



ANÁLISE DE ÁGUA PLUVIAL E DE PRECIPITAÇÃO EM CAMPO ABERTO E FLORESTA

Analysis of Rainfall in open field and forest

Hilário Lewandowski^[a], Waldir Nagel Schirmer^[b], Neide Hiroko Takata^[c],
Luciano Farinha Watzlawick^[d], Keylla Pedroso^[e]

^[a]Doutor em Química, professor adjunto do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Irati, PR - Brasil, e-mail: hilario@irati.unicentro.br

^[b]Doutor em Engenharia Ambiental, professor adjunto do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Irati, PR - Brasil, e-mail: wanasch@yahoo.com.br

^[c]Doutora em Química, professora adjunta do Departamento de Química da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Irati, PR - Brasil, e-mail: neide@unicentro.br

^[d]Doutor em Ciências Florestais, professor adjunto do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Irati, PR - Brasil, e-mail: farinha@unicentro.br

^[e]Engenheira Ambiental, Irati, PR - Brasil, e-mail: kepedroso@gmail.com

Resumo

O presente trabalho aborda o monitoramento da água em diferentes ambientes (água do rio e da chuva em campo aberto e com cobertura florestal), visando comparar e relacionar alguns parâmetros de qualidade de água estabelecidos em legislação pertinente (Resolução 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA). Nesse caso, foram determinados parâmetros como demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), concentração de chumbo, potencial hidrogeniônico (pH) e turbidez. O período de coleta compreendeu 21 meses nos três locais avaliados (entre abril de 2006 a dezembro de 2007), todos os pontos próximos entre si e interiores ao câmpus da Universidade Estadual do Centro-Oeste, situado na zona rural do município de Irati (PR). Os resultados apontaram concentração de matéria orgânica representativa na água do rio que, por sua vez, apresentou concentração de chumbo bem acima do determinado em legislação, provavelmente devido às atividades agrícolas da região do entorno aos pontos de coleta.

Palavras-chave: Água de chuva. Parâmetros de qualidade da água. Precipitação. Rio.

Abstract

The present work focus on tracking of water in different environments (river water and rainwater, in open field and forest cover), aiming to compare and link some parameters of water quality set in regulation (Resolution 357 of National Environmental Council). It were analyzed the following items: chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (COD), lead concentration, water turbidity and potential hydrogenionic (pH). The samples were collected between 2006 and 2007 (21 months) in points in the areas of the Ceter-west State University, in Irati (PR). The results pointed out representative organic matter as well as lead concentration, probably due to agricultural activities near to the sampling points.

Keywords: *Precipitation. Water quality parameters. Rainfall. River.*

INTRODUÇÃO

O estudo aprofundado dos recursos hídricos de uma dada região implica no conhecimento do ciclo hidrológico em escala global, seus componentes e as relações entre si. O ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre (SILVEIRA, 1997).

Com base em Villela e Mattos (1975), o ciclo hidrológico se desencadeia com a evaporação da água dos oceanos. As massas de ar transportam o vapor, que se condensa formando as nuvens que dão origem à chuva. Um grande percentual de água que precipitou sob a forma de chuva encharca o solo e fica retida temporariamente nele. Porém, parte desta mesma água atinge as camadas mais profundas do solo e supre o lençol freático. O percentual restante escorre pela superfície do solo chegando aos rios. O processo é cíclico, pois pela evaporação e transpiração das plantas a água retorna novamente para a atmosfera, reiniciando o processo pela precipitação.

O ciclo hidrológico, que é tema principal da Hidrologia, envolve diversos processos hidrológicos: a condensação, precipitação, evapotranspiração, infiltração e percolação são exemplos de *processo vertical*; já o escoamento superficial e subsuperficial são exemplos de *processo horizontal* (KOBİYAMA, 1999). Estudos mostram que na evaporação total do planeta, as matas contribuem com aproximadamente 2%, sendo a maior parte proveniente dos oceanos. Além dessa contribuição para o ciclo hidrológico, segundo Kobiyama (2000), as florestas desempenham inúmeras funções, como fornecimento do oxigênio (O₂), absorção do gás carbônico (CO₂), produção de biomassa, melhoramento da qualidade da água no solo e nos rios, diminuição do pico do hidrograma (redução de enchentes e recarga para os rios), controle da erosão, mitigação do clima, atenuação da poluição atmosférica (pela absorção de poluentes), prevenção contra ação do vento e ruídos, fornecimento de energia, etc. A avaliação e o reconhecimento das características naturais da bacia hidrográfica possibilitam o entendimento da complexidade dos sistemas fluviais e suas respostas às mudanças ambientais naturais e antrópicas (CUNHA, 1994).

É fato que a qualidade da água é altamente influenciada pela geologia local, solo, regime de chuvas e tipo de cobertura vegetal. A contaminação da água ocorre pela presença de substâncias que comprometem sua qualidade para consumo direto. Esses contaminantes podem ser de origem orgânica, como hidrocarbonetos, coliformes fecais e outros, como de origem inorgânica, como fósforo, chumbo, mercúrio, cobre, etc. Hoje se sabe que a agricultura é uma das principais fontes de poluição dos recursos hídricos, principalmente por causa do elevado uso de fungicidas e herbicidas, sempre carregados para os cursos d'água mais próximos. Nesse caso, também o solo e águas subterâneas acabam por sofrer este tipo de contaminação. O principal problema da contaminação das águas subterâneas reside no fato de a baixa oxigenação nestes ambientes não permitir que moléculas orgânicas sofram uma degradação eficiente por parte de bactérias aeróbias (como no caso dos rios), fato que pode comprometer

rapidamente a qualidade da água. Assim, o monitoramento da água dos rios e chuvas possibilita analisar seus principais poluentes e fontes de contaminação, para então se traçar as estratégias de ação mais adequadas para o seu controle.

O presente trabalho visa avaliar os principais parâmetros de qualidade da água (tendo como base a legislação pertinente) de três áreas distintas (água do rio e da chuva em campo aberto e com cobertura florestal), visando comparar e relacionar alguns parâmetros de qualidade de água estabelecidos em legislação vigente.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Irati, região centro-sul do Estado do Paraná, no câmpus da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). O solo varia de Cambissolo para Latossolo, com médio teor de matéria orgânica, constituído com sedimentos antigos do Paleozoico (Devoniano). O clima regional é do tipo subtropical, possuindo todas as estações do ano bem definidas, geralmente com umidade relativa do ar acentuada e moderado índice pluviométrico. O limiar médio de temperaturas de Irati varia aproximadamente entre 11,0 e 24,2°C (IRATI, 2008).

As características climáticas e a forma do relevo da região fazem com que a vegetação seja descrita por Gubert Filho (1987) como um ambiente florestal que abriga espécies típicas da Floresta Ombrófila Mista, como a araucária (*Araucaria angustifolia*), erva-mate (*Ilex paraguariensis*), canelas (*Nectandra sp.*) e a imbuia (*Ocotea porosa*) dentre outras.

Para a determinação dos poluentes nas precipitações, foram instalados 19 coletores de chuva (Figura 1) a 1,10 m do chão com 200 mm de diâmetro cada. Desses, quinze foram instalados no interior da floresta (em locais representativos de suas condições internas) e quatro em áreas abertas (campo nativo), todas próximas entre si. A coleta de água foi realizada mensalmente, de acordo com as normas técnicas regulamentares para que não houvesse influência de agentes externos potenciais de contaminação. As amostras de água do Rio Riozinho também foram coletadas com periodicidade mensal (durante 21 meses) em 10 pontos, seguindo a metodologia sugerida em APHA (1998, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater).



FIGURA 1 - Coletor de chuva usado para amostragem em campo aberto e na mata

Para todas as amostras coletadas (campo aberto, manancial e floresta) foram realizadas análises de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), potencial hidrogeniônico (pH), turbidez e chumbo, todas realizadas num prazo máximo de 24 horas após sua coleta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os dados da demanda química de oxigênio (DQO) encontrados nos três locais avaliados (campo aberto, mata e rio).

TABELA 1 - Resultados das análises de DQO para os locais avaliados (em mgO₂/L)

Amostras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Campo	1,62	1,68	1,46	1,60	1,61	1,73	1,65	1,40	1,43	1,72	1,68
Mata	1,26	1,90	1,69	1,90	1,78	1,90	1,87	1,78	1,54	1,90	1,81
Rio	27,1	31,6	25,1	24,8	31,6	34,1	28,8	36,4	26,1	35,5	32,2
Amostras	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Campo	1,41	1,56	1,54	1,63	1,48	1,61	1,64	1,70	1,53	1,68	
Mata	1,83	1,73	1,86	1,84	1,64	1,78	1,86	1,75	1,86	1,89	
Rio	31,16	27,86	29,90	31,92	26,35	34,12	33,08	28,67	32,65	35,41	

Os dados da Tabela 1 revelam que na área de campo aberto a quantidade de matéria orgânica presente na água da chuva é relativamente baixa, com valores de DQO variando entre 1,41 mgO₂/L a 1,73 mgO₂/L. Em termos de carga orgânica poluidora, esses valores são pouco significativos, insuficientes para alterar o padrão de qualidade da água. O mesmo pode-se dizer dos resultados encontrados nas regiões de mata coberta, que apresentaram DQO variando entre 1,26 mgO₂/L a 1,90 mgO₂/L, valores que indicam presença de matéria orgânica insuficiente para alterar ou interferir no padrão de potabilidade da água. Quanto à água do rio, observa-se um consumo necessário de oxigênio variando entre 24,80 mgO₂/L e 36,40 mgO₂/L, revelando uma acentuada concentração de matéria orgânica que, por sua vez, chega a afetar o padrão de qualidade desta água, tornando-a inviável para o consumo imediato. A variação no consumo de oxigênio oscila de 11,60 mgO₂/L, mostrando uma alteração significativa no decorrer do período avaliado.

Comparando-se os valores de DQO da mata e do campo, observa-se uma demanda requerida de oxigênio um pouco maior por parte das amostras da mata, indicando maior percentual de presença de matéria orgânica. Diante disso, foi feita uma investigação da área da mata onde foram coletadas as amostras e se constatou, depositado sobre as folhas dessas árvores, insetos, dejetos de pássaros, folhas secas e cascas em decomposição. Todo esse material, carregado pela chuva, colaborou para que a concentração da matéria orgânica nesse caso fosse superior àquela encontrada na água da chuva coletada em campo aberto.

É importante salientar que no teste de DQO não há diferença entre substâncias orgânicas biodegradáveis e não-biodegradáveis, sendo o valor encontrado, portanto, equivalente à soma de toda a matéria orgânica oxidável presente no meio avaliado.

A Tabela 2 apresenta os dados da demanda bioquímica de oxigênio, 5 dias a 20°C (DBO₅), encontrados nos três locais avaliados (campo aberto, mata e rio).

TABELA 2 - Resultados das análises de DBO para os locais avaliados (em mgO₂/L)

Amostras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Campo	1,40	1,23	1,32	1,06	1,31	1,18	1,08	1,24	1,02	1,46	1,04
Mata	1,58	1,39	1,50	1,46	1,72	1,18	1,35	1,57	1,14	1,52	1,24
Rio	22,1	27,36	19,0	26,45	26,1	28,1	23,1	29,5	18,4	27,6	26,1
Amostras	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Campo	1,01	1,42	1,40	1,08	1,05	1,44	1,03	1,53	1,18	1,34	
Mata	1,13	1,52	1,46	1,54	1,24	1,53	1,37	1,45	1,38	1,41	
Rio	27,10	24,36	25,0	26,45	21,09	28,06	26,08	25,5	28,4	27,36	

Os dados apresentados na Tabela 2 revelam que tanto o consumo de oxigênio da água da chuva em local aberto (campo) quanto na mata (analisados por DBO, onde apenas a matéria biodegradável é consumida) variaram de 1,01 mgO₂/L a 1,72 mgO₂/L. Verifica-se que nesta área as variações são pouco significativas, indicando um pequeno índice de presença de matéria orgânica, insuficiente para alterar o padrão da qualidade da água.

Segundo a Resolução n. 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 17 de março de 2005, os valores para água potável de rios classe 2 (caso do rio avaliado, conforme Portaria SUREHMA n. 020/92, referente à Bacia do Rio Iguaçu), estabelecem como padrão uma DBO₅ de até 5,0 mgO₂/L (BRASIL, 2005; PARANÁ, 1992). Portanto, diante dos valores encontrados, a água do Rio Riozinho apresenta valores de consumo de oxigênio elevados e, por se tratar de um ambiente lótico, aponta concentração de matéria orgânica relativamente elevada quando comparado ao valor exigido pela referida norma.

Comparando as Tabelas 1 e 2, verifica-se que os valores de DQO e DBO estão bastante próximos, determinando que a matéria orgânica presente no efluente avaliado é principalmente de origem biodegradável.

A Tabela 3 apresenta os dados de potencial hidrogeniônico (pH) das amostras coletadas nos três locais avaliados (campo aberto, mata e rio).

TABELA 3 - Resultados das análises de pH para os locais avaliados

Amostras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Campo	6,90	7,27	6,57	7,07	6,80	6,85	7,10	6,87	6,63	7,06	6,83
Mata	7,00	7,30	6,58	7,40	6,98	7,00	7,22	7,00	6,65	7,09	7,30
Rio	7,58	7,46	8,05	7,21	8,01	7,06	7,42	8,23	7,21	7,48	7,65
Amostras	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Campo	7,21	6,79	6,89	7,02	7,01	6,91	7,08	6,85	6,76	6,89	
Mata	7,26	7,06	7,01	7,20	7,30	6,98	7,24	7,08	6,97	7,20	
Rio	7,20	8,02	8,03	7,86	8,02	7,89	7,92	8,01	7,68	7,88	

Por causa da presença do ácido carbônico na atmosfera, mesmo águas de chuvas com pH próximos a 6 não são consideradas ácidas. Entretanto, em regiões industriais é comum se observar chuvas com pH inferiores a 5, pela interação da chuva com os poluentes do ar (nesse caso, principalmente H_2S , SO_x e NO_x) (BAIRD, 2002). Pela Tabela 3, observa-se que os valores giram em torno de 7,0 (neutralidade), mesmo em se tratando da água do rio (com caráter levemente básico). Pode-se observar pela tabela que o nível de pH das águas coletadas na mata encontra-se numa faixa de valores levemente superior àqueles observados em campo aberto, provavelmente influenciado pela lixiviação de compostos com características ácidas pelo fuste das espécies florestais (SOUZA et al., 2007).

Com relação à água do rio, todos os valores apresentados fecham com aqueles estabelecidos na Resolução CONAMA n. 357 onde, para rios classe 2, o pH deve estar compreendido entre 6,0 e 9,0 (BRASIL, 2005).

A Tabela 4 apresenta os dados de turbidez das amostras coletadas nos três locais avaliados (campo aberto, mata e rio).

TABELA 4 - Resultados das análises de turbidez (em uT) para os locais avaliados

Amostras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Campo	1,77	2,00	1,54	1,17	2,21	2,05	1,26	2,00	1,67	1,75	1,31
Mata	1,09	2,24	1,57	1,45	2,31	2,12	1,32	2,03	1,78	1,96	1,42
Rio	21,4	7,44	28,40	19,55	18,1	15,2	18,5	14,1	20,1	17,1	18,2
Amostras	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Campo	2,02	1,73	1,81	1,67	1,56	1,83	1,90	1,97	1,83	2,12	
Mata	2,10	1,84	1,86	1,78	1,80	1,96	2,06	2,05	2,01	2,22	
Rio	16,1	9,87	14,26	18,30	12,8	17,1	9,52	11,89	22,80	18,26	

Os valores de turbidez para a água da chuva estão de acordo com trabalhos bastante similares encontrados na literatura (SOUZA et al., 2007). Já os valores de turbidez para a água do rio, por estarem em sua maioria compreendidos entre valores abaixo de 20 uT, numa etapa de tratamento poderiam ser dirigidos diretamente para uma etapa de flutuação lenta, sem a necessidade de coagulação química (VON SPERLING, 1996). Ainda no caso do rio, observa-se uma variação de valores bastante grande entre as amostras; tais alterações mostram que a turbidez está sujeita à influência de sólidos em suspensão que podem ser de origem natural, como partículas de rochas, argila, silte, algas e microrganismos, ou de origem antropogênica, como despejos domésticos, industriais e erosão. Como são inúmeros os sólidos em suspensão, eles podem ainda variar de um período para outro (SOUZA et al., 2007).

Grande parte da poluição dos corpos hídricos encontra-se sob a forma de micropoluentes, muitos deles de elevada toxicidade, como é o caso dos metais pesados. Entre os metais mais comuns que se dissolvem em meio aquoso pode-se citar o arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio e prata, alguns deles com potencial bioacumulativo, como é o caso do mercúrio (sob a forma de metilmercúrio). A Tabela 5 apresenta os dados de concentração de chumbo das amostras coletadas nos três compartimentos avaliados (campo aberto, mata e rio).

TABELA 5 - Resultados das análises de chumbo para os locais avaliados (em mg/L)

Amostras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Campo</i>	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Mata</i>	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
<i>Rio</i>	0,09	0,05	0,07	0,05	0,02	0,08	0,06	0,06	0,09	0,6	0,08
Amostras	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
<i>Campo</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<i>Mata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	
<i>Rio</i>	0,04	0,08	0,08	0,06	0,07	0,06	0,07	0,05	0,08	0,06	

Na área de mata (cobertura vegetal), das 21 amostras analisadas seis apontaram a presença de chumbo (com concentração de 0,01mg/L). Esses valores indicam a presença de poluentes que possivelmente se depositam sobre a copa das árvores e com a chuva sofrem dissolução e precipitam.

Quanto à água do rio, em todas as amostras foi detectado chumbo, e em concentrações bem acima do valor máximo estabelecido pela Resolução n. 357 que, nesse caso, é de 0,01 mg/L (BRASIL, 2005). Como a origem natural de chumbo em águas pluviais é de pequena importância, atribuem-se às emissões antropogênicas as elevadas concentrações encontradas nas análises, levando à necessidade de tratamento adequado para remoção desse metal antes de ser utilizada para consumo.

CONCLUSÕES

Em relação à área descoberta, os valores de DBO para as amostras coletadas no interior da mata foram sensivelmente superiores, indicando o potencial do dossel da floresta para acumular material orgânico. Já a água do rio, em todos os meses avaliados apresentou valores de DBO bem acima do estabelecido pela Resolução n. 357 do CONAMA. Além disso, dada a proximidade dos valores de DQO e DBO encontrados, pode-se afirmar que a matéria orgânica presente no efluente avaliado é principalmente de origem biodegradável.

Dos parâmetros de água avaliados nesse trabalho, o único que ficou bem acima do estabelecido em legislação foi a concentração de chumbo, possivelmente atribuída à alguma atividade antropogênica à montante do ponto de coleta das amostras. Por ser uma área do interior do município e, portanto, de predominância agrícola, o chumbo pode ser decorrente da utilização de insumos agrícolas nas lavouras e corretivos do solo que, pela ação das chuvas, acabam sendo carregados diretamente para o rio.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standards methods for the examination of water and Wastewater**. 20th ed. Washington: Clesceri, Greenberg & Eaton, 1998.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n. 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 53, 2005.

- CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1994. p. 29-49.
- GUBERT FILHO, F. A. O faxinal: estudo preliminar. **Revista do Direito Agrário e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 32-40, 1987.
- IRATI. Prefeitura Municipal. **Clima**. Disponível em: <<http://www.irati.pr.gov.br/municipio/clima.asp>>. Acesso em: 22 set. 2008.
- KOBIYAMA, M. Manejo de bacias hidrográficas: conceitos básicos. In: DUARTE, G. M. **Curso manejo de bacias hidrográficas sob a perspectiva florestal**. Curitiba: FUPEF, 1999. p. 29-31.
- _____. Ruralização na gestão de recursos hídricos em área urbana. **Rev. OESP Constr.**, São Paulo, ano 5, n. 32, p. 112-117, 2000.
- PARANÁ. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA). **Portaria SUREHMA n. 20**, de 12 de maio de 1992. Enquadrar os cursos de água da Bacia do Rio Iguaçu, de domínio do Estado do Paraná. Disponível em: <http://celepar7.pr.gov.br/sai/atosnormativos/atos2/list_atos.asp>. Acesso em: 22 set. 2008.
- SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e a bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da EDUSP, 1997. p. 35-51.
- SOUZA, V. V. et al. Análise da qualidade das águas das precipitações em aberto e efetiva em um fragmento secundário da Mata Atlântica, no Município de Viçosa (MG). **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 737-743, 2007.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.
- VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuais: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 1996. v. 1.

Recebido: 30/09/2008

Received: 09/30/2008

Aprovado: 11/03/2009

Approved: 03/11/2009

Revisado: 09/11/2009

Reviewed: 11/09/2009