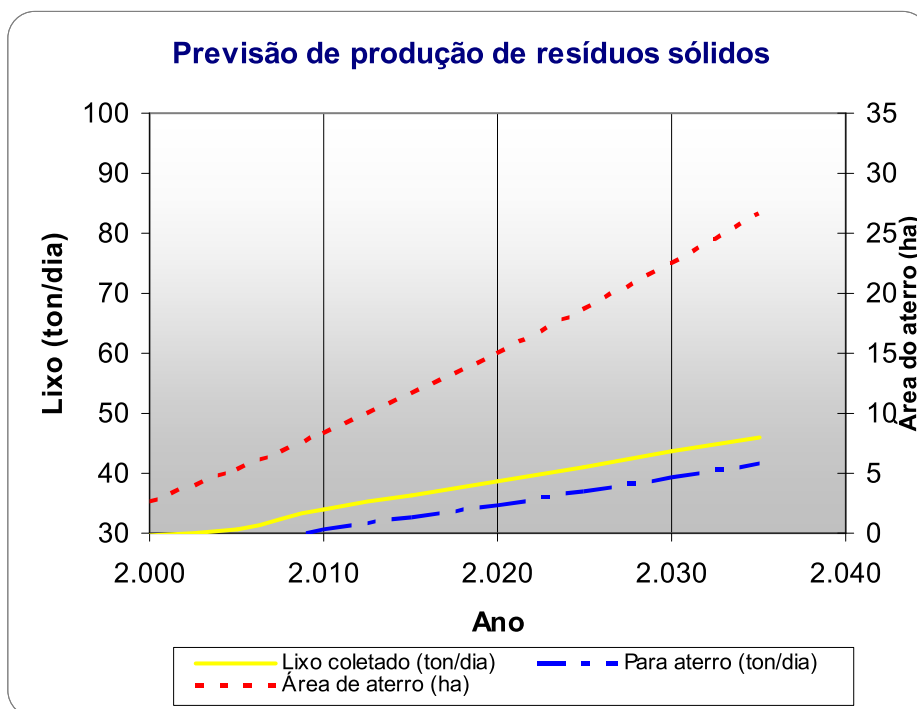
- I. Priorizar a substituição dos emissários que em função de sua idade ou de falhas técnicas apresentem situação de risco para o sistema de coleta e afastamento dos efluentes.
- II. Criar instrumentos legais que aumentem o poder de fiscalização, controle e punição, por parte do DAEP, sobre o lançamento de efluentes industriais no sistema de tratamento instalado.
- III. Legislar que o DAEP é obrigado a cumprir as resoluções dos órgãos ambientais quanto ao sistema de esgoto, em especial quanto ao lançamento nas lagoas de tratamento.
- IV. Elaboração de estudos técnicos que solucionem a atual situação do lançamento de efluentes industriais (que tem prejudicado o atual sistema) de forma a envolverem a iniciativa privada, em especial aquelas que têm se utilizado do sistema público.
- V. Elaborar reforma administrativa do DAEP para dotá-lo de estrutura adequada aos diferentes serviços prestados pelo Departamento de forma a ter maior qualidade e eficácia na gestão da política de saneamento ambiental do município.
- VI. Elaborar programa educacional voltado para o lançamento inadequado de objetos estranhos na rede de esgoto.

CENÁRIO FUTURO PARA O SERVIÇO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O cenário se refere à capacidade do aterro sanitário em receber os resíduos. Considerando o manejo adequado do mesmo (índices ideais de compactação e recobrimento) a vida útil do atual aterro se esgotaria em 2010. De todos os serviços de saneamento de responsabilidade do DAEP o de resíduos sólidos é o que apresenta a maior urgência de solução.

Produção per capita	0,54	(kg/hab x dia)	-> refere-se a média de 2005 da quantidade de resíduos domésticos coletados
Percentual reciclado	10%		-> refere-se ao percentual coletado pela coleta seletiva (CORPE)
Compactação (*)	0,6	(ton/m ³)	-> índice ideal de compactação
Altura da célula	4	m	-> altura média das células onde o lixo é depositado e recoberto
Área adicional	30%		-> refere-se a espaços necessários para circulação e drenos

(*) o índice de 0,60 ton/m³ refere-se a compactação ideal, porém de acordo com a operação atual do aterro sanitário, o índice apresenta-se inferior



Ano	População (Censo)	População estimada	Lixo coletado (ton/dia)	Para aterro (ton/dia)	Área de aterro (ha)
2000	54.635		29,50	26,55	3
2005		56.681	30,61	27,55	5
2010		62.814	33,92	30,53	8
2015		67.122	36,25	32,62	12
2020		71.556	38,64	34,78	15
2025		76.098	41,09	36,98	19
2030		80.727	43,59	39,23	23
2035		85.421	46,13	41,51	27
2040		90.158	48,69	43,82	31
2045		94.912	51,25	46,13	36
2050		99.661	53,82	48,44	40
2055		104.378	56,36	50,73	45

Refere-se ao ano de estrangulamento de capacidade do aterro sanitário

Dados adicionais:

1- Varrição de ruas: frequência diária na área comercial e uma vez por semana nos bairros pavimentados. A partir de janeiro de 2006 iniciou-se o sistema de mutirão

2- Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) : coleta 02 vezes por semana com produção de 200 kg/dia. Unidade de tratamento pelo sistema de autoclavagem com capacidade instalada de 400 kg/dia. O DAEP possui contrato de prestação de serviços com outros municípios da região.

3- Entulhos: o município dispõe de uma área de 3 alqueires para recebimento dos entulhos coletados que está na ordem de 1.100 toneladas por mês. Ainda recebe 1.500 toneladas por mês originados pelos serviços particulares de coleta.

4- Resíduos industriais: recebe 100 m³ / mês de resíduos de classe C (grande maioria são aparas de couro)

DIAGNÓSTICO PARA O SERVIÇO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Como diagnóstico do serviço de resíduos sólidos, apresenta-se o estudo técnico realizado em julho de 2005, sob o título "Recomendações Operacionais para o Sistema de Limpeza Urbana do Município de Penápolis – SP" de autoria do Engenheiro Francisco Luiz Rodrigues, dentro do Programa de Cooperação Técnica da FUNASA. O documento, além de análise e diagnóstico da situação atual do serviço, apresenta uma série de recomendações a serem implantadas objetivando a melhoria de qualidade do serviço. Muitas dessas recomendações já foram efetivadas pelo DAEP.

Programa de Cooperação Técnica



Recomendações Operacionais para o Sistema
de Limpeza Urbana do Município de Penápolis –
SP

Elaboração: Eng^o Francisco Luiz Rodrigues

Consultor UNESCO/FUNASA – CORE-SP

CREA/SP 0400330405

**Recomendações Operacionais para o Sistema de Limpeza Urbana de
Penápolis**

(Diagnóstico preliminar - 1ª visita técnica)

Período: 06 a 08 de junho de 2005.

Contatos junto ao Departamento de Água e Esgotos de Penápolis - DAEP: Dr. Lourival Rodrigues dos Santos - Diretor Presidente; Sra. Vera Lúcia Nogueira - Diretora Administrativa e Financeira; Eng^o Amir Gualda Ferlin - Responsável Técnico; Sra. Linei - Técnica em Segurança do Trabalho e Sra. Silvia M. Shinkai de Oliveira - Serviço de Custos.

1 - Histórico

O município de Penápolis possui um total de 57.532 habitantes. O índice de urbanização segundo a Fundação SEADE (2005) é de 93,91%, o que resulta em 54.028 habitantes na sede urbana e 3.504 na zona rural. A taxa geométrica de crescimento anual (período 2000/2005) foi de 1,06 % a.a. O PIB per capita em 2002 foi de R\$ 6.509,39, sendo enquadrado no Grupo 3 (município com nível de riqueza baixo, mas com bons indicadores nas demais dimensões). É apontada a existência de 165 indústrias, 602 unidades comerciais, 382 estabelecimentos de serviços. O número de leitos SUS (2003) é de 253 unidades.

A arrecadação prevista para as atividades de limpeza pública no município é de R\$ 2.012.893,89 para o ano de 2005. A estimativa de despesas com os serviços para o mesmo ano é de R\$ 1.900.000,00 o que significa que a receita obtida com a taxa de coleta de lixo e outras receitas tende a cobrir os gastos com as atividades desenvolvidas atualmente no município.

Os serviços foram executados diretamente pela prefeitura até o ano de 1993. A partir desta data, o sistema de limpeza urbana foi incorporado pelo DAEP que já atuava no saneamento básico (água e esgotos). Apenas alguns serviços se mantiveram sob o comando da prefeitura como capinação, roçada, limpeza do sistema de drenagem.

Os serviços de limpeza ficaram vinculados à Diretoria de Meio Ambiente, tendo como gestores operacionais 2 encarregados que cuidam da varrição de ruas e outro que é responsável pelo serviço de coleta e operação do aterro sanitário.

Em outubro de 2000 foi iniciada a coleta seletiva no município, com a formação da CORPE, que hoje é responsável pela operação de coleta porta a porta e da triagem dos materiais coletados por caminhões basculantes.

O quadro de funcionários alocado para a limpeza pública é composto de: 02 encarregados, 14 motoristas, 23 coletores de

lixo, 21 auxiliares de serviços gerais, 51 serventes de limpeza urbana e 02 assistentes administrativos. As funções de varredor de ruas estão a cargo dos serventes de limpeza. Apesar da equipe operacional não ser tão pequena, pois é composta de 111 funcionários, as funções de gerenciamento e coordenação dos serviços deveria ser de uma outra forma.

A base física utilizada pelos serviços é na garagem central do departamento - DAEP, que abriga a frota de veículos de limpeza, junto da Estação de Tratamento de Água e a sede administrativa do DAEP. O setor de manutenção mecânica, abastecimento de veículos, lavagem e lubrificação também estão instalados no mesmo local.

De acordo com os dados fornecidos, observou-se que existe a apropriação e controle dos gastos do setor de limpeza, sendo computado pelo centro de custos/compras. Entendemos que para se ter uma planilha propriamente de custos, seria necessário a inclusão de outros elementos para a efetiva previsão de custos e não simplesmente de gastos.

De um modo geral, não possuem boletins de controle e apropriação de serviços por equipe que abranjam o registro qualitativo das operações vinculadas à produção, registro de ocorrências e reclamações. Os aspectos de produtividade dos diferentes serviços e as formas mais econômicas e tecnicamente recomendadas para a execução das tarefas, aparentemente carecem de um gerenciamento de campo por técnico de nível superior.

2 - Coleta Domiciliar

O acondicionamento dos resíduos gerados nos domicílios observado na cidade é predominantemente através de saquinhos, colocados muitos deles pendurados nas árvores e muros. Em algumas casas, com percentual menor, existem suportes nas calçadas, causando um sobre-esforço durante a operação de coleta, e aumentando o risco do coletor em ser apanhado por cães do interior dos imóveis. Nas duas equipes que tivemos a oportunidade de acompanhar, constatamos que a atividade "extra-oficial" de catação é uma prática em curso na maioria das equipes. A "triagem" de materiais durante a execução da coleta, além de expor o funcionário ao contato direto com o lixo, causa um enorme atraso no ritmo dos serviços, tendo em vista que desvia totalmente a atenção do foco principal do trabalho. Procedimentos como estes são costumeiros em equipes que não precisam atender a padrões mínimos de qualidade e sequer buscam a produtividade onde estão atuando.

Verificado durante o acompanhamento de equipes que os resíduos soltos nos pontos de acúmulo não são juntados, e durante a operação, os saquinhos que se rasgam também acabam ficando para trás. Existe o hábito de terminar o setor sem a obrigatoriedade de retornarem para a base após o turno e às vezes o próprio início do serviço não é feito na garagem. Isto causa uma

impossibilidade de conferir a equipe completa no tocante ao uso de: uniforme, luva, calçado, aparência do funcionário, condição física de cada um, acidentes do dia anterior etc.

Os acidentes mais comuns registrados em 2004 pelo setor de segurança do trabalho do DAEP envolveram basicamente 8 ocorrências devido a cacos de vidro colocados sem o devido cuidado no lixo domiciliar. Somente estas ocorrências foram responsáveis pela paralisação de 108 dias, resultando em somas significativas de salários. Como agente causador dos outros acidentes, foram fios cortantes, ataques de cachorro, queda do estribo causando a paralisação de mais 37 dias. Além da paralisação do funcionário, os acidentes com cortes por caco de vidro normalmente atingem as mãos e pernas, deixando em alguns casos seqüelas irreversíveis, podendo comprometer a função de coletor. Embora seja apenas um dado amostral referente ao período de 12 meses, indica que o problema é sério e necessitará de uma campanha de massa para conscientizar os geradores (residências e comércios) para que tenham mais cuidado ao embalar vidros quebrados, latas e outros objetos cortantes descartados no lixo domiciliar.

A coleta domiciliar está dividida em 9 setores conforme quadro abaixo:

Quantidade de setores	Freqüência	Turno	Horários médios da operação atual	Quantidade caminhões
01	Diária – 2ª a sexta	Vespertino	16:00 às 20:00	01
05	Alternada – 2ª, 4ª e 6ª	02 Manhã e 03 Vespertino	07:00 às 11:30 e 16:00 às 20:00	02 (manhã) e 03 (tarde)
03	Alternada – 3ª, 5ª e sab.	02 manhã e 01 Vespertino	07:00 às 11:30 e 16:00 às 20:00	02 (manhã) e 01 (tarde)

Fonte: DAEP – Dados complementares ao questionário – maio 2005

A topografia e relevo da cidade não são difíceis de transitar, sendo predominantemente plano, mas existem bairros que não possuem pavimentação e iluminação. As ruas além de não serem pavimentadas, apresentam uma condição muito precária, devido à má conservação, dificultando a passagem do veículo de coleta, além de contribuir para a quebra de molas.

Pelo dado fornecido referente ao dia 11 de abril no Relatório Geral de Entradas de Lixo, o dia mais pesado em termos de geração de resíduos foi nesta segunda feira com **55,00 t** transportadas em 10 viagens. No dia 06/04, quarta feira considerado um dia leve, foram coletados **38,99 t** com o mesmo número de viagens. Quando a quantidade de viagens necessárias para um dia de maior geração é idêntica ao dia com pequena quantidade, podemos concluir que se existe dimensionamento, ele está planejado para no máximo 1 viagem em qualquer situação. Isto prova que não há preocupação com a produtividade, utilizando equipes e veículos desnecessários.

A distribuição de resíduos gerados em cada setor foi calculada através da tabulação dos dados constantes na planilha "Relatório Geral de Entradas de Lixo (por tipo)" no período de 01 a 30 de abril de 2005, conforme demonstrado a seguir:

Setor	Quantidade (t)	Nº viagens	Média transportada por viagem (t)	Cargas abaixo de 80% capacidade	Cargas acima do peso permitido	Frota que atuou nos setores
02	159,25	32	4,97	11	11	C15 e C16
03	117,10	25	4,68	12	11	C15 e C16
04	125,89	33	3,81	23	3	C34
05	67,23	15	4,48	6	2	C11, C16 e C21
06	80,33	17	4,72	9	2	C34
07	103,56	20	5,17	12	5	C34
1 e 8	33,08	9	3,67	6	2	C11 e C15
1 e 9	36,11	11	3,28	9	0	C11, C15, C21 e C34
18	10,45	2	5,25	1	1	C15
19	56,79	14	4,37	9	3	C15 e C21
II	18,48	4	4,62	2	1	C15 e C16
total	808,27	177	4,56	100	41	

Fonte: DAEP – Relatório Geral de Entradas de Lixo (por tipo) – Planilha elaborada segundo a informação de divisão por setor de coleta

O quadro acima demonstra que os setores estão divididos de forma totalmente improdutiva, pois está vinculado ao subturno de trabalho denominado de "tarefa", comprovado claramente pelas 100 viagens com carga abaixo de **80 %** da capacidade técnica da frota. Por outro lado, o veículo **C34** que tem uma disponibilidade um pouco maior de transporte (**5,9 t/viagem**) é o que vem sendo mais subutilizado principalmente no setor 04, tendo como média transportada apenas **3,81 t/viagem**. Os setores nº02 e 03, atendidos pelos caminhões **C15** e **C16** já apresentaram **11** viagens em cada um, com peso acima do limite técnico permitido (**5,4t/viagem**), com o agravante de já estarem em uso há mais de 6 anos. Desta forma, acreditamos que somente um projeto de readequação da coleta domiciliar possa indicar a solução para o excesso de gastos que vem sendo praticado atualmente. Para a quantidade de resíduos coletados, obtemos uma média de **292 t/mês/caminhão** se considerarmos 3 caminhões efetivos. Na verdade, não deveriam haver 2 turnos de serviços, com equipes diferentes, pois se fosse exigido o cumprimento do turno normal de **44** horas semanais, o lixo gerado teria condições de ser coletado com uma divisão aproximada de **6** setores (**146,00t/setor**), considerando que maior parte é frequência alternada.

Considerando os quantitativos demonstrados no primeiro quadrimestre de 2005, temos acumulado **3.498,36** toneladas, sendo a média mensal de **875,00** toneladas. Os materiais retirados através da coleta seletiva, perfizeram um total de **383,05 t** para o mesmo período, o que indica uma média de **96,00 t/mês**. Considerando que os dois grupos de resíduos são gerados nos domicílios, teríamos uma média mensal de **970** toneladas. Para fins de um redimensionamento da coleta domiciliar, deveriam ser

incluídos os resíduos de varrição que perfazem uma média de **148,00 t/mês**. Teríamos um total de aproximadamente **1.023 t/mês** que podem ser incorporados à coleta domiciliar sem nenhum problema operacional, até porque são ensacados e deixados na calçada. Atualmente como as coletas são separadas, o dimensionamento teria que ser feito considerando cada uma das frações. O total de resíduos domiciliares gerados é de **970,00 t/mes** (média do período 2005) incluindo a fração que é coletada pela coleta seletiva, pois são produzidos nos mesmos domicílios ou pelos mesmos geradores (casas). Para fins de cálculo da participação quantitativa do programa de coleta seletiva será utilizado este total.

Os uniformes utilizados pela equipe de coletores estão fora do especificado na NBR 12.980/93 que preconiza três cores de segurança (amarelo, vermelho ou laranja), além de serem entregues apenas 2 uniformes por ano a cada funcionário. Quanto aos equipamentos de proteção individual, observamos que o calçado não é fornecido, portanto, encontramos vários tipos e modelos sendo utilizados.



Equipe de coleta domiciliar



Abrigo para acondicionamento de resíduo comum gerado em Unidade Hospitalar - impossibilidade da equipe retirar o resíduo devido ao tipo de construção

Sugestões e recomendações (as sugestões já implementadas pelo DAEP estão em negrito):

- Registrar os acidentes de trabalho através de investigação detalhada, procurando identificar as causas (geradores, uso de epi's, veículo e equipamento, condições do trabalho, excesso de peso dos recipientes etc);
- Organizar campanha educativa para que a população acondicione corretamente o seu resíduo, considerando que a responsabilidade é exclusiva do gerador;
- Promover treinamentos e reciclagem para toda a equipe de coleta, de forma rotineira;
- Adaptar e adequar todos os pontos vulneráveis dos caminhões compactadores que oferecem riscos de acidentes de trabalho tais como: altura dos estribos, melhoria da aderência do piso dos estribos, ajustar dispositivo de basculamento de contêineres (eliminar folgas e superfícies rombudas), manutenção da luzes traseiras da praça de carga (cocho), ajustar alavancas de

comando hidráulico, colocar botoeira de emergência nos 2 lados do compactador, manutenção da pintura "zebrada" na traseira e estribos, instalação de lanterna de sinalização traseira na parte inferior do compactador (conforme exemplo abaixo)

- diagnosticar minuciosamente a operação dos setores de coleta (Km percorrido, tempo gasto, número de viagens, quantidades coletadas etc.) no sentido de possibilitar a elaboração de readequação da coleta, buscando a redução de custos (redução do número de caminhões em atividade);

- Organizar a concentração (saída e retorno) de todos os funcionários na central operacional do DAEP para checagem da equipe (condições físicas, uniformes e EPI's, controle nominal de cada equipe por caminhão, possíveis machucados durante o turno etc.);

- **Reunião periódica com todas as equipes para discussão de problemas, ocorrências, dificuldades e sugestões operacionais do serviço;**

3 - Coleta seletiva e Central de Triagem (CORPE)

Há catadores informais em número significativo, devido à quantidade de depósitos de sucatas observados na área periférica da cidade. Apesar de a situação causar preocupação, não existe um levantamento destes depósitos que muitas vezes são na própria residência dos interessados.



Carrinho vasculhando materiais na caçamba do DAEP – Área 3 – Tóquio próxima à Marginal



Depósito de recicláveis não oficial e com quantidade grande de materiais – caçamba de 30 m3 possivelmente do próprio comprador da sucata



Depósito clandestino de recicláveis em área urbana – aumento do risco de doenças transmitidas por insetos e roedores devido às más condições de limpeza e higiene.

Há relatos do próprio DAEP, da prática da catação informal dos materiais previamente separados para a coleta seletiva (sacos vermelhos) nos dias pré-estabelecidos pelo projeto.

Ainda a própria coleta oficial, concorre em parte com os cooperados, devido à catação constatada durante os serviços (sacos e caixas penduradas sobre a traseira do compactador).

Analisando de forma ainda superficial os dados fornecidos, observamos que desde a sua implantação considerando a partir do ano de 2001, as quantidades coletadas não tiveram variações significativas conforme tabela abaixo:

Ano	Quantidade Total de recicláveis (t)	obs
2001	523,66	Pior resultado obtido
2002	626,32	
2003	675,34	Melhor resultado obtido
2004	633,52	
2005	653,26	Projeção considerando a produção jan/abr de 2005

Fonte: DAEP - Vendas CORPE (03/06/2005)

Observa-se que o ano de 2003, alcançou-se o melhor resultado com 675 toneladas e se confirmarem as projeções atuais, o ano de 2005 deverá fechar o movimento com 20 toneladas a mais que o ano anterior.

Vale ressaltar que a comparação do primeiro quadrimestre de 2005 com a do mesmo período do ano anterior apresentou uma considerável queda de vendas para dois materiais avaliados que foi o papel com **9,52%** e as embalagens PET com redução de **20,12%** respectivamente. Provavelmente deva ser um reflexo da própria coleta que arrecadou menos materiais deste tipo, ou aumento da atuação dos catadores informais. No quadro abaixo apresentamos os resultados de comparativos entre os anos de 2004 e 2005 para o total em peso da venda dos materiais recicláveis, bem como a fração de rejeitos:

meses	2004 – vendas (t)	2005 – descarga (t)	2005 – vendas (t)	% de diferença 2005/2004	% rejeitos 2005 em relação desc.
Janeiro	70,27	117,98	54,01	- 23,14	54,22
Fevereiro	62,10	91,75	63,65	+ 2,49	30,62
Março	56,73	101,05	52,77	- 6,98	47,78
Abril	54,00	72,27	47,31	- 12,38	34,54
total	243,10	383,05	217,74	- 10,43	43,15

Fonte: DAEP - Vendas CORPE (03/06/2005)

A quantidade de rejeitos estimada para o primeiro período de 2005, se estiver correta, indica que estão ocorrendo vários problemas que merecem ser estudados com bastante detalhe, tendo em vista a média de **43%** de materiais não aproveitáveis. Este índice quando comparado à outras cidades que mantém programas de coleta seletiva é considerado muito alto. Disto pode se concluir que os investimentos feitos pelo DAEP para a manutenção destes serviços estão mal aproveitados, considerando a compra de sacos vermelhos, frota e mão de obra necessária para esta operação. A informação constante nos dados fornecidos pelo DAEP é de que em 2002 tinham chegado a 25% de rejeito, mas indicaram nas respostas do questionário que o índice atual possa ser muito maior.

Podemos inferir algumas questões que poderão estar ocorrendo para justificar índices tão altos como:

- a população não está sabendo exatamente o que deve ser separado e colocado para coleta seletiva;
- a triagem efetuada pelos cooperados não esteja sendo feita buscando a retirada de 100% dos materiais passíveis de

reciclagem, portanto pode se perder uma quantidade significativa de materiais bons;

Atualmente a coleta seletiva representa a remoção em peso de aproximadamente **10 % do resíduo domiciliar** gerado na cidade, mas que devido ao alto índice de "**rejeitos**" a quantidade real de materiais comercializados não chega a **6% do total**.

As despesas mensais apresentadas no relatório de acompanhamento do DAEP (ano 2005) indicam um valor médio de R\$ 11.464,00/mês, sendo que os sacos plásticos vermelhos correspondem **41,4%** do total gasto.

Na planilha apresentada, acreditamos que faltaria incluir alguns custos operacionais como: horas da máquina carregadeira para levantar os fardos; manutenção de equipamentos (prensa e esteira de triagem); remoção e aterramento dos rejeitos (**40% do peso**). As vendas da CORPE no mesmo período foram de R\$ 76.901,98, o que daria um faturamento mensal da ordem de R\$ 19.225,49. Este resultado, de forma superficial nos indica que dificilmente a cooperativa poderá alcançar a sua auto suficiência econômica financeira. Acredita-se que a concorrência informal dos carrinheiros, mais a própria catação feita pelos funcionários do DAEP possam comprometer ainda mais o resultado do trabalho dos cooperados.

A esteira de triagem que foi instalada desde o ano 2000, é provavelmente um dos fatores que dificulta o processamento do material seletivo pela extensão curta do equipamento. Observamos que os cooperados ficam muito próximos entre si, e que muitos materiais teriam chance de ser aproveitados, mas acabam se transformando em "rejeito" indevidamente. A alimentação da esteira é feita através de uma plataforma elevada do piso, gerando um certo esforço para levantar os sacos de lixo até o nível existente. Observamos que foi feita uma barreira com os próprios fardos para segurar o monte de sacos antes da triagem, o que indica necessidade de divisão dos espaços.

As bombonas utilizadas pelos cooperados não obedecem a um mesmo padrão de tamanho, bem como a padiola que recebe os rejeitos no final da esteira é de baixa capacidade volumétrica e sem rodízios.

Pela avaliação preliminar, entendemos que uma única prensa enfardadeira e a pequena extensão da esteira de triagem sejam fatores que travam o trabalho, reduzindo a eficiência da triagem e comprometendo a fase final de enfardamento.

Constatamos que há problemas de falta de higienização na área do depósito como um todo, e em especial no local onde está instalada a prensa enfardadeira devido ao excesso de umidade. As embalagens impregnadas com restos de alimentos (caixas de leite longa vida, frascos de óleo de comida, potes de produtos lácteos etc.) ficam estocadas por um certo período que pode favorecer a instalação de criadouros de insetos e roedores. Como o hábito da maioria destes animais é noturno, não foi possível constatar os vestígios e muito menos estimar o grau de infestação.

No quadro "Vendas Corpe", aparecem materiais comercializados como: antimônio, bateria, cobre, bloco de alumínio. Considerando que a coleta seletiva percorre os domicílios, é uma tanto estranha a ocorrência destes materiais que normalmente são encontrados em estabelecimentos de prestação de serviços e indústrias. Quanto às pilhas, lâmpadas e baterias, não foi informado qual é o procedimento de orientação aos munícipes, tendo em vista a necessidade de separação na fonte geradora para que o fabricante se encarregue do transporte e tratamento conforme preconiza a resolução CONAMA. Pelo que parece, parte destes resíduos deva estar incluído na coleta domiciliar e talvez outra fração na coleta seletiva.

Recomendações e sugestões (as sugestões já implementadas pelo DAEP estão em negrito):

- Efetuar a caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares considerando as diferentes classes econômicas e características específicas da cidade com periodicidade anual;
- Levantar as quantidades coletadas por roteiro/setor para se ter um referencial da situação mês a mês e assim poder verificar / estimar o quanto de materiais podem estar sendo desviados pela coleta informal;
- Comparar a quantidade de material seletivo em relação à quantidade de resíduo domiciliar retirado, e avaliar as proporções / correlações (quantitativo);
- Mapear os locais utilizados como depósitos de recicláveis (informais), e cadastrar;
- O percentual de rejeito, acima de 40% é muito significativo, pois ultrapassou a última avaliação que foi de 25% detectados em 2002, e merece uma ação educativa mais rígida para tentar reduzir estes índices;
- Tendo como parâmetro esta fração de rejeitos, significa que no mínimo 40 % dos saquinhos vermelhos distribuídos para a coleta servem para acondicionar rejeitos;
- Caracterizar o rejeito da linha de triagem para verificação de componentes perigosos como pilhas, lâmpadas, baterias etc.;
- Elaborar um Programa de Higienização e Controle de Vetores das instalações do galpão, envolvendo pequenas obras de drenagem, pontos de água (inclusive água quente sob pressão), alterações no "lay out" e fluxo de estocagem dos materiais, conservação das áreas externas ;
- **Estudar a viabilidade de adquirir uma nova esteira com comprimento adequado às necessidades de processamento de recicláveis de forma a propiciar uma melhor eficiência na triagem e redução dos rejeitos;**
- Elaborar projeto que possa facilitar o manuseio dos resíduos desde a fase de descarregamento até a expedição do material enfardado, procurando alterar os níveis (p.ex: piso elevado para a descarga e alimentação da esteira de triagem, plataforma de carregamento de fardos etc.);

- **Estudar a viabilidade de implantar um sistema mecanizado para transporte interno e carregamento dos fardos de forma a reduzir a operação manual ou a própria improvisação com a pá carregadeira;**

- Implantar programa de educação sanitária e ambiental voltado para os munícipes no sentido de orientar o acondicionamento dos materiais e esclarecer sobre os produtos que são considerados "rejeitos";

4 - Coleta de Resíduos Industriais

A coleta de resíduos industriais é executada por dois caminhões compactadores que atendem os clientes por meio de contrato administrativo. Observa-se que existem apenas 8 geradores industriais oficialmente cadastrados no DAEP, embora o parque industrial seja muito maior.

A média de resíduos recebidos no aterro sanitário é de aproximadamente **130 t/mês** segundo consta no histórico de pesagens do período setembro/2004 a abril/2005. Neste total, estão inclusos os resíduos transportados por terceiros e os coletados pelo DAEP.

Observamos que a quantidade de resíduo coletado pelo DAEP é muito pequena em relação às 130 t/mês, o que podemos concluir que a maior fração seja transportada por terceiros e somente utilizam o aterro somente como destinação final.

Considerando a resposta do questionário de que o caminhão da coleta de saquinhos também mistura resíduo de indústria, torna se preocupante, pois a descarga é feita no bota fora, tendo em vista a situação precária encontrada. A cratera formada pela escavação em solo natural, recebe diversos resíduos não possui impermeabilização de fundo, drenagem e qualquer tipo de cobertura e monitoramento.

Recomendações e Sugestões (as sugestões já implementadas pelo DAEP estão em negrito):

- Comparar a lista de clientes que utilizam o aterro sanitário, mais os atendidos pela coleta industrial (DAEP) com o potencial de geração existente no município (listagem de indústrias de acordo com a classificação do IBGE);

- Levantar e investigar o destino final dos resíduos sólidos gerados nas indústrias da cidade;

- **Aos clientes com contrato administrativo, solicitar uma cópia do inventário de resíduos sólidos e respectivos laudos de análise dos resíduos gerados pela indústria, autorização da CETESB e em especial os coletados e dispostos sob a responsabilidade do DAEP;**

- **Estabelecer contrato de prestação de serviços, colocando cláusulas que deixem claro o resíduo e a proibição expressa de receber resíduos classe I ou classe II com estado físico comprometedor;**

- Efetuar vistoria nas cargas descarregadas no aterro que são transportadas por terceiros conforme foto tirada no momento da visita;
- Embora o contrato de prestação de serviços seja estipulado em volumes, o DAEP deverá efetuar uma pesagem dos resíduos coletados;
- Verificar as formas de acondicionamento dos resíduos (peso, volume, estado físico etc.) para evitar acidentes com a equipe de coleta;

5 - Coleta de entulho de construção

Através das informações fornecidas no momento do levantamento de dados, foi de que a coleta de entulho é feita gratuitamente pelo DAEP nos pontos de caçambas estacionárias e por solicitação da população. A média recebida na área de bota fora é de **1.885,37 t/mês**, o que deve representar o universo completo de geração na sede urbana. Deste total, acredita-se que uma fração representativa possa ser aproveitada para reciclagem, que é denominado de entulho limpo.

A frota disponibilizada para estes serviços são 2 caminhões poliguindaste (C 17 e C 18) ano 1976 e 1977 respectivamente, ou seja com quase 30 anos de uso.

Os pontos onde estão instaladas as caçambas são cinco, distribuídos em áreas públicas, sendo alguns deles no próprio leito carroçável das ruas. Em duas áreas não existe o equipamento, onde os resíduos são descarregados diretamente no chão, sendo a área do Distrito Industrial específica para entulho limpo que são reaproveitados para conservação de estradas rurais. O DAEP possui um total de 54 caçambas com capacidade de 6,0 m³, sendo que atualmente está em operação apenas 30, devido às demais estarem em manutenção. Constatamos que nos pontos de lançamento de resíduos, não existe nenhum controle quantitativo e qualitativo dos materiais descarregados, o que torna a área vulnerável devido ao lançamento de resíduos, inclusive animais mortos. Encontramos catadores informais vasculhando os materiais no sentido de recuperar madeiras, ferro, e outras sucatas descartadas. Nos locais são depositados galhos, bagulhos e outros materiais que a população decida descartar.



Sinalização da Área 1 – Jd. Del Rey ao lado de um pasto de bovinos – o desrespeito à lei é uma constante em todos os pontos oficiais de caçamba



Caçamba na área 5 do Rodeio – lixo espalhado, inclusive animais mortos



Área 3 Tóquio – Catador dentro da caçamba vasculhando para separar materiais. O vandalismo é muito grande – fogo ateado no lixo

A descarga de entulhos na maioria dos 4 pontos é tão elevada que o volume disponível das caçambas é irrisório, tendo que realizar a limpeza destes pontos de acúmulo com pá carregadeira de pneus e 2 basculantes durante os sete dias da semana (2ª a sábado). O custo de operações como estas normalmente são muito elevadas e a tendência é sempre aumentar as contribuições de descargas.



Ponto de descarga de entulho e galhos junto às 2 caçambas na área 1 – Jd. Del Rey



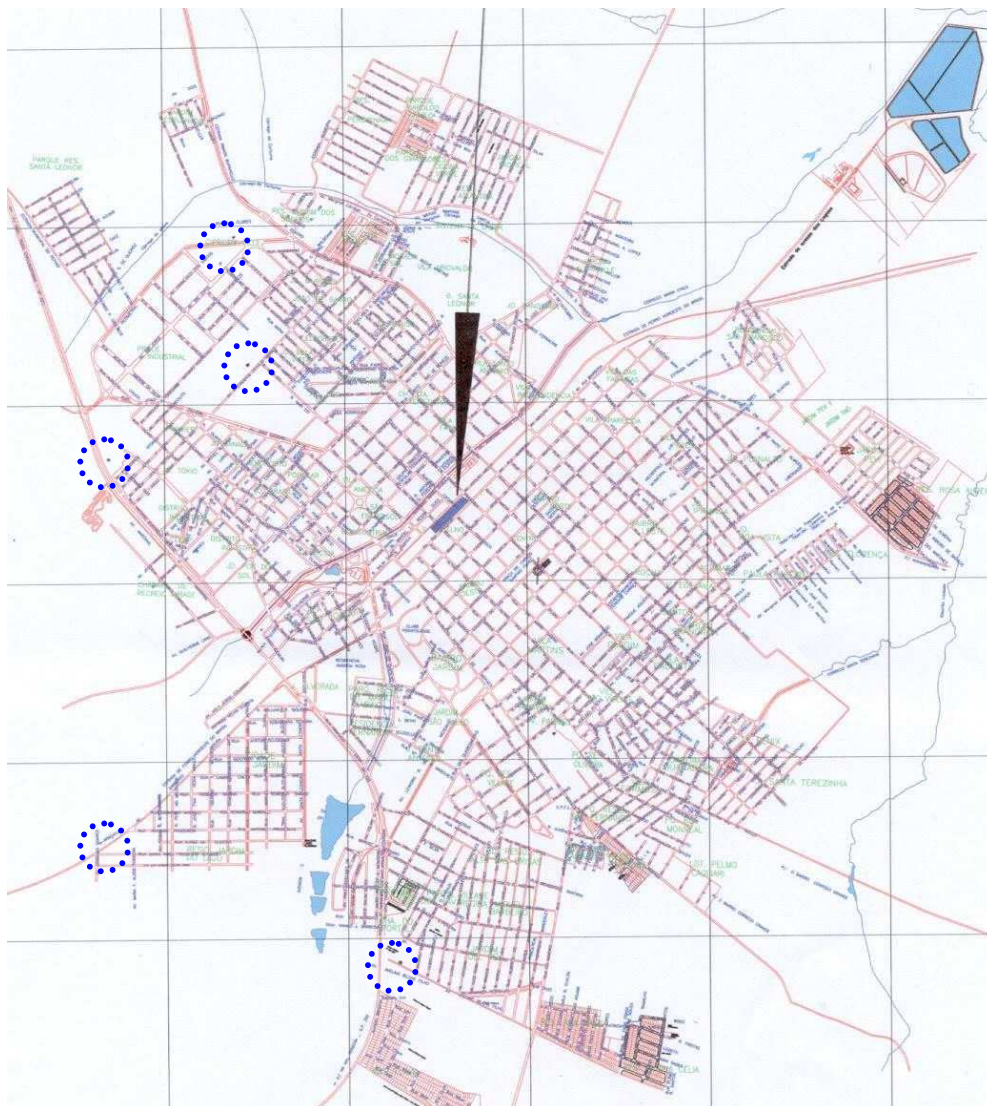
Área 2 Cidade Jardim – próxima à estrada de ferro – catador fazendo a triagem de materiais

Pelo que foi observado, a descarga de resíduos nestas áreas não é feita somente pelos carroceiros e carrinheiros da cidade, devido às quantidades que são removidas semanalmente. Se diferentes geradores e transportadores carregam os materiais através de caminhões, não tem o menor sentido utilizar-se destas áreas, tendo em vista a proximidade do bota fora oficial. O que está faltando é um disciplinamento destas ações com a implantação efetiva de fiscalização pelo DAEP.

Um dos aspectos que nos pareceu falho é quanto à estrutura de fiscalização de posturas municipais que embora seja atribuição da PMP, parece que não está operante. Por outro lado, o DAEP é responsável pela manutenção da limpeza da cidade, ficando inclusive com o ônus de todo o trabalho.

Além destas áreas oficiais, existem inúmeros locais com descarte clandestino de resíduos e que vem causando os mesmos problemas ambientais e sanitários.

Enquanto perdurar o descontrole das descargas nas áreas visitadas, entendemos que o transporte dispendioso das caçambas poderia ser suspenso. Já que são disponibilizados rotineiramente, caminhões basculantes e máquina para limpeza e transporte do material solto, não faz sentido a manutenção de algumas caçambas em função da pequena capacidade que elas possuem.



Localização das áreas utilizadas oficialmente como bota fora de entulhos, galhos e outros materiais.

Projeto do “entulho só na caçamba” – Lei Municipal nº 460/95

Constata-se que a distribuição dos pontos não abrange toda a periferia da cidade e provavelmente não são suficientes

Recomendações e Sugestões (as sugestões já implementadas pelo DAEP estão em negrito):

- Avaliar para quantificação futura o percentual de entulho “limpo” que é descarregado no bota fora do DAEP no sentido de estimar o potencial que poderia ser reciclado (britagem). Pode ser previsto um bolsão para estocagem do entulho em condições de utilização posterior;

- Estabelecer normas e regras para o recebimento do entulho transportado por terceiros nas instalações do bota fora;
- Efetuar cadastramento de todas as empresas; veículos e caçambas autorizadas a trabalhar no município procurando padronizar o serviço e estabelecer regras operacionais;
- Estudar formas de instalar sistema de vedação (tela metálica flexível) sobre as caçambas que ficam estacionadas na via pública, para evitar o descarte indevido de resíduos domiciliares durante a permanência da caçamba estacionada;
- Rever a forma atual dos pontos de recepção de entulho e outros materiais, implantando fiscalização para quantificar os usuários e tipos de resíduos descarregados;
- Elaborar projeto para substituição dos pontos de caçambas de forma que seja uma instalação fechada com monitoramento diário e vigilância. Como exemplo tem a concepção do Projeto "ECOPONTO" conforme descrito abaixo:



Construção de uma instalação em área pública, devidamente fechada e com horário pré determinado para o funcionamento.

Neste projeto, seriam contemplados o recebimento de pequenas quantidades de entulho de construção, galhos de árvores, resíduos volumosos (bagulhos), material seletivo, além de pilhas/lâmpadas e baterias.

Para a utilização correta desta instalação seria estruturado um programa educativo específico para divulgação no raio de abrangência para toda a comunidade

Foto da Maquete do Projeto "ECOPONTO" – Pág. 90 do Livro: Lixo De Onde Vem? Para Onde Vai?

- O DAEP precisa criar uma estrutura de fiscalização de posturas municipais com amplos poderes de autuação e multa quando for o caso;
- A legislação que abrange o assunto deverá ser posta em prática, pois tem vários artigos referentes ao assunto.

6 - Limpeza de Vias e Logradouros

6.1 - Varrição de vias

O serviço de varrição conta com 51 funcionários, mas atualmente na ativa estão somente 44 varredores equipados com carrinhos, e atuam de diversas formas: individualmente, em dupla e em grupo de três pessoas. Os resíduos são ensacados em sacos pretos e o gasto mensal médio é de 14500 unidades por mês, significando que cada saco utilizado, acondiciona **10 Kg de resíduos**, considerando o peso registrado mensalmente.

A qualidade do serviço não é boa, apesar da pequena extensão de ruas designada para cada pessoa, fazendo com que conclua cedo a "tarefa". O uniforme utilizado é na cor azul com faixa laranja na parte superior da camisa. Apesar de não existir norma

específica para esta função, a cor recomendada para o uniforme deveria ser a laranja, além dos equipamentos de proteção individual. De acordo com o observado em campo e o demonstrativo de compras de materiais, são fornecidas luvas de raspa de couro para as equipes.

A orientação passada aos funcionários, é para varrer apenas as sarjetas, o equivalente a 2 larguras de vassourão, e a distribuição dos serviços é dividida em frequência diária (centro comercial) e uma vez por semana no restante da cidade.

Durante a visita de campo, notamos que a inexistência dos serviços de raspagem de sarjetas faz com que se acumule muita areia chegando a encobrir a guia. A falta de capinação manual e roçada de faixas de calçadas com terra, também contribui negativamente com a varrição.

Outro fator relevante é a falta de muro e passeio em muitos terrenos baldios, inclusive na área central da cidade.



Faixa de calçada sem o passeio, propiciando o avanço do mato até o leito carroçável. Trecho impossível de executar a varrição



Terreno baldio sem muro e passeio. A vegetação está ressurgindo mesmo após a aplicação de herbicida

Freqüências do serviço de varrição

A distribuição da frequência da varrição não atende as reais necessidades de uma cidade deste porte, com corredores comerciais de movimento, avenidas com canteiro central utilizadas como entrada e saída da cidade, pontos de concentração de pessoas como escolas, igrejas, etc. O horário da varrição também não condiz com a necessidade da cidade, pois os varredores executam o trabalho predominantemente no turno da manhã e no final da tarde não existe equipe disponível. Nas áreas de grande fluxo de pessoas e automóveis, a varrição deveria ser no período noturno, tendo em vista os obstáculos nas faixas de estacionamento e o próprio trânsito de veículos que aumenta o risco de acidentes, além de dificultar o serviço.



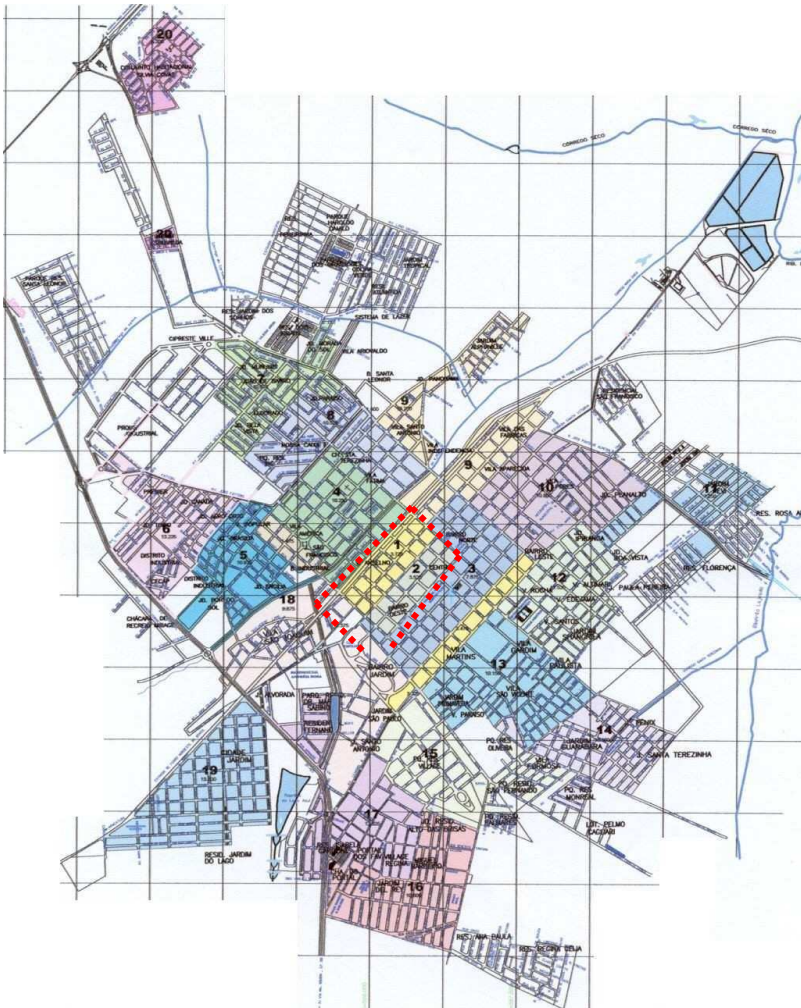
Obstáculos na área central - motos estacionadas durante o horário comercial



A areia acumulada na sarjeta é constante em diversas ruas da cidade, o que inviabiliza o serviço de varrição



Acumulo de areia no entorno da praça, indicando a necessidade de raspagem ao invés de varrição



A distribuição dos serviços indicada no mapa ao lado compreende 19 setores.

Não foi informada quantidade de funcionários alocados em cada setor.

A única informação obtida foi a do total de varredores que são 44 funcionários e a extensão de 196.975 metros lineares (?).

Pelo aspecto geral constatado durante o levantamento de campo, observou-se que não há sinais de varrição em muitos locais e ruas percorridas, embora seja indicada a frequência semanal destes serviços.

Mapa geral da cidade com os setores de varrição



Varredora no centro da cidade – frequência diária dos serviços



Aspectos constatados em vários locais, e que contribuem para o aumento da sujeira na sarjeta

A frequência diária é somente na área denominada de centro comercial que equivale à aproximadamente 28 quarteirões com aproximadamente 8.100 metros de eixo de rua conforme mostra o mapa abaixo



Área do centro comercial atendida com frequência diária de varrição

Extimativa de extensões:

8 trechos de ruas x 450m= 3600m (eixo)

6 trechos de ruas x 750m= 4500 m (eixo)

Teríamos um total estimado de **16.200 m** de sarjetas circunscrito no polígono demarcado em vermelho

Como os serviços são feitos somente na sarjeta (faixa equivalente a largura de 2 vassourões), necessitaríamos de no máximo 5 varredores com produção média de **3.240m**, considerada como baixa.

Atualmente os serviços são executados por varredores que trabalham individualmente, em dupla e até 3 garis.

O início do turno é às 7:00 horas e não há intervalo para almoço devido à tarefa.

Recomendações e sugestões (as sugestões já implementadas pelo DAEP estão em negrito):

- **Fazer um diagnóstico detalhado do serviço de varrição, apropriando produtividade, horários de cada funcionário, consumo de sacos, mapeando todas as operações;**
- **Elaborar um plano de varrição de acordo com as características da zona urbana, podendo estabelecer frequências, horários e produtividade;**
- Implantar sacos de varrição de cores diferentes das usuais (p.ex: amarelo, laranja ou verde) e se possível com a logomarca do DAEP para facilitar a fiscalização e evitar a possível evasão de sacos pretos fora da atividade principal;
- **Adequar ferramentas tais como vassourão, pazinha etc.**
- **Elaborar um plano de varrição considerando as necessidades e peculiaridades da cidade, devendo inicialmente ser feito um levantamento detalhado das condições e características básicas;**
- A coleta dos resíduos de varrição deve ser incorporada à coleta domiciliar, não tendo o menor sentido a exclusividade dos serviços que ocupa 2 caminhões integralmente;
- O serviço de varrição sem antes fazer a raspagem de toda a sujeira na sarjeta é praticamente inócuo.

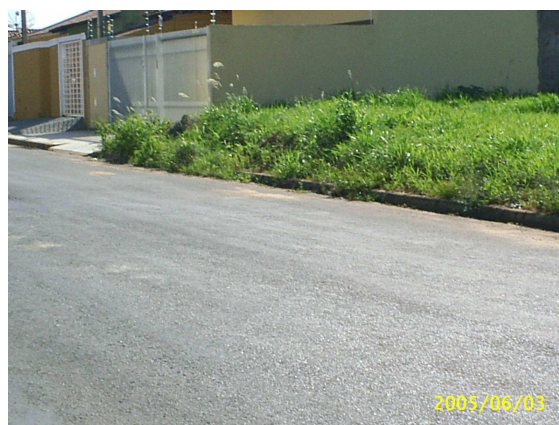
6.2 - Capinação

6.2.1 - Capinação Química

Estes serviços são realizados pelo DAEP e consomem uma quantidade média de 27 litros de herbicida por mês. Observou-se que a aplicação do produto é feita diretamente sobre o mato, independentemente da altura e tipo de vegetação. A forma que vem sendo adotada, não é a tecnicamente recomendada, por inexistir serviço de capinação e roçada no sentido de reduzir a altura do mato para alcançar a eficiência desejada após a aplicação.



Calçada com mato após a aplicação do produto herbicida – fica um aspecto muito ruim pelo material ficar sem a devida remoção (capinação manual)



Terreno baldio sem construção de muro e passeio, com o mato invadindo o leito carroçável

São gastos em torno de 390,00 R\$/mês somente na aquisição dos produtos químicos.

Não houve condição de acompanhar a equipe que executa os serviços para checagem do uniforme e equipamentos de proteção individual.

Recomendações e sugestões (as sugestões já implementadas pelo DAEP estão em negrito):

- Reavaliar os serviços de aplicação, tendo em vista a inexistência de capinação, raspagem de sarjetas e roçada de áreas com mato;
- Estruturar um plano de aplicação dos produtos em áreas que sejam indispensáveis ao seu uso, após esgotadas as opções que envolvem outras soluções;
- Autuar os proprietários e terrenos baldios para que construam muro e passeio em suas propriedades, reduzindo os gastos em áreas que são de responsabilidade do município.
- Levantamento de áreas que necessitam de roçada, raspagem de sarjetas, pintura de guias e capinação, buscando avaliar os principais pontos e fazer um pré-dimensionamento da demanda dos serviços, colocando em mapa da cidade;

- Fornecer uniformes e EPI's para todos os funcionários, procurando adotar a NBR 12980/93 que indica as cores para o coletor de lixo (laranja, amarelo ou vermelho);
- Fiscalizar e registrar os principais problemas de sujeira na via pública: comércio, ambulantes, obras e reformas, material estocado na calçada, entulho lançado diretamente sobre a via pública, podas irregulares etc...
- Cadastrar as principais irregularidades quanto ao uso indevido das calçadas e via pública (veículos abandonados, sucatas de grande dimensão, extensão das oficinas com veículos e máquinas desmontados, estacionamentos irregulares por longos períodos etc).
- Avaliar o sistema de limpeza de feiras livres quanto à localização, sistema de drenagem e a execução dos serviços (varrição, coleta e lavagem com produtos desodorizantes);
- Para se conseguir uma melhora no aspecto da limpeza da cidade, o DAEP terá que realizar um estudo de viabilidade com dimensionamento das atividades para obtenção de recursos (veículos, equipamentos, máquinas e pessoal) e poder assumir os serviços que atualmente estão sob a responsabilidade da prefeitura.

7 - Coleta de Resíduos de Serviços de Saúde

A coleta de r.s.s é realizada por uma equipe composta do motorista e um coletor. Utiliza-se de um veículo utilitário ano 1996 da marca Ford (Pampa). Nesta operação estão inclusos os animais mortos que são solicitados via telefone a sua remoção, havendo, portanto uma mistura destes dois grupos de resíduos. No caso do grande gerador que é a Santa Casa, o veículo reboca uma carreta aberta que foi construída em chapa inox com volume aproximado de 1,50 m³. Na realidade, a função da carreta é também servir de abrigo para o acondicionamento dos resíduos gerados pela Santa Casa. Na vistoria que fizemos, verificamos que no local não existe nenhum tipo de abrigo, embora façam uma pré-separação em três grupos de resíduos: **lixo comum, materiais para seletiva e resíduos infectantes.**



Interior da carroceria da Pampa com revestimento em fibra bastante danificado, estepe junto dos r.s.s e ferramental impróprio para esta operação.



Carreta usada para o transporte dos r.s.s gerados na Santa Casa – exposta ao relento e com livre acesso às pessoas



Acúmulo de materiais seletivos sobre o chão, aguardando o momento da comercialização. Atrativo para insetos e roedores

Na listagem de geradores de r.s.s constam 92 pontos de coleta distribuídos em: 44 dentistas, 21 farmácias, 04 laboratórios, 01

funerária, 01 hospital, 14 médicos, 02 clínicas veterinárias, 01 clinica de imagem, 02 consórcios e 04 sem definição. Não foi informada a frequência de atendimento deste universo de geradores. Devido ao curto tempo disponibilizado para o levantamento de campo, não foi possível efetuarmos a visita nos principais geradores, com exceção da Santa Casa.

Em contato com a equipe responsável pelos serviços, observou-se que a roupa, equipamentos de proteção individual e o próprio veículo utilizado atualmente, não atende a série de Normas da ABNT que regem o assunto. A equipe deveria possuir jogos de uniformes sobressalentes para a troca diária, e a sua lavagem deveria ser feita em lavanderia profissional ao invés de carregarem a roupa para suas residências.



Equipe responsável pela coleta de r.s.s, vestindo uniformes e EPI's em desacordo com a NBR 12810/93



Veículo utilitário usado para a coleta de r.s.s – identificação incompleta segundo a NBR 12810/93

Estes serviços, devido ao risco de manuseio dos resíduos infectantes deveriam ser precedidos de um plano de coleta e gerenciamento, tendo em vista as responsabilidades legais de cada gerador, independentemente do seu porte.

Existe um roteiro de coleta habitual (traçado em planta) seguido pela equipe, mas não registram em boletim cada ponto coletado, embora haja relatos de mal acondicionamento em alguns geradores, que pode ser comprovado no momento da manipulação do operador da autoclave. No quadro de acidentes ocorridos em 2004, existe um acidente provocado por agulha não embalada corretamente em funcionário da equipe.

Foi relatado pelos coletores que a descarga dos animais mortos é feita primeiro na vala e depois os r.s.s que são puxados do interior da caçamba por meio de ferramentas manuais. Observamos que a equipe não recebeu treinamento específico para a execução destes serviços, além do motorista não possuir o curso de transporte de cargas perigosas e não estão equipados com o "kit" obrigatório de produtos e ferramentas conforme estabelece a Norma Técnica da ABNT 12810/93. Existe a escala de plantão aos finais de semana e feriados onde a equipe utiliza o veículo para atendimento de coleta de animais mortos via solicitação telefônica ao departamento.

Recomendações e sugestões (as sugestões já implementadas pelo DAEP estão em negrito):

- Procurar pesar os r.s.s. em separado dos animais;
- Efetuar um cadastro de todos os geradores por técnicos independentes da equipe de operação (estagiários, fiscal, etc);
- Mapear todos os pontos em planta da cidade de acordo com a categoria de geradores;
- Identificar geradores que necessitam construir e/ou adequar os abrigos de r.s.s.;
- **Fornecer uniformes, equipamentos de proteção individual em quantidade suficiente para a troca diária, e assumir a lavagem e desinfecção dos mesmos;**
- **Preparar o "Kit" completo para o veículo de coleta;**
- Prever a substituição do veículo de forma a atender às normas da ABNT e que tenha capacidade de transportar os resíduos em dias de pico no sentido de eliminar o uso da carreta;
- Montar plano para separar a coleta de animais dos r.s.s, seguindo a orientação da Resolução Conjunta SS/SMA/SJDC-SP em vigor desde 16/07/2004;
- Durante a utilização da pampa aconselham-se as seguintes alterações: adaptar revestimento interno com fibra de vidro, criar ventilação na carroceria, retirar estepe do meio da carga, sinalizar e identificar o veículo corretamente, vistoria do INMETRO;
- **Encaminhar o motorista para realizar o curso de transporte de cargas perigosas, e ministrar treinamento teórico e prático para equipe;**
- **Implantar boletim de bordo para iniciar o registro diário de: acidentes, mal acondicionamento, obstruções durante a coleta etc;**
- **Avaliar e discutir os problemas operacionais de forma rotineira no sentido de encaminhar soluções e agir junto aos geradores;**
- **Executar lavagem e higienização diária do veículo, incluindo a limpeza de cabine;**
- Programar a retirada do contêiner 1,2 m³ existente na Santa Casa, tão logo se concretize a construção de abrigo para os 3 tipos de resíduos (material seletivo, resíduo infectante e resíduo comum)
- **Organizar eventos (palestras, reuniões) para informação e conscientização de todos os geradores de r.s.s atendidos pelo DAEP;**

8 - Unidade de Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde

A unidade de tratamento utiliza a tecnologia de autoclavagem dos resíduos, implantada em 2004, tendo iniciada a sua operação em

dezembro do mesmo ano. Os investimentos alocados para a construção do sistema, foram da ordem de R\$ 250 mil reais incluindo o equipamento e obras civis.

O equipamento foi projetado com capacidade para receber e tratar os resíduos gerados nos municípios de José Bonifácio e Bilac além de Penápolis. Os vizinhos encaminham os seus resíduos diretamente para a central de tratamento. A unidade está com Licença de Operação a Título Precário, expedida em 10/12/2004 e validade de 180 dias.

Os custos operacionais estão estimados em R\$ 3.647,94/mês, sendo o custo unitário por tonelada variável em função das quantidades tratadas no mês. Por exemplo, no mês de abril/2005 a unidade recebeu **5,08 t**, o que resultaria no custo unitário de **R\$ 718,00/t**.



Área de recepção e estocagem temporária dos r.s.s antes do tratamento



Resíduos pós-tratamento, aguardando para a fase final de trituração e posteriormente encaminhados para o aterro sanitário

Durante a visita, observamos alguns aspectos que merecem destaque:

- área destinada à recepção dos resíduos não atende às necessidades em termos de capacidade volumétrica e condições de higienização;
- Há registro de ocorrências de acidentes com perfuro cortantes de resíduos descarregados (tanto de Penápolis como de municípios usuários);
- A operação de descarga dos r.s.s conforme descrita pela equipe do DAEP pode provocar danos nas embalagens devido à utilização de ferramentas (garfo) para içar no fundo da carroceria da pampa;
- Observar as exigências técnicas contidas na Licença de Operação que solicita planos de monitoração relacionados a: efluentes líquidos; resíduos sólidos do sistema de tratamento e quanto às emissões de gases e vapores.

Recomendações e sugestões (**as sugestões já implementadas pelo DAEP estão em negrito**):

- **Estabelecer um sistema de identificação e registro (antes do tratamento) dos resíduos oriundos dos municípios vizinhos como**

medida de segurança e possibilitar orientações sobre o acondicionamento;

- Criar documento / contrato de prestação de serviços que deverão conter instruções sobre as formas de acondicionamento dos resíduos e quais resíduos são permitidos o seu recebimento na unidade de tratamento;

- Implantar controle de recepção dos resíduos, pesagem, vistoria expedita do acondicionamento, embalagens inadequadas, quantidade de volumes (sacos e caixas) etc., ficando uma via com o transportador e outra no arquivo do DAEP;

- Avaliar as condições físicas do espaço destinado ao recebimento e armazenagem dos resíduos (drenagem, água quente sob pressão, procedimentos de higienização, telagem, identificação da área conforme Norma da ABNT);

9 - Aterro Sanitário

O aterro sanitário foi projetado em 1993 e está implantado em área anexa ao sistema de lagoas de tratamento de esgotos, ocupando um terreno de 121.000 m². No memorial descritivo, verificamos que foi prevista uma capacidade volumétrica de **143.420 m³**, onde previam na época, uma vida útil de aproximadamente 10 anos. O aterro foi concebido para ser construído em três etapas, sendo programada uma seqüência de 3 camadas com 2 metros de espessura cada. Foram descritas no projeto algumas premissas técnicas que deveriam ser seguidas como:

- *a compactação e cobertura dos resíduos deve ser feita de baixo para cima em talude 1(V):3(H), efetuando de 3 a 5 passadas com o trator de esteiras e cobertura com terra na espessura entre 15 e 30 cm;*

- *execução de drenagem horizontal de chorume, gases e drenagem pluvial de toda a área;*

- *captação do chorume através do sistema de drenagem para tratamento posterior;*

- *configuração dos taludes finais de cada camada 1(V):2(H) e berma de 4 metros entre uma camada e outra;*

- *alocação de equipe de profissionais compreendendo: técnico responsável, topógrafo, operador de trator de esteiras, operador de retroescavadeira, operador de pá-carregadeira, motorista, vigia em tempo integral e fiscal;*

Os equipamentos disponíveis atualmente para a operação do aterro compreendem: 01 trator de esteiras prefixo R8 - 7D marca Fiatallis, 01 pá carregadeira de pneus, 02 caminhões basculantes. Se fossem utilizados adequadamente, ou seja, executar os serviços de acordo com a técnica recomendada para aterros deste porte, a situação poderia estar bem melhor do que foi constatado.

Como a compactação dos resíduos vem sendo executada de forma quase horizontal, o índice que poderia ser atingido (entre **0,5 a 0,7 t/m³**) com certeza não está ocorrendo, apesar de disponibilizarem de um trator de esteiras. Aparentemente o trator de esteiras que vimos operando, não possui força suficiente para empurrar a massa de lixo de baixo para cima com inclinação de 1:3 para obter o máximo de aproveitamento do peso da máquina e economizar no material de cobertura.

Na parte do aterro que foi tentado operar em rampa, observou-se que a extensão ficou muito longa e com inclinação irregular, abaixo da recomendada no próprio projeto. Esta falha causou a perda da seqüência de execução em camadas horizontais com altura aproximada de 2,0 metros, ultrapassando este limite.

O material de cobertura que vem sendo escavado na jazida ao lado, deverá se esgotar num prazo mais curto do que seria, se estivessem seguindo as regras básicas de operação de aterro sanitário. Provavelmente, em curto espaço de tempo, terão que importar material de cobertura de locais distantes. Observamos que a cada viagem de lixo disposta consome-se muitas viagens de basculantes com terra, ocupando espaços que foram dimensionados para serem ocupados com lixo, ou seja, desperdiçando ainda mais os volumes úteis do aterro.

O sistema de drenagem vertical está totalmente comprometido, devido ao tombamento dos drenos que fugiram da posição vertical, onde deveria ter crescido junto das camadas. Não foi possível comprovar a existência de drenagem horizontal para chorume, o que deveria ser interligada com a drenagem de gases (vertical).

A drenagem pluvial foi vista somente na parte mais antiga do aterro, onde foi plantada grama para contenção dos taludes circundada pelas canaletas de concreto. Existe uma grande porção de camadas com lixo que não receberam a cobertura vegetal para conter a erosão.

O alambrado existente no entorno do aterro e do complexo de lagoas está bastante danificado, o que possibilita o acesso de pessoas e animais de grande porte. A catação de resíduos no interior do aterro tem sido freqüente, a ponto de detectarmos uma grande quantidade de materiais recicláveis acumulados do lado externo da cerca.

Recomendações e sugestões (as sugestões já implementadas pelo DAEP estão em negrito):

- 1. Efetuar o levantamento topográfico de toda a área aterrada, registrando os detalhes como: drenagem, canaletas, construções, depressões, acessos internos, saída chorume etc..;**
- 2. Implantar boletins de controle (consumo, etc) e apropriação dos serviços;**
3. Disponibilizar de um funcionário (fiscal) para a função de "ponta de aterro" durante os períodos de descarga, no sentido de controlar os resíduos que chegam;

4. Acompanhamento da evolução das camadas, inclinações através de serviço de topografia (nivelamentos, marcações, delimitação de taludes, marcação de drenagem, desníveis necessários, plantio de grama, construção de drenagens - pluvial, chorume e gases);
5. Monitoramento do aterro através dos poços, coleta de materiais para análise (montante e jusante);
6. Após o levantamento topográfico atualizado, desenvolver projeto de correção e operação futura (estimativa vida útil, reconfiguração das camadas, recuperação da drenagem horizontal e vertical na camada superior, etc);
7. Incorporar resíduos que estão sendo descarregados inconvenientemente no bota fora ao lado;
8. Efetuar adaptações específicas no trator de esteiras para proteção da maquina (proteção do conjunto de esteiras, proteção de radiador, aumento da altura das sapatas, proteção inferior do motor etc.);
9. Treinar e capacitar o operador para que execute a operação e manutenção do aterro seguindo a técnica correta;
10. Incluir o sábado e feriados na operação normal do aterro, tendo em vista as descargas normais nestes dias e os inconvenientes de lixo exposto durante o final de semana;

10 - Área de Bota Fora

Não possuem um controle das descargas, tendo em vista o que constatamos e a informação que o balanceiro somente registra a informação prestada pelos motoristas.

Sugestões e recomendações (as sugestões já implementadas pelo DAEP estão em negrito):

- O DAEP deverá legalizar a área através da elaboração de projeto do aterro para inertes e posterior licenciamento ambiental devido aos riscos de multas e autuações da CETESB, DPRN e outros órgãos fiscalizadores;
- A área, mesmo que possuisse licença só deveria receber resíduos inertes das obras e construções do município;
- Deverá ser elaborado um estudo de viabilidade para aproveitamento e reciclagem de vários resíduos descartados no bota fora tais como: madeiras, galhos e troncos, entulho limpo de construção, sucatas ferrosas;
- Os pneus deverão ser armazenados em central (galpão coberto) para que os fabricantes se incumbam de vir retirá-los para processamento em unidades de reaproveitamento licenciadas;
- Deverá ser designado um funcionário do DAEP para acompanhamento e registro das descargas no bota fora, identificando os resíduos mesmo que visualmente e fazendo cumprir as regras de recebimento;

- De forma emergencial, deverá ser feito um trabalho e organização dos resíduos atualmente a céu aberto, utilizando o próprio trator de esteiras que opera o aterro sanitário ao lado;
- Deverá ser feito o levantamento topográfico da área plana e escavações no sentido de nortear um projeto futuro de uso do local e o seu licenciamento ambiental;
- Estabelecer regras de funcionamento, estipulando horários, fazendo a divulgação junto aos usuários e comunidade em geral.

11 - Área de deposição de animais mortos

Existem algumas valas abertas especificamente para o enterramento de animais mortos que são trazidos pela equipe da coleta de resíduos de serviços de saúde.

Recomendações e sugestões (as sugestões já implementadas pelo DAEP estão em negrito):

- **realizar a cobertura diária com terra de todas as carcaças lançadas, no sentido de minimizar o problema, que além do mau cheiro exalado, serve como principal fonte de alimento aos urubus, além de ser um foco de proliferação de insetos;**
- desmembrar a coleta destes animais da coleta de r.s.s. como vem sendo feito atualmente;
- **Reduzir o tamanho das valas (abertura) de modo que possa ser construída uma cobertura de material leve (removível) para evitar a entrada de água de chuva e urubus.**

12 - Análise da Frota de Caminhões Compactadores

No geral, a frota do departamento possui idade avançada, com 5 caminhões acima de 25 anos, 02 veículos com mais de 15 anos e 04 caminhões com idade entre 7 e 9 anos. Apenas o caminhão compactador prefixo C 34, ano 2004 é o único veículo novo de toda a frota. Se for realizado um estudo detalhado dos gastos de manutenção dos últimos anos, serão comprovados os altos investimentos feitos nesta frota e provavelmente sem nenhum retorno em termos de confiabilidade do equipamento. Além das peças e serviços de terceiros, a oficina do DAEP terá que contar cada vez mais com mão de obra disponível devido às intervenções e paralisações que se tornarão freqüentes.

Comparação de consumo de diesel e gastos com manutenção da frota de caminhões

Período: janeiro a abril de 2005

veículo	atividade	ano fabric.	litros	valor R\$	Km perc	Km/litro	gastos manut	% rel diesel	vl mercado	% rel valor
							R\$		R\$	chassi
C11	col domic	1996	1.934,46	3.032,04	4026	2,08	1.665,16	54,92	42.500	3,92
C15	col domic	1997	2.272,41	3.563,59	5883	2,59	2.094,70	58,78	46.500	4,50
C16	col domic	1997	2.899,16	4.548,40	6040	2,08	2.712,88	59,64	46.500	5,83
C21	col domic	1998	2.246,93	3.523,39	4584	2,04	1.948,37	55,30	47.500	4,10
C34	col domic	2004	2.924,17	4.581,77	7744	2,65	299,02	6,53	73.700	0,41
C17	col entulho	1976	1.906,04	2.983,05			615,27	20,63	8.000	7,68
C18	col entulho	1977	1.853,48	2.903,09			1.474,13	50,78	8.000	18,42
C05	col saquinhos	?	1.120,49	1.752,41			9.444,23	538,93	29.000	32,56
C20	col saquinhos	1989	1.892,75	2.966,10			1.907,64	64,31	25.000	7,68
C27	col seletiva	1972	1.535,01	2.405,99			322,23	13,39	6.000	5,36
C29	col seletiva	1972	1.658,33	2.600,36			745,14	28,66	6.000	12,41
C28	at. Sanitário	1972					2.495,91		6.000	41,58

Fonte: relatório fornecido pelo DAEP - período de janeiro a abril 2005 - Sistema de Controle de Frota

Segundo análise de consumo de combustível, o **C15** e **C34** apresentam consumos semelhantes, embora haja uma diferença enorme quanto à idade dos caminhões. Fica uma incógnita quanto ao caminhão prefixo C15 que é um chassi Ford HD 14000, ano 1997 e apresentou um consumo bastante abaixo dos caminhões do mesmo ano e que executam os mesmos serviços.

Provavelmente deve haver dificuldade de peças para reposição dos caminhões mais antigos que já ultrapassam 30 anos de uso, como é o caso dos veículos da marca Chevrolet e Ford.

Para a frota de compactadores em geral, avaliamos que os gastos com manutenção situam se abaixo da média para frota com esta idade e perfil de uso. Isto é um forte indicio de que esteja havendo apenas a manutenção corretiva, e que não é feita uma verificação preventiva com troca de peças e componentes tais como: freios, suspensão, platô e disco de embreagem no tocante ao chassi. O equipamento compactador, também merece uma manutenção preventiva no sentido de reduzir os gastos com quebras e vazamentos do sistema hidráulico. Pelo que observamos superficialmente, os compactadores já apresentam diversos problemas de: vazamento em vários pontos do sistema hidráulico, desajustes dos painéis transportadores, estribos com estrutura comprometida, comandos hidráulicos com excesso de folga, além de a pintura estar bastante danificada na maioria dos veículos.

Na pratica, tem se observado que os índices de gastos em frota de compactadores com idade acima de 3 anos, são bem maiores do que os apresentados na tabela acima.

Outro aspecto importante e que envolve a segurança do trabalho para toda a equipe de coletores é com relação à altura dos estribos que está muito acima do recomendado. Durante a vistoria expedita que fizemos na frota, tivemos a oportunidade de explicar ao chefe da oficina e à técnica de segurança do trabalho alguns pontos de risco em diversos componentes (alavancas, plugs de fechamento, estribo).

Comparação de consumo de diesel e gastos com manutenção da frota de caminhões

Período: janeiro a dezembro de 2004

veículo	atividade	ano fabric.	litros	valor R\$	Km perc	Km/litro	gastos manut	% rel diesel	vl mercado	% rel valor
					estimativa	(*)	R\$		R\$	chassi
C11	col domic	1996	6.814,61	9.370,02	14174,39	2,08	8.180,20	87,30	42.500	19,25
C15	col domic	1997	7.770,17	10.576,96	20124,74	2,59	8.151,58	77,07	46.500	17,53
C16	col domic	1997	9.114,01	12.526,47	18957,14	2,08	11.055,01	88,25	46.500	23,77
C21	col domic	1998	8.095,56	11.012,52	16514,94	2,04	4.655,11	42,27	47.500	9,80
C34	col domic	2004	3.887,55	5.551,99	10302,01	2,65	1.889,20	34,03	73.700	2,56
C17	col entulho	1976	5.014,42	6.862,87			15.231,47	221,94	8.000	190,39
C18	col entulho	1977	6.074,77	8.337,80			4.195,10	50,31	8.000	52,44
C05	col saquinhos	?	4.405,22	6.046,39			7.447,59	123,17	29.000	25,68
C20	col saquinhos	1989	4.527,77	6.195,80			11.573,09	186,79	25.000	46,29
C27	col seletiva	1972	3.760,77	5.197,51			5.211,10	100,26	6.000	86,85
C29	col seletiva	1972	4.340,51	5.998,31			5.614,18	93,60	6.000	93,57
C28	at. Sanitario	1972	5.676,84	7.743,85			5.661,63	73,11	6.000	94,36

(*) utilizando as médias de consumo de 2005 para estimar Km percorrida durante o ano 2004

Como os dados referentes ao ano de 2004, correspondem a 12 meses, permite uma análise mais completa da manutenção da frota disponibilizada para o setor de limpeza pública.

Observa-se que no decorrer do período, o caminhão C 17 (Ford F-600) recebeu de investimentos em manutenção, o equivalente a 2 vezes o seu valor de mercado. Outro veículo que também merece destaque é o C 20 (Ford F 14000) que consumiu o equivalente a 46,0% em manutenção relativo ao seu valor de mercado, e **1,86 vezes** o consumo de combustível.

Por outro lado, cabe uma análise mais aprofundada dos gastos com o caminhão C 34 que no seu primeiro ano de uso, gastou em manutenção 34% do consumo de óleo diesel, sendo no mês de julho/2004 o maior valor desembolso. Considerando que o veículo é seminovo e está com quilometragem ainda baixa, na faixa de 22.000 Km, deverá ser apurado se a intervenção foi no chassi ou no equipamento compactador.

Com as informações obtidas, procuramos fazer uma análise superficial da situação da frota, ressaltando que as conclusões a que chegamos não são definitivas.

Recomendações e sugestões (as sugestões já implementadas pelo DAEP estão em negrito):

- Elaborar um programa de manutenção preventiva para toda a frota, de forma que possam ser revisados e reparados o chassi e respectivos equipamentos;
- Revisar e consertar todos os aparelhos de tacógrafo para colocá-los em funcionamento através da leitura do disco, como medida de segurança para o DAEP e o próprio condutor do veículo, além de ser obrigatório pelo Código Nacional de Transito desde 1998;

- Priorizar a melhoria na sinalização traseira (iluminação e pintura das faixas zebreadas) de todos os veículos, principalmente os caminhões compactadores;
- A padronização visual da frota deverá passar por uma revisão onde sugerimos algumas questões importantes: pintura na cor branca, adesivos (contendo o telefone do DAEP, prefixo do veículo; como estou dirigindo etc.);
- Criar um check list que deverá ser preenchido pelo motorista antes e durante o turno de trabalho, com vistoria geral, teste de componentes, que envolvem a manutenção, limpeza, instrumentos de cabine etc.;
- Estruturar o controle de tráfego para que possa ser avaliado o trabalho operacional, entrevista com o motorista e equipe quanto aos problemas encontrados, checagem de anotações, troca e interpretação de disco tacógrafo, elaboração de relatórios operacionais, e encaminhamentos necessários etc.;
- Elaborar programa de treinamento para as diferentes categorias da limpeza urbana, no sentido de reforçar procedimentos, riscos de acidentes, uso correto do epi's, tratamento para com o município, etc.;
- Tendo em vista que a maioria da frota é muito antiga, o DAEP deverá elaborar um plano de renovação, considerando os aspectos técnicos de equipamentos, capacidade de carga e custos operacionais;
- Ressaltam-se os aspectos apontados durante a primeira visita quanto aos caminhões compactadores onde o responsável pela manutenção e a técnica de segurança do trabalho acompanharam a nossa indicação e sugestões para alterações;
- Os componentes hidráulicos (comandos, alavancas, cilindros) devem ser revisados periodicamente devido aos constantes vazamentos;
- Existem algumas mangueiras da rede hidráulica que estão em posição exposta às interferências como galhos de árvores, fios etc.;
- Substituir o adesivo com o telefone da prefeitura pelo número correto do DAEP no sentido de registrar possíveis reclamações de municípios;
- Avaliar tecnicamente as quebras nos suportes de feixe de molas dos chassis F-14000 HD devido à frequência relatada pelo responsável pela manutenção.

13 - Novos projetos ligados à Limpeza Urbana

Foi mencionada a intenção de se construir uma usina de compostagem ao lado da Central de Triagem do Material Seletivo. É bom ressaltar que a implantação de sistemas de compostagem exige estudos detalhados de viabilidade. Este projeto de tratamento de resíduos não pode ser planejado de forma desvinculada do que é operacionalizado no sistema de coleta.

Inevitavelmente as diferentes coletas em pratica atualmente, terão que passar por uma reformulação geral, o que significa a necessidade de outros estudos que envolverão os geradores como um todo.

14 - Legislação municipal

A Lei municipal nº 460 de 31/03/1995 "Dispõe sobre o serviço de Limpeza Pública do Município de Penápolis e dá outras providências" possui vários capítulos e artigos que já deveriam estar sendo cumpridos se houvesse informação aos munícipes e o trabalho de fiscalização. Por outro lado, alguns assuntos abordados mereceriam ser revistos e atualizados, como é o caso da incineração, mencionada várias vezes.

15 - Sugestões Gerais

Sentiu-se a necessidade de um técnico de nível superior para cuidar do sistema em tempo integral, avaliar produtividade, qualidade dos serviços, planejar as ações, apropriar custos etc. A sugestão é a de contratar um engenheiro civil que poderá ser capacitado ao longo de certo período e assumir no futuro o gerenciamento do sistema. Considerando a hipótese deste profissional não possuir experiência, a capacitação poderia ser feita através de empresa especializada de consultoria. Este trabalho poderia durar entre 6 e 12 meses e incluiria a organização dos serviços de limpeza no município que carecem de uma gestão mais profissionalizada. Pelos valores gastos para a manutenção do sistema de limpeza urbana da cidade que é da ordem de 2 milhões de reais por ano, compensará para o DAEP fazer este investimento e de fato ter um gerenciamento por técnico do próprio quadro.

Quanto aos serviços avaliados durante a visita de campo e os dados fornecidos para a montagem do diagnóstico, acreditamos que através das recomendações e sugestões em cada item abordado, sirva de norteamto para o estabelecimento de prioridades e plano de ação futuro.

DIRETRIZES GERAIS PARA O SERVIÇO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

As sugestões colocadas no 7º Fórum seguem na direção da melhoria da gestão do serviço, aqui não somente dos resíduos domésticos, mas sim de todo o sistema de resíduos sólidos. Apontam na necessidade de melhorar a estrutura administrativa do sistema.

Hoje o serviço de resíduos é de competência da Diretoria de Saneamento do DAEP, que engloba também os Serviços de água e esgoto, o que tem prejudicado a gestão dos serviços.

Ainda dentro do tema gestão, as ações apontam para a necessidade de desenvolver um plano integrado de resíduos sólidos, com as Secretarias de saúde, municipal e estadual, de forma a contemplá-lo com a visão de saneamento do meio ambiente urbano e combate a vetores, em especial aqueles ligados à dengue e à lechimaniose.

As ações reconhecem o papel importante que a coleta seletiva desempenha dentro de todo o sistema de resíduos sólidos e aponta para a necessidade de ampliar a conscientização da população sobre a sua importância e, assim, ampliar o serviço, garantindo uma vida útil maior ao aterro sanitário. As sugestões também vão de encontro a minimizar os custos do sistema de coleta seletiva da maneira como está sendo executada no município.

Proposta na linha de ampliação do serviço de coleta de resíduos de saúde e especiais, uma vez que hoje o DAEP tem prestado serviço somente quanto aos resíduos dos serviços de saúde, sendo necessário contemplar também os outros resíduos especiais.

Pelas sugestões confirma-se a situação precária deste tipo de serviço. Hoje não existe nenhuma ação articulada pelo DAEP de forma a garantir maior qualidade no serviço prestado, não chegando mesmo a caracterizar um serviço. Falta uma proposta integral para o problema e as sugestões apontam para as dificuldades de se articular com os segmentos sociais envolvidos na questão.

A sugestão tem como pano de fundo a necessidade de ampliação da vida útil do aterro sanitário. Vão desde ações que propiciem melhor aproveitamento de certos resíduos e assim diminuir o volume a ser enterrado, até encontrar áreas para ampliação do aterro.

A comunidade aponta para a necessidade de se rever a ação da CORPE, de forma a ampliar a sua ação, seja quanto aos seus associados, seja quanto ao volume de resíduos recolhidos. As propostas caminham na direção de também se reduzir o volume de reciclados que hoje vão para o aterro em função de deficiências no sistema em operação.

Com base nessas propostas apresentadas no 7º Fórum, as diretrizes gerais definidas para o serviço de resíduos sólidos, compreendendo os setores de coleta, coleta seletiva, resíduos de serviços de saúde, entulhos e limpeza pública são as seguintes:

- I. Ampliar o sistema de coleta seletiva, através de campanhas de conscientização da população e ampliação do atendimento.
- II. Elaboração de estudo para ampliar a parceria entre o DAEP e a CORPE na coleta de materiais recicláveis.
- III. Estabelecer cronograma de desvinculação financeira da CORPE com o DAEP.
- IV. Aumentar a autonomia financeira da CORPE.
- V. Elaboração de um plano integrado de gestão em resíduos sólidos para o município sob a visão de ter maior qualidade sanitária do ambiente urbano e observando:
 - I. Encontrar formas integradas entre os diferentes setores da Prefeitura e da sociedade civil, como associações de bairros, de forma a solucionar os depósitos irregulares nos terrenos e áreas públicas, através de fiscalização rigorosa e ações sócio-educativas;
 - II. Encontrar melhores formas para a disposição correta dos resíduos sólidos produzidos na zona rural, através de soluções técnicas ecologicamente corretas e adequadas à situação;
 - III. Regulamentar o trabalho com carroceiros para melhoria da destinação dos resíduos coletados pelos mesmos.

- VI. Elaboração de estudos com objetivo de possibilidades de terceirização de serviços, ou parte destes, que hoje são executados pelo DAEP.
- VII. Encontrar formas que possam subsidiar os custos do serviço, através de parcerias ou comercialização de reciclados.
- VIII. Encontrar formas que integre os catadores autônomos de resíduos recicláveis ao serviço público, de forma a garantir maior salubridade nas suas residências e maior eficácia na venda dos produtos.
- IX. Criar o sistema de resíduos sólidos de forma a contemplarem as ações e soluções individuais, institucionais e públicas existentes de forma a melhorar as condições de salubridade ambiental.
- X. Criar condições para o recolhimento e disposição final dos resíduos especiais, como baterias, pilhas, lâmpadas, etc. envolvendo os produtores, consumidores e gestores públicos.
- XI. Elaboração de estudos técnicos, envolvendo todos os elementos e instituições que participam do sistema desde a produção, coleta, transporte e disposição dos resíduos de serviço de saúde de maneira a repensar o sistema objetivando maior eficácia e eliminação de riscos à saúde.
- XII. Levantamento de informações sobre os diferentes resíduos industriais produzidos no município para estruturação de plano de gestão dos mesmos com definição de competências e obrigações dos envolvidos.
- XIII. Elaborar plano de gestão para os resíduos de construção civil e de limpeza urbana de forma a melhorar as condições sanitárias da cidade e ainda de forma a envolver os segmentos sociais ligados diretamente ao problema, divulgando amplamente os pontos de depósito.
- XIV. Rever o serviço de limpeza urbana para torná-lo mais eficaz, garantindo ampla participação da população.
- XV. Viabilizar a implantação de unidade de tratamento de resíduos de construção civil de forma a garantir o seu reaproveitamento;
- XVI. Viabilizar programa de compostagem de lixo orgânico.
- XVII. Realizar estudos com objetivo de aproveitamento de gás metano no aterro sanitário e na zona rural e para diminuição o uso de sacolas plásticas de supermercados, substituindo-as por sacolas de tecidos ou fibras naturais.
- XVIII. Intensificar a campanha de coleta de óleo de cozinha usado.
- XIX. Organizar de forma emergencial o serviço de recebimento de entulhos de construção civil e de limpeza em geral, disciplinando o uso e dando maior poder de polícia ao DAEP.
- XX. Desenvolver programa e projetos para aproveitamento de certos resíduos, como compostagem de resíduos orgânicos, de forma a garantir uma menor demanda de resíduos para o aterro sanitário.
- XXI. Desenvolver estudos para a definição de nova área para o aterro sanitário de forma compatível com as disposições do Plano Diretor do Município.
- XXII. Que a operação do aterro sanitário (tanto quanto dos recursos humanos como equipamentos) siga as normas técnicas de operação recomendadas pela CETESB e que as adequações e investimentos necessários sejam priorizadas pelo DAEP.
- XXIII. Fazer gestão junto a CORPE, de forma a garantir a ampliação dos serviços prestados; maior otimização no aproveitamento dos reciclados e na revisão dos critérios para aceitação de novos associados;
- XXIV. Incrementar a utilização do processo de trituração de documentos oficiais, ou sigilosos, junto às empresas privadas, bancos e prestadoras de serviço;

DIAGNÓSTICO PARA O SERVIÇO DE DRENAGEM URBANA

O serviço de drenagem urbana tem tido suas ações sob responsabilidade da Secretaria Municipal de Obras e Serviços. As ações são executadas de forma pontual, com único objetivo de afastar as águas pluviais de certos pontos de maior acúmulo, de forma a evitar alagamentos ou mesmo propiciar maior conforto aos habitantes.

No começo dos anos 90 o município executou um projeto de galerias pluviais que abrangia uma área mais extensa da zona urbana. Grande parte da área central – de uso comercial- foi contemplada com uma rede de galerias que propiciou grande alívio e conforto aos moradores e usuários da região. Outras ações mais significativas e executadas em décadas passadas foram a canalização, a céu aberto, do córrego Maria Chica (principal córrego da zona urbana) e em forma de tubulação do córrego Santa Leonor. A última ação significativa foi o tratamento de parte do córrego Santa Leonor, com sua urbanização e execução de lagos reguladores de vazão.

A pouca existência de dados e a total falta de planejamento, ou mesmo conhecimento técnico sobre a área, fez com que fosse elaborado um trabalho técnico de diagnóstico do sistema de drenagem urbana para o município, que servirá de ponto de partida para a organização das ações do setor, de forma que esteja integrada na política de saneamento ambiental.

“DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DE PENÁPOLIS”

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho visa principalmente a simulação do comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do córrego Maria Chica na qual está localizada a área urbana da cidade de Penápolis. Basicamente, este estudo consiste na simulação do processo de transformação de chuva em vazão e na verificação a nível da macro-drenagem da existência de pontos críticos, isto é, locais onde a capacidade máxima de escoamento atual da rede de macro de drenagem constituída pelos principais rios e/ou córregos que atravessam a cidade possa estar comprometida. Serão sugeridas, também, nessas situações alternativas para reverter o problema.

Independentemente da existência ou não de problemas a nível da macro-drenagem, as vezes há necessidade de intervenções a nível da micro-drenagem para solucionar problemas localizados. Serão então consideradas algumas alternativas de controle do escoamento na micro-drenagem. Destaca-se que não é objetivo deste trabalho um estudo com comportamento do sistema de micro-drenagem da cidade de Penápolis, e sim apenas mostrar para uma determinada área com ocupação característica o efeito da adoção de diversas medidas compensatórias sobre o escoamento pluvial urbano.

Uma característica relevante do trabalho é a grande limitação de dados disponíveis a respeito das características físicas das diversas bacias hidrográficas sob estudo, e praticamente a inexistência de dados hidrológicos fluviográficos e pluviográficos, havendo registro apenas de dados diários de precipitação. Embora a limitação de dados, este trabalho não contempla a aquisição de novos dados, seja em campo, seja em laboratório, de modo que todo o estudo será baseado nesses poucos dados disponíveis, assim como em informações e dados de referência encontrados na literatura especializada.

Esta realidade impede, entre outras coisas, o ajuste e verificação do modelo matemático utilizado, de modo que as conclusões não devem ser baseadas nos valores absolutos dos resultados obtidos e sim nos valores relativos e na ordem de grandeza das diversas variáveis.

2. ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA MACRO-DRENAGEM

A opção pela técnica de simulação matemática se deu pela inexistência de séries históricas de vazão para todos os córregos que constituem a macro-drenagem da cidade de Penápolis. Neste tipo de simulação são utilizados modelos denominados chuva-vazão, os quais requerem como dados de entrada as características físicas da bacia hidrográfica assim como a chuva de projeto, para então simular o processo de transformação dessa chuva em vazão de escoamento superficial.

2.1. Modelo chuva-vazão

Para a simulação matemática do processo de transformação de chuva em vazão foi escolhido o modelo SSDU - Simulação de Sistemas de Drenagem Urbana desenvolvido por Campana (2001), que foi concebido com a idéia básica de utilizar métodos sintéticos para a simulação do comportamento hidrológico e hidráulico de pequenas bacias hidrográficas sem dados (perfil tipicamente urbano como o caso que nos ocupa), assim, facilitando muito o planejamento quando há escassez de informações ou quando não se tem dados específicos da região.

No modelo SSDU é constituído de três módulos principais: 1) simula o processo de transformação de chuva em vazão; 2) realiza a propagação de hidrogramas de escoamento superficial em canais, galerias e reservatórios; e 3) dimensiona trincheiras de infiltração e reservatórios de detenção, como mostra a figura 1.

2.1.1. Tempo de concentração da bacia

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica, particularmente no caso de pequenas bacias urbanizadas, é um parâmetro importante para a estimativa de vazões de cheia, uma vez que a duração da chuva de projeto deve ser pelo menos igual a esse tempo. O modelo SSDU estima o tempo de concentração pela fórmula de Kirpich (Ponce, 1989):

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385} \quad (1)$$

onde: t_c é o tempo de concentração (min); L é o comprimento total da bacia, medido ao longo do talvegue principal até o divisor de águas (km); e ΔH é a diferença de nível (em m) entre o ponto mais a montante da bacia e seu exutório.

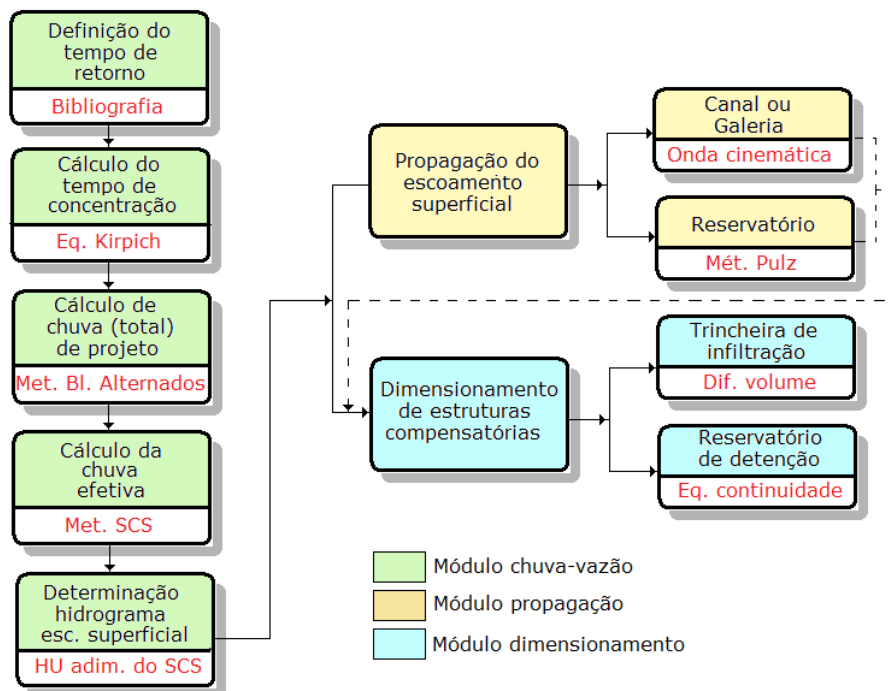


Figura 1. Estrutura do modelo SSDU.

Fonte: Campana (2001)

2.1.2. Chuva total de projeto

O método dos blocos alternados é um caminho simples de desenvolvimento da forma de um hietograma a partir de uma curva intensidade-duração-freqüência. A forma do hietograma produzido por este método especifica a altura de precipitação que ocorre em “n” intervalos de tempo sucessivos de mesma duração.

A duração total da chuva assume-se como igual ao tempo de concentração, a qual é dividida em “n” intervalos. Logo com base no período de retorno adotado para o projeto estima-se a partir da curva I-D-F (Intensidade-Duração-Freqüência) a intensidade máxima da precipitação para cada um desses intervalos. Multiplicando-se a intensidade máxima pela duração tem-se a altura precipitada acumulada. A diferença entre alturas sucessivas dá a precipitação em cada período.

Estas alturas de precipitação encontradas são então colocadas de forma decrescente no gráfico partindo-se do intervalo de tempo central e colocando-se as alturas seguintes alternadamente do lado esquerdo e direito deste intervalo.

2.1.3. Chuva “efetiva” de projeto

Para o cálculo da parcela da precipitação que efetivamente vai gerar escoamento superficial, isto é, AA precipitação efetiva, o modelo SSDU utiliza o método do "Soil Conservation Service" (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, especialmente desenvolvido para bacias hidrográficas sem dados hidrológicos. Para tanto, o método propõe a seguinte equação:

$$P_{efetiva} = \frac{(P-0,25)^2}{(P+0,85)} \quad (2)$$

onde $P_{efetiva}$ é a precipitação efetiva total (mm); P é a precipitação total (mm); e S é a retenção potencial do solo (mm).

$$CN = \frac{1000}{10 + \frac{S}{25,4}} \quad (3)$$

onde CN é chamado de “Número da Curva” e varia entre 0 e 100. Os valores de CN são determinados a partir de tabelas específicas e dependem de três fatores: umidade antecedente do solo, tipo de solo e ocupação do solo. As tabelas para a estimativa do parâmetro CN podem ser encontradas em SCS (1971).

2.1.4. Hidrograma unitário adimensional do SCS

Para a estimativa do hidrograma de escoamento superficial o modelo SSDU usa o método do SCS - Soil Conservation Service dos EUA que propõe um hidrograma unitário adimensional fundamentado no estudo de um grande número de bacias hidrográficas localizadas no território dos EUA. Para cada uma destas bacias foi desenvolvido um hidrograma unitário a partir de dados observados de precipitação e vazão. Cada um desses hidrogramas foi adimensionalizado pela vazão de pico (Q_p) e pelo tempo de subida (T_p). Um hidrograma unitário adimensional médio foi, então, construído a partir dos hidrogramas adimensionais de todas as bacias analisadas. Esse hidrograma é apresentado na tabela 1.

Tabela 2.1. HU Adimensional do SCS

t/Tp	q/Qp
0	0
0,25	0,12
0,5	0,4500
0,75	0,9000
1	1,0000
1,5	0,6200
2	0,2800
2,5	0,1500
3	0,0700
3,5	0,0035
4	0,0016
5	0,0000

Portanto, o hidrograma unitário específico para uma dada bacia hidrográfica pode ser obtido conhecendo-se sua vazão de pico e o tempo ao pico:

$$T_p = 0,5.d + 0,6.t_c \quad (3)$$

$$Q_p = 0,208 \cdot \frac{A}{T_p} \quad (4)$$

sendo: T_p o tempo ao pico (h); d a duração da chuva (h); t_c o tempo de concentração (h); A a área da bacia (km^2); e Q_p a vazão de pico ($\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{mm})$).

2.1.5. Propagação do escoamento superficial em canais, ruas e galerias

O comportamento do escoamento superficial é analisado por meio das equações da conservação de massa ou volume, e da quantidade de movimento e energia. Essas equações são comumente chamadas de equações de Saint Venant.

A equação da continuidade pode ser expressa da seguinte forma:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q_1 \quad (4)$$

onde: Q é a vazão; A é a área da seção transversal; x é a distância na direção longitudinal; t é o tempo; q_1 é a entrada ou saída de vazão por unidade de largura.

A equação da quantidade de movimento é obtida levando-se em conta as forças da gravidade, fricção e pressão, que são as principais forças envolvidas no escoamento em rios e canais.

Essa equação pode ser assim expressa:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial y}{\partial x} = gA(S_0 - S_f) \quad (5)$$

onde: y é a profundidade; S_0 é a declividade do fundo; S_f é a declividade da linha de fricção e g é a aceleração da gravidade.

A onda cinemática, comumente utilizada, é uma simplificação das equações de Saint Venant, que segundo Chow *et al.*(1988), despreza os três primeiros termos da equação 4 e assume que $S_0 = S_f$ e que as forças de fricção e de gravidade se equilibrem.

2.1.6. Propagação do escoamento superficial em reservatórios

Esta propagação é feita utilizando o modelo de Pulz, que consiste numa expressão discretizada da equação da continuidade e na relação entre o armazenamento e a vazão de saída do reservatório. A propagação em reservatório é baseada então no princípio da conservação de massa e, é caracterizada por uma linha d'água horizontal e velocidade baixa, e busca utilizar a melhor relação entre o reservatório e a estrutura extravasora.

A primeira equação do método é a equação da continuidade, que na forma diferencial é assim expressa:

$$\frac{dS}{dt} = Q_e - Q_s \quad (6)$$

onde: S é o armazenamento (m^3); Q_e é a vazão de entrada (m^3/s); Q_s é a vazão de saída (m^3/s); e t é o tempo (s).

A segunda equação é aquela que relaciona o armazenamento com a vazão de saída do reservatório. A relação armazenamento-vazão de saída é obtida da composição das funções cota-armazenamento e cota-vazão: a) a função cota-armazenamento é obtida da relação em que a cada cota corresponde um volume; b) a função cota-vazão é estabelecida em função das estruturas extravasoras do reservatório que podem ser descarregador de fundo e vertedor.

A equação do descarregador de fundo é dada por:

$$Q = CdAo\sqrt{2gh} \quad (7)$$

onde Q é a vazão de saída (m^3/s); Cd é o coeficiente de descarga; Ao é a área da seção de saída (m^2); g é a aceleração da gravidade (m/s^2); e h é a diferença de nível de montante para jusante (m).

Para o caso de vertedores, a equação é dada por:

$$Q = CdB(z - z_k)^{3/2} \quad (8)$$

onde Q é a vazão de saída (m^3/s); Cd é o coeficiente de descarga; B é a largura do vertedor (m); z é a cota da linha d'água (m); e z_k é a cota da crista do vertedor (m).

2.1.7. Dimensionamento de reservatórios de detenção

Para que possam ser utilizados como medida de controle de cheias, os reservatórios de detenção necessitam que seus volumes sejam tais que as vazões de descarga dos mesmos não superem o valor máximo admissível. Esses volumes são estimados no modelo SSDU como sendo:

$$V = \int_{t_0}^t (Q_e - Q_s) dt \quad (9)$$

onde: V é o volume necessário (m^3); t_0 é o tempo de início do armazenamento (s); t é o tempo quando o hidrograma de saída intercepta a linha de recessão do hidrograma de entrada (s); Q_e é a vazão de entrada (m^3/s); e Q_s é a vazão de saída (m^3/s).

As vazões de saída (Q_s) são determinadas pela propagação da vazão de entrada (Q_e) no reservatório utilizado método de Pulz.

O esquema desses reservatórios pode ser visto na figura 2.

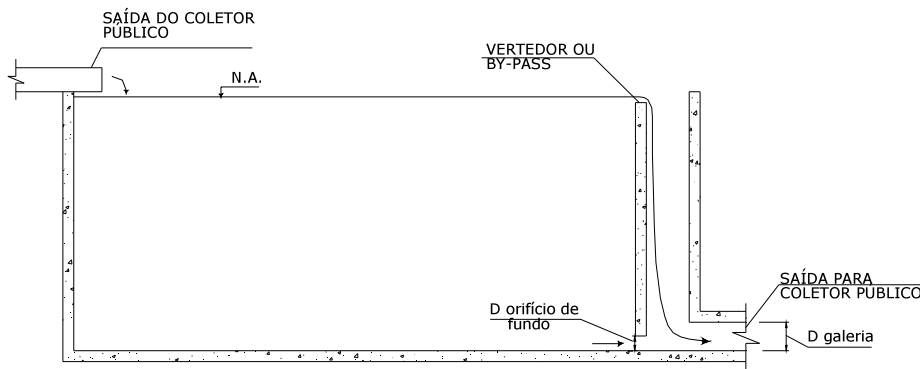


Figura 2. Esquema dos reservatórios de detenção.

2.1.8. Dimensionamento de trincheiras de infiltração

O modelo SSDU estima o volume de armazenamento e de percolação da água pelas trincheiras por meio do balanço de entradas e saídas. Este procedimento é realizado de modo iterativo.

Conhecido o hidrograma de chegada à trincheira, pressupõe-se um dado volume total para a trincheira (volume de armazenamento, considerada a porosidade efetiva do material da trincheira). Pela configuração geométrica da trincheira e em função da condutividade hidráulica saturada do solo é estimado o volume percolado ao longo do tempo. A soma desses dois volumes é o volume de saída. O volume necessário é a maior diferença entre as curvas de entrada e de saída. Deve-se buscar anular a diferença entre esse volume calculado e aquele volume pressuposto. Este é o processo iterativo empregado para a estimativa do volume das trincheiras.

O volume percolado foi estimado com:

$$V_{perc}(t) = K \cdot \nabla \phi \cdot \frac{A_{perc}}{2} \cdot 3600 \cdot t \quad (10)$$

sendo: $V_{perc}(t)$ o volume total percolado no tempo t (m^3); K a condutividade hidráulica saturada (m/s); $\nabla \phi$ o gradiente hidráulico (m/m), adotado igual a 1,0; A_{perc} a área de percolação (m^2); e t o tempo de percolação (h).

É importante citar que por razões de segurança no cálculo do volume das trincheiras considera-se apenas infiltração pelas superfícies laterais das trincheiras, não computando a infiltração que

ocorreria pelo fundo dessas estruturas. O motivo dessa consideração é que o fundo é a superfície que tende a colmatar mais rapidamente pelo sedimento fino transportado em suspensão no escoamento, então é recomendável adotar a posição mais conservadora e admitir já desde o início do funcionamento das trincheiras que a sua capacidade de infiltração é a mais desfavorável possível. O critério de dimensionamento aqui adotado é amplamente recomendado na bibliografia especializada, como no texto de Urbonas e Stahre (1993).

Considera-se, também, que as escavações das trincheiras de infiltração (figura 3) serão recobertas por geotextil de poliéster não tecido, com porosidade de pelo menos 90%, e preenchidas com brita (porosidade mínima de 40%) A finalidade do uso do geotêxtil está vinculada à preservação da capacidade de armazenamento e infiltração da água nas trincheiras, assim como dificultar a formação de caminhos preferenciais da água no solo.

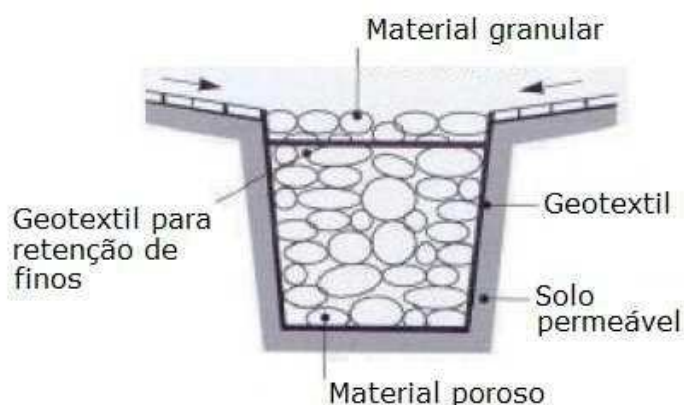


Figura 3. Representação esquemática da trincheira de infiltração.

2.2. Precipitações máximas e Curvas I-D-F

Para poder realizar a simulação matemática do processo de transformação de chuva em vazão torna-se necessário a definição de uma chuva de projeto. Definir uma chuva de projeto significa determinar a lâmina precipitada, sua distribuição temporal, sua duração e o tempo de retorno associado.

A determinação da lâmina precipitada é feita com base nas curvas I-D-F, família de curvas que relaciona a intensidade, a duração e a freqüência (ou tempo de retorno) da precipitação. Os dados pluviográficos permitem conhecer a intensidade das chuvas para diferentes intervalos de tempos, de até um minuto, e com isso construir as curvas I-D-F, no entanto, para a cidade de Penápolis há disponível apenas dados pluviométricos, isto é, dados de chuva diária (chuva acumulada em período diário). Neste caso, pode-se utilizar o método que desagrega as chuvas diárias em chuvas de 24 horas de duração e menores, possibilitando assim, estimar as intensidades correspondentes, e com isto calcular a curva I-D-F.

Um método de desagregação bastante utilizado é o método das Relações (MR), principalmente pelo fato de ser de uso simples e fornecer resultados satisfatórios na obtenção de alturas de chuvas com duração inferior a diária, conforme afirmação de CETESB (1979).

O Método das Relações, segundo BERTONI & TUCCI (1993), se baseia no fato de que as relações entre as intensidades médias máximas de diferentes durações possuem uma grande similaridade para diferentes locais (com uma leve variação de acordo com o tempo de retorno).

Para a obtenção das curvas IDF estimadas, as precipitações máximas diárias são desagregadas em durações de 5, 10, 15, 25, 30, 60, 360, 720, e 1440 minutos. Os coeficientes de desagregação a serem utilizados são valores médios para todo o Brasil, disponibilizados em CETESB (1979), e apresentados na tabela 2.

Entre os trabalhos que avaliaram a precisão do método das relações, podem-se citar os de Damé et al. (2001) e Damé et al. (2003), nos quais os autores usaram o método com o objetivo de desagregar chuva diária para diversas cidades do estado do Rio Grande do Sul. Comparando as intensidades obtidas pelo método das relações com as obtidas a partir de dados pluviográficos (consideradas como as estimativas corretas) verificaram que o método das relações subestima as intensidades máximas; e a relação entre as intensidades máximas estimadas com dados pluviográficos e as intensidades máximas estimadas pelo método das relações, permanece aproximadamente constante e igual a 2,15, independentemente da localidade e do tempo de retorno considerado. Isso mostra então que o erro pode ser tratado como sistemático e, por tanto, passível de correção.

Tabela 2. Coeficientes de desagregação de chuvas diárias.

Relação	Coefficiente
30min/5min	0,34
30min/10min	0,54
30min/15min	0,70
30min/25min	0,91
1h/30min	0,74
24h/1h	0,42
24h/6h	0,72
24h/12h	0,85
24h/1dia	1,1

Fonte: CETESB (1979).

Sendo assim, neste trabalho foi utilizado o método das relações para a determinação da curva I-D-F para a cidade de Penápolis, tomando como base a precipitação máxima diária com 10 anos de tempo de retorno, estimada em 118,66 mm (ver dados no anexo I); e logo os valores de intensidade obtidos para as diversas durações foram corrigidos pelo coeficiente anteriormente mencionado (igual a 2,15). A curva I-D-F assim determinada, apresentada na tabela 3, foi introduzida no modelo SSDU, o qual estima automaticamente a chuva de projeto por meio do método dos blocos alternados.

Apesar que os estudos de Damé et al. (2001) e Damé et al. (2003) mostraram que o método das relações, quando aplicadas as devidas correções, fornece estimativas relativamente precisas das curvas I-D-F, os mesmos foram conduzidos em localidades da região sul do país, cujo regime pluviométrico é diferente da região de Penápolis. Então, para ter certeza da confiabilidade do modelo, este foi utilizado para estimar a curva I-D-F da cidade de Lins-SP (pela sua proximidade com a cidade de Penápolis), a partir dos totais diários observados no posto pluviográfico C6-105 (apresentados no anexo I), e logo comparada com a curva I-D-F do mesmo local obtida com base nos registros pluviográficos. Os resultados dessa comparação estão na tabela 4, na qual se verifica que o valor médio do coeficiente de correção é praticamente o mesmo dos estudos de Damé et al. (2001) e Damé et al. (2003).

Tabela 3. Curva I-D-F para Penápolis (posto C7-010).

Duração (min)	Intensidade máxima para 10 anos de tempo de retorno (mm/h)	
	Método das relações	Valores corrigidos
5	51,38	110,46
10	32,33	69,51
15	24,99	53,73
20	21,49	46,21
25	19,22	41,33
30	17,47	37,57
60	12,94	27,83
360	7,56	16,25
480	6,96	14,97
600	6,64	14,27
720	6,42	13,80
1440	5,44	11,69

Tabela 4. Curva I-D-F para Lins (posto C6-015).

Duração (min)	Intensidade máxima para 10 anos de tempo de retorno (mm/h)		Relação i_2/i_1
	Método das relações (i_1)	Dados pluviográfico ^(*) (i_2)	
5	50,740	105,546	2,080
10	31,928	87,213	2,732
15	24,679	74,949	3,037
20	21,228	66,094	3,114
25	18,984	59,361	3,127
30	17,258	54,047	3,132
60	12,784	36,270	2,837
360	7,466	10,759	1,441
480	6,875	8,748	1,272
600	6,553	7,443	1,136
720	6,338	6,520	1,029
1440	5,371	3,928	0,731
Média			2,134

^(*) curva I-D-F obtida de Fragoso (2004)

2.3. Alternativas consideradas e simulação matemática

Para a análise do desempenho do sistema de macro-drenagem da cidade de Penápolis, a bacia hidrográfica do córrego Maria Chica (cuja saída é identificada pela seção de controle nro. 20) foi dividida em quatro sub-bacias hidrográficas, conforme mostra a figura 4.

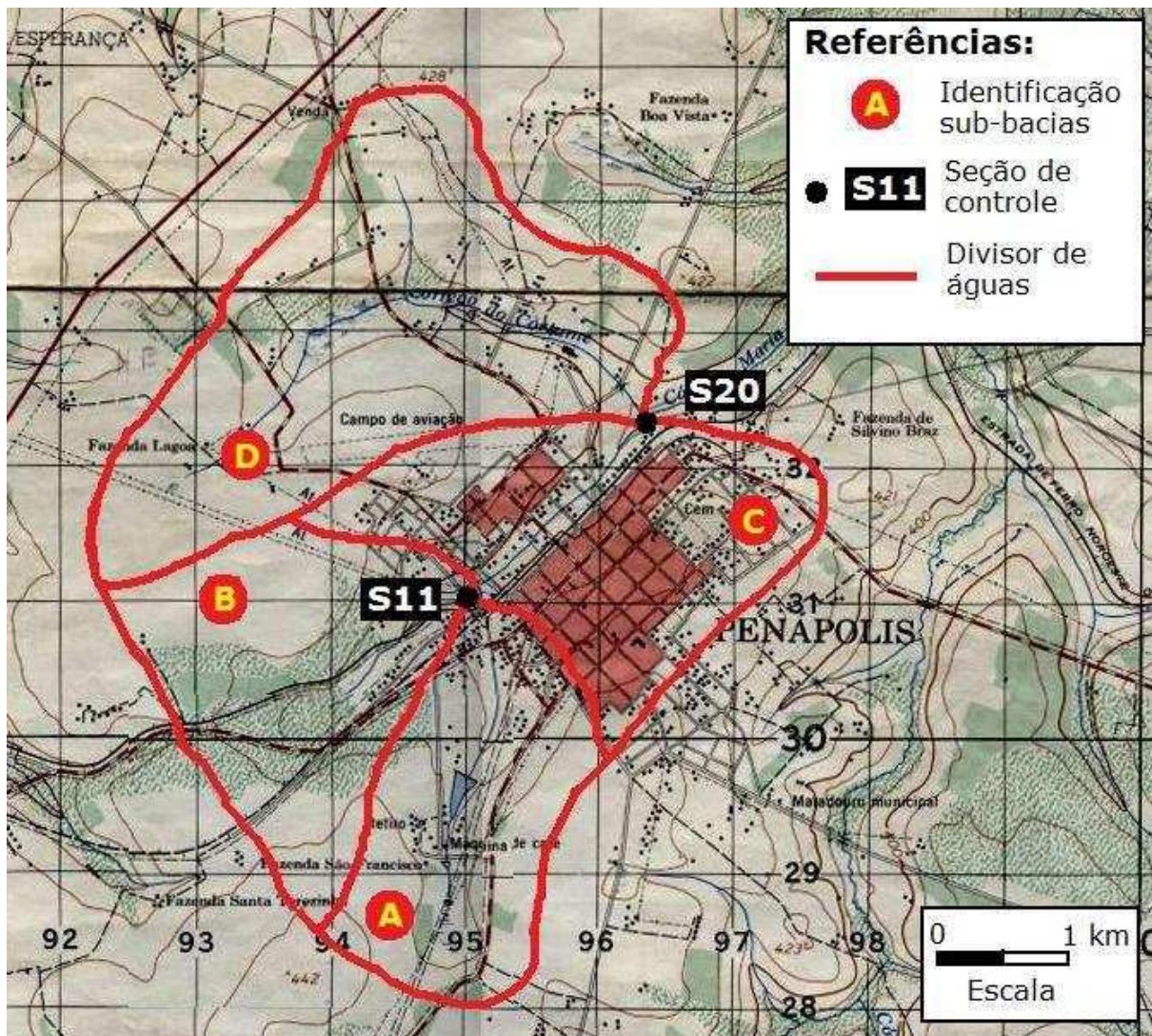


Figura 4. Bacia Hidrográfica do córrego Maria Chica.

A sub-bacia A é formada pela área de drenagem do córrego Santa Leonor, desde sua nascente até a confluência com o córrego Maria Chica (seção de controle S11).

A sub-bacia B é formada pela área de drenagem do córrego Maria Chica desde a nascente até a confluência com o córrego Santa Leonor (seção de controle S11).

A sub-bacia C é formada pela área de drenagem do córrego Maria Chica desde a confluência com o córrego Santa Leonor (seção de controle S11) até a confluência com o córrego da Cortume (seção de controle S20).

A sub-bacia D é formada pela área de drenagem do córrego do Cortume, desde sua nascente até a confluência com o córrego Maria Chica.

Para a simulação matemática do comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do córrego Maria Chica as sub-bacias A, B, C e D foram por sua vez, subdivididas em áreas menores (como mostrado nas figuras 5, 6, 8, 10 e 11) de modo que a saída de cada uma delas coincidissem com uma seção de interesse, em geral definida por uma ponte ou travessia. Foram consideradas cinco alternativas na simulação, a saber:

Alternativa 1: representa a situação atual da bacia, a qual foi discretizada espacialmente como mostra esquematicamente a figura 5, sendo definidas 20 seções de controle.



Figura 5. Discretização adotada na simulação para a Alternativa I.

Alternativa II: corresponde ao cenário atual de ocupação da bacia no qual foi incorporado um reservatório de detenção (identificado como R6 na figura 6) para o controle do escoamento gerado pela sub-bacia B. Esse reservatório, já como pode ser visto na figura 7, embora não seja utilizado com essa finalidade. Segundo esta alternativa, esse reservatório continuará com um espelho de água permanente como na atualidade, mas no período chuvoso poderá receber um volume adicional de água equivalente a uma lâmina de 1 m de profundidade.

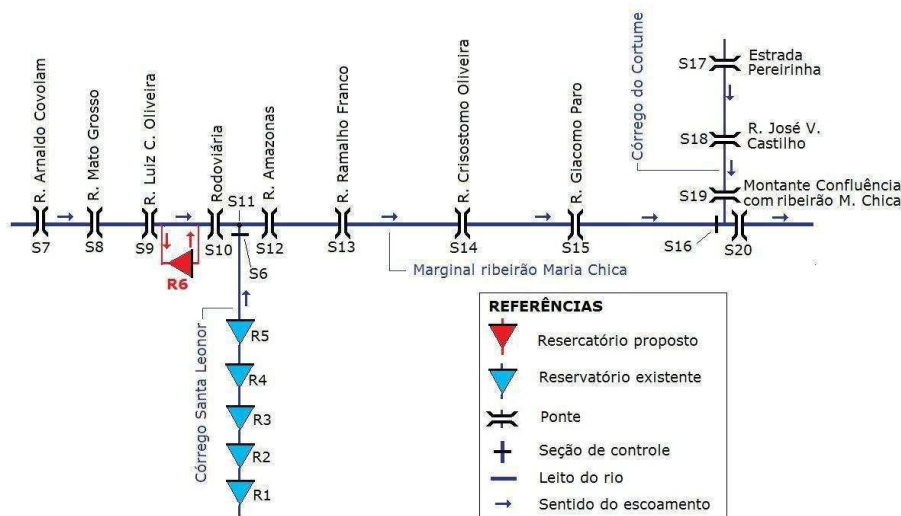


Figura 6. Discretização adotada na simulação para a Alternativa II.



Figura 7. Reservatório (R6) existente na sub-bacia B.

Alternativa III: consiste basicamente na alternativa II, mas o reservatório R6 além de receber o escoamento da sub-bacia B receberá parte do escoamento da sub-bacia A. Quando a montante da seção S6 (figura 8) no córrego Santa Leonor a vazão superar $15,0 \text{ m}^3/\text{s}$, o excedente será encaminhado ao reservatório R6.

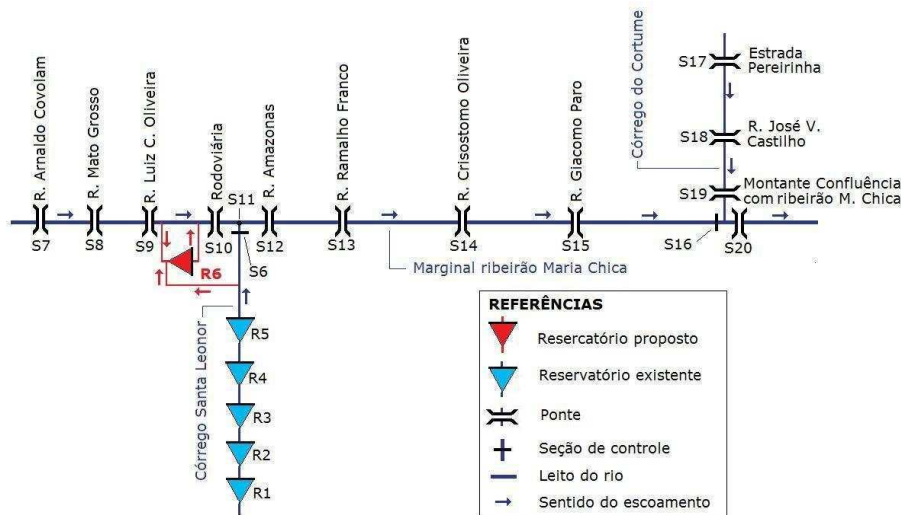


Figura 8. Discretização adotada na simulação para a Alternativa III.

Alternativa IV: corresponde ao cenário atual de ocupação da bacia no qual foi incorporado um reservatório de detenção (identificado como R7 na figura 9) para o controle do escoamento gerado pela sub-bacia A. Esse reservatório não existe na atualidade e deveria ser construído num terreno vazio que hoje existe nas proximidades da desembocadura do córrego Santa Leonor no córrego Maria Chica, mostrado na figura 10.

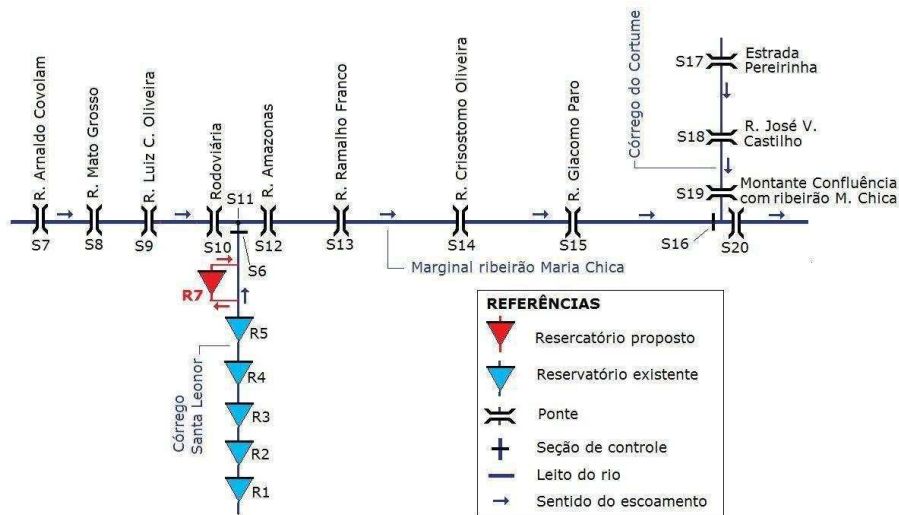


Figura 9. Discretização adotada na simulação para a Alternativa IV.



Figura 10. Local sugerido para a construção do reservatório R7.

Alternativa V: trata-se de uma combinação das alternativas II e IV, isto é, contempla o uso dos reservatórios R6, que receberia unicamente o escoamento gerado pela sub-bacia B; e o reservatório R7 que receberia unicamente o escoamento gerado pela sub-bacia A. Nesta alternativa não prevê a transposição de vazão da sub-bacia A para a sub-bacia B como na alternativa III. A figura 11 ilustra esquematicamente esta alternativa.

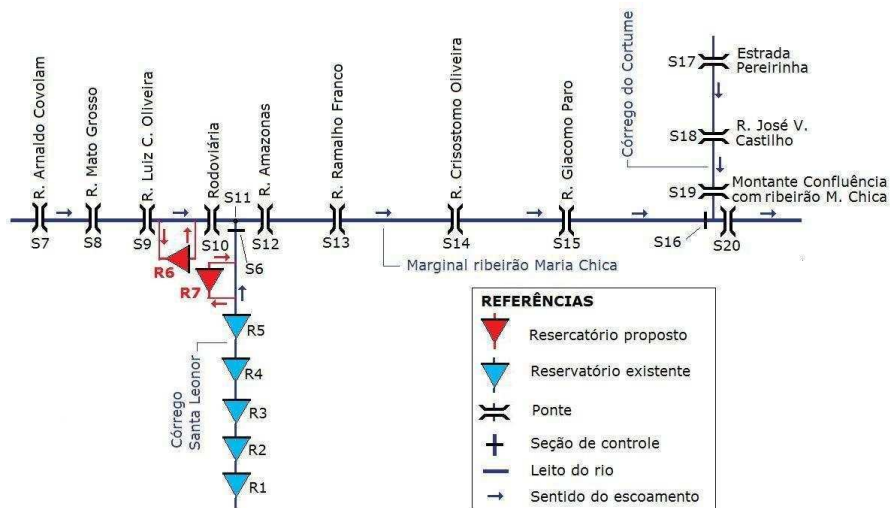


Figura 11. Discretização adotada na simulação para a Alternativa V.

Os reservatórios de detenção secos ou alagados para o controle de enchentes (como os contemplados nas alternativas II a V) são largamente utilizados a nível mundial. Para exemplificar, nas figuras 12 e 13 são apresentados dois casos (comparáveis com os reservatórios R6 e R7, respectivamente) de utilização dessas estruturas, integradas de forma harmoniosa na paisagem urbana, e que possibilitam também, sua destinação para atividades de recreação e lazer. Já a figura 14 mostra uma outra alternativa que consiste num reservatório de detenção enterrado. Esta opção também pode ser utilizada no caso do reservatório R7.



Figura 12. Bacia de detenção alagada com volume de espera para controle de enchente e áreas de recreação e lazer.



Figura 13. Reservatório de detenção seca construído no Wallace Park, Denver-USA, utilizado para controle de enchente, e recreação no período seco.



Figura 14. Reservatório de detenção enterrado.

As principais características físicas das sub-bacias segundo as quais foi discretizado o sistema de macro-drenagem da cidade de Penápolis estão nas tabelas 8 a 11. Entretanto, na tabela 12 estão as informações dos diversos reservatórios existentes, e propostos.

Tabela 8. Principais características físicas da sub-bacia A.

Sub-Bacia	Seção de controle na saída	Área (km ²)	Fração impermeável (%)	Declividade leito córrego (m/km)	Tipo Solo	CN ^(*) Área não urbanizada	CN ^(*) Área urbanizada
A	R1	1,12	70,0	10,76	B	60	80
	R2	0,34	50,0	10,76	B	60	80
	R3	0,22	45,5	10,76	B	60	80
	R4	0,29	45,5	10,76	B	60	80
	R5	0,85	45,0	10,76	B	60	80
	S6	1,18	20,0	10,76	B	60	80
	Total	4,00	43,8	10,76	B	60	80

^(*) Parâmetro do modelo de chuva efetiva do Soil Conservation Service.

Tabela 9. Principais características físicas da sub-bacia B

Sub-Bacia	Seção de controle na saída	Área (km ²)	Fração impermeável (%)	Declividade leito córrego (m/km)	Tipo Solo	CN ^(*) Área não urbanizada	CN ^(*) Área urbanizada
B	S7	3,82	60,0	9,30	B	60	80
	S8	0,62	60,0	9,30	B	60	80
	S9	0,33	50,0	9,30	B	60	80
	S10	0,10	10,0	9,30	B	60	80
	Total	4,87	58,3	9,30	B	60	80

(*) Parâmetro do modelo de chuva efetiva do Soil Conservation Service.

Tabela 10. Principais características físicas da sub-bacia C

Sub-Bacia	Seção de controle na saída	Área (km ²)	Fração impermeável (%)	Declividade leito córrego (m/km)	Tipo Solo	CN ^(*) Área não urbanizada	CN ^(*) Área urbanizada
C	S12	0,41	60,0	2,78	B	60	80
	S13	0,69	60,0	2,78	B	60	80
	S14	0,69	70,0	2,78	B	60	80
	S15	1,07	70,0	2,78	B	60	80
	S16	1,16	70,0	2,78	B	60	80
	Total	4,02	65,5	2,78	B	60	80

(*) Parâmetro do modelo de chuva efetiva do Soil Conservation Service.

Tabela 11. Principais características físicas da sub-bacia D

Sub-Bacia	Seção de controle na saída	Área (km ²)	Fração impermeável (%)	Declividade leito córrego (m/km)	Tipo Solo	CN ^(*) Área não urbanizada	CN ^(*) Área urbanizada
D	S17	5,80	38,0	8,62	B	60	80
	S18	1,65	45,0	8,62	B	60	80
	S19	0,37	45,0	8,62	B	60	80
	Total	7,82	39,8	8,62	B	60	80

(*) Parâmetro do modelo de chuva efetiva do Soil Conservation Service.

Tabela 12. Características dos reservatórios de detenção.

Reservatório	Área máxima do espelho (m ²)	Profundidade Máxima da lâmina de água (m)	Descarregador de fundo		Tipo	
			Quantidade	Diâmetro (m)	Alagado	Seco
R1	20.240	1,80	2	0,80		*
R2	7.600	1,80	2	0,80		*
R3	6.390	1,80	2	0,80		*
R4	11.125	1,80	2	0,80		*
R5	39.000	1,80	2	0,80		*
R6	14.972 (*)	1,00 (**)	2	0,80	*	
R7	22.640(*)	1,80	2	0,80		*

(*) foi considerada apenas 80% da área disponível, os 20% restante da área serão reservados para obras de paisagismo, recreação e lazer.

(**) profundidade acima do nível máximo permanente.

Com base num levantamento preliminar da geometria da seção transversal dos córregos e canais da área de estudo, foi estimada a capacidade máxima de escoamento em todas as seções de controle. Fotografias das principais seções de controle são disponibilizadas no anexo II.

O sistema de drenagem de águas pluviais deve ser sempre dimensionado para trabalhar a superfície livre, evitando escoamento sob pressão por questões de segurança. Foi determinada então a capacidade máxima de escoamento com seção plena e, também, considerando uma profundidade do escoamento de 80% do valor máximo possível. Esta última consideração se deve ao fato de que com o tempo sedimentos, detritos, etc, podem se acumular nas galerias, córregos e canais reduzindo a seção do escoamento, o que pode gerar escoamento sob pressão. Obviamente no caso dos reservatórios o descarregador de fundo poderá trabalhar sob pressão.

Na tabela 13 apresenta as estimativas da capacidade máxima de escoamento para todas as seções de controle definidas, assim como um resumo dos resultados obtidos na simulação matemática do processo de transformação de chuva em vazão, na bacia do córrego Maria Chica.

Tabela 13. Vazões críticas para os cenários analisados.

Seção	Capacidade máxima (m3/s)				Vazão máxima calculada (m3/s) para T=10 anos					Q1/qmax	Q2/qmax	Q3/qmax	Q4/qmax	Q5/qmax
	seção Plena	0,8 da prof. máxima	Sob pressão	adotada (m3/s)	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5					
R1			2,1	2,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
R2			2,1	2,1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
R3			2,1	2,1	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
R4			2,1	2,1	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
R5			2,1	2,1	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
S6	19,5	16,7		16,7	21,05	21,05	15,00	10,50	10,50	1,26	1,26	0,90	0,63	0,63
S7	17,0	14,8		14,8	8,15	8,15	8,15	8,15	8,15	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
S8	6,1	4,9	4,9	4,9	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44
S9	38,4	13,7		13,7	6,39	6,39	6,39	6,39	6,39	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
S10	57,0	36,8		36,8	5,80	0,90	5,96	5,80	0,90	0,16	0,02	0,16	0,16	0,02
S11	57,0	36,8		36,8	24,80	21,80	20,90	11,40	11,30	0,67	0,59	0,57	0,31	0,31
S12	57,9	25,0		25,0	22,20	19,30	17,90	8,00	7,20	0,89	0,77	0,72	0,32	0,29
S13	47,7	34,1	(*)	34,1	22,50	19,70	18,20	10,60	7,70	0,66	0,58	0,53	0,31	0,23
S14	47,9	34,6		34,6	21,50	19,10	17,90	13,30	10,50	0,62	0,55	0,52	0,38	0,30
S15	46,4	32,2		32,2	32,00	30,30	30,00	29,90	28,40	0,99	0,94	0,93	0,93	0,88
S16	42,2	31,0	(**)	31,0	34,00	32,20	31,60	30,30	28,60	1,10	1,04	1,02	0,98	0,92
S17	13,5	7,1	25,9	7,1	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
S18	176,0	126,0	(*)	126,0	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
S19	84,4	65,0		65,0	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
S20	170,6	127,0		127,0	37,40	35,70	35,30	34,00	32,40	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26
Vazão atual menor que 80% da capacidade máxima														
Vazão atual maior que 80% da capacidade máxima														
Vazão atual maior que a capacidade máxima														

Analisando os dados da tabela 13 percebe-se que existe algumas situações críticas, principalmente nas seções S6, S8 e S16, cujas possíveis causas são comentadas a seguir.

A figura 15 corresponde à uma fotografia da seção de controle S6, uma galeria de forma oval com aproximadamente 2 m de largura. Ressalta-se aqui o fato de que à montante desta seção de

controle o escoamento ocorre por uma galeria de seção quadrada de 2,6m x 2,60m, para logo sofrer uma contração significativa passado para a seção oval.



Figura 15. Fotografia da seção de controle S6.

A figura 16 corresponde a uma fotografia da seção de controle S8, que consiste de três bueiros de 1 m de diâmetro que representam uma área muito pequena se comparada à da seção como um todo. Essa capacidade deficiente de escoamento (e a obstrução dos condutos por resíduos sólidos) provocará um represamento do escoamento passando os bueiros a funcionar sob pressão. Na mesma fotografia se observa que a montante da seção de controle S8 existem outros lançamentos laterais, em ambas as margens, que podem ser obstruídos quando ocorre represamento de água no canal do córrego Maria Chica à montante da seção S8.

A fotografia da figura 17 corresponde à seção imediatamente à montante da seção de controle S16, que embora não apresente obstáculos ao escoamento suas dimensões são insuficientes para escoar a vazão máxima estimada a partir de uma chuva de 10 anos de tempo de retorno.



Figura 16. Fotografia da seção de controle S8, vista desde montante.



Figura 17. Fotografia da seção imediatamente à montante da seção de controle S8.

2.4. Conclusões

Uma primeira observação que deve ser registrada é a que diz respeito da confiabilidade dos resultados obtidos. Como citado anteriormente, a avaliação do comportamento hidrológico-hidráulico do sistema de macro-drenagem foi feito com ausência total de dados fluviométricos, situação esta que impede o ajuste dos parâmetros do modelo de simulação usado, e a verificação do funcionamento do mesmo.

Contudo, adotou-se um criterioso procedimento de análise das características físicas da bacia e consulta à bibliografia especializada para a escolha dos valores dos parâmetros do modelo. Com isto, os resultados não devem ser analisados apenas quanto a seus valores absolutos, mas principalmente do ponto de vista relativo. Em outras palavras, os resultados do modelo permitem identificar pontos críticos da rede de macro-drenagem quanto a seu funcionamento, mas será

necessário um processo mais aprimorado (que inclui necessariamente monitoramento fluviográfico em campo) para confirmar o valor absoluto das vazões estimadas nesses locais.

Os resultados identificam principalmente três locais (seções S6, S8 e S16) onde a capacidade máxima de escoamento estaria comprometida, mas que com pequenas obras de correção da geometria dessas seções esses problemas podem ser solucionados; mas também foi apresentada uma segunda alternativa para o controle do escoamento superficial que contempla o uso de reservatórios de retenção.

Ressalta-se que a capacidade máxima de escoamento em cada seção de controle foi estimada com base na geometria da seção transversal e rugosidade da seção, da declividade do leito do córrego no trecho onde está localizada a seção. Nessa estimativa não foram consideradas as contrações e/ou irregularidades na geometria das seções de controle, nem as transições bruscas entre o canal e a seção de controle, assim como as obstruções ao escoamento por tubulações, resíduos sólidos, entre outros.

Essas situações desfavoráveis observadas claramente nas seções de controle S8, S12, S14, S15 E S17 (ver fotografias no anexo II) provocam sobre-elevação do nível da água comprometendo deste modo a sua capacidade de escoamento.

3. ESTUDO DE ALGUMAS MEDIDAS COMPENSATÓRIAS NA MICRO-DRENAGEM

Muitas vezes verifica-se que a rede de macro-drenagem da cidade funciona corretamente, sem a presença de pontos críticos com transbordamentos dos canais, mas podem ocorrer alagamentos localizados na micro-drenagem. A tendência atual na concepção de sistemas de micro-drenagem incentiva a incorporação das denominadas medidas compensatórias, que consistem em estruturas que favorecem a infiltração, a percolação e o armazenamento temporário do escoamento superficial.

Para mostrar o impacto que este tipo de estruturas pode ter no sistema de micro-drenagem, foi considerada uma região urbana da cidade de Penápolis (figura 18), e nessa área, foi analisado o comportamento do escoamento pluvial urbano para diferentes alternativas de controle. Entretanto, a figura 19 (à esquerda) mostra em detalhes a região selecionada, na qual foram considerados somente os lotes com frente para a avenida Rui Barbosa, enquanto na parte direita da figura 19 é indicada na cor cinza a área total de drenagem e o sentido do escoamento.

Na tabela 14 são apresentadas as principais características dos lotes e da via de circulação.



Figura 18. Localização área selecionada para análise da micro-drenagem.

Fonte: Fotografia aérea fornecida pela prefeitura de Penápolis (s/d).



Figura 19. Detalhes da área de estudo.

Tabela 14. Características dos lotes urbanos.

Lote	Largura (m)	Comprimento (m)	Área total (m ²)	Área impermeável		Área permeável	
				(m ²)	(%)	(m ²)	(%)
A	18,0	25,0	450,0	234,2	52,4	215,8	47,6
B	15,0	44,5	667,5	212,0	31,8	455,5	68,2
C	10,0	44,5	445,0	152,0	34,2	293,0	65,8
D	10,0	45,5	455,0	248,0	54,5	207,0	45,5
E	10,0	45,5	455,0	220,0	48,4	235	51,6
F	14,0	21,5	301,0	146,4	48,6	155	51,4
G	10,0	21,5	215,0	93,9	43,7	121,1	56,3
Rua	12,0	92	1104,0	1104,0	100,0	0,0	0,0
Calçada	2,5	92	230,0	230,0	100,0	0,0	0,0
Total			4302,5	2620,1	60,9	1682,4	39,1

Foram definidas duas situações, denominadas de “pré-urbanização” e “atual”, como especificada a seguir; e quatro alternativas de controle do escoamento superficial utilizando estruturas compensatórias, também, detalhadas a continuação.

Situação de pré-urbanização: corresponde à situação de referência e foi concebida supondo que toda a área, hoje ocupada pelos lotes, calçada e rua, se encontra no seu estado natural com cobertura predominante de vegetação, isto é, uma área rural sem qualquer tipo de antropização.

A partir desta alternativa foi determinada a vazão máxima que podia ser gerada por uma chuva com uma hora de duração e 10 anos de tempo de retorno.

Situação “atual” sem controle: corresponde à ocupação atual da área, sem qualquer tipo de controle do escoamento. Também, considerando uma chuva de projeto de 60 minutos de duração e 10 anos de tempo de retorno, será estimada a vazão máxima atual.

Obviamente, essa vazão máxima atual é maior que a vazão “natural” de referência, de forma proporcional ao grau de impermeabilização do solo, decorrente do processo de urbanização. Então, foram definidas quatro alternativas que contemplam a análise de diversas medidas compensatória para fazer com que a vazão máxima gerada pela área de estudo para a situação atual de ocupação não seja maior que a citada vazão de referência. As alternativas de controle do escoamento superficial consideradas são detalhadas a continuação:

Alternativa I – Situação “atual” com trincheira de infiltração: considera a situação atual de ocupação da bacia e adota o uso de uma única trincheira de infiltração para controlar o escoamento superficial de toda a área de modo que a vazão máxima não seja superior à vazão de referência.

Alternativa II – Situação “atual” com reservatório de detenção: considera a situação atual de ocupação da bacia e adota o uso de um único reservatório de detenção para controlar o escoamento superficial de toda a área de modo que a vazão máxima não seja superior à vazão de referência.

Alternativa III – Situação “atual” com poço de infiltração no lote: considera a situação atual de ocupação da bacia e adota controle distribuído, isto é, o uso de uma trincheira ou poço de infiltração em cada lote para controlar o escoamento superficial de forma individualizada, de modo que a vazão máxima não seja superior à vazão de referência.

Alternativa IV – Situação “atual” com micro reservatório no lote: considera a situação atual de ocupação da bacia e adota controle distribuído, isto é, o uso de um micro-reservatório em cada lote para controlar o escoamento superficial de forma individualizada, de modo que a vazão máxima não seja superior à vazão de referência.

Na tabela 15 são apresentadas as vazões máximas atual e de referência para cada um dos lotes e para a área toda, assim como as dimensões das estruturas de controle para as quatro alternativas estudadas. Os hidrogramas correspondentes são apresentados no anexo III.

Tabela 15. Resultados da análise da micro-drenagem.

Área de drenagem	Vazão Máxima (l/s)		Alt. I			Alt. II				Alt. III			Alt. IV			
			Dimensões trincheira			Dimensões reservatório				Dimensões trincheira			Dimensões reservatório			
	Referên.	Atual	<i>L</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>A</i>	<i>H</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>L</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>A</i>	<i>H</i>	<i>N</i>	<i>D</i>
Lote A	0,64	3,46	--	--	--	--	--	--	--	1,0	4,6	1,5	9,0	0,8	1	0,013
Lote B	0,94	3,08	--	--	--	--	--	--	--	1,0	3,9	1,5	8,0	0,8	1	0,013
Lote C	0,63	2,22	--	--	--	--	--	--	--	1,0	2,8	1,5	5,5	0,8	1	0,013
Lote D	0,63	3,52	--	--	--	--	--	--	--	1,0	4,7	1,5	10,3	0,8	1	0,013
Lote E	0,63	3,10	--	--	--	--	--	--	--	1,0	4,1	1,5	8,5	0,8	1	0,013
Lote F	0,43	2,16	--	--	--	--	--	--	--	1,0	2,8	1,5	6,0	0,8	1	0,013
Lote G	0,30	1,38	--	--	--	--	--	--	--	1,0	1,7	1,5	3,5	0,8	1	0,013
Total	5,20	30,35	1,0	49,0	1,5	40,0	1,5	1	0,05	--	--	--	--	--	--	--

L: largura (m)

C: comprimento (m)

P: Profundidade (m)

A: área em planta (m²)

H: altura do by-passe (m)

N: quantidade de descarregadores de fundo

D: diâmetros dos descarregadores de fundo (m)

No dimensionamento das trincheiras de infiltração, a condutividade hidráulica saturada foi adotada como igual a 54 mm/h, com base nos dados apresentados por Hamada e Cavaguti (s/d).

É importante notar que dividindo a vazão máxima de referência (condição de pre-urbanização) pela área de drenagem obtém-se uma vazão específica máxima de aproximadamente 14,0 l/(s.ha). Assim, as dimensões das estruturas de controle adotadas e apresentadas na tabelas 15 são aquelas necessárias para que a vazão máxima na situação atual de ocupação da bacia não supere esse valor. Os hidrogramas obtidos para todas as alternativas estão no anexo IV.

Apenas a título de conhecimento, a prefeitura de Porto Alegre-RS que adotou o uso de micro-reservatórios estimou a vazão máxima de referência em 20,0 l/(s.ha), enquanto para a cidade de Santo André-SP essa vazão é de 34,0 l/(s.ha). É claro que essa vazão de referência é influenciada pelo tipo de solo, declividade do terreno, tipo de cobertura, características do regime pluviométrico, entre outros fatores, de modo que não é possível definir um valor único para todo o país. Esta citação visa apenas mostrar que já há locais que adotaram a vazão de pre-urbanização como valor de referência.

Entretanto, é possível estabelecer outros valores de referência menos rigorosos, e que consequentemente representarão obras com custos menores. Neste sentido, uma alternativa seria estimar a capacidade máxima da atual rede de micro-drenagem e adotar esse valor como referência.

3.1. Conclusões

As simulações realizadas na área teste mostram que é possível o controle do escoamento tanto à nível de lote como de um bairro ou micro área utilizando reservatórios de retenção e trincheiras de infiltração. Os hidrogramas obtidos (apresentados no anexo IV) mostram que além da redução na vazão de pico as duas estruturas testadas provocam um retardo do tempo ao pico, isto é, o tempo desde o início da chuva até a ocorrência da vazão máxima é aumentado o que favorece a adoção de medidas preventivas e/ou deslocamento da população das áreas afetadas.

No caso particular das trincheiras de infiltração apresentam uma vantagem adicional ao amortecimento da vazão de pico e redução da velocidade do escoamento que é a diminuição no volume do escoamento superficial em decorrência da infiltração da água no solo. Entretanto, o uso de trincheiras de infiltração em vias de trânsito intenso, pode vir a contribuir para a piora da qualidade da água subterrânea, uma vez que os óleos, graxas e outros tipos de produtos despejados pelos veículos serão carregados pelo escoamento para o interior do solo.

3.2. Exemplos de utilização de medidas compensatórias na micro-drenagem

Para ilustrar cada uma das quatro alternativas testadas, a seguir são apresentadas algumas fotografias uso dessas medidas compensatórias em várias localidades. A figura 20 e 21 mostram uma área residencial onde foi implementada uma trincheira de infiltração ao longo da rua, como a proposta da alternativa I deste estudo.

As figuras 22 e 23 mostram duas opções de reservatórios de retenção instaladas em área pública para controlar o escoamento numa pequena área ou bairro, como proposto na alternativa II deste estudo. No caso do reservatório ou bacia de retenção da figura 22, este tem uma única finalidade, mas no caso da bacia de retenção da figura 23, trata-se de uma obra de controle de cheias integrada à paisagem urbana e que possibilita seu uso para outras finalidades nos períodos sem chuvas.

As figuras 24 e 25 ilustram o uso de trincheiras de infiltração em lotes residenciais (como a proposta da alternativa III deste estudo), enquanto a figura 26 mostra esquematicamente o uso de micro reservatórios de retenção em lotes residenciais (como proposto na alternativa IV deste estudo).



Figura 20. Trincheira de infiltração ao longo da rua.



Figura 21. Trincheira de infiltração ao longo da rua.



Figura 22. Reservatório de detenção para atendimento de uma pequena área.



Figura 23a. Reservatório de detenção gramado numa pequena área, durante a seca.



Figura 23b. Reservatório de detenção gramado numa pequena área, durante a cheia.



Figura 24. Trincheira de infiltração num lote residencial.



Figura 25. Trincheira de infiltração num lote residencial.



Figura 26. Micro-reservatório num lote residencial.

As medidas compensatórias contempladas neste estudo não são as únicas, existem outras tais como os pavimentos porosos, planos de infiltração em praças ou ao longo das ruas (figura 27), pavimentação com blocos inter-travados (figura 28), etc.



Figura 27. Plano de infiltração constituído por uma faixa grama na Calçada.



Figura 28. Pavimentação com blocos vazados para favorecer a infiltração.

Para orientar o processo de decisão sobre a escolha de uma ou outra alternativa, na tabela 16 há um resumo com as principais técnicas compensatórias, com destaque para as características, função e efeito das mesmas sobre o escoamento superficial. Já na tabela 17 existem valores de referência quanto ao custo de construção e manutenção.

Tabela 16. Características das principais medidas compensatórias.

Tipo	Característica	Variantes	Função	Efeito
<i>Pavimento permeável</i>	Pavimento permeável com base porosa e reservatório	Concreto ou asfalto poroso, blocos vazados	Armazenamento temporário no solo e infiltração	Redução do escoamento superficial, amortecimento, melhoria da qualidade
<i>Trincheira de infiltração</i>	Reservatório linear escavado no solo, preenchido com material poroso	Com ou sem drenagem e infiltração no solo.	Armazenamento no solo e infiltração, drenagem eventual.	Redução de escoamento superficial, amortecimento e melhoria de qualidade
<i>Vala de infiltração</i>	Depressões lineares em terreno permeável.	Gramadas e proteção a erosão, com pedras ou seixos	Redução da velocidade e infiltração	Retardo do escoamento superficial, infiltração e melhoria da qualidade da água
<i>Planos de infiltração</i>	Faixas de terrenos com grama ou cascalho com capacidade de infiltrar	Com ou sem drenagem, gramadas ou com seixos,etc	Infiltração e armazenamento temporário	Infiltração, melhoria da qualidade da água e eventual amortecimento
<i>Detenção</i>	Reservatório que ocupa o espaço disponível no lote	Reservatório tradicional, volume disponível com limitação de drenagem	Retenção do volume temporário	Amortecimento do escoamento superficial

Fonte: Tucci (2003)

Tabela 17. Custos de implantação e manutenção das principais medidas compensatórias.

Estrutura	Custo de Implantação [R\$]		Custos de Operação e Manutenção [R\$/Ano]	
	Unidade	Ano: 2007	Unidade	Ano: 2007
Valas e valetas	metro	94,00	metro	19,90
Trincheiras	metro	94,73	metro	30,69
Micro reservatórios	m ³	207,15	metro	23,60
Poços	m ³	225,9	metro	9,7
Pavimentos de concreto permeável	m ²	47,01	m ²	2,76
Pavimentos de asfalto permeável	m ²	34,47	m ²	1,41
Pavimentos de blocos vazados	m ²	62,41	m ²	3,76
Pavimentos intertravados	m ²	20,90	m ²	8,03
Pavimentos de alvenaria poliédrica	m ²	20,65	m ²	5,14
Bacias de detenção gramadas	m ³	51,46	ha + m ³	312,44 + 20,66
Bacias de detenção em concreto	m ³	63,52	ha + m ³	312,44 + 19,88
Bacias de detenção enterradas	m ³	212,94	ha + m ³	294,84 + 34,41
Bacias de infiltração	m ³	40,94	m ³	20,44

Fonte: RECESA (2007)

4. REFERÊNCIAS

- BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. (Ed.) (1993). Hidrologia Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Editora da UFRGS, cap. 5. p.177-241.
- CAMPANA, N.A. (2001). Monitoramento e controle de cheias em ambientes urbanos. Relatório Bolsa PQ-CNPq, Processo 520180/1997-06. 92 p.
- CETESB (1979). Drenagem Urbana: Manual de projeto. São Paulo. CETESB. 476p.
- CHOW, V.T., MAIDMENT D.R. E MAYS, L.W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company, New Jersey, USA.
- CRUZ, M.A.S.,TUCCI, C.E.M. E SILVEIRA, A.L.L. (2000). “Controle do Escoamento em Lotes Urbanos com Detenção”.In: Tucci, C.E.M, Marques, D.M.L.M. *Avaliação e Controle da Drenagem Urbana*. ABRH, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- DAMÉ, R. C. F. (2001). Desagregação de Precipitação Diária para Estimativa de Curvas Intensidade-Duração-Frequência. Porto Alegre. 131f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- DAMÉ, R.C.F.; VIEGAS FILHO, J.S.; GODINHO, G.S. et al. (2003). Desagregação de precipitação diária mediante o uso da modelagem de precipitação e método das relações para estimar as curvas IDF. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31. Goiânia **Anais**.Goiânia: SBEA, 2003. (CD ROM).
- FRAGOSO, C.R. (2004). Regionalização da Vazão Máxima Instantânea com base na Precipitação de Projeto. ReRH – Revista Eletrônica de Recursos Hídricos Volume 1 n.1 Jul/Dez 2004, 5-13. Porto Alegre-RS
- HAMADA, J; CAVAGUTI, N. (s/d). Estudo na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado: efeitos da expansão territorial urbana. Vol. I. CETEC, São Paulo. 36p.
- OLIVEIRA, C., PORTO, R., ZAHED, K., ROBERTO, A. (1999). ABC 6 - Um Sistema de Suporte a Decisões para Análise de Cheias em Bacias Complexas. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Belo Horizonte-MG.
- PONCE, V. M. (1989). *Engineering hydrology: principles and practices*, Upper Saddle River: Prentice Hall.
- ROBERTO, A. N., Porto R. L. e Zahed Filho (1997). Sistema de Suporte a Decisões para Análise de Cheias em Bacias Complexas" Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, Vitória, ES, 1997, com Alexandre N. Roberto e Kamel Zahed Filho
- SOIL Conservation Service (1971). SCS National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology, Department of Agriculture, U.S. Printing Office, Washington, D.C.
- TUCCI, C.E.M. (1993). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Editora UFRGS/ABRH. Porto Alegre, RS. 381p.
- TUCCI, C.E.M. (1997). “Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH* , vol. 2 n.2 jul/dez, 5-12.
- TUCCI, C.E.M. (1997b). “Fundamentos de Escoamento Não-Permanente”. In: Tucci, C.E.M. *Hidrologia Ciência e Aplicação*. ABRH, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- URBONAS, B. E STAHR, P. (1993). *Stormwater Best Management Practices and Detention for Water Quality, Drainage, and CSO Management*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- WANIELISTA, M., and Yousef, Y. (1993). *Stormwater Management* John Wiley and Sons, New York.

DIRETRIZES GERAIS PARA O SERVIÇO DE DRENAGEM URBANA

Como as intervenções realizadas, neste segmento, durante anos, tem sido feitas de forma isoladas e sem nenhum tipo de planejamento, o que vem agravando o quadro, as ações sugeridas apontam para a necessidade imediata de elaboração por equipe técnica capacitada de um plano de macro drenagem para a zona urbana do município. São sugeridas também ações que levem à disseminação entre a população da necessidade de ações isoladas ou individuais de como aproveitar as águas de chuva. Passa ainda, em um segundo plano, a idéia de que o DAEP deva coordenar as ações deste setor dentro do entendimento que o escoamento das águas pluviais da zona urbana faz parte de uma política pública que visa o saneamento ambiental.

Com base nas propostas apresentadas no 7º Fórum, as diretrizes gerais apontadas para o serviço de drenagem urbana são:

- Elaborar, através de equipe técnica capacitada, diagnóstico e plano de ações visando a macro drenagem da zona urbana do município de forma a se formalizar uma política municipal para a drenagem urbana.
- A drenagem urbana, englobada como serviço de saneamento ambiental pela nova legislação regulatória, o município deverá observar o seguinte:
 - Ações educacionais e de sensibilização junto à comunidade sobre a importância da drenagem urbana para o saneamento ambiental;
 - Elaboração de plano técnico de drenagem urbana, observando:
 - Participação comunitária na sua construção e controle;
 - Criação de critérios de fiscalização, sustentabilidade financeira, instrumentos compensatórios e de incentivos para situações de ocupação do lote que beneficie a drenagem;
 - Apresentar soluções técnicas de dispositivos de retenção e absorção de águas pluviais, tanto em áreas públicas como nas privadas.
 - Ampla divulgação do plano junto à população, inclusive com realização de fóruns e audiências públicas;
 - Apresentação de possibilidades de financiamento para o serviço;
 - Definição de quem será o gestor do serviço de saneamento no município.

DIAGNÓSTICO PARA O SETOR DE CONTROLE DE VETORES

O debate ocorrido no 7º Fórum, neste setor, teve como pano de fundo das ações apresentadas, a necessidade de definição mais clara de quem é a responsabilidade de gestão

das questões ligadas ao saneamento do espaço urbano, quanto a limpeza, erradicação e controle dos vetores de doenças como dengue e leishmaniose.

A falta de gestão eficaz quanto ao cumprimento de disposições legais de posturas municipais, em especial aquelas ligadas à limpeza de terrenos e imóveis, particulares e públicos, durante anos seguidos levaram à situação da proliferação descontrolada de certos vetores, transformando em caso de saúde pública. A partir daí pairou a dúvida de quem seria o responsável pelos maus resultados – a Saúde, a fiscalização de posturas, ou o DAEP, pelo serviço de limpeza urbana e coleta de lixo? Voltamos à necessidade de se ter maior clareza do conceito de saneamento ambiental e da necessidade, ou não, de que suas ações se dêem sob a coordenação de um mesmo setor administrativo, ou gestor.

DIRETRIZES GERAIS PARA O SETOR CONTROLE DE VETORES

- Elaboração de plano, integrado na administração municipal, de combate e controle de vetores, com objetivo de maior eficácia dessa política.

DIAGNÓSTICO PARA O SETOR DE MEIO AMBIENTE E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

As ações de educação ambiental, voltadas principalmente para a educação sanitária, são desenvolvidas na sua grande maioria pelo CEA – Centro de Educação Ambiental, órgão do DAEP.

Os trabalhos têm sido direcionados preferencialmente aos estudantes das redes públicas, tanto de Penápolis, como de outros municípios da micro-região.

No setor de meio ambiente o grande parceiro do DAEP, tem sido o Consórcio Intermunicipal Ribeirão Lajeado que desenvolve ações de recuperação e reflorestamento de matas ciliares, prioritariamente na bacia do ribeirão Lajeado, a montante da captação.

Os dados relativos à esses dois órgãos são:

Demonstrativo de ações desenvolvidas pelo Consórcio Interm. Ribeirão Lajeado			
ATIVIDADES DESENVOLVIDAS			
ANO	PROPRIEDADES ATENDIDAS	Nº DE MUDAS PLANTADAS RECOMPOSIÇÃO DA MATA CILIAR (EM UNIDADES)	HORAS MÁQUINAS MANEJO DE SOLO (EM HORAS-MÁQUINAS)
1992		1.365	0,00
1993	18	125	2.000,00
1994	27	2.642	1.200,00
1995		9.865	
1996		6.464	1.100,00
1997	35	23.633	3.235,20
1998	14	81.809	3.011,00
1999	18	61.000	391,00

2000	11	0	2.549,50
2001	24	7.092	2.206,00
2002	21	10.087	1.553,00
2003	27	8.400	1.803,00
2004	36	10.000	1.465,00
2005	35	8.150	878,00
TOTAL	266	230.632	21.391,70

* Obs: em 1995 e 1996 não foi quantificado o número de propriedades atendidas, somente em quantidade de horas-máquinas e mudas plantadas.

Previsão de intervenções necessárias para recuperação e preservação da área a montante da bacia do Ribeirão Lajeado		
Atividade	Quantidade	Unidade
Plantio de mudas nativas para recuperação da mata ciliar e revitalizaçã de nascentes	141.400	mudas
Manejo conservacionista do solo	1.200	horas-máquinas/ano

Centro de Educação Ambiental do DAEP

O QUE É: é uma área do DAEP que realiza diversas atividades voltadas para a conscientização e sensibilização para a preservação do meio ambiente, uso racional dos recursos hídricos e preservação do Ribeirão Lajeado.

PRINCIPAIS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS:

- Monitoramentos com alunos da rede escolar nos sistemas de saneamento, resíduos sólidos e manejo de solo
- Capacitação de professores da rede escolar
- Coletivos educadores - formação de educadores ambientais
- Agenda Ambiental da Administração Pública (A3P) - programa voltado aos funcionários do DAEP
- Eventos comemorativos relacionados ao meio ambiente

DIRETRIZES GERAIS PARA O SETOR DE MEIO AMBIENTE E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

As ações apontadas caracterizam uma preocupação em disseminar atividades de educação ambiental de forma a construir lideranças e debates descentralizados dentro do território do município, além de, adequar a estrutura administrativa municipal de forma a que o município tenha maior independência e autonomia tanto no licenciamento ambiental, como controle e fiscalização das ações ligadas ao meio ambiente.

Com base nas propostas aprovadas no 7º Fórum as diretrizes gerais propostas para o setor são:

- Incrementar as ações de educação ambiental de forma a alcançar o maior número de pessoas e de forma descentralizada no território, permitindo assim uma maior pulverização dos debates ambientais;
- Incrementar a estrutura técnica e administrativa da Administração Municipal, em especial a Secretaria Municipal de Agricultura, abastecimento e meio ambiente, de forma a ter melhores condições e maior autonomia na gestão da política de meio ambiente municipal;
- Criar Conselho Consultivo, com representação de todos os segmentos educacionais do município, junto ao CEA, com objetivo de elaborar plano de ação e metas para a política municipal de educação ambiental;
- Que os córregos da Maria Chica e do Santa Leonor voltem a ser considerados pela comunidade e pela Administração Pública, como " rios" e não somente como canais de drenagem de águas de chuva;
- Desenvolver programas e projetos de recuperação dos demais rios e córregos do município nos moldes daqueles desenvolvidos para o córrego do Lajeado;
- Desenvolver programa de arborização urbana para toda a cidade e em especial para o centro comercial.

DIAGNÓSTICO PARA O SETOR DE PLANEJAMENTO E GESTÃO

Os dados referem-se ao ano de 2006, quando deram início os trabalhos de construção do Plano de Saneamento Ambiental.

Dados gerais - planejamento, gestão e controle social do sistema

Composição do quadro funcional do DAEP			
DAEP		Consórcio Intermunicipal Ribeirão Lajeado	
Serviço de água e esgoto	124	Aux. Serviços Gerais	7
Limpeza Urbana	73	Operadores de Máquina	2
Coleta de lixo	49	Administração e coordenação	2
Serviços gerais	19		
(zeladoria, portaria, jardim)			
Mecânicos	8		
Serviços administrativos	52		
TOTAL	325	TOTAL	11

Conselho Deliberativo do DAEP - composição						
3	representantes da sociedade civil eleitos no Fórum de Saneamento e Meio Ambiente					
1	representante das entidades assistenciais					

1	representante da indústria e comércio do município (ACIRP)
1	representante do poder executivo municipal
1	representante da Secretaria Munic. de Agricultura Abastec. e Meio Ambiente
1	representante da Secretaria Munic. de Saúde
1	representante da área operacional do DAEP
1	representante da área administrativa do DAEP
10	TOTAL

FÓRUM DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE

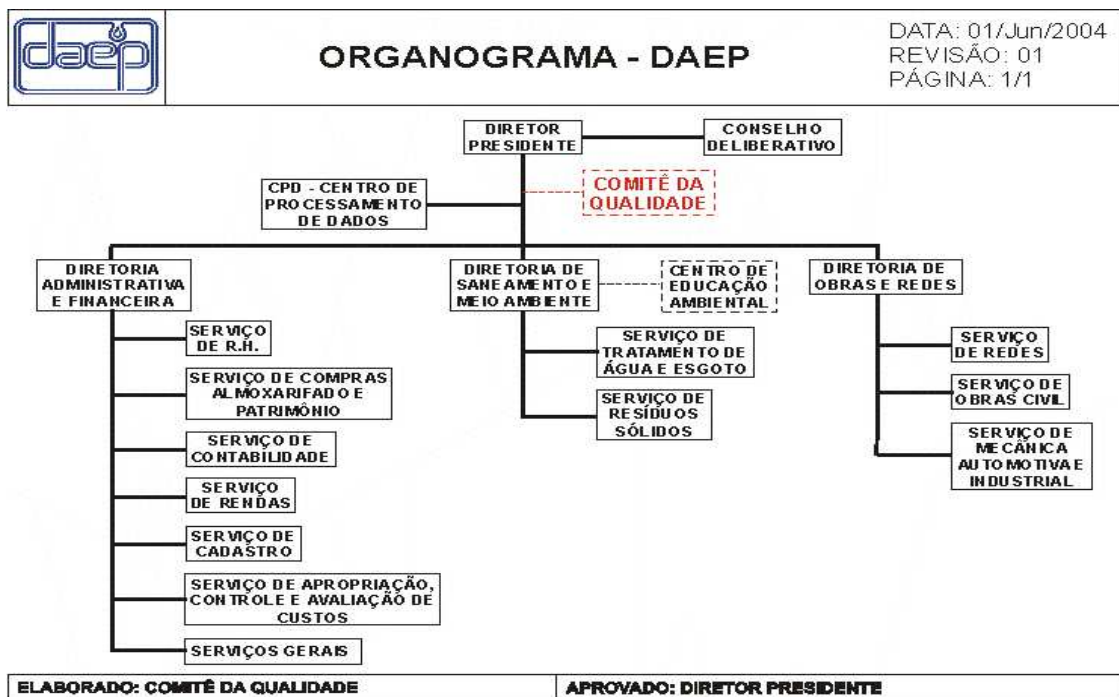
Objetivo: efetivar a participação popular na definição das políticas públicas e no planejamento de ações para a área de saneamento ambiental do município.

- Eleger representantes da sociedade civil para compor o Conselho Deliberativo do DAEP através de eleição no próprio

Periodicidade: bianual

Início: em 1.994

Resultados: aumento quantitativo e qualitativamente, ao longo dos 10 anos de existência, da participação da população na formulação de planos de ações a serem implementados para melhoria do saneamento ambiental do município; propostas oriundas de sugestões da população implantadas com êxito pelo DAEP; aumento do conhecimento geral da comunidade das atividades desenvolvidas pelo DAEP.

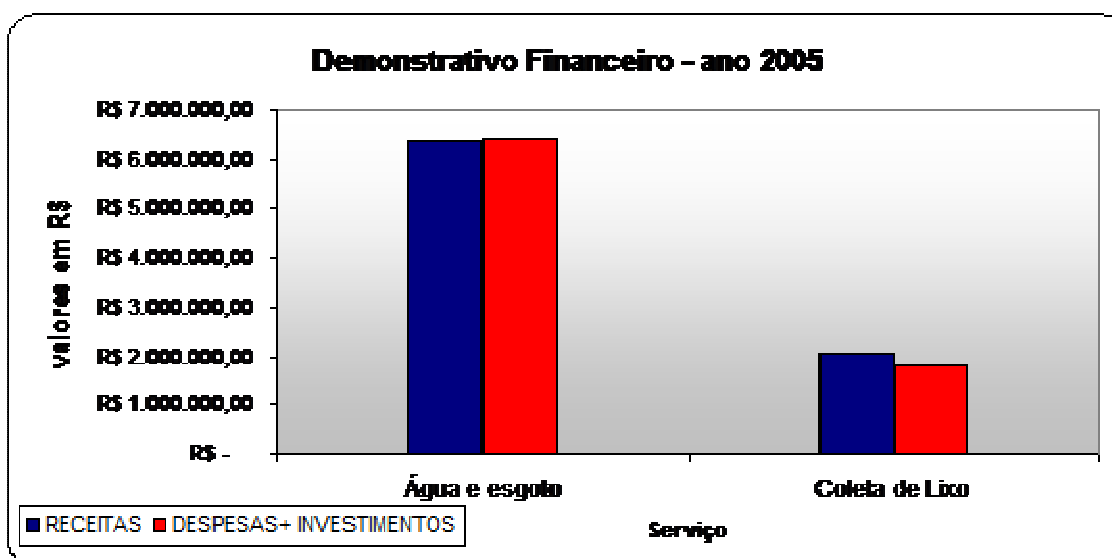


Demonstrativo de Receitas e Despesas do DAEP - ano 2005

SERVIÇO	RECEITAS	DESPESAS	INVESTIMENTOS	SALDO
Água e esgoto	R\$ 6.385.778,20	R\$ 6.205.972,61	R\$ 207.495,90	R\$ 27.690,31
Coleta de Lixo	R\$ 2.068.920,16	R\$ 1.788.055,37	R\$ 46.977,36	R\$ 233.887,43
TOTAL	R\$ 8.454.698,36	R\$ 7.994.027,98	R\$ 254.473,26	R\$ 206.197,12

Observações:

- 1- As despesas administrativas estão junto com as despesas de água e esgoto.
- 2- Os investimentos representaram 3,01% do total das receitas do DAEP.
- 3- Foram repassados pelo governo estadual os valores de R\$ 190.495,76, representando 2,25% do total de gastos com investimento, sendo que portanto, somente 0,76%, ou seja, R\$ 63.977,50 foram investidos com recursos próprios.



Resumidamente, segue abaixo em ordem cronológica as principais ações do DAEP na busca da melhoria de sua gestão:

PERÍODO	AÇÃO
A partir de 1.978	<ul style="list-style-type: none"> - Criação da autarquia municipal - Iniciou a instalação de hidrômetros nos imóveis - Iniciou a classificação dos imóveis em categorias: residencial, público, comercial e industrial e mista
A partir de 1.980	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação de redes de esgotos - Tratamento de 80% do esgoto doméstico através de Lagoas de Tratamento de Esgoto - Construção de reservatórios para atingir 16.250m³ de água reservada - Construção da sede administrativa própria, antes era em prédio alugado - Introdução do processo de fluoretação da água tratada - Contas de água informatizadas

A partir de 1.990	<ul style="list-style-type: none"> - Interligação do sistema informatizado em rede - Ampliação em 20% da capacidade de tratamento de esgoto com a construção do 2º Complexo de Lagoas de Tratamento de Esgoto, completando 100% de abrangência - Construção do laboratório físico-químico e bacteriológico na ETA
A partir de 1.991	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração da legislação de remuneração salarial com implantação do sistema de mérito com quinquênio e sexta-parte
A partir de 1.993	<ul style="list-style-type: none"> - Implantação do programa de controle de vetores e limpeza de caixa d'água - Assume o serviço de coleta de lixo, varrição de ruas, aterro sanitário, animais mortos. - Criação do Centro de Educação Ambiental - Parceria com o Consórcio Intermunicipal Ribeirão Lajeado para execução de trabalho de manejo de solo e recuperação da mata ciliar no Ribeirão Lajeado - Concessão de isenções para idosos, pensionistas e idosos com mais de 60 anos, entidades assistenciais e órgãos públicos municipais
A partir de 1.994	<ul style="list-style-type: none"> - Construção do aterro sanitário e incinerador de lixo infectante - Inicia-se a realização de Fóruns de Saneamento e Meio Ambiente - Implantação do sistema tarifário progressivo para consumo de água e esgoto - Aumenta o número de representantes da comunidade no Conselho Deliberativo - Participa da criação do Comitê de Bacias Hidrográfica do Baixo Tietê em parceria com o DAEE
A partir de 1.995	<ul style="list-style-type: none"> - Inicia a cobrança dos serviços de resíduos sólidos através do DAEP - Criação do espaço cultural de preservação da memória histórica do DAEP – antiga captação de água
A partir de 1.997	<ul style="list-style-type: none"> - Informatização do controle da frota de veículos - Implantação do programa de medicina e segurança do trabalho
A partir de 1.998	<ul style="list-style-type: none"> - Desativação do incinerador
A partir de 2.000	<ul style="list-style-type: none"> - Implantação do sistema de coleta seletiva em 100% da área urbana em parceria com a CORPE - Construção de nova sede para o CEA - Aquisição de área para entulhos
A partir de 2.003	<ul style="list-style-type: none"> - Informatização do controle de acesso nas dependências internas
A partir de 2.004	<ul style="list-style-type: none"> - Implantação do sistema de autoclavagem de lixo de resíduos de serviço de saúde - Barracão próprio de 1.500 m2 para CORPE através de convênio com FEHIDRO - Sistema telefônico digital - Certificação da norma NBR ISO 9001:2000 em todo processo de água, esgoto e resíduos sólidos - Implantação do sistema de pesagem de lixo - Medalha de Honra ao Mérito do Comitê de Bacias Hidrográficas do Baixo Tietê pelos serviços prestados no saneamento - Prêmio Flávio Terra Barth – melhoras práticas – Coleta Seletiva - Prêmio Ambiental CPFL – Gazeta Mercantil – 2º lugar Projeto Ambiental Especial - 1º lugar – Troféu Feilimp – Gestão Cidadã – Coleta Seletiva

A partir de 2005	<ul style="list-style-type: none"> -Parceria com o Ministério das Cidades para ser o guia de Saneamento a ser lançado no Brasil -Elaboração do Plano de Desenvolvimento Rural Sustentável - Ginástica laboral para os servidores - Laboratório de controle da qualidade de esgotos – Complexo de Lagoas de Tratamento de Esgotos - 1º lugar – Troféu Feilimp – Gestão Cidadã – Educação Ambiental
A partir de 2006	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecimento nacional como modelo de gestão – Prêmio Nacional da Gestão Pública – Ministério do Planejamento – faixa bronze –categoria especial de saneamento - Prêmio Selo Cidade Cidadã – Câmara dos Deputados- pela prática da realização do Fórum de Saneamento e Meio Ambiente - Implantação do processo de compostagem de resíduos de podas e galhos para utilização como adubo orgânico – fase experimental - Implantação do projeto Coletivos Educadores – convênio com o Fundo Nacional do Meio Ambiente – Min. Meio Ambiente em 10 municípios da bacia hidrográfica do Baixo Tietê - Reforma dos decantadores da ETA
A partir de 2007	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecimento nacional como modelo de gestão – Prêmio Nacional da Qualidade em Saneamento – ABES – troféu Quíron – bronze - Aquisição de nova bancada de aferição de hidrômetros - Renovação da frota com a aquisição de novos caminhões e veículos de pequeno porte
A partir de 2008	<ul style="list-style-type: none"> - Implantação da coleta de óleo de cozinha em parceria com a CORPE

DIRETRIZES GERAIS PARA O SETOR DE PLANEJAMENTO E GESTÃO

A análise das propostas colocadas no 7º Fórum aponta para a necessidade de repensar a estrutura do DAEP de forma que a mesma seja representativa das reais atribuições e das ações que o Departamento desenvolve hoje e que poderá vir a desenvolver, de forma a estruturá-lo e capacitá-lo a enfrentar os novos desafios que se colocam para os próximos vinte anos. Como pano de fundo novamente a necessidade de maior debate – internamente e com a comunidade – para esclarecer o conceito de saneamento ambiental e de fazer a gestão desta política pública.

Mesmo dentro do serviço mais antigo (água e esgoto), o DAEP tem necessidade de rever seus instrumentos de gestão e principalmente de rever as atribuições que cabem aos setor privado e usuários, dentro do sistema, de forma que a qualidade do serviço não seja prejudicada.

As propostas sugeridas levam em direção da constituição de um Fundo Municipal de Saneamento Ambiental, estruturado de forma a se garantir recursos para a manutenção dos diferentes serviços e principalmente da garantia de percentual para investimentos, em função da definição de quais seriam pelo Plano de Saneamento Ambiental. Necessidade de ampliar esse debate para que se tenha clareza de quais seriam as diferentes fontes de recursos que comporiam o Fundo; como seria o comprometimento de suas despesas – quanto para cada serviço. Caberia ainda na legislação que tratará do assunto, a estruturação de todo o sistema de arrecadação do Daep e sua relação com a manutenção dos serviços (vinculação total receita/despesa, ou vinculação parcial) de forma a não ter um caixa único com várias saídas,

sem controle. Importante destacar a condição de que tenha um controle social, na gestão desse Fundo, mais eficaz e melhor qualificado tecnicamente para tanto.

A população quer uma maior efetividade na participação social na gestão da política de saneamento ambiental do Município. As iniciativas vão desde a revisão da composição do Conselho Deliberativo do Daep, até aos procedimentos de eleição dos mesmos. Sugerem a necessidade de criação de um Conselho Municipal de Saneamento Ambiental, como instrumento auxiliar na definição dessa política pública e de procedimentos que visem a melhorar o funcionamento dos Fóruns de saneamento.

As propostas apontam pela necessidade de integração de políticas públicas que tenham correlação ou complementaridade na garantia da salubridade ambiental.

Com base nesta análise, resultante das propostas colocadas no 7º Fórum, as diretrizes gerais para as ações de planejamento, gestão e controle social são:

- I. Adequar a estrutura administrativa do DAEP de forma a que se contemple todas as suas atuais atribuições, com capacidade técnica e de gestão com qualidade e eficácia.
- II. Elaboração de instrumento legal que reveja o disciplinamento da instalação, substituição e manutenção dos hidrometros. O DAEP deverá arcar com o programa de prevenção, incluindo a reposição de peças e a situação dos micromedidores com vida útil comprometida de forma a garantir maior eficácia do serviço, excetuando-se aqueles danificados pelo municípe.
- III. Implantação de programa de controle de perdas do sistema de água e eficiência energética.
- IV. Definir, através de legislação, a constituição de Fundo Municipal de Saneamento Ambiental de forma a garantir a aplicação de recursos para as ações de investimento necessárias e apontadas pelo Plano de Saneamento Ambiental.
- V. Garantir, através de dispositivo legal – Plano de Saneamento Ambiental – a implementação dos investimentos preconizados pelo Plano de Saneamento Ambiental, garantindo a aplicação de no mínimo 10% do total de investimentos, para cada período da administração municipal.
- VI. Garantir formas próprias de financiamento junto à comunidade para os investimentos necessários à efetivação do PMSA.
- VII. Na implementação do Plano Municipal de Saneamento Ambiental criar mecanismo que garantam a integração das diferentes políticas públicas (em especial saúde, educação e meio ambiente) com participação dos gestores e conselheiros municipais.
- VIII. Melhorar o sistema de divulgação das ações realizadas pelo DAEP, em especial aquelas originadas nos Fóruns de Saneamento.

O trabalho de Planejamento Estratégico realizado com os funcionários do DAEP resultou em várias diretrizes, no campo da gestão dos serviços, que são:

- Rever o regimento interno do DAEP.
- Elaborar regimento detalhado por setores do DAEP.
- Alterar a legislação existente no DAEP a fim de ampliar a prestação de serviços para região (análise de água, autoclave, gestão e outros).
- Elaborar legislação que regulamenta o recebimento de efluentes industriais no sistema de tratamento de esgoto, bem como autonomia de fiscalização dos mesmos.
- Elaborar programa específico, através do CEA, para conscientização ambiental das empresas e usineiros.

- Fazer gestão junto ao prefeito do município de Alto Alegre para que inclua no Plano Diretor do município, a nascente do Ribeirão Lajeado como zona de proteção ambiental.
- Elaborar estudos prévios quando o DAEP for agregar qualquer tipo de serviço a sua atividade principal.
- Inserir na legislação de criação do DAEP que o seu sistema de gestão seja continuamente baseado em normas técnicas.
- Manter o sistema de gestão existente baseado em normas e modelos de excelência.
- Manter a capacidade de reservação de água potável, acompanhando o crescimento da cidade.
- Criar critérios, através de legislação específica, para uso em épocas de estiagem, desperdícios.
- Criar um programa de monitoramento contínuo da bacia do Ribeirão Lajeado da nascente a foz para evitar contaminação.
- Reformular o instrumento legal da parceria entre o CIRL e DAEP criando critérios para evitar o uso inadequado dos recursos humanos e equipamentos do CIRL.
- Aprimoramento do transporte da coleta de RSS dentro da norma vigente.
- Implantação de dispositivo para reuso de águas pluviais nos prédios do DAEP.
- Fortalecer o sistema de limpeza de caixas d'água e controle de vetores para atender a demanda do crescimento da população dentro do prazo de um ano.
- Implantar programa voltado para comunidade em geral para o uso racional da água.
- Aperfeiçoar os mecanismos de relacionamento do DAEP com o seu usuário com o objetivo de maior participação da população no sistema de gestão do DAEP. Exemplo: orçamento participativo e ouvidoria.
- Criar legislação que conceda atendimento com caçambas às famílias necessitadas mediante laudo da assistente social.
- Prefeitura elaborar um programa para redução de consumo de água em prédios municipais com objetivo da redução da renúncia de receita do DAEP.
- Ampliar parcerias com empresários e comércio em relação a CORPE e Consórcio Intermunicipal do Ribeirão Lajeado.
- Investir na capacitação dos cooperados para uso de novas tecnologias e agregação de valores aos produtos.
- Criar legislação específica municipal que disciplina os recursos hídricos.
- Que o DAEP viabilize novas formas para que o usuário pague suas contas (por exemplo, via internet).

* * *