

II-183 - AVALIAÇÃO DE METODOLOGIA DE APOIO À MANUTENÇÃO DE REDE COLETORA DE ESGOTOS. ESTUDO DE CASO: RIO PILARZINHO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM, CURITIBA, PARANÁ, BRASIL

Luciano Rodrigues Penido⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela UNESP-Guaratinguetá. Mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Mestre pelo Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial (PPGMAUI/UFPR). Engenheiro Civil na Unidade de Serviços de Recursos Hídricos da Sanepar.

Jefferson Skroch

Técnico. Coordenador do PRRU na Sanepar. e-mail: jeffersons@sanepar.com.br

Jörg Wolfgang Metzger

Graduação em Química e doutor em química pela Universidade Eberhard Karls Universität Tübingen em Tübingen, Alemanha. Atualmente é professor na Universidade Stuttgart, Alemanha, ocupando a cadeira de Hidroquímica e Hidrobiologia atuando em gestão hídrica no ISWA - Instituto de Saneamento, Qualidade de Água e Gerenciamento de Resíduos. Professor do Mestrado Profissional Meio Ambiente Urbano e Industrial da Universidade Federal do Paraná (PPGMAUI/UFPR). e-mail: joerg.metzger@iswa.uni-stuttgart.de

Karen Juliana do Amaral

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Mestre e Doutora em Engenharia Civil, com ênfase em Recursos Hídricos, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Pesquisadora da Universidade de Stuttgart, Institute for Sanitary Engineering, Water Quality and Solid Waste Management (ISWA), Alemanha. Professora titular do Mestrado Internacional em Meio Ambiente Urbano e Industrial (MAUI).

e-mail: karen.amaral@iswa.uni-stuttgart.de

Regina Maria Matos Jorge

Engenheira Química pela Universidade Estadual de Maringá. Mestre em Engenharia Química pela EPUSP - Universidade de São Paulo (USP). Doutora em Engenharia Química pela EPUSP - Universidade de São Paulo (USP). Professora do curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Paraná. Professora dos cursos de pós-graduação em Engenharia Química, Engenharia de Alimentos e Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial da Universidade Federal do Paraná (PPGMAUI/UFPR). e-mail: reginacspr@yahoo.com.br

Endereço⁽¹⁾: Rua Lauro Mallin, 20 - Cascatinha - Curitiba - PR - CEP: 82.025-060 - Brasil - Tel: (41) 3582-2016 - e-mail: lpenido@sanepar.com.br

RESUMO

A rede coletora de esgotos é concebida para operar por longos períodos como um sistema estanque. Todavia, efeitos deletérios causados por agentes físico-químicos e biológicos, resultam em pontos frágeis na sua estrutura, com possível perda de efluentes. Atualmente, estas singularidades são localizadas pela aplicação intensiva de programas de manutenção preventiva e corretiva. O presente trabalho descreve a aplicação de uma nova metodologia de apoio à manutenção da rede coletora de esgotos, denominada Programa de Revitalização de Rios Urbanos (PRRU), a qual diagnostica pontos frágeis a partir da análise das condições ambientais dos rios urbanos. A efetividade deste método foi avaliada no Rio Pilarzinho, afluente do Rio Belém, um importante corpo hídrico na cidade de Curitiba, com bacia hidrográfica totalmente inserida na área urbana do município.

PALAVRAS-CHAVE: Rede coletora de esgotos, manutenção, efluentes, rios urbanos.

INTRODUÇÃO

O termo saneamento básico designa o conjunto de medidas destinadas a consolidar um ambiente saudável, provendo água, coleta e tratamento de esgoto às populações, dentre outras ações (MORAES; BORJA, 2005). Os esgotos precisam ser rapidamente afastados das áreas habitadas e receber um tratamento que atenuie suas características poluidoras, com posterior lançamento em um corpo hídrico. O afastamento é realizado em Redes Coletoras de Esgotos (RCE), sistemas dedicados à coleta e transporte eficiente dos efluentes.

Heller e Pádua (2006) alertam que a conquista de um ambiente salubre requer não somente a correta instalação do sistema de saneamento, mas também rotinas de manutenção, capazes de combater vazamentos na RCE.

As conquistas ambientais auferidas pelo esgotamento sanitário dependem de uma RCE íntegra e estanque, imune ao desgaste, fadiga e efeitos deletérios que propiciam o surgimento de pontos frágeis, singularidades na estrutura coletora por onde pode ocorrer a perda de efluentes. Tal perda implica em que, uma vez liberados da rede coletora, os esgotos podem fluir na superfície ou no subsolo, estabelecendo trajetórias de poluição e contaminação, que invariavelmente acabam por atingir um corpo hídrico.

O aporte de efluentes nas águas de rios e lagos eleva a oferta de nutrientes, em especial a matéria orgânica, consumida por microrganismos, ao custo do consumo gradativo do Oxigênio Dissolvido (OD) na água. A redução na disponibilidade do oxigênio chega a afetar a sobrevivência de peixes e anfíbios, desequilibrando o ecossistema e degradando o rio, estabelecendo uma fonte de contaminação por doenças de veiculação hídrica.

Do ciclo hidrológico, sabe-se que as águas da chuva infiltradas no solo continuam a se mover por escoamento sub-superficial até atingir um corpo hídrico. De forma semelhante, efluentes indevidamente descartados no meio ambiente fluem pelo solo e rumam ao corpo hídrico, e contaminando suas águas. Com base nisso, a ocorrência de carga orgânica no rio pressupõe efluentes despejados a montante, na bacia hidrográfica.

Tecnologias convencionais são aplicadas à manutenção preventiva e corretiva a fim de se localizar pontos frágeis na RCE, identificando fissuras, desníveis, desalinhamentos e buracos, antes mesmo que ocorram vazamentos. O modo de operação destas tecnologias requer o acesso ao interior das tubulações, demandando esforços e tempos significativos na sua implementação.

Penido (2014) apresenta detalhadamente uma metodologia e conceitos para gestão de redes coletoras de esgotos, nos quais o corpo hídrico é destacado como o recurso básico do método proposto para localização de pontos frágeis. Além disso, essa metodologia fornece as evidências de eventos poluidores, bem como as orientações necessárias à sua localização aliado a um mínimo contato com a estrutura da RCE, o que dispensa o acesso ao interior dos dutos.

O presente trabalho introduz a metodologia apresentada em Penido (2014), denominada Programa de Revitalização de Rios Urbanos (PRRU), caracterizada por ser um método alternativo à localização de pontos frágeis na rede coletora de esgoto.

MATERIAIS E MÉTODOS

O método de coleta das amostras ao longo de um corpo hídrico foi definido mediante o esquema de amostragens ilustradas na Figura 4: P_1 e P_2 nos extremos do trecho de rio, P_3 na meia-distância e P_4 entre as seções com menor valor de OD.

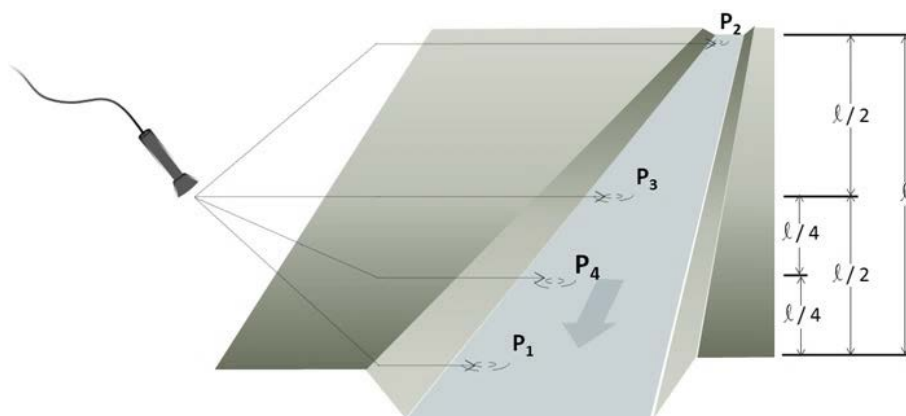


Figura 4 – Esquema de amostragens para avaliar o uso do OD no PRRU

Na sequência, procedeu-se a seleção de um corpo hídrico para a obtenção dos parâmetros físicos analisados no âmbito do PRRU. Para este fim, foi selecionado o Rio Pilarzinho, canalizado na maior parte de sua extensão, sendo a área da bacia hidrográfica fortemente impermeabilizada e urbanizada. Sua localização é ilustrada na Figura 5.



Figura 5 - Rio Pilarzinho e as quatro seções visitadas em seu corpo hídrico

Foi elaborado um mapa com a delimitação da bacia, superposta à rede hídrica e ao cadastro técnico da RCE, incluindo direção de fluxo dos efluentes e Poços de Visita (PVs).

As amostragens foram realizadas no dia 14 de junho de 2014, nas seções enumeradas de 1 a 4 na Figura 5, correspondendo às seções de rio P₁ a P₄, selecionadas à luz do esquema apresentado na Figura 1. Como este rio possui trechos canalizados, foi preciso identificar seções a céu aberto acessíveis, encontradas nos endereços listados abaixo:

- Seção P₁: Rua Tenente-Cel. Manoel Miguel Ribeiro, frente ao nº 56;
- Seção P₂: Rua Arthur Leinig, nº 38;
- Seção P₃: Rua Júlio Pernetá, ao lado do nº 300;
- Seção P₄: Rua Mamoré, em frente ao nº 537.

As amostragens de OD foram realizadas com oxímetro de sensor óptico da marca Hach, modelo HQ40d, posicionado a 20 centímetros da margem, na profundidade de 10 centímetros. Cada seção foi amostrada sem seis repetições, aplicando-se água deionizada ao dispositivo sensor, após cada medição. Um termômetro digital forneceu a temperatura ambiente.

RESULTADOS

O PRRU busca detectar variações nas concentrações de OD no rio, de modo a interpretá-las à luz do processo autodepurativo do corpo hídrico e as zonas de autodepuração que se formam após um despejo de carga orgânica (Figura 1). O despejo de carga orgânica promove uma queda no OD, devido ao aporte de nutrientes às bactérias, que passam a se apropriar do oxigênio, em seu processo alimentar. A redução é maior na zona séptica, a partir da qual há uma retomada gradual dos níveis de OD nas águas.

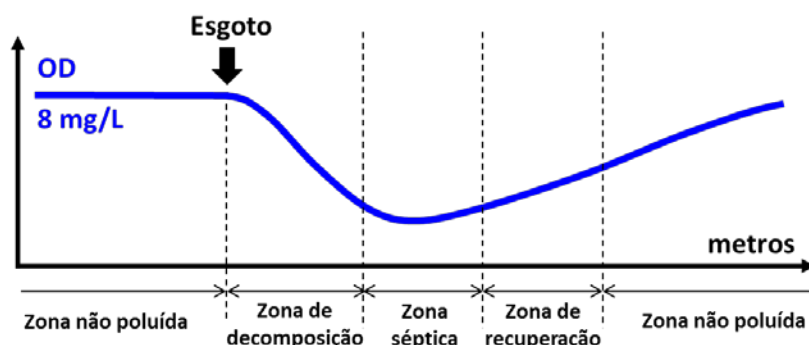


Figura 1: Variação de OD nas zonas de autodepuração de um rio. Adaptado de Braga et al.(2002)

As medições de OD efetuadas ao longo de um corpo hídrico fornecem uma curva descritiva deste parâmetro, denominada Perfil do Rio, onde as concentrações de OD são plotadas segundo as distâncias das respectivas seções à nascente do rio. No Perfil do Rio ilustrado na Figura 2, o ponto 'd' indica a menor concentração de oxigênio, revelando a zona séptica decorrente de um provável despejo a montante, no trecho próximo definido pelos pontos 'b' e 'c'.

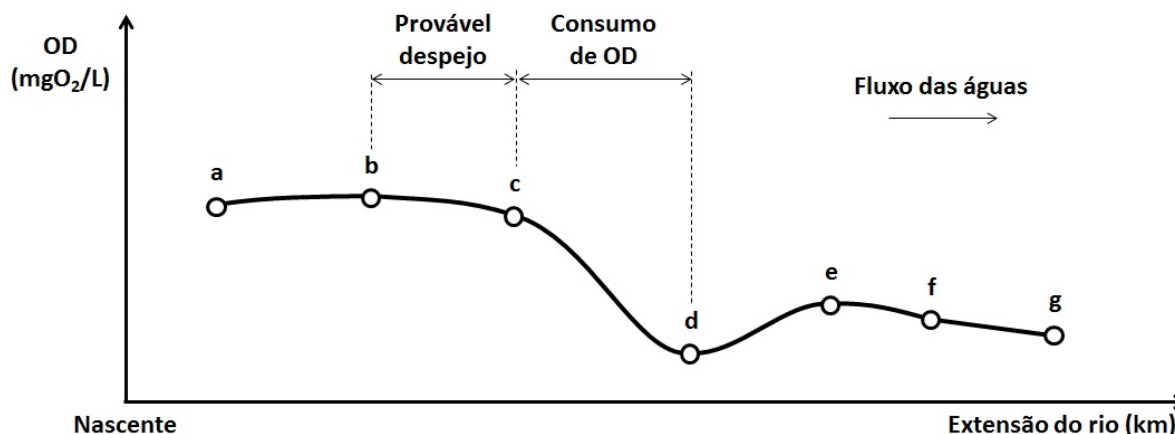


Figura 2: Perfil do Rio, revelando concentrações variáveis de OD, identificadas ao longo da sua extensão

O Programa de Revitalização de Rios Urbanos (PRRU) foi desenvolvido na empresa SANEPAR, em sua Unidade de Serviços de Recursos Hídricos (USHI), que integra a Diretoria de Meio Ambiente, com o objetivo de rapidamente diagnosticar a RCE a partir da análise das águas de corpos hídricos em área urbana.

O ciclo do PRRU consiste nas cinco etapas exibidas na Figura 3, a saber:

- análise preliminar: mapeamento e reconhecimento da área de atuação, que é a bacia hidrográfica onde está contida a RCE. Procede-se a análise dos parâmetros OD e organolépticos do corpo hídrico. Os valores de OD obtidos permitem elaborar um gráfico denominado Perfil do rio, o qual evidencia as variações de OD decorrentes de eventuais anomalias na RCE, potencializando a sua localização;
- investigação das causas: procede-se o acesso físico à RCE, mediante a inspeção visual da câmara interna do Poço de visita (PV), a fim de se avaliar tanto sua integridade física, como o fluxo de efluentes em sua base, na busca por indícios de um ponto frágil na tubulação coletora situada entre este e o PV adjacente. Eventos e anomalias observados são comunicados às equipes de manutenção;
- manutenção: Equipes de manutenção visitam os ramais da RCE identificados na etapa anterior, para realizar as ações corretivas necessárias;

- verificação: A equipe que emitiu o pedido de manutenção retorna ao local para conferir a efetividade das ações corretivas adotadas, na expectativa de que o corpo hídrico já apresente melhores condições ambientais;
- acompanhamento: verificação periódica das condições do rio.

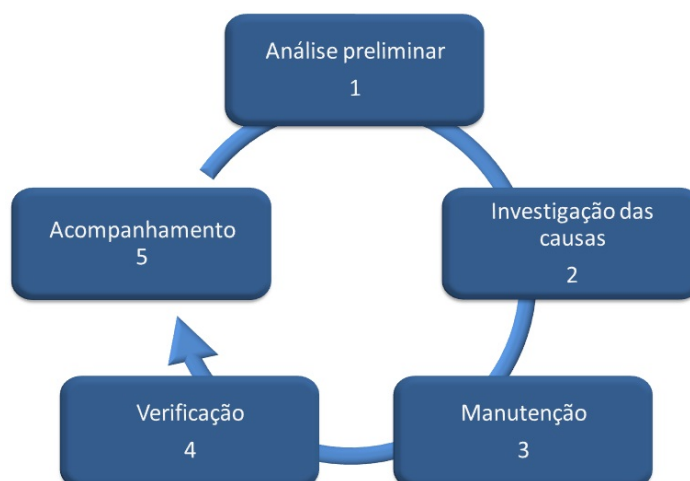


Figura 3: Ciclo de processos do PRRU. Fonte: Adaptado de Skroch (2012).

O método do PRRU identifica os principais eventos poluidores na bacia hidrográfica do rio urbano, por meio do aspecto visual e olfativo e a concentração de oxigênio dissolvido nas águas dos rios. As seções visitadas no corpo hídrico em análise são espaçadas de 500 metros a 1 quilômetro, conforme a extensão do rio e a disponibilidade de acesso às seções que se deseja amostrar.

O território de atuação do PRRU é a bacia hidrográfica, analisada *in loco* por visitas a seções de seu corpo hídrico principal. Cada seção visitada oferece a oportunidade de análise do rio pela medição do OD e observação de suas condições ambientais.

As visitas às seções de rio incluem a observação expedita dos aspectos perceptivos de cor, turbidez e odor, traduzidos em “condição boa” ou “condição ruim” e sinalizados no mapa de campo, conforme o Quadro 1:

- Condição boa: o rio não possui elementos que indiquem a presença significativa de cargas orgânicas;
- Condição ruim: a água possui tonalidade acinzentada e fundo lodoso, chegando a carrear material particulado e apresentar mau cheiro.

Condição	Aspecto visual	Descrição	Aspecto olfativo	Notação no mapa
Boa	Natural	Águas cristalinas, enxerga-se o fundo do rio	Sem odor	(○○)
			Mau cheiro	(○)
Ruim	Cinza	Águas acinzentadas, opacas ou com turbidez acentuada, podendo apresentar mau cheiro	Sem odor	(×)
			Mau cheiro	(××)

Quadro 1: Sinalização dos aspectos organolépticos observados no rio

Diagnosticados estes parâmetros, procede-se a localização das causas, sejam estas devidas a edificações não conectadas à rede coletora ou a eventuais pontos frágeis na estrutura coletora, além de outras possibilidades.

Sua identificação e correção promovem uma maior efetividade e qualidade operacional das soluções de esgotamento sanitário, agregadas ao benefício de uma menor poluição hídrica.

Um aspecto relevante na análise das condições físicas do corpo hídrico reside em considerar o rio como um sistema estacionário, no qual uma fonte poluidora promove uma perturbação contínua em suas águas, no intervalo de tempo em que acontecem as coletas das amostras. Desta forma, admite-se que as amostras coletadas ao longo do corpo hídrico apresentam-se em condições similares às de amostras coletadas simultaneamente, nos respectivos locais.

A fim de se estudar o método do PRRU, seus 'princípios' foram replicados no Rio Pilarzinho, afluente do Rio Belém, um importante corpo hídrico na cidade de Curitiba, com bacia hidrográfica totalmente inserida na área urbana do município.

Na bacia hidrográfica do Rio Pilarzinho predominam a ocupação residencial, mas também escolas, igrejas e comércios, escritórios, clínicas médicas, clínicas veterinárias e hospital.

As atividades comerciais estão mais concentradas ao longo da Av. Manoel Ribas e da Rua Jacarezinho, incluindo farmácias, supermercados e postos de combustíveis. As fontes poluidoras que possam afetar a rede hídrica, neste caso, são diversas.

Os resultados obtidos forneceram o Perfil de Rio visto na Figura 6, com queda de OD mais acentuada entre P₃ e P₄, sinalizando um aporte de carga orgânica a montante de P₃.

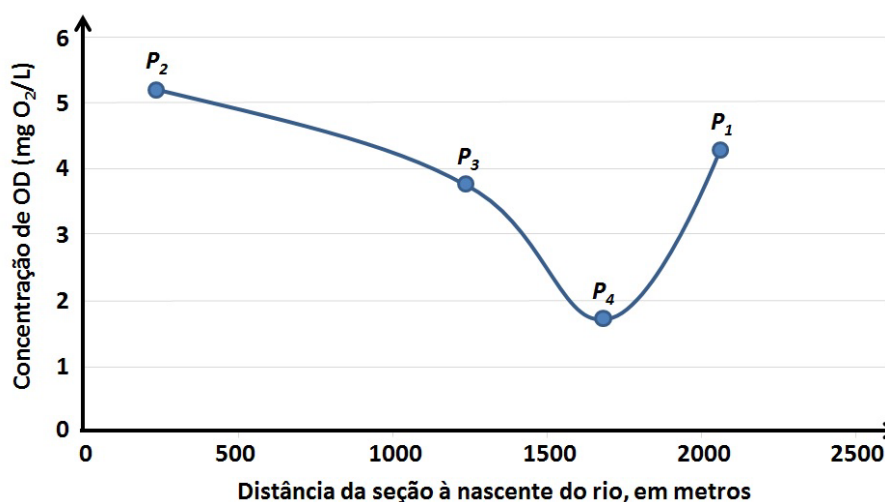


Figura 6: Perfil do Rio Pilarzinho

A Tabela 1 apresenta os valores médios de OD e respectivos desvios-padrão determinados para as medições efetuadas no levantamento de Perfil do Rio Pilarzinho. Os valores das medições encontram-se dispostos nas Tabelas 2 a 5, exibidas na sequência.

Tabela 1: Valores médios de OD no Rio Pilarzinho, em 14/06/2014

Seção	OD Médio (mgO ₂ /L)	Desvio-padrão (mgO ₂ /L)	Desvio-padrão percentual
P ₁	4,26	0,05	1,1%
P ₂	5,35	0,04	0,7%
P ₃	3,78	0,09	2,3%
P ₄	1,70	0,06	3,3%

Tabela 2: Valores de OD na seção P₁ do Rio Pilarzinho, em 14/06/2014

Amostragem	Horário	OD (mgO ₂ /L)	Temperatura da água (°C)	Saturação (%)	Pressão (Hpa)	Temperatura ambiente (°C)
1	10:14:18	4,35	18,9	51,5	911	20
2	10:16:11	4,27	18,9	50,4	911	20
3	10:18:02	4,25	18,8	50,2	911	20
4	10:19:41	4,25	18,8	50,2	911	20
5	10:21:36	4,21	18,8	49,8	911	20
6	10:24:49	4,23	18,8	49,8	911	20

Tabela 3: Valores de OD na seção P₂ do Rio Pilarzinho, em 14/06/2014

Amostragem	Horário	OD (mgO ₂ /L)	Temperatura da água (°C)	Saturação (%)	Pressão (Hpa)	Temperatura ambiente (°C)
7	10:37:30	5,42	18,6	64,2	911	21
8	10:39:10	5,35	18,6	63,4	911	21
9	10:40:46	5,33	18,6	63,1	911	21
10	10:42:34	5,34	18,6	63,3	911	21
11	10:44:24	5,32	18,6	63,0	911	21
12	10:46:35	5,33	18,6	63,1	911	21

Tabela 4: Valores de OD na seção P₃ do Rio Pilarzinho, em 14/06/2014

Amostragem	Horário	OD (mgO ₂ /L)	Temperatura da água (°C)	Saturação (%)	Pressão (Hpa)	Temperatura ambiente (°C)
13	11:14:32	3,85	18,9	45,9	913	24
14	11:16:12	3,72	18,9	44,2	913	24
15	11:19:03	3,74	18,9	44,5	913	24
16	11:21:15	3,68	18,9	43,7	913	24
17	11:23:26	3,91	18,9	46,4	913	24
18	11:26:50	3,76	18,9	44,7	913	24

Tabela 5: Valores de OD na seção P₄ do Rio Pilarzinho, em 14/06/2014

Amostragem	Horário	OD (mgO ₂ /L)	Temperatura da água (°C)	Saturação (%)	Pressão (Hpa)	Temperatura ambiente (°C)
19	11:40:31	1,65	19,1	19,5	913	25
20	11:41:59	1,65	19,1	19,5	913	25
21	11:43:35	1,66	19,0	19,7	913	25
22	11:45:29	1,72	19,0	20,3	913	25
23	11:46:48	1,72	19,0	20,4	913	25
24	11:47:14	1,79	19,0	21,2	913	25

O Perfil do Rio Pilarzinho (Tabela 6) evidenciou a seção P₄ como zona séptica de “evento poluidor mais distante” identificado pelo binômio aspecto-OD, o qual orientou as investigações a montante da seção P₃.

Tabela 6 - Análise do Perfil do Rio Pilarzinho

Seção	Aspecto	Notação no mapa	OD médio (mgO ₂ /L)	Binômio aspecto-OD	Análise
P ₂	Águas cristalinas	(○○)	5,35 (alto)		
P ₃	Águas cristalinas	(○○)	3,78 (baixo)	Condição boa associada a OD baixo	Evento poluidor mais distante
P ₄	Turbidez, lodo no fundo e mau cheiro	(xx)	1,70 (baixo)		Zona séptica
P ₁	Turbidez, lodo no fundo	(x)	4,26 (baixo)		

O campo de investigação foi definido a montante de P₃, na área vermelha da Figura 7. Da análise de fluxo procedida nos elementos-chave indicados por ‘a’ a ‘h’, localizou-se o ponto frágil no PV, identificado pela letra ‘g’ na Figura 7.

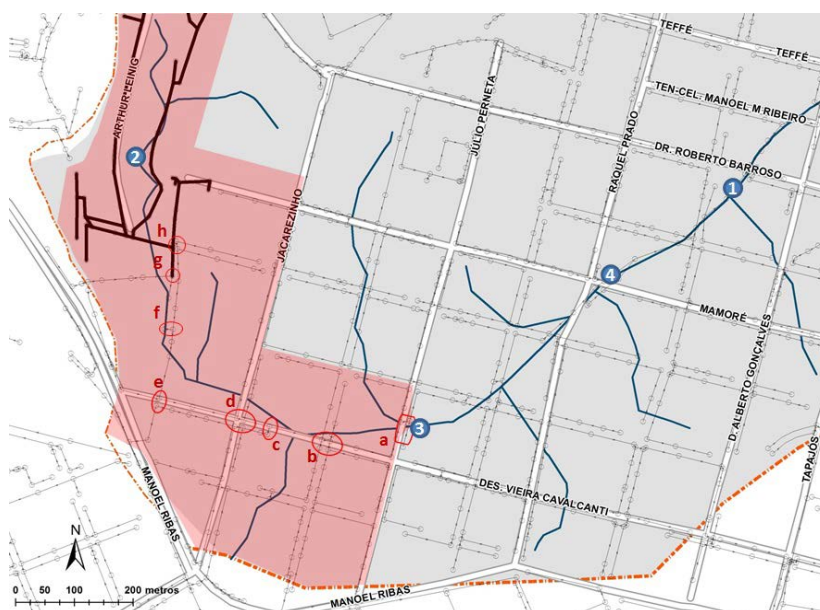


Figura 7: Campo de investigação e elementos-chave no Rio Pilarzinho

No campo, o ponto frágil em ‘g’ pôde ser diretamente avistado, onde foi detectado visualmente um deslocamento na conexão do ramal com o PV, decorrente de acomodação do solo em sua base. Após essa detecção, a equipe de manutenção foi prontamente acionada e o dano rapidamente reparado.

CONCLUSÕES

A metodologia do PRRU, conforme descrita no presente trabalho, mostra-se adequada às necessidades dos serviços de manutenção da RCE. A descrição sistemática de suas etapas, premissas e conceitos fornecem orientações à replicação em rios urbanos de outros locais, não restritos às fronteiras nacionais.

A leitura do parâmetro OD ao longo do corpo hídrico, sob a óptica do PRRU, aliado aos parâmetros organolépticos, consegue obter a partir das águas do rio urbano o conhecimento de fontes poluidoras a montante, bem como a distância do evento poluidor. Ao possibilitar a localização de eventuais pontos frágeis

na RCE, o método revela-se particularmente interessante quanto à avaliação da qualidade da rede coletora presente na respectiva bacia hidrográfica.

O método do PRRU apresenta limitações, como: não diagnosticar a totalidade dos pontos frágeis na RCE, demandando frentes sucessivas de trabalho. Além disso, torna-se inoperante nas 48 horas após uma chuva forte na bacia hidrográfica, diluir devido à diluição da concentração de cargas poluentes nos rios.

Conclui-se que o PRRU é um método apto a integrar o rol das soluções da manutenção e melhoria operacional da RCE. Sua integração com as tecnologias convencionais potencializa o alcance das ações de manutenção corretiva, necessárias no curto prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. C. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Prentice Hall. 2002.
2. DEZOTTI, M. **Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos**. Série Escola Piloto de Engenharia Química. COPPE/UFRJ. Ed. E-papers. Rio de Janeiro. 360p. 2008.
3. HELLER, L.; PADUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte. Editora UFMG. 859p. 2006.
4. MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C. **Política e plano municipal de saneamento ambiental: experiências e recomendações**. Organização Panamericana da Saúde; Ministério das Cidades, Programa de Modernização do Setor de Saneamento. Brasília: OPAS, 2005.
5. PENIDO, L. R. **Metodologia de apoio à manutenção de rede coletora de esgotos**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) Setor de Tecnologia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
6. SKROCH, J. **Gestão da rede coletora de esgoto: Revitalização de rios urbanos**. Premio Nacional da Qualidade em Saneamento – PNQS. Inovação da Gestão em Saneamento – IGS. IX Seminário da Inovação em Gestão do Saneamento. Fortaleza. 2012.
7. SKROCH, J. **Monitoramento de coletores de esgoto sanitário em áreas de reservatório de água para abastecimento público**. Curso de Capacitação de Facilitadores para Qualidade. PUC, Curitiba. 2013.