

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

APLICAÇÃO DE CURVAS DE PERMANÊNCIA DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA A BACIA DO RIO PASSAÚNA - PR

Julia Bianek¹ & Michael Mannichi²

RESUMO – A partir da integração entre parâmetros quantitativos e qualitativos, por meio da aplicação de curvas de permanência de carga, buscou-se avaliar a qualidade da água no Rio Passaúna. Para tanto, foram selecionadas cinco estações com série histórica superior a 20 anos de dados de vazão e concentração de DBO. A carga de DBO observada foi comparada com a carga máxima admissível, estimada com base na série histórica de vazão e padrões de qualidade, resultando na verificação de que todas as estações apresentam incompatibilidade com os padrões de qualidade, em distintas condições hidrológicas: (a) Montante Aterro Sanitário, nas vazões Altas; (b) Jusante Aterro Sanitário, nas vazões de períodos úmidos; (c) BR 277 - Campo Largo, para vazões mínimas; (d) Olaria Pioli, nas vazões de período seco e; (e) Campina das Pedras, nas vazões mínimas. O estudo constatou que a Bacia do Rio Passaúna atende parcialmente aos padrões de qualidade da água, requerendo reduções de carga que variam de 2 a 42%. As não conformidades observadas nas distintas condições hidrológicas sugerem que o uso e ocupação do solo na bacia estão diretamente relacionadas à degradação da qualidade da água.

INTRODUÇÃO

A curva de permanência é uma ferramenta amplamente difundida em estudos hidrológicos, principalmente por concentrar múltiplas informações sobre determinado rio em uma representação gráfica (Marques, *et al.*, 2019; Machado *et al.*, 2019; Detzel, *et al.*, 2016). A partir de sua elaboração é possível conhecer a amplitude e frequência de ocorrência de um determinado evento, a partir de curvas de frequência acumulada. Por exemplo, a uma vazão Q que corresponde à probabilidade de 75%, demonstra que em 75% do tempo, aquela vazão foi igualada ou superada (Cunha *et al.*, 2012, Cruz e Tucci, 2008). Esse mesmo conceito vem sendo utilizado em uma abordagem qualitativa, para verificação de atendimento a padrões de qualidade, analisando quanto tempo determinado parâmetro atende aos limites estabelecidos pela legislação (Serrano *et al.*, 2020; Marques, *et al.*, 2019; Cunha e Calijuri, 2010).

Machado *et al.* (2019) mencionam a utilização de curvas de permanência no processo de enquadramento dos corpos de água em classes e sugere a utilização curva de permanência de cargas, adicionada à divisão de frequências de vazões para verificar o atendimento ao enquadramento, no qual um resultado gráfico de carga medida que acima é superior à curva de permanência calculada para a concentração estabelecida por para a classe do rio indica violação do enquadramento. Ainda, é possível analisar se a incompatibilidade à classe do enquadramento aparece em todas as condições de vazão ou apenas em condições específicas. O não atendimento em condições de baixa vazão sugere

1) Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Paraná (PPGEA/UFPR):bianekjulia@gmail.com
2) Professor do Departamento de Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Paraná (UFPR): mmannich@ufpr.br

a existência de fontes pontuais de poluição, enquanto o não atendimento no trecho de alta vazão evidencia o potencial de poluição por fontes difusas (Cleland, 2003).

Com vistas à integração entre parâmetros de quantitativos e qualitativos para avaliação da qualidade da água no Rio Passaúna, o objetivo da presente pesquisa foi elaborar curvas de permanência de carga máxima admissível comparando às cargas observadas e verificar o atendimento ao enquadramento vigente.

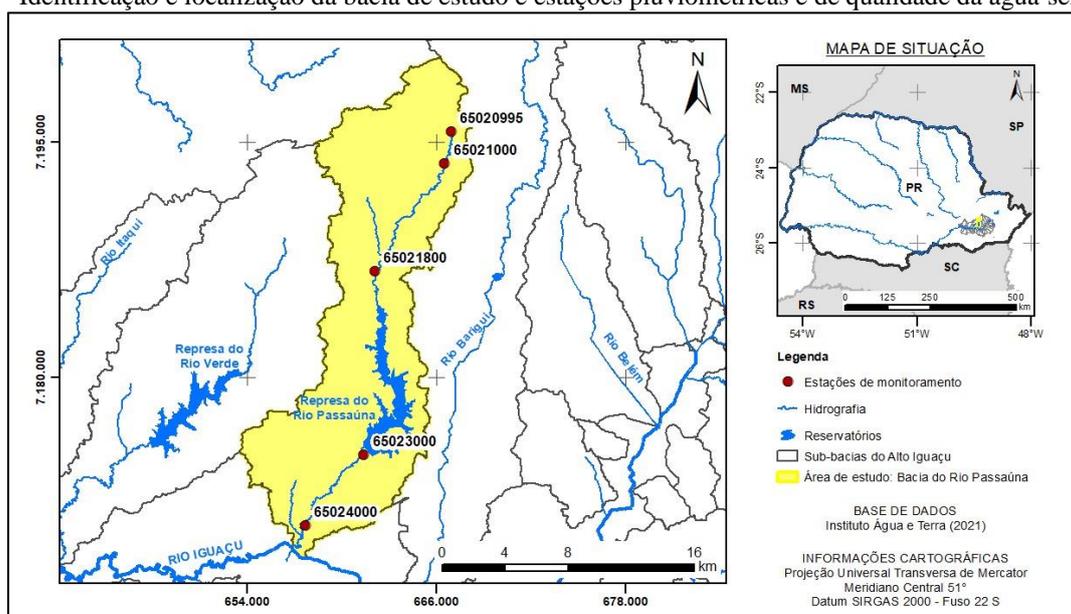
MATERIAIS E METODOS

Área de estudo

A área de estudo é a bacia hidrográfica do Rio Passaúna, um dos principais mananciais de abastecimento da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), no estado do Paraná (Drummond *et al.*, 2019). Localizada na região do Alto Iguaçu e com área de extensão territorial de aproximadamente 217 km², abrange os municípios de Almirante Tamandaré, Campo Magro, Campo Largo, Curitiba e Araucária (Suderhsa, 2002). O rio Passaúna possui extensão total de aproximadamente 57 km e desagua na margem direita do Rio Iguaçu.

A Resolução COALIAR nº 04, de 11 de julho de 2013, que dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água em classes nas bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira (Paraná, 2013), divide o enquadramento do Rio Passaúna em dois trechos. O trecho 1, da sua nascente até o final da represa de captação para abastecimento de água, é enquadrado como Classe 2 e o trecho 2, do final da represa até a sua foz, enquadra-se em Classe 3. A figura 1 mostra a localização da bacia e a distribuição das estações de monitoramento selecionadas para o estudo.

Figura 1 – Identificação e localização da bacia de estudo e estações pluviométricas e de qualidade da água selecionadas.



Foram selecionadas cinco estações que monitoram conjuntamente a vazão e parâmetros de qualidade da água e possuem série histórica com mais de 20 anos de registro. A indicação de

município no qual estão localizadas, o tamanho da série histórica e a classe do rio no trecho em que a estação está alocada encontram-se descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Estações pluviométricas e de qualidade da água, município de localização, tamanho da série histórica e classe de enquadramento

Código	Nome da Estação	Município	Série Histórica	Classe
65020995	Montante Aterro Sanitário	Almirante Tamandaré	29 anos	2
65021000	Jusante Aterro Sanitário	Curitiba	24 anos	2
65021800	BR 277 -Campo Largo	Curitiba	23 anos	2
65023000	Olaria Pioli	Araucária	24 anos	3
65024000	Campina das Pedras	Araucária	26 anos	3

Obtenção de dados e Construção das Curvas de Permanência

Como parâmetro de determinação da carga poluidora, optou-se pela utilização da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), considerando que é um dos principais parâmetros que definem os limites de lançamentos de efluentes e o estabelecimento de classe dos rios, segundo a legislação, além de ser amplamente utilizado e tradicionalmente aceito. A DBO retrata, de forma indireta, o teor de matéria orgânica presente nos corpos de água, quantificando o oxigênio requerido no processo de estabilização da matéria orgânica carbonácea (Sperling, 2014).

As séries históricas de vazão e qualidade para cada estação foram obtidas junto ao Sistema de Informações Hidrológicas, operado pelo Instituto Água e Terra (Instituto Água e Terra, 2021). Para as séries de vazão, foram considerados os anos com dados completos, sendo descartados os anos que apresentavam falhas longas. Para as séries de qualidade, nos casos que o limite de detecção do método de amostragem não permitia uma avaliação exata da concentração de DBO, considerou-se o valor aferido pelo limite de detecção. Por exemplo, se a medição indicava $<2,0 \text{ mg L}^{-1}$, considerou-se o valor $2,0 \text{ mg L}^{-1}$. Tal definição foi utilizada com intuito de não subestimar as amostras com baixa concentração de DBO.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) define a capacidade de suporte do corpo receptor como o “valor máximo de determinado poluente que o corpo hídrico pode receber, sem comprometer a qualidade da água e seus usos determinados pela classe de enquadramento” (Brasil, 2011). No presente estudo, esta capacidade é representada pela carga máxima admissível. A curva de permanência de carga máxima admissível foi obtida combinando a concentração máxima de DBO estabelecida pelo CONAMA (Brasil, 2005), com a vazão observada nas séries históricas, organizadas na ordem decrescente. Maiores cargas admissíveis estão associadas a uma menor permanência, uma vez que estas estão associadas a maiores vazões quando a capacidade de diluição do rio é mais elevada. Por outro lado, menores cargas permitidas estão associadas a fluxos menores. (Serrano *et al.*, 2020).

A obtenção dos pontos de carga observada, que corresponde a concentração medida na campanha de monitoramento associada a vazão registrada naquele dia, deu-se de duas maneiras, na seguinte prioridade: (i) cruzamento dos dados de vazão e qualidade da mesma data e; (ii) inserção de dados de qualidade que não possuíam correspondente de vazão, mas possuíam o registro de vazão associada à amostragem dos parâmetros de qualidade.

A carga máxima admissível ($Carga_{Máx}$) e a carga observada ($Carga_{Obs}$) foram calculadas de acordo com as equações 1 e 2, respectivamente:

$$Carga_{Máx} = Q \times C_{Máx} \times FC \quad (1)$$

$$Carga_{Obs} = Q_{Obs} \times C_{Obs} \times FC \quad (2)$$

na qual Q é o fluxo obtido com a curva de permanência da estação, em $m^3 s^{-1}$; $C_{Máx}$ é a concentração máxima permitida de DBO definida pelo CONAMA, sendo $5 mg L^{-1}$ para Classe 2 e $10 mg L^{-1}$ para Classe 3; Q_{Obs} é a vazão observada no dia em que a qualidade da água foi amostrada, em $m^3 s^{-1}$; C_{Obs} é a concentração de DBO observada no dia em que a qualidade da água foi amostrada, em $mg L^{-1}$ e; FC é um fator de conversão utilizado para converter a carga em $kg d^{-1}$ (86,4).

A análise da curva de permanência de fluxo identifica intervalos que podem ser usados como um indicador geral da condição hidrológica. Este indicador, quando combinado com outros elementos básicos do planejamento de bacias hidrográficas, pode ajudar a nortear as discussões para soluções dos problemas nos processos relevantes da bacia hidrográfica (Cleland, 2003). Convencionalmente, a USEPA (2007) definiu intervalos de permanência de fluxo e associou a condições hidrológicas, conforme a Tabela 2. Afim obter informações adicionais sobre as observações e padrões associados aos fluxos de vazão, esses intervalos foram adotados neste estudo.

A avaliação da qualidade da água de acordo com os intervalos de permanência de fluxo oferece uma abordagem mais realista e flexível em relação a atual legislação brasileira, que se baseia exclusivamente em valores únicos de concentrações e carga de referência, conforme art. 10º da Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (Brasil, 2005).

Tabela 2: Condições hidrológicas associadas aos fluxos de vazão

Intervalo de permanência de Fluxo	Condições Hidrológicas
0–10%	Vazões altas
10–40%	Vazões de período úmido
40–60%	Vazões na faixa média
60–90%	Vazões de período seco
90–100%	Vazões mínimas

Fonte: Adaptado de Cleland, 2003; Usepa, 2007.

Para cada condição hidrológica, gerou-se um diagrama de caixa (*box-plot*) com os pontos de carga observada em cada intervalo. O diagrama de caixa permite visualizar as medidas de estatística descritiva, a dispersão dos pontos e os valores atípicos (extremos), fornecendo assim um meio complementar para desenvolver uma perspectiva sobre o caráter dos dados e permitir uma disposição gráfica comparativa.

Reconhecendo que a capacidade assimilativa de um corpo de água depende da vazão associada e que a carga máxima admissível varia de acordo com as condições hidrológicas, as reduções necessárias para atender os padrões de qualidade de cada classe do rio foram calculadas para os diferentes intervalos de permanência de fluxo. Partindo de uma avaliação conservadora, a definição de condições críticas, considerou o 90º percentil das amostras dos dados observados para cada condição hidrológica, multiplicada pelo fluxo médio do percentil de excedência de vazão, para definir a carga existente. Por exemplo, no cálculo da carga existente nas vazões de período seco (intervalo

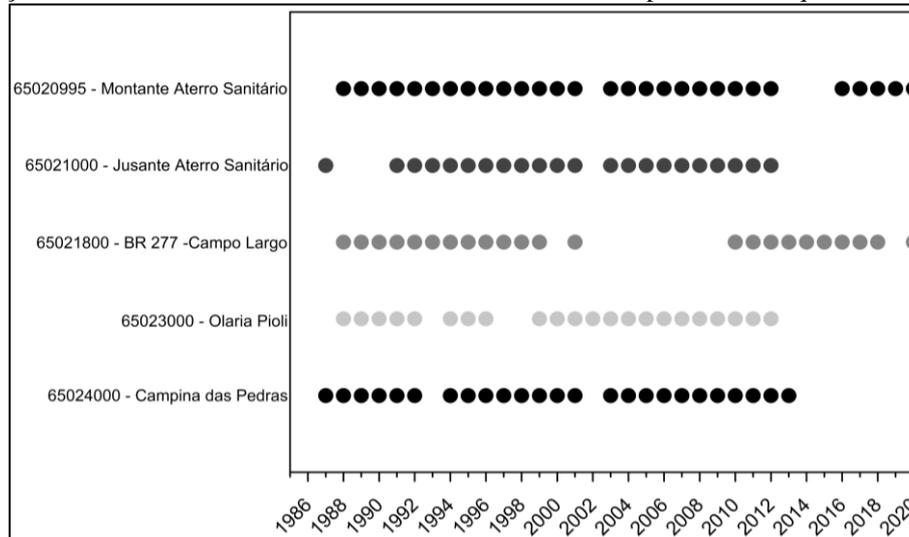
permanência de fluxo = 60–90%), o 75° percentil da carga máxima admissível é multiplicado pelo 90° percentil das concentrações de DBO medidos no intervalo de excedência de 60–90%. A carga existente calculada desta forma deve garantir que não mais de 10% das amostras excederão o padrão de qualidade. Esta metodologia foi adotada no estudo de caso realizado pela *South Carolina Department of Health and Environmental Control* (DHEC), na bacia do rio Pee Dee – Carolina do Sul, na verificação de conformidade para o parâmetro coliforme fecal, conforme mencionado por USEPA (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As séries históricas para cada Estação são apresentadas na Figura 2. É possível observar uma descontinuidade ao longo dos anos de monitoramento, principalmente após o ano de 2013, ano de aprovação do enquadramento vigente (Paraná, 2013). Desta forma, há uma dificuldade em se observar o cumprimento dos padrões de qualidade da água e mensurar a efetivação do enquadramento, estabelecido pelo marco regulatório de 2013.

Além da descontinuidade do monitoramento, durante a compilação de dados no Sistema de Informações Hidrológicas (Instituto Água e Terra, 2021), observou-se que as informações emparelhadas de vazão e qualidade da água são limitadas. Este descompasso entre o monitoramento qualitativo e quantitativo caracteriza um grande desafio para utilização de abordagens integradas.

Figura 2 – Estações e suas séries históricas: anos com dados de vazão e do parâmetro de qualidade DBO disponíveis



Embora a análise dos parâmetros de qualidade da água em termos de concentração mostre-se muito útil na comparação às diretrizes e padrões legais, as análises em termos de carga possibilitam uma descrição aprimorada da qualidade da água do rio, representando uma importante contribuição para o planejamento da bacia hidrográfica e a gestão de recursos hídricos (Marques *et al.*, 2019, Cleland, 2003).

Buscando destacar as medições realizadas no período após aprovação do enquadramento vigente (2014 a 2020), os pontos de carga observada neste período foram identificados com símbolos coloridos, na Figura 3.

A Figura 3 ilustra os pontos de carga observada em comparação a carga máxima admissível, para cada estação. Os intervalos de permanência de fluxo foram indicados nas figuras de acordo com as condições hidrológicas. A linha vermelha tracejada representa o 90º percentil das concentrações de DBO observadas em cada condição hidrológica. Quando a linha tracejada se encontra abaixo da linha contínua de carga máxima admissível, significa que pelo menos 90% das amostras estão dentro dos padrões de qualidade impostos pelo enquadramento. Quando a linha tracejada se encontra acima da carga máxima admissível, significa que há necessidade de redução de carga, naquela condição hidrológica. Os digramas de caixa apresentam um resumo das amostras de carga observada para cada condição hidrológica.

É possível observar na Figura 3, principalmente em (a) e (c) e (d), que a conformação dos pontos de carga observada acompanha a curva de carga máxima admissível. Consequentemente, essa tendência também é observada nas medianas representadas nos diagramas de caixa. Tal conformação está relacionada, principalmente, aos pontos associados as amostras de DBO que tiveram seu valor definido pelo limite de detecção do método de amostragem (várias amostras com concentrações de $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ e $3,0 \text{ mg L}^{-1}$), evidenciando que existe grande ocorrência de baixas concentrações de DBO.

As medianas das amostras de carga observada encontram-se sempre abaixo da carga máxima admissível. Esta condição também é observada para a maioria das médias das amostras, excetuando-se em (c) BR 277 - Campo Largo, onde o valor médio ficou acima da carga máxima admissível, para a condição hidrológica de vazões altas. Tal evidência está relacionada a grande amplitude das amostras nesse intervalo, elevando assim, a média observada. Desta forma, fica evidente a importância da utilização de mais de uma medida descritiva na análise dos dados.

No trecho 1, há incompatibilidade do parâmetro DBO com o enquadramento em: (a) Montante Aterro Sanitário, nas vazões Altas; (b) Jusante Aterro Sanitário para vazões de períodos úmidos e; (c) BR 277 - Campo Largo, para vazões baixas. No trecho 2, incompatibilidades do parâmetro DBO com o enquadramento são apresentadas nas Estações: (d) Olaria Pioli, nas vazões de período seco e; (e) Campina das Pedras, nas vazões mínimas.

A partir de uma análise visual, verifica-se que os pontos medidos no período de 2014 a 2020 encontram-se majoritariamente distribuídos abaixo da carga máxima admissível, excetuando-se uma amostra medida no ano de 2017 em (c) BR 277 - Campo Largo, para as vazões médias.

Cleland (2003) aponta que deteriorações na qualidade da água, observadas em condições de vazões médias, de períodos úmidos e vazões altas estão relacionadas, geralmente, à poluição por fontes difusas, associada a eventos de escoamento. Enquanto os ventos relacionados à maior permanência (ou seja, vazões de período seco e vazões mínimas) são comumente associados à poluição de fonte pontual (Cleland, 2003). Nestas condições hidrológicas, o regime de escoamento diminui, assim como sua capacidade de assimilação das cargas comumente lançadas naquele trecho.

Entre os anos 1990 e 2017, houve uma significativa alteração no uso e ocupação do solo na bacia do rio Passaúna. Drummond *et al.*, 2019 apontaram a redução das áreas de vegetação, o aumento de áreas com baixa permeabilidade, como solos expostos e áreas urbanas, na área da bacia, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 3 – Comparação entre a Carga Observada e a Carga Máxima Admissível para o parâmetro DBO, no Rio Passaúna. As Estações (a) 65020995 - Montante Aterro Sanitário, (b) 65021000 - Jusante Aterro Sanitário, (c) 65021800 - BR 277 - Campo Largo estão localizadas no trecho 1. As Estações (d) 65023000 - Olaria Pioli e (e) 65024000 - Campina das Pedras estão localizadas no trecho 2.

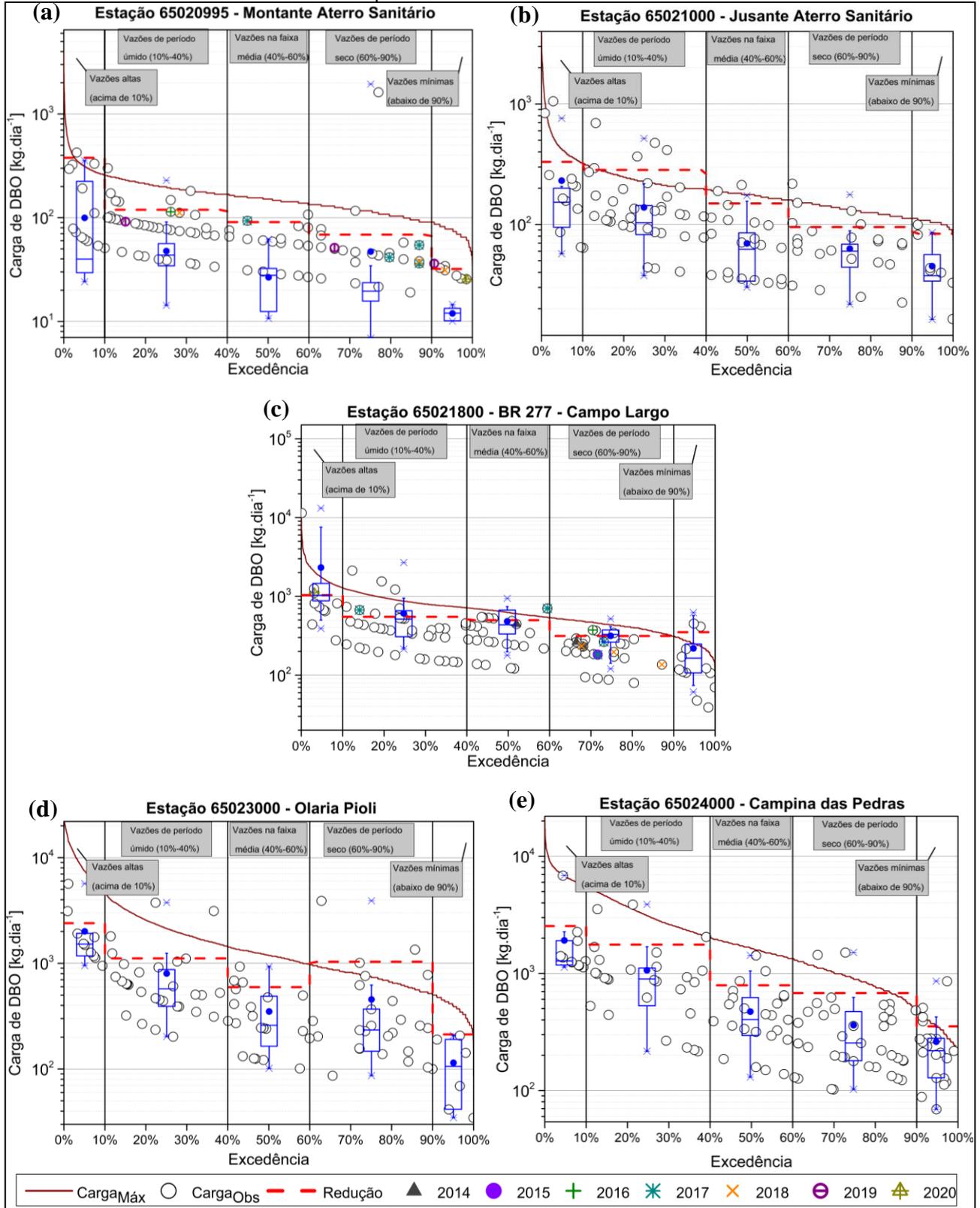
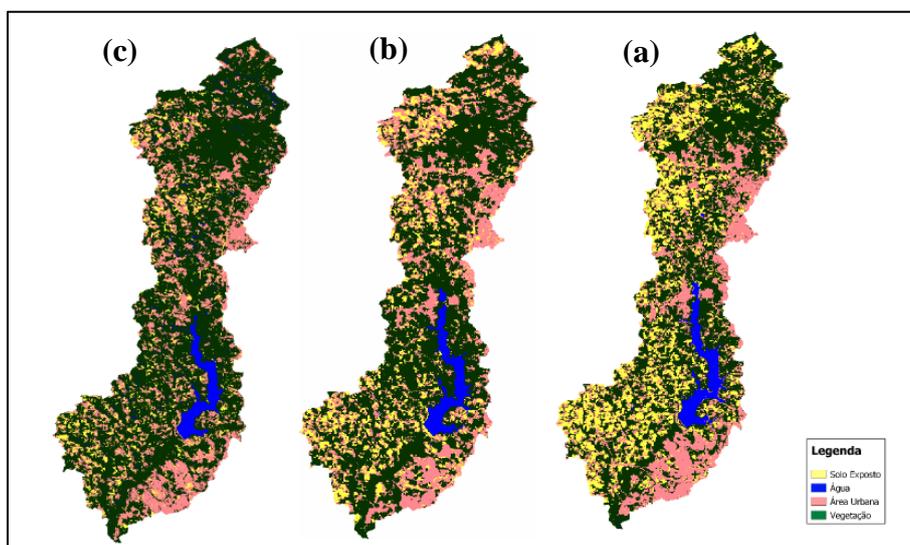


Figura 5: Imagens classificadas de uso e ocupação do solo nos anos (a) 1990 (b) 2000 e (c) 2017



Fonte: Adaptado de Drummond *et al.*, 2019.

As estações mais próximas a nascente ((a) Montante Aterro Sanitário e (b) Jusante Aterro Sanitário), encontram-se em áreas onde houve aumento de solo exposto, corroborando com a ideia de que os prejuízos na qualidade da água estão vinculados principalmente à poluição difusa. Mais a jusante, à medida que se aproxima da sua foz ((c) BR 277 - Campo Largo, (d) Olaria Pioli e (e) Campina das Pedras), observa-se um incremento em áreas de solo exposto e área de ocupação urbana, onde a incompatibilidade da qualidade da água pode estar relacionada principalmente a fontes pontuais de poluição, características de uma sua ocupação industrial e urbana.

A Tabela 3 aponta o percentual de redução para cada condição hidrológica na qual foi observada incompatibilidade com o padrão de qualidade. O percentual de redução nas condições de fluxos extremos, ou seja, "vazões altas" (<10° excedência do percentual de fluxo) ou "baixas" (> 90° excedência do percentual de vazão), são apontados na Tabela 3, no entanto, neste trabalho não serão consideradas para a definição de condições críticas, porque esses fluxos extremos não são representativos de condições típicas (Usepa, 2007) e há poucas observações disponíveis para esses intervalos, o que diminui a confiabilidade da análise nessas condições. Esse tipo de ressalva deve ser avaliada pelos gestores de recursos hídricos nas tomadas de decisão.

Tabela 3: Percentual de Redução de Carga de acordo com as condições hidrológicas

Nome da Estação	Percentual de Redução de Carga de DBO				
	Vazões Altas	Vazões de Período úmido	Vazões na Faixa Média	Vazões de Período Seco	Vazões Baixas
Montante Aterro Sanitário	23%	-	-	-	-
Jusante Aterro Sanitário	-	29%	-	-	-
BR 277 -Campo Largo	-	-	-	-	42%
Olaria Pioli	-	-	-	41%	-
Campina das Pedras	-	-	-	-	2%

Para condições de fluxos extremos, a Tabela 3 aponta: para a Estação (a) Montante Aterro Sanitário, uma redução de 23% de carga, em condições de vazões altas; para as Estação (c) BR 277 - Campo Largo e (e) Campina das Pedras, reduções de 42% e 2%, respectivamente, nas condições de vazões mínimas.

Para o trecho 1, condições de carga crítica foram observadas na Estação (b) Jusante Aterro Sanitário, para vazões de período úmido, requerendo uma redução 29% da carga para atendimento ao enquadramento. Considerando tratar-se de fontes de poluição difusa, aconselha-se a localização das possíveis fontes mais significativas, levando em consideração os processos de escoamento e área de contribuição, e a adoção de práticas de preservação de mata ciliar e controle de erosão.

Para o trecho 2, condições de carga crítica foram observadas na Estação (d) Olaria Pioli, para vazões de período seco, requerendo uma redução 41% da carga para atendimento ao enquadramento. Considerando tratar-se de fontes de poluição pontuais, aconselha-se a localização das possíveis fontes mais significativas, a fiscalização de lançamentos clandestinos (doméstico e industrial) e, se for o caso, instalação de rede coletora de esgoto.

CONCLUSÕES

A utilização de curvas de permanência na avaliação da qualidade da água demonstrou ser uma ferramenta alternativa que permite a visualização dos dados de uma maneira simplificada, propiciando a compreensão dos diversos públicos usuários de recursos hídricos. Essa abordagem também se destaca por avaliar o atendimento da qualidade da água adequada a cada condição hidrológica e vincular potenciais esforços a melhoria nas áreas e condições prejudicadas, melhorando o direcionamento das atividades de despoluição e restauração da qualidade da água do rio ou bacia hidrográfica. No entanto, fatores como o monitoramento parcial e não sincronizado de vazão e parâmetros de qualidade da água apresentam um desafio à utilização desta abordagem.

A Bacia do Rio Passaúna atende parcialmente ao enquadramento definido pela Resolução COALIAR nº 04, de 11 de julho de 2013, requerendo reduções de carga que variam de 2 a 42%.

O uso e ocupação do solo na bacia está diretamente relacionada a degradação da qualidade da água. Em permanências mais baixas (vazões mais altas) o tipo de ocupação revela a existência de fontes de poluição difusa, que relaciona a incompatibilidade das estações desta área principalmente aos processos de escoamento superficial. Enquanto em permanências mais baixas, há grandes indícios das fontes de poluição serem pontuais, característica de uma ocupação urbana.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2011). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente.
- CLELAND, B.R. (2003). “TMDL Development From the “Bottom Up” -- Part III: Duration Curves and Wet-Weather Assessments” in National TMDL Science and Policy 2003 - WEF Specialty Conference. Chicago, IL.
- CRUZ, J. C., TUCCI, C. E. M. (2008). “Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.13, n. 1, p. 111 - 124.

- CUNHA, D.G.F.; CALIJURI, M.C.; MENDIONDO, E.M. (2012). “Integração entre curvas de permanência de quantidade e qualidade da água como uma ferramenta para a gestão eficiente dos recursos hídricos”. Eng Sanit Ambient, v.17, n.4, pp. 369-376.
- DETZEL, D.H.M., FERNANDES, C.V.S., MINE, M.R.M. (2016). “Não estacionariedade na construção de Curvas de permanência com vistas à outorga de Recursos Hídricos”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 21, n. 1, pp. 80-87.
- DRUMMOND, S.B.M.; GURSKI, L.K.K.; LEITHOLD, J.; OLIVEIRA, D.M.; BUCHIR, L.M.S.T.; CENTENO, J.A.S. “Evolução do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Passaúna (1990 – 2017)” in Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Foz do Iguaçu- PR, nov. 2019, 1, pp. 1-10.
- INSTITUTO ÁGUA E TERRA (2021). “Sistema de Informações Hidrológicas”. Disponível em: <<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Sistema-de-Informacoes-Hidrologicas>>.
- MACHADO, E. S., KNAPIK H. G., BITENCOURT, C. C. A. (2019). “Considerações sobre o processo de enquadramento de corpos de água”. Eng Sanit Ambient, v. 24, n. 2, pp.261-269.
- MARQUES, L.O.A.; TAFFARELLO, D.; CALIJURI, M.C.; MENDIONDO, E.M.; FERREIRA, M.S.; CUNHA, D.G.F. (2019). “Phosphorus and thermotolerant coliforms’ loads in Brazilian watersheds with limited data: considerations on the integrated analysis of water quality and quantity”. Brazilian Journal of Water Resources, 24 - 3, pp 1 -13.
- PARANÁ. Comitê das Bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira – COALIAR (2013). Resolução nº 04, de 11 de julho de 2013. Curitiba -PR.
- SERRANO, L.O.; BORGES, A. C.; PRUSKI, F.F.; MELO, M.C. (2021). “A New Approach to Use Load Duration Curves to Evaluate Water Quality: A Study in the Doce River Basin, Brazil”. Water, 12 - 811, pp. 1-21.
- SPERLING, M. V. (2014). *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. UFMG Belo Horizonte - MG, 472p.
- SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL – SUDERHSA. (2002). “Capacidade do Sistema atual e medidas de controle de cheias”. SUDERHSA Curitiba – PR, 119p.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA (2007). “An Approach for Using Load Duration Curves in the Development of TMDLs”. pp. 1- 6.