

## IV-1219 - ANÁLISE DE SOLUÇÕES PARA REDUÇÃO DE CARGAS POLUIDORAS PONTUAIS E DIFUSAS NO RIO TIETÊ EM MOGI DAS CRUZES/SP

### **Andréia Pedrosa<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental e Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (UFPR). Coordenadora na Divisão de Recursos Hídricos da ENGECORPS ENGENHARIA S.A.

### **Marcos Oliveira Godoi<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil e Mestre em Hidráulica e Saneamento (EESC USP). Diretoria de Operações da ENGECORPS ENGENHARIA S.A.

### **Maria Bernardete Sousa Sender<sup>(3)</sup>**

Engenheira Civil e Mestre em Hidráulica e Saneamento (EESC USP). Diretoria de Águas e Desenvolvimento Sustentável da ENGECORPS ENGENHARIA S.A.

### **Juliana Alencar<sup>(4)</sup>**

Engenheira Ambiental (UL) e Bióloga (IB-USP). Doutorado e Mestrado pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (PHA POLI USP). Especialização técnica em medidas compensatórias na LA Sanitation, Califórnia. Pós-doutorado pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (USP). Professora na FATEC-SP e no Programa de Educação Continuada da POLI USP.

### **Lupércio Zirolto Antonio<sup>(5)</sup>**

Engenheiro Civil. Diretor Regional do DAEE - Bacia do Baixo Tietê. Governador Honorário do Conselho Mundial da Água.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Alameda Tocantins, 125 - 12º andar - cj.1202. Alphaville – Barueri/SP - CEP: 06455-020. Tel: (11) 2135-5252 - E-mail: [andrea.pedrosa@engecorps.com.br](mailto:andrea.pedrosa@engecorps.com.br).

## **RESUMO**

A poluição dos cursos de água em áreas urbanas é uma das principais consequências negativas do processo de urbanização desordenada. A proposição de intervenções para o controle das cargas poluentes, tanto de origem pontual quanto difusa, depende fundamentalmente do conhecimento dos processos antrópicos que geram fatores de degradação da qualidade da água. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta inicialmente a análise dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto e a estimativa de produção de carga difusa correlacionada com o uso de solo, definindo o potencial poluidor de cada sub-bacia afluente ao rio Tietê na área urbanizada do município de Mogi das Cruzes-SP. Com a caracterização das fontes de poluição, as sub-bacias foram classificadas de forma a direcionar as técnicas e ações mais recomendadas para controle das cargas poluidoras, que perpassam por melhorias convencionais e não convencionais no sistema de esgoto sanitário, coleta e tratamento de águas pluviais, bem como aplicação de infraestruturas verdes. Assim, as soluções propostas partiram de um estudo detalhado das características das sub-bacias contribuintes para a poluição do rio Tietê, buscando atender efetivamente as particularidades em termos de controle de poluição pontual e difusa de cada sub-bacia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Poluição hídrica, Qualidade da água, Coleta de esgotos domésticos, Tratamento de águas pluviais.

## **INTRODUÇÃO**

O intenso crescimento populacional e a ocupação urbana sem planejamento geram diversos fatores que causam desequilíbrios ao meio ambiente. Uma das principais consequências desse processo é o aumento do aporte de cargas poluidoras em corpos de água da macrodrenagem municipal que cruzam o tecido urbano. Nessas áreas, a poluição hídrica é constituída pelas cargas pontuais, em que a origem, constituição e quantidade são conhecidas ou podem ser estimadas (PEREIRA et al., 2021), e pelas cargas difusas, geradas de forma distribuída ao longo da bacia contribuinte e que afluem aos corpos hídricos por ocasião das chuvas, estando diretamente relacionada com o tipo de uso e ocupação do solo (SILVA; PORTO, 2014).

Dentre as fontes pontuais de poluição hídrica em áreas urbanas, destaca-se o esgoto doméstico não coletado, que pode afluir aos corpos de água principalmente por meio do lançamento direto, em áreas não atendidas por

redes coletoras e em imóveis não ligados à rede, ou por meio das galerias de águas pluviais, comumente devido a ligações cruzadas de coletores de esgotos com galerias e ao lançamento direto do esgoto na rede de drenagem.

Já as fontes de poluição difusa em centros urbanos originam-se da deposição atmosférica e da poluição acumulada na superfície do solo, como lixo doméstico não coletado, resíduos de veículos, resíduos de materiais de construção, fezes de animais, folhas de árvores, galhos e sementes, entre outros (ALENCAR, 2014). Destaca-se que cerca de 35% da poluição hídrica é constituída por cargas difusas (SABESP, 2018), transportadas principalmente pelo sistema de drenagem pluvial, que conduz a carga de lavagem (DAEE, 2019).

No caso dos esgotos não coletados e tratados, as soluções perpassam pela consolidação do sistema de esgotamento sanitário, por meio de técnicas convencionais e não convencionais. As técnicas convencionais consistem, fundamentalmente, na complementação de redes coletoras de esgoto e na implantação de infraestruturas básicas como coletores-tronco e elevatórias. Por outro lado, áreas que não possuem aptidão ao esgotamento convencional, devido à inexistência de condições urbanísticas para a implantação das estruturas necessárias ou por estarem localizadas em áreas isoladas que dificultam a consolidação de infraestrutura básica, demandam ações não convencionais, como implantação de coletores no interior de galerias pluviais ou dos corpos hídricos. Nesse sentido, destaca-se o Programa Novo Rio Pinheiros, em execução pela SABESP desde 2019, em que foram implantadas mais de 1.700 km de rede coletora e 250 mil ligações de esgoto (SABESP, 2022), contemplando todos os locais possíveis através de técnicas convencionais e não convencionais. Onde não era viável realizar intervenções convencionais e não convencionais, ainda foi realizado o tratamento do lançamento irregular dos esgotos através das águas de drenagem ou dos corpos hídricos receptores mediante implantação de Unidades Recuperadoras da Qualidade da Água (URQs).

Quanto às cargas difusas, necessariamente devem ser realizadas medidas de controle que reduzam o aporte ao longo dos sistemas de micro e macrodrenagem, por meio de ações que vão desde a melhoria no serviço de limpeza pública até a implantação de técnicas de controle na fonte propagadas pela bacia, como os telhados verdes, faixas filtro grama, jardins verticais, reservatórios “piscininhas”, jardins de chuva, biovaletas, entre outros. No entanto, o tratamento e disposição final de águas pluviais urbanas, previsto na Lei Federal nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020), conhecida como Marco Legal do Saneamento Básico, encontra-se ainda bastante incipiente no Brasil.

À luz do acima exposto, depreende-se que a abordagem para os problemas relacionados ao esgotamento sanitário e à drenagem urbana é bastante complexa e inclui aspectos técnicos, sanitários, ecológicos, legais e econômicos, além de exigir uma conexão muito estreita com a concepção e gestão dos espaços urbanos. Portanto, não é possível reduzir as soluções a um sistema isolado de medidas de engenharia, devendo pautar-se também na gestão do meio urbano e em critérios que produzam o mínimo de intervenções sociais e que maximizem os benefícios ambientais, além do cumprimento de exigências legais.

Sob essa ótica, a empresa ENGECORPS ENGENHARIA S.A. vem desenvolvendo, para o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), um estudo para propor soluções para a redução da poluição no rio Tietê na área urbanizada de Mogi das Cruzes, no estado de São Paulo, onde se inicia de maneira mais expressiva a deterioração da qualidade das águas desse rio.

Nesse contexto, o presente trabalho faz um diagnóstico da situação atual do esgotamento sanitário e das cargas carregadas pelo sistema de drenagem urbana, e avalia soluções para redução das cargas poluidoras pontuais e difusas que afluem ao rio Tietê por meio de seus principais afluentes no trecho compreendido na área urbanizada de Mogi das Cruzes/SP.

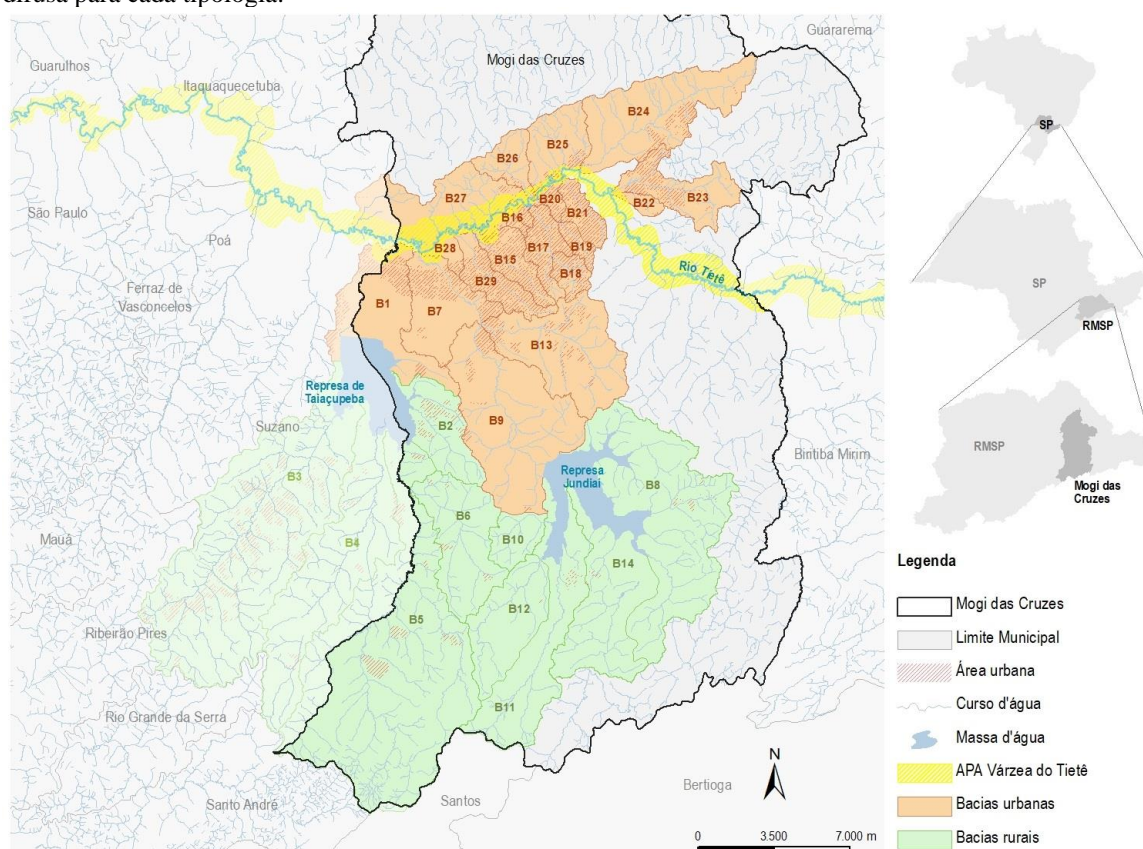
## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A fim de permitir a melhor caracterização das deficiências do sistema de esgotamento sanitário existente e lançamentos dos esgotos não coletados, foram definidas sub-bacias (Figura 1) a partir da hidrografia dos afluentes do rio Tietê, bem como dos padrões de uso e ocupação do solo. A identificação e quantificação das tipologias de uso do solo foi realizada por meio de imagens de satélite da região, de fontes gratuitas e

atualizadas. O mapeamento do uso e ocupação do solo também foi utilizado para a qualificação de áreas livres, com a intenção de identificar possíveis espaços disponíveis para implementação de estruturas localizadas.

Na sequência, foram analisados os sistemas de coleta e tratamento de esgoto no município de Mogi das Cruzes para identificação das fontes pontuais de poluição. Para essa análise foram utilizadas informações fornecidas pelo Serviço Municipal de Águas e Esgotos de Mogi das Cruzes (SEMAE) e pela Prefeitura Municipal de Mogi das Cruzes, em especial o cadastro do sistema de esgoto existente e o Plano Municipal de Saneamento Básico, além de inspeções *in loco*.

Para a estimativa da poluição difusa, foi utilizado o Método da Unidade de Carga, o qual, através da modelagem matemática, correlaciona o uso do solo existente na área de estudo com a produção de carga difusa para cada tipologia.



**Figura 1: Sub-bacias contribuintes de poluição hídrica ao rio Tietê**

Além disso, para subsidiar a proposição de soluções relacionadas à consolidação do sistema de esgoto, foi realizado o mapeamento da situação da malha hídrica do município, identificando-se os cursos de água abertos e os tamponados em galerias subterrâneas durante o processo de urbanização, para propiciar a análise dos trechos com rede existente passíveis de destinação de esgoto para tratamento via coletor-tronco, ou seja, utilizando a infraestrutura convencional, e dos trechos que necessitam de técnicas complementares, além da disponibilidade do sistema de macrodrenagem para tais técnicas.

Para as proposições de soluções para coleta e tratamento das águas de drenagem pluvial, foram calculadas nas sub-bacias as águas de primeira chuva, ou águas de lavagem, adotando-se os primeiros 5,0 mm de chuva precipitada nas áreas impermeáveis da bacia, que contém a maior parte da carga poluidora (DAEE, 2019). Adicionalmente, na ausência do cadastro de drenagem municipal, foram mapeadas as sub-bacias que possuíam condições de se aplicar a interceptação de lançamentos de água de drenagem na malha hídrica, correspondentes aos cursos de água canalizados. Complementarmente, foram coletadas informações junto à Prefeitura Municipal de Mogi das Cruzes acerca do planejamento de reservatórios de retenção de cheias no

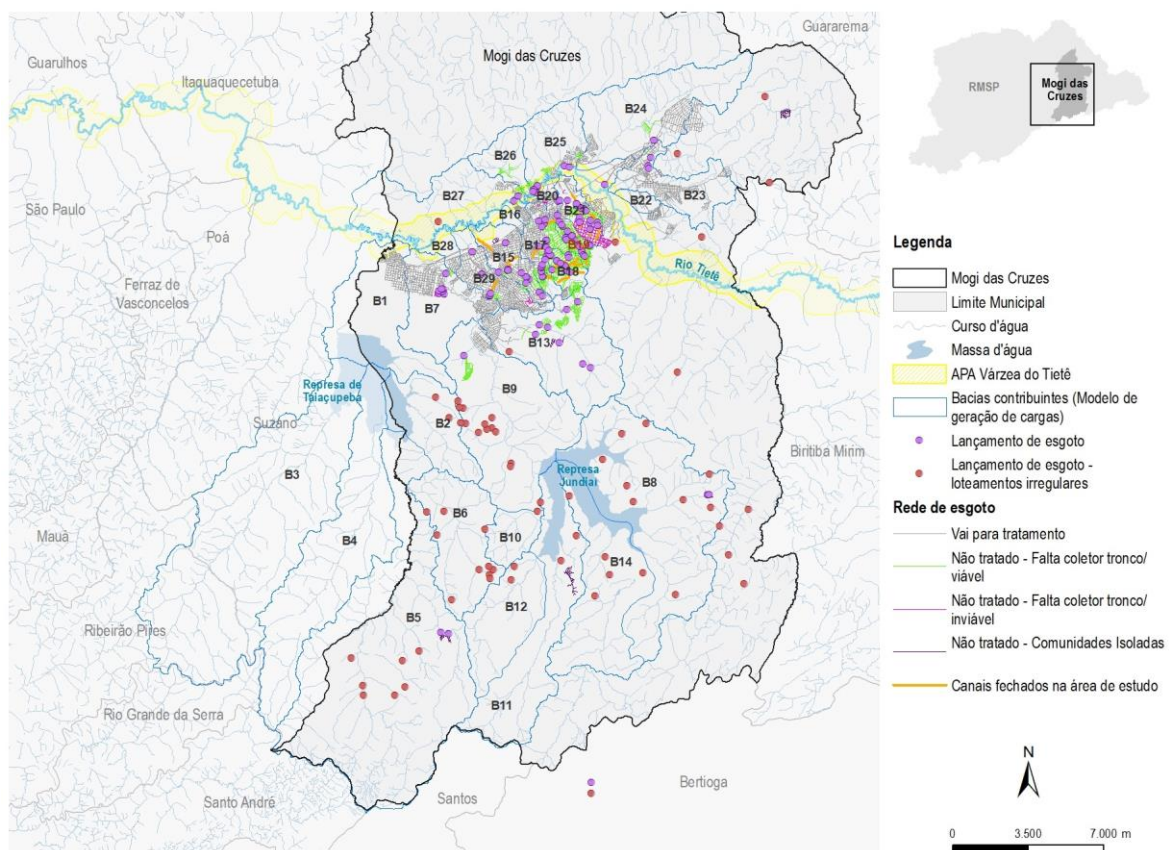


âmbito da macrodrenagem urbana, visando sua adaptação para captação das águas de primeira chuva, de modo a agregar valor a essas estruturas e possibilitar a otimização de investimentos.

Dessa maneira, a concepção das soluções propostas neste trabalho buscou corresponder às necessidades e aos desafios associados ao controle das cargas poluentes na área de estudo. Para tanto, foi selecionada uma série de técnicas utilizando-se como ponto de partida o Projeto Conceitual para Redução de Carga Poluidora no Rio Tietê na Área Urbanizada do Município de Mogi das Cruzes (DAEE, 2019), porém enriquecidas com base na experiência obtida em *cases* bem-sucedidos de recuperação da qualidade das águas de cursos de água em áreas urbanas, como o Programa Córrego Limpo (SABESP/Prefeitura Municipal de São Paulo), o Projeto Jaguaré (FCTH) e o Programa Novo Rio Pinheiros (SABESP/Governo do Estado de São Paulo), bem como iniciativas internacionais.

## RESULTADOS

A Figura 2 mostra os resultados da análise da situação atual do sistema de esgotamento sanitário em Mogi das Cruzes.



**Figura 2: Análise do sistema de esgotamento sanitário para a estimativa do lançamento de esgotos domésticos não coletados**

A partir dos resultados apresentados na Figura 2, foi possível constatar os seguintes aspectos principais:

- Redes que têm coletores e, ao final, interceptores que direcionam os esgotos coletados para o tratamento (linhas em cinza);
- Redes que, apesar de atualmente realizarem o lançamento dos esgotos coletados na malha hídrica da bacia contribuinte, possuem condições topográficas e urbanas – talvez livre de edificações e, portanto, apto à implantação de infraestrutura sanitária – para consolidação do sistema de coleta de esgotos, com a implantação de coletores tronco (linhas em verde);

- Redes que atualmente fazem lançamento na malha hídrica da bacia contribuinte e que não possuem aptidão para a implantação de infraestrutura sanitária, uma vez que possuem seus talvegues ocupados por edificações e com uso do solo consolidado (linhas em magenta);
- Redes que se caracterizam como sistemas isolados, e, portanto, possuem maior aptidão para técnicas de tratamento descentralizado (linhas em roxo);
- Lançamento das redes de esgoto na malha hídrica (pontos em roxo); e
- Presença de loteamentos irregulares que fazem lançamento de seus efluentes a céu aberto (pontos em vermelho).

Observa-se que a maior parte da área urbana do município de Mogi das Cruzes é atendida por redes com coletores e direcionamento dos esgotos para tratamento. Entretanto, a área de estudo possui também deficiências no seu sistema de coleta e encaminhamento para tratamento, situações essas em que os lançamentos de esgotos são realizados nos corpos hídricos ou no sistema de drenagem.

Nesse sentido, constatou-se incompletude do sistema em locais aptos a serem esgotados pela infraestrutura convencional (coletores-tronco, elevatórias etc.), com destaque para as sub-bacias do ribeirão Ipiranga (B17 e B18) e de seu afluente rio Negro (B19).

Por outro lado, existem áreas que não possuem aptidão ao esgotamento convencional, devido à inexistência de condições urbanísticas para a implantação das estruturas necessárias ou por estarem localizadas em áreas isoladas que dificultam a consolidação de infraestrutura convencional, em termos de custo, de operação e de manutenção, destacando-se o trecho de cabeceira do córrego Lavapés (sub-bacia B21) e uma pequena área de interesse social próxima à foz do rio Jundiáí (sub-bacia B7).

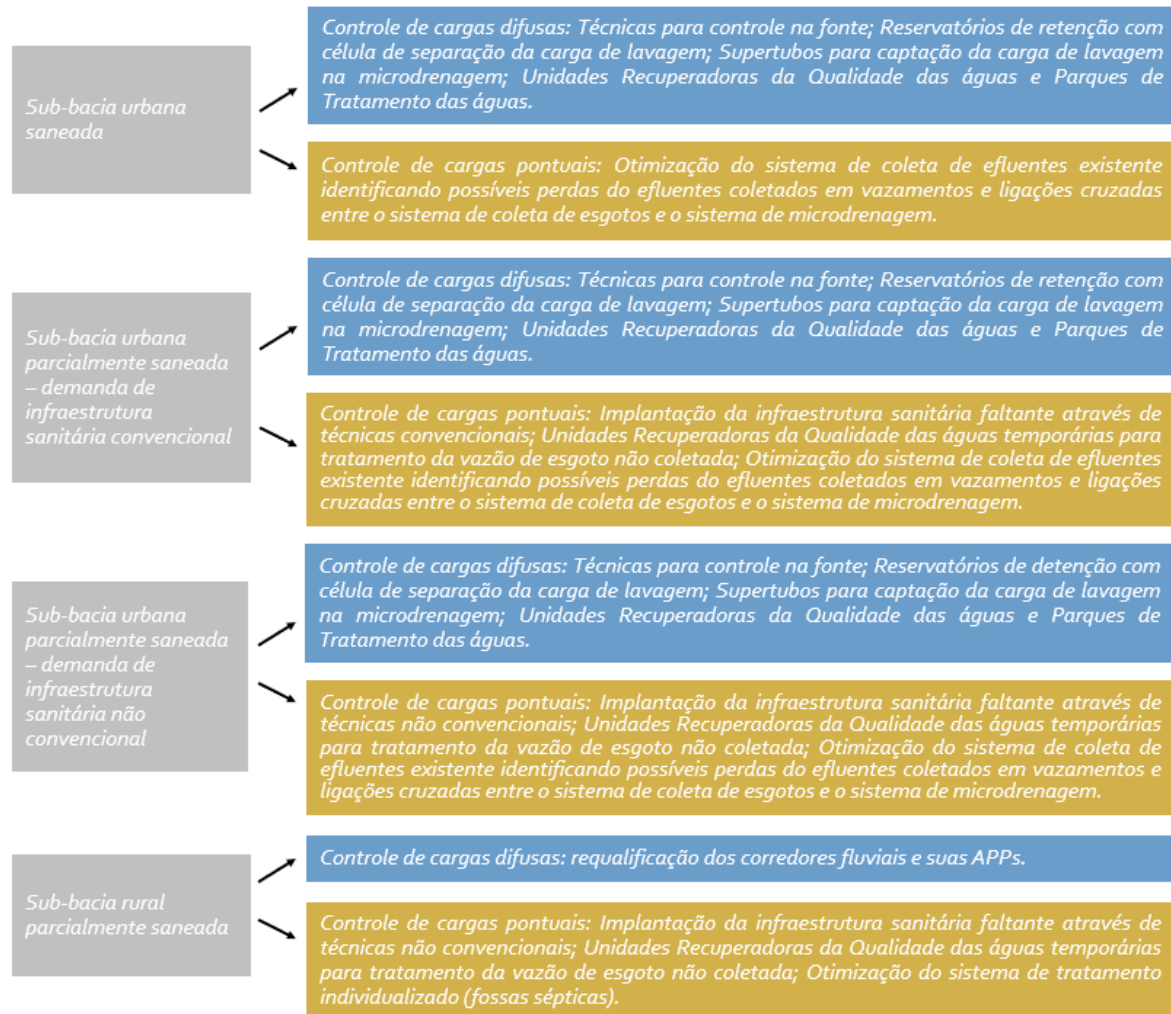
Os loteamentos nas áreas rurais não atendidos por sistemas de esgoto estão concentrados nas cabeceiras das sub-bacias dos rios Taiapuê (B2 e B6) e Jundiáí (B8 a B14).

A partir dessa análise, para conceber as ações e técnicas necessárias para o controle das cargas poluentes na área de estudo, realizou-se a classificação das sub-bacias presentes no município de Mogi das Cruzes em quatro tipologias descritas a seguir:

- Sub-bacia urbana saneada: Sub-bacias situadas em áreas urbanizadas com infraestrutura completa de saneamento, ou seja, redes primárias, secundárias, coletores-tronco e interceptores que conduzem os efluentes coletados ao tratamento;
- Sub-bacia urbana parcialmente saneada – demanda de infraestrutura convencional: Sub-bacias situadas em áreas urbanizadas com infraestrutura incompleta de saneamento, ou seja, que possui áreas com sistema completo, redes primárias, secundárias, coletores-tronco e interceptores que conduzem os efluentes coletados ao tratamento, mas também possui áreas que carecem de coletores-tronco e de ligações ao sistema de tratamento;
- Sub-bacia urbana parcialmente saneada – demanda de infraestrutura não convencional: similares à tipologia anterior, no entanto, apresentam complexidades na topografia e no tecido urbano que resultam na necessidade da adoção de técnicas não convencionais para complementação do sistema, como a implantação de redes coletoras dentro da macrodrenagem;
- Sub-bacia rural parcialmente saneada: Sub-bacias situadas no perímetro urbano, mas em áreas ruralizadas que não são atendidas pelo sistema de coleta e tratamento centralizado, apresentando atualmente uma parcela das unidades com fossas que operam de forma incipiente, demandando otimização do sistema através da regularização dos sistemas individuais e adoção de técnicas locais de tratamento de pequeno porte.

Por fim, foram identificadas as técnicas e ações possíveis para controle das cargas pontuais e difusas produzidas nas sub-bacias típicas existentes em Mogi das Cruzes, conforme mostrado na Figura 3. As soluções individualizadas propostas para serem adotadas nas sub-bacias são mostradas no Quadro 1.

Na sequência, apresenta-se as características das técnicas contempladas, bem como recomendações de medidas estruturais e não estruturais para consolidação da redução do potencial poluidor da área objeto deste trabalho.



**Figura 3: Técnicas e ações recomendadas para controle das cargas pontuais e difusas nas sub-bacias típicas do município de Mogi das Cruzes.**

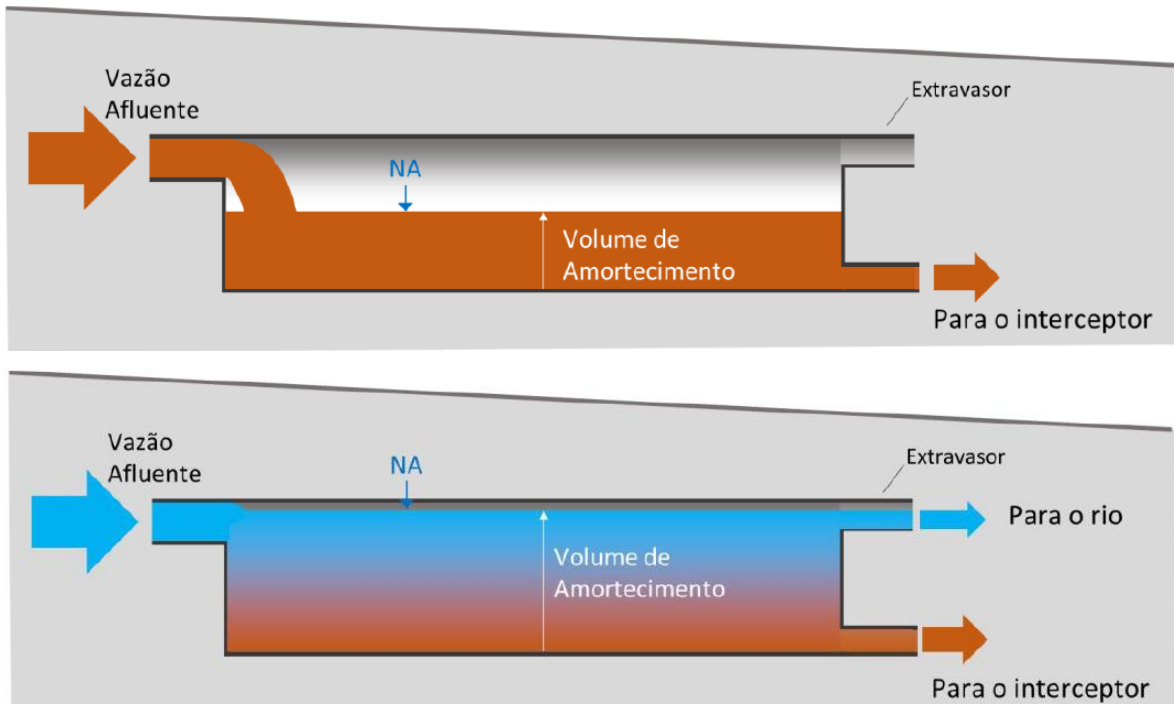
**Quadro 1: Técnicas propostas para controle das cargas poluentes nas sub-bacias do município de Mogi das Cruzes.**

Sub-bacia	Curso de água	Controle de cargas pontuais	Controle de cargas difusas
B1	Taiáçupeba	• Parque de tratamento das águas	• Técnicas de drenagem sustentável
B7	Jundiaí	• Complementação do sistema de coleta para interligação no coletor-tronco existente • Estação de tratamento de águas pluviais • Parque de tratamento das águas	• Técnicas de drenagem sustentável
B9	Jundiaí	• URQ permanente	• Técnicas de drenagem sustentável
B13	Oropó	• URQ temporária	• Técnicas de drenagem sustentável
B15	Gregório	• Complementação do sistema de coleta com implantação de 350 m de coletor-tronco • URQ permanente • Parque de tratamento das águas	• Supertubos • Técnicas de drenagem sustentável
B16	Eróles	• Parque de tratamento das águas	• Técnicas de drenagem sustentável

Sub-bacia	Curso de água	Controle de cargas pontuais	Controle de cargas difusas
B17	Ipiranga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complementação do sistema de coleta com implantação de 2.000 m de coletor-tronco</li> <li>• URQ temporária</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reservatório de primeira chuva</li> <li>• Técnicas de drenagem sustentável</li> </ul>
B18	Ipiranga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complementação do sistema de coleta com implantação de 7.000 m de coletor-tronco</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnicas de drenagem sustentável</li> </ul>
B19	Negro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complementação do sistema de coleta com implantação de 3.500 m de coletor-tronco</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reservatório de primeira chuva</li> <li>• Técnicas de drenagem sustentável</li> </ul>
B20	Margem esquerda rio Tietê	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complementação do sistema de coleta com implantação de 2.500 m de coletor-tronco</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reservatório de primeira chuva</li> <li>• Técnicas de drenagem sustentável</li> </ul>
B21	Lavapés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalação de coletor-tronco dentro das galerias dos cursos d'água tamponados</li> <li>• URQ permanente</li> <li>• Parque de tratamento das águas</li> </ul>	
B22	Margem direita rio Tietê	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complementação do sistema de coleta para interligação no coletor-tronco existente</li> <li>• Parque de tratamento das águas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supertubos</li> <li>• Técnicas de drenagem sustentável</li> </ul>
B23	Corvos		
B24	Botujuru	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complementação do sistema de coleta para interligação no coletor-tronco existente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnicas de drenagem sustentável</li> </ul>
B25	Margem direita rio Tietê	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complementação do sistema de coleta para interligação no coletor-tronco existente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnicas de drenagem sustentável</li> </ul>
B26	Bento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complementação do sistema de coleta com implantação de 2.000 m de coletor-tronco</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnicas de drenagem sustentável</li> </ul>
B28	Margem esquerda rio Tietê	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complementação do sistema de coleta com implantação de 300 m de coletor-tronco</li> <li>• Parque de tratamento das águas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supertubos</li> <li>• Técnicas de drenagem sustentável</li> </ul>
B29	Canudos		
B2 a B6	Taiáçupeba		
B8, B10 a B12, B14	Jundiá	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação de fossas sépticas em áreas rurais e de interesse social</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalação de técnicas de infraestrutura verde em pontos críticos ao longo das APPs dos cursos hídricos</li> </ul>
B27	Margem direita rio Tietê		

Para o controle de cargas difusas, foram propostos reservatórios lineares, chamados também de supertubos, que são reservatórios dispostos linearmente ao longo de cursos de água, com a finalidade de promover a separação da água de primeira chuva, a qual concentra a maior parte dos poluentes de origem difusa. Os supertubos têm grande aplicação para áreas urbanas que possuem poucas áreas livres para reservatórios localizados convencionais. A estrutura é dimensionada para receber a água de primeira chuva, possuindo um orifício de restrição na sua porção inferior que direciona essa carga para o tratamento, e a vazão excedente, que tem menor carga poluidora associada, pode ser extravasada para a macrodrenagem (Figura 4). Foram previstos supertubos nas sub-bacias do ribeirão Canudos (B29) e dos córregos Gregório (B15) e Corvos (B23).





Fonte: Adaptado de DAEE, 2019.

**Figura 4: Funcionamento básico de um supertubo**

Alternativamente, visando aproveitar ações já em andamento e a otimização dos investimentos na etapa de obras, em locais onde já existem implantados ou projetados reservatórios de detenção de cheias é oportuno prever a adaptação desses contemplando células de separação da carga de lavagem com o objetivo de separar o volume da primeira chuva na bacia. As águas armazenadas na célula específica para tal finalidade podem ser destinadas ao tratamento por meio de seu envio ao sistema de esgotamento sanitário existente ou através da adoção de estações de tratamento de águas pluviais locais. Em Mogi das Cruzes, foi identificada a previsão de implantação de reservatórios de detenção nas sub-bacias do ribeirão Ipiranga e seu afluente rio Negro (B17 a B19) e no córrego Lavapés (B21).

Com relação ao sistema de esgotamento sanitário, foram identificadas deficiências principalmente nas sub-bacias do córrego Lavapés (B21), do ribeirão Ipiranga e seu afluente rio Negro (B17 a B19) e do ribeirão Oropó (B13). As ações necessárias para consolidação da infraestrutura de saneamento consistem, em resumo, na necessidade de implantação de coletores-tronco em fundos de vale, que em sua maioria não apresentam grandes desafios técnicos, já que se constituem como avenidas de fundo de vale. À exceção de algumas porções nas sub-bacias do córrego Lavapés (B21) e do ribeirão Canudos (B29), que apresentam parte de sua malha hídrica canalizada em galerias subterrâneas. Esses casos demandam ações não convencionais, como as adotadas no Programa Novo Rio Pinheiros, onde foram implantados coletores no interior de galerias pluviais ou dos córregos (Figura 5).

Além disso, o município apresenta áreas de interesse social, principalmente nas zonas mais periféricas, mas também na foz do rio Jundiá (sub-bacia B7), desprovidas de infraestrutura básica de coleta, demandando ações para a consolidação da urbanização e implantação de infraestrutura adequada.

Na região rural do município (sub-bacias B2 a B6 no rio Taiáçupeba, B8 a B14 no rio Jundiá e B27 na margem direita do rio Tietê) os efluentes são tratados através de estruturas individuais e muitas vezes rudimentares, que resultam em demandas realizadas pelo SEMAE através de caminhões limpa-fossa, havendo também, nesse contexto, áreas que fazem lançamento direto dos esgotos na malha hídrica. Para essas áreas, destaca-se a existência do Plano de Saneamento Rural em desenvolvimento. Dentre as ações propostas pelo Plano, deve-se fomentar aquelas que regularizem a adoção do tratamento individualizado e descentralizado adequado, de forma a garantir a preservação dos solos e das águas, bem como a implementação de programas municipais de fiscalização das soluções individuais de saneamento.

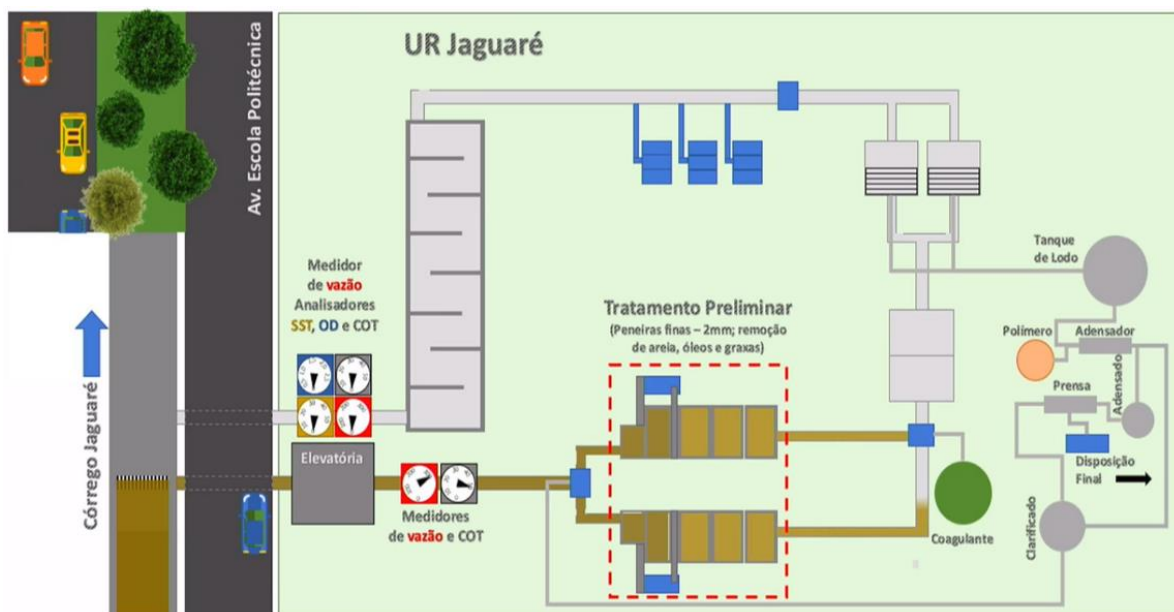




Fonte: SABESP, 2022.

**Figura 5: Ações não convencionais adotadas no Programa Novo Rio Pinheiros**

Em áreas onde não é possível fazer o controle efetivo das cargas pontuais e difusas, devido aos desafios urbanísticos existentes, sugeriu-se adotar URQs, também à luz da experiência do Programa Novo Rio Pinheiros (Figura 6). As URQs consistem em estações de tratamento de águas fluviais, que desviam uma parcela da vazão de base do corpo hídrico para tratamento, retornando águas de melhor qualidade. No presente estudo, foram considerados dois tipos de URQs: i) temporárias, destinadas ao tratamento de sub-bacias cuja infraestrutura sanitária não se encontra completa, demandando ainda grandes ações para sua consolidação, com o objetivo de melhorar a qualidade das águas a jusante no curto prazo, tendo seu remanejamento previsto com a conclusão das ações de saneamento; e ii) permanentes, adotadas nas sub-bacias identificadas com elevado potencial poluidor, que demandam soluções de tratamento das águas para controle da qualidade. As URQs temporárias foram adotadas nas sub-bacias dos ribeirões Oropó (B13) e Ipiranga (B17), e as URQs permanentes foram adotadas nas sub-bacias do rio Jundiá (B9) e dos córregos Gregório (B15) e Lavapés (B21).



Fonte: SABESP, 2022.

**Figura 6: Funcionamento básico de uma URQ do Programa Novo Pinheiros**

Além das medidas estruturais chamadas cinzas, como os reservatórios e as URQs supramencionados, as técnicas propostas contemplaram também soluções verdes, como medidas sustentáveis de controle na fonte espalhadas ao longo das sub-bacias e parques de tratamento de águas fluviais (PQT).

As medidas sustentáveis são de grande importância para o controle das cargas difusas produzidas na bacia e foram consideradas em toda a extensão da área urbana em uma taxa considerada propícia para o tipo de uso e ocupação do solo existente. Neste estudo, é recomendada a utilização de técnicas que podem ser aplicadas em diversas tipologias urbanas, bem como possuem diferentes escalas, como os telhados verdes, faixas filtro grama, jardins verticais, reservatórios “piscininhas”, jardins de chuva, biovaletas e pavimentos drenantes (PINHEIRO, 2017, LAU; MAH, 2018, ISHIMATSU et al., 2017, CORMIER; PELLEGRINO, 2008), a serem implantadas nas áreas livres existentes com baixa declividade.

Os PQTs têm como objetivo a requalificação de áreas verdes ao longo de cursos de água, principalmente junto à foz, com objetivo de incrementar as zonas úmidas existentes, que possuem papel fundamental no tratamento natural das águas, bem como na adoção de sistemas *wetlands* construídos, que são estruturas especializadas no tratamento natural das águas. Os *wetlands* construídos têm sido amplamente utilizados na Europa e nos Estados Unidos para retenção e tratamento das cargas poluidoras. Essas estruturas interceptam o sistema de águas, promovendo o tratamento através do uso de espécies de interesse que recriam condições naturais de depuração de nutrientes, além da retenção de sedimentos que se depositam no fundo da estrutura. Existem diversas técnicas para construção de *wetlands*, que variam em função da carga de poluentes que será recebida e da eficiência na remoção de determinados nutrientes, podendo ser com plantas flutuantes, com plantas emergentes, com macrófitas fixas submersas, com solos filtrantes (sistema DHS) ou com técnicas combinadas (SALATI, 2003). No presente estudo, os PQTs foram adotados na foz dos afluentes onde havia espaço disponível, ou seja, nas bacias dos rios Taiaçupeba (B1) e Jundiá (B7), do ribeirão Canudos (B29) e dos córregos Gregório (B15), Eroles (B16), Lavapés (B21) e Corvos (B23). Vale destacar também que os PQTs podem estar associados ao programa de recuperação e proteção das várzeas do rio Tietê, que prevê o parque linear passando pelo município de Mogi das Cruzes.

## CONCLUSÕES

De modo geral, as soluções propostas partiram de um estudo detalhado das características das sub-bacias do município, de forma a atuar especificamente nos desafios encontrados. Com isso, pôde-se considerar técnicas que venham a produzir maior efetividade para o abatimento das cargas poluentes produzidas em cada sub-bacia, sem detrimento a aspectos ambientais, sociais, estruturais e econômicos.

A análise do sistema de esgoto sanitário existente, da situação da malha hídrica urbana e dos padrões de urbanização fundamentaram a percepção dos tipos de soluções mais adequadas para o controle da poluição pontual em cada sub-bacia urbana.

Constatou-se que a maior parte das deficiências no que tange ao sistema de esgoto possui condições de ser resolvida por meio de melhorias envolvendo estruturas convencionais de saneamento, como a complementação do sistema de coleta para interligação em coletor-tronco ou a implantação de coletores-tronco.

No entanto, existem locais que demandam soluções não convencionais, como a implantação de coletores-tronco dentro de galerias e de cursos hídricos, ou a implementação de URQs para tratamento da vazão de base dos corpos hídricos mais poluídos, ao menos no curto prazo, até que se avancem em soluções definitivas relacionadas à universalização do saneamento.

A respeito dos loteamentos rurais, devido à dificuldade de atendimento desses por sistemas de coleta e tratamento coletivos, recomenda-se o fomento à adoção do tratamento individualizado e descentralizado adequado, comumente realizado por meio de fossas sépticas, de forma a garantir a preservação dos solos e das águas.

No que se refere ao controle das cargas difusas, algumas bacias se mostraram aptas à instalação de reservatórios lineares ou localizados para captação de águas de primeira chuva e condução dessas águas para tratamento. Além disso, foram propostas técnicas de drenagem sustentáveis ao longo das bacias.

Também é importante destacar que a integração institucional entre diferentes órgãos e atores é fundamental para viabilizar ações que envolvem os recursos hídricos, saneamento básico e a drenagem urbana, tendo em vista as diferentes atribuições das partes envolvidas. A falta de integração pode levar à inércia ou retrocessos de ações, incorrendo em prejuízos ambientais e econômicos.

Por fim, evidencia-se que o êxito da implementação das soluções propostas no município de Mogi das Cruzes, na cabeceira do rio Tietê e onde a degradação de suas águas se inicia de maneira mais expressiva, representará um forte incentivo para que outras localidades ao longo desse rio considerem a possibilidade de replicar esta iniciativa de diagnóstico e proposição de soluções baseadas no controle das poluições pontuais e difusas para melhoria da qualidade de suas águas.

## AGRADECIMENTOS

À Superintendência do DAEE, que autorizou a utilização de resultados do “Estudo de Alternativas para a redução de carga poluidora lançada no rio Tietê com origem na área urbanizada do município de Mogi das Cruzes, no Estado de São Paulo”, no âmbito do Contrato nº 2022/22/00106.5, firmado entre o DAEE e a ENGEORPS.

À equipe do DAEE de gestão, fiscalização e acompanhamento do contrato supracitado, pelas contribuições técnicas ao longo do estudo.

À empresa ENGEORPS, pelo incentivo e apoio às(aos) autoras(es) na elaboração deste artigo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALENCAR, J. C. Recuperação de córregos urbanos através do controle de cargas pontuais e difusas - estudo de caso: Córrego Ibiraporã e do Sapé. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013. doi:10.11606/D.3.2013.tde-17102014-115349.
2. BRASIL. Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília.
3. CORMIER, N. S.; PELLEGRINO, P. R. M. Infraestrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. *Paisagem E Ambiente*, (25), 127-142. 2008. <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i25p127-142>.
4. DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Projeto de Recuperação do Rio Tietê a Montante da Barragem da Penha. Produto P2 - Consolidação do Projeto Conceitual. 2019.
5. ISHIMATSU, K.; ITO, K.; MITANI, Y.; TANAKA, Y.; SUGAHARA, T.; NAKA, Y. Use of rain gardens for stormwater management in urban design and planning. *Landscape and Ecological Engineering*, 13(1), 205-212. 2017.
6. LAU, J. T.; MAH, D. Y. S. Green Wall for Retention of Stormwater. *Pertanika Journal of Science and Technology*, v. 1, p. 283, 2018.
7. PEREIRA, M. C. S. et al. Melhoria da qualidade da água de rios urbanos: novos paradigmas a explorar – Bacia hidrográfica do rio Pinheiros em São Paulo. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 26, pp.577-590. 2021.
8. PINHEIRO, M. B. Plantas para infraestrutura verde e o papel da vegetação no tratamento das águas urbanas de São Paulo: identificação de critérios para seleção de espécies. Dissertação (Mestrado em Paisagem e Ambiente) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <doi:10.11606/D.16.2017.tde-27062017-141958>. Acesso em: 05 maio 2019.
9. SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Programa ‘Córrego Limpo’ revitaliza cursos d’água na capital. 2018. Disponível em: <<https://www.saopaulo.sp.gov.br/ultimas-noticias/programa-corrego-limpo-promove-revitalizacao-de-cursos-dagua-na-capital/>>. Acesso em: 19 abr. 2022.
10. SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Novo Rio Pinheiros. Apresentação - UGR Santo Amaro. Realizada em: 25 nov. 2022.
11. SALATI, E. Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas. *Biológico*, v. 65, n. 1/2, p. 113-116, São Paulo, 2003.
12. SILVA, J. C. A.; PORTO, M. F. A. Recuperação de córregos urbanos através do controle de cargas pontuais e Difusas. Córrego Ibiraporã, SP. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Vol. 20, nº 1, pp.82-90, jan./mar. 2015.