

**PROPOSTA PRELIMINAR DE REENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE
ÁGUA EM CLASSES E AVALIAÇÃO DO SEU RISCO DE NÃO
ATENDIMENTO: estudo de caso da bacia do Alto Iguacu**

Maria Cristina F. Carvalho Marin¹; Clarissa Scuissiato², Cristóvão S. Fernandes³;

Monica F. A. Porto⁴

RESUMO – Este trabalho apresenta uma proposta de reenquadramento dos corpos de água em classes da bacia do Alto Iguacu, em função dos usos dos recursos hídricos preponderantes mais restritivos. Apresenta-se, também, uma avaliação expedita do risco de não atendimento do enquadramento proposto, considerando diferentes cenários de remoção de carga e de vazões, a partir da curva de permanência de vazões mensais da bacia estudada. Propõe-se que a avaliação de risco de não atendimento seja um critério que auxilie a definição das metas progressivas de enquadramento dos recursos hídricos.

ABSTRACT – This work presents a proposal for water quality standards criteria of the Iguacu river, as a function of the more restrictive water resources uses. The main contribution of this paper is the risk of non attendance of the proposed standards must be considered as part of progressive goals concept.

Palavras-chave: Enquadramento, risco de não atendimento, metas progressivas.

1) Pesquisadora da UFPR, Centro Politécnico s/n, Bloco 5, Caixa Postal: 19011, 81531-990 Curitiba – Paraná. E-mail: crismarin.dhs@ufpr.br

2) Estagiária de Engenharia Civil, Centro Politécnico s/n, Bloco 5, Caixa Postal: 19011, 81531-990 Curitiba – Paraná. E-mail: clarissa.dhs@ufpr.br

3) Professor Adjunto I da UFPR, Centro Politécnico s/n, Bloco 5, Caixa Postal: 19011, 81531-990 Curitiba – Paraná. E-mail: cris.dhs@ufpr.br

4) Professora Titular da USP, Av. Prof. Almeida Prado, 271 – Cidade Universitária, 05508-900, São Paulo – SP. E-mail: mporto@usp.br.

1 - OBJETIVO

Um dos instrumentos da Política de Recursos Hídricos é o enquadramento dos corpos de água em classes, conforme disposto na Lei nº 9.433/97. Segundo a Resolução CONAMA nº 357/05 é através do enquadramento que se estabelece a meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo. Para a efetivação do enquadramento poderão ser fixadas metas progressivas intermediárias de qualidade da água. Outro aspecto relevante ao enquadramento é que este deverá estar associado a uma vazão de referência.

Este instrumento da Política de Recursos Hídricos está sendo alvo de diversos estudos no país, entre eles destaca-se os estudos no âmbito do **PROJETO BACIAS CRÍTICAS: Bases técnicas para a definição de metas progressivas para seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão**, em desenvolvimento pelos pesquisadores dos Departamentos de Hidráulica e Saneamento da UFPR e USP, com recursos do FINEP/CTHIDRO. Entre os objetivos deste projeto tem-se a proposição de critérios para definição de metas progressivas de qualidade da água. Este artigo apresenta parte dos estudos desenvolvidos neste contexto, em que se avaliou, de forma expedita, o risco de não atendimento do enquadramento do corpo hídrico, considerando diferentes cenários de vazão e de remoção de matéria orgânica. A bacia hidrográfica do Alto Iguaçu, situada na Região Metropolitana de Curitiba, foi considerada como área de estudo de caso.

Este artigo representa uma abordagem preliminar de um assunto pouco publicado na literatura nacional e internacional. Claramente seu impacto é original, cujo potencial de aplicação é bastante evidente, em especial, em bacias críticas, como a do rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba.

2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde a área da Bacia do Alto Iguaçu, desde as suas nascentes até a confluência deste com o rio Verde, englobando uma área de cerca de 2.700 km², tendo o rio Iguaçu uma extensão de 97 km.

Assim, de montante para jusante, estão inseridas na área de estudo as sub-bacias dos seguintes principais afluentes das margens direita e esquerda do Iguaçu: margem direita: Iraí, Palmital, Atuba, Belém, Padilha, Barigui, Passaúna e Verde; e margem esquerda: Piraquara, Pequeno, Ressaca, Miringuava, Cotia, Maurício. A figura a seguir apresenta o diagrama topológico da bacia do Alto Iguaçu.

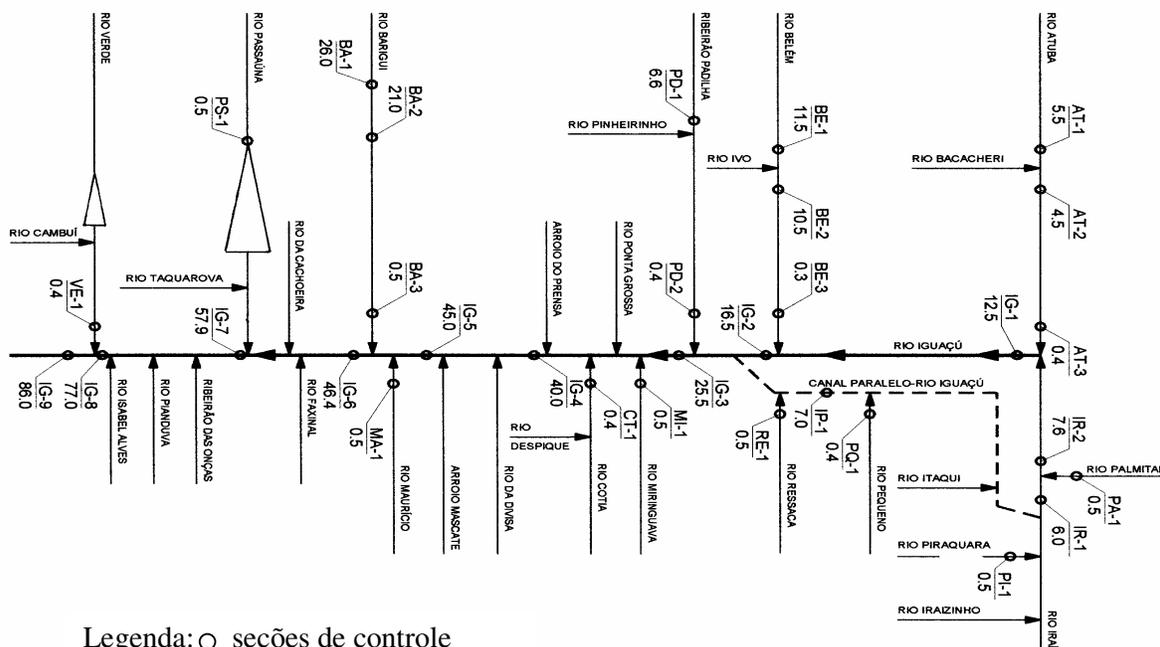


Figura 1 – Diagrama topológico da bacia do Alto Iguaçu

A bacia do Alto Iguaçu engloba parte da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), compreendendo, em todo ou em parte, 14 municípios mais urbanizados dos 25 municípios da RMC. Segundo COMEC (2002), a RMC apresentou a maior taxa de crescimento populacional dentre as Regiões Metropolitanas do Brasil, passando de uma população de aproximadamente 875.000 habitantes em 1970 para 2.700.000 em 2000. O processo de urbanização também ficou demonstrado pelo aumento substantivo da relação entre a população da RMC e a do Estado do Paraná, esta relação saltou de 12,5%, em 1970, para 28,5% em 2002 (COMEC, 2002).

Associado a este crescimento populacional, a bacia do Alto Iguaçu vem sofrendo grande pressão da ocupação urbana sobre os seus mananciais. Atualmente, são mais de 543 mil pessoas residindo em áreas de mananciais, o que corresponde a cerca de 20% da população total da RMC, de forma que grande parte dessa população não conta com infra-estrutura urbana, sobretudo relacionadas aos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário, fatores diretamente associados à degradação dos mananciais (COMEC, 2002).

Segundo as projeções populacionais realizadas no âmbito da COMEC (2002), verificou-se que, no período entre 2000 e 2020, haverá um acréscimo populacional da ordem de 1,5 milhões de

habitantes. Ou seja, grosso modo, significa que deverá se estruturar uma Curitiba do porte da atual em 20 anos.

Os impactos ambientais da RMC têm sido originados em parte por problemas sanitários, de qualidade da água, e por inundações, os quais constituem objeto de grandes preocupações dos organismos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos no Estado, e que têm sido rapidamente ampliados, em razão dos seguintes principais fatores: i) baixa declividade do rio Iguaçu; ii) ocorrência de rápida expansão urbana, trazendo com conseqüência uma crescente impermeabilização do solo metropolitano e um aumento das descargas de esgoto *in natura* nos cursos de água; iii) ocupações irregulares das várzeas dos rios; e iv) insuficiência de vazões para diluição de efluentes lançados, em razão de sua localização geográfica (cabecreira de rios) (COMEC, 2002).

Com relação ao problema de qualidade da água, o Projeto Bacias Críticas (Porto et al, 2007) fez o diagnóstico e o prognóstico da qualidade da água da bacia do Alto Iguaçu, buscando avaliar o seu grau de atendimento ao atual enquadramento dos corpos de águas em classes, conforme disposto pela Portaria da SUREHMA n° 20/1992.

Conforme disposto na Portaria citada, os rios da bacia do Alto Iguaçu estão incluídos na classe 2, com exceção dos seguintes: Classe especial: rios situados na área da serra do Mar (área tombada), rio Capitanduva e seus afluentes; e Classe 3: rio Belém, a jusante do bosque João Paulo II e rio Barigüi, a jusante do Parque Barigüi.

O diagnóstico de qualidade da água do Projeto Bacias Críticas (Porto et al, 2007) constatou que a maior parte dos cursos de água na bacia do Alto Iguaçu, possui condições atuais ruins, encontrando-se a grande maioria pior que classe 4 ou na classe 4. Esta assertiva também foi constatada no Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu, realizado pela SUDERHSA em 2000.

Entre as principais causas da deterioração da qualidade da água na bacia se destacam os efluentes domésticos e industriais. O sistema de esgotamento sanitário é insatisfatório, pois apenas 58,5% da população urbana da RMC possui rede de esgoto e 87% da mesma tem o seu esgoto tratado, com uma eficiência média de 70% (SANEPAR, 2006). Logo, uma grande parcela da população não conta com sistema de tratamento de esgoto, tendo seus afluentes lançados *in natura* nos cursos de água, sendo a causa primária de poluição dos rios, ainda agravada com os lançamentos de efluentes industriais.

Quanto à questão dos efluentes industriais, com base no Cadastro de Usuários dos Recursos Hídricos da Região Metropolitana de Curitiba, efetuado pela SUDERHSA, foram caracterizados 306 estabelecimentos industriais poluidores dos recursos hídricos, localizados na RMC. Praticamente 20% desses estabelecimentos, isto é, 57 indústrias, são responsáveis pelo lançamento

nos cursos de água de 95% das cargas poluidoras industriais, sendo que 45 desses estabelecimentos (79%) não atendem aos padrões de lançamento de cargas definidos pelo IAP, órgão de controle ambiental estadual.

No âmbito do Plano de Despoluição Hídrica (SUDERHSA, 2000) foram construídos cenários em termos de alternativas de situações futuras, no que tange à proposição de ações e ao conseqüente nível de poluição da águas, para o período entre 2000 e 2020. Entre os principais cenários estudados tem-se os cenários A e D.

O cenário A pressupõe o aumento das cargas poluidoras resultante do crescimento demográfico e da evolução das atividades industriais, sem a contrapartida no que se refere à adoção de medidas por parte dos usuários para a redução da poluição. Admitiu-se neste cenário que, no decorrer do período de planejamento, não deveria ser implantadas medidas de gestão, serviços e obras, para o controle da poluição dos rios da bacia do Alto Iguaçu.

Já o Cenário D considera a redução da poluição lançada nos rios, em conseqüência de intervenções para tratamento de efluentes de origem doméstica e industrial e resultantes do controle de poluição do escoamento superficial. Prevê-se a implantação das medidas de controle, mormente no que diz respeito à execução de obras de saneamento para cobrir o déficit existente do sistema de esgoto e medidas complementares, abrangendo ações estruturais e não-estruturais, visando ao atendimento das necessidades futuras, ao longo do período de planejamento. Foram propostas também ações de controle de uso do solo, de fontes pontuais e difusas de poluição hídrica, de educação ambiental, etc.

Foram considerados como disponíveis para a implantação do Cenário D, os recursos advindos das receitas decorrentes da cobrança pelo uso da água e ainda dos financiamentos, oriundos de diversas fontes. Estima-se um total de investimentos de R\$ 702 milhões (em valores de 2000), ao cabo do período de planejamento, das quais R\$ 520 milhões seriam de recursos oriundos da cobrança (SUDERHSA, 2000).

Os resultados da qualidade da água para o ano 2020 mostram que mesmo com a implementação do cenário D, os níveis de qualidade da água, ao longo de todo o rio Iguaçu, ficam muito aquém dos níveis admissíveis de poluição da qualidade da água, segundo o atual enquadramento dos corpos hídricos. Estes resultados se referem as concentrações da demanda bioquímica de oxigênio e do oxigênio dissolvido na bacia do rio Iguaçu, para a vazão de 95% de permanência (SUDERHSA, 2000).

Estes resultados colocaram em “cheque” a sustentabilidade do alcance das metas de qualidade da água relativa a classe 2 na Bacia do Alto Iguaçu, conforme disposto na Portaria da SUREHMA nº 20/92, no horizonte de 20 anos, em termos econômicos, ambientais e sociais.

Isto posto, e considerando a Resolução do CONAMA nº 357/2005, que trouxe novas diretrizes para a proposta de enquadramento dos cursos de água e quanto a efetivação do enquadramento, propõem-se a seguir o reenquadramento do rio Iguaçu e de alguns de seus principais afluentes com base nos usos preponderantes mais restritivos, atuais e pretendidos.

3 - PROPOSTA PRELIMINAR DE REENQUADRAMENTO DO RIO IGUACU E DE SEUS PRINCIPAIS AFLUENTES SEGUNDO OS USOS PREPONDERANTES

3.1 - Avaliação dos usos dos recursos hídricos atuais e pretendidos

Para a proposição do reenquadramento dos cursos de água segundo os usos preponderantes, conforme disposto na Resolução do CONAMA nº 357/05, faz-se necessário avaliar os usos dos recursos hídricos preponderantes, atuais e pretendidos, na bacia em estudo.

O Plano de Despoluição Hídrica, segundo SUDERHSA (2000), realizou a estimativa dos usos dos recursos hídricos no ano de 2005 em toda a bacia do Alto Iguaçu. A tabela 1 apresenta os usos dos recursos hídricos mais preponderantes situados ao longo do rio Iguaçu e dos principais afluentes estudados.

O Plano citado também fez um prognóstico dos usos futuros na bacia, considerando períodos quinquenais: 2005; 2010; 2015 e 2020.

Este prognóstico se baseou em estimativas de crescimento de cada uso fornecidas pelos órgãos públicos competentes, como a SUDERHSA, EMATER, IBGE e SANEPAR.

Em relação ao uso assimilação de esgoto, a estimativa de carga de esgoto remanescente foi obtida considerando o crescimento populacional, a evolução das atividades industriais e alterações no uso do solo. A estimativa da carga futura de esgoto foi realizada sem considerar a implementação de medidas de despoluição propostas no âmbito do Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu. O Plano previu apenas aquelas medidas de despoluição que já estavam planejadas para serem implementadas no âmbito de programas firmados anteriormente pelo Estado, como as medidas propostas nos programas PARANASAN, PROSAM, entre outros.

Portanto, as medidas de despoluição consideradas nas estimativas de cargas, para todo o horizonte de projeto, foram: a manutenção da operação e a utilização da capacidade máxima das unidades dos sistema de esgoto sanitário e de tratamento de efluentes industriais existentes; a não eliminação de ligações irregulares de esgoto; e a permanência das atividades atuais de varrição das ruas. Este cenário de medidas de despoluição hídrica foi denominado pelo Plano de Despoluição Hídrica de **cenário A**.

Tabela 1 – Usos dos recursos hídricos preponderantes situados no rio Iguaçu e em seus afluentes – ano2005

| Rio | Seção de controle Si | Uso do recurso hídrico preponderante | Classe proposta de reenquadramento |
|------------|-----------------------------|---|---|
| Piraquara | PI-1 | Abastecimento Público | 2 |
| Iraí | IR-1=P1 | Abastecimento industrial | 4 |
| Palmital | PA-1 | Assimilação de esgoto doméstico | 4 |
| Iraí | IR-2 | Abastecimento público | 2 |
| Atuba | AT-1 | Assimilação de esgoto industrial | 4 |
| Atuba | AT-2 | Harmonia paisagística | 4 |
| Atuba | AT-3 | Assimilação de esgoto doméstico | 4 |
| Iguaçu | IG-1=P2 | Assimilação de esgoto industrial | 4 |
| Pequeno | PQ-1 | Abastecimento Público | 2 |
| Ressaca | RE-1 | Assimilação de esgoto difuso | 4 |
| Belém | BE-1 | Harmonia paisagística | 4 |
| Belém | BE-2 | Assimilação de esgoto doméstico | 4 |
| Belém | BE-3 | Harmonia paisagística | 4 |
| Iguaçu | IG-2 | Assimilação de esgoto doméstico | 4 |
| Padilha | PD-1 | Abastecimento industrial | 4 |
| Padilha | PD-2 | Assimilação de esgoto doméstico | 4 |
| Iguaçu | IG-3 | Assimilação de esgoto doméstico | 4 |
| Miringuava | MI-1 | Irrigação | 2 |
| Iguaçu | P3 | Assimilação de esgoto industrial | 4 |
| Cotia | CT-1 | Dessedentação de animais | 3 |
| Iguaçu | IG-4 | Assimilação de esgoto difuso | 4 |
| Iguaçu | IG-5 | Dessedentação de animais | 3 |
| Maurício | MA-1 | Irrigação | 2 |
| Barigüi | BA-1 | Harmonia paisagística | 4 |
| Barigüi | BA-2 | Harmonia paisagística | 4 |
| Barigüi | BA-3 | Assimilação de esgoto industrial | 4 |
| Iguaçu | IG-6 | Assimilação de esgoto industrial | 4 |
| Passaúna | PS-1 | Abastecimento público | 2 |
| Iguaçu | P4 | Dessedentação de animais | 3 |
| Iguaçu | IG-7 | Dessedentação de animais | 3 |
| Iguaçu | P5 | Dessedentação de animais | 3 |
| Iguaçu | IG-8 | Dessedentação de animais | 3 |
| Verde | VE-1 | Dessedentação de animais | 3 |
| Iguaçu | IG-9 | Assimilação de esgoto doméstico | 4 |

Fonte: SUDERHSA (2000)

A partir do prognóstico realizado pelo Plano de Despoluição (SUDERHSA, 2000), verificou-se que na bacia do Alto Iguaçu os usos dos recursos hídricos permanecem os mesmos ao longo de todo o período de 20 anos analisado, ocorrendo, entretanto, para determinados usos, alterações no seu grau de ocorrência.

3.4 - Proposição preliminar do reenquadramento em classes da bacia do Alto Iguaçu

A avaliação dos usos dos recursos hídricos atuais e futuros do rio Iguaçu e de seus principais afluentes possibilitou a proposição do reenquadramento em classes dos rios, em caráter preliminar.

Conforme constatado pelo Plano de Despoluição Hídrica da bacia do Alto Iguaçu (SUDERHSA, 2000), os usos dos recursos hídricos nestas bacias não se alteram ao longo do período de 20 anos analisado. Sendo assim, a proposta de reenquadramento da bacia do Alto Iguaçu, são referentes ao ano de 2020 e está indicada na tabela 1 apresentada anteriormente.

No caso do rio Iguaçu, caracterizado por apresentar usos de assimilação de esgoto, especialmente na porção mais de montante, e uso para dessedentação de animais, na porção mais de jusante, a proposta de reenquadramento é quanto a classe 4, nos trechos IG01 a IG04, IG6 e IG9 e classe 3 nos trechos IG05 a IG08.

Já os afluentes Iraí, entre as seções de controle IR1 e IR2, Piraquara, Pequeno, Passaúna, Miringuava e Mauricio permanecem com a mesma proposta de enquadramento, relativo a classe 2, disposto na Portaria da SUREHMA nº 20/1992. Isto se deve, pois os afluentes Miringuava e Mauricio concentram atividades agrícolas com grande demanda por irrigação e as demais bacias listadas são importantes mananciais de abastecimento público da Região Metropolitana de Curitiba, usos estes compatíveis com a classe 2.

As bacias dos rios Cotia e Verde foram reenquadradas como classe 3, por apresentarem ao longo de suas bacias o uso de dessedentação de animais.

As bacias do rio Atuba, entre os trechos AT1 e AT2, do rio Belém, das nascentes até a seção de controle BE1 e no trecho entre BE2 e BE3, e no rio Barigui, das nascentes até a seção de controle BA2, foram reenquadradas como classe 4, por apresentarem nos trechos indicados usos relativo a harmonia paisagística.

E finalmente, as bacias dos rios Palmital, Ressaca, Padilha e nos demais trechos dos rios Atuba, Belém e Barigui foram reenquadradas como classe 4, por apresentarem usos preponderantes de diluição, transporte e disposição final de esgotos de fontes: doméstica, industrial e difusa.

4 - AVALIAÇÃO DO RISCO DE NÃO ATENDIMENTO DO REENQUADRAMENTO PROPOSTO PARA O RIO IGUACU E SEUS AFLUENTES

4.1 - Metodologia de estudo

Adotou-se uma metodologia simplificada para a avaliação do risco de não atendimento do enquadramento, aplicada a bacia do Alto Iguaçu, descrita a seguir.

Para esta avaliação foi considerada a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) como parâmetro base de comparação ao padrão de qualidade da água estabelecido pelo enquadramento. As concentrações de DBO foram calculadas, de forma expedita, a partir das curvas de permanência de vazões dos rios estudados. O cálculo da concentração se deu através da seguinte equação:

$$C = \frac{W}{Q_{\text{rio}} + Q_{\text{esgoto}}} \quad (1)$$

Onde: C é a concentração da DBO (mg/l);

W é a carga de esgoto remanescente (kg/dia);

Q_{rio} é a vazão natural do rio (m^3/s) e

Q_{esgoto} é a vazão de esgoto (m^3/s).

A partir da curva de permanência de vazões e conhecida a carga de esgoto remanescente lançada no rio, foi possível avaliar para qual permanência de vazão, a concentração de DBO atende ao limite estabelecido pelo enquadramento. Desta forma, tem-se que o risco de não atendimento é obtido pela diferença entre o valor da permanência da vazão do rio que atende ao enquadramento proposto e a permanência de 100%.

Esta avaliação foi realizada para diferentes cenários de remoção de carga, proposto no âmbito do Projeto Bacias Críticas (Porto et al, 2007), em função da implementação de medidas hipotéticas de despoluição hídrica na bacia. Estes cenários procuraram representar diferentes estratégias de investimentos para a efetivação do enquadramento dos recursos hídricos ao longo do tempo. Os cenários estudados são no total de três, denominados por cenários A, B e C, brevemente descritos a seguir.

O **cenário A** é aquele em que se opta por alocar maiores investimentos em despoluição hídrica nos primeiros períodos do horizonte de projeto, diminuindo gradativamente o incremento de intervenções na bacia. Portanto, tem-se maiores benefícios na melhoria da qualidade da água no início do Plano de Investimentos.

O **cenário B** é formado por grau de intervenções lineares ao longo do tempo, portanto, os investimentos também são lineares no horizonte de projeto.

E finalmente, o **cenário C** corresponde ao oposto do **cenário A**. Neste cenário os maiores investimentos ocorrem nos últimos períodos do horizonte de projeto, conseqüentemente os maiores benefícios também ocorrerão neste período.

A figura a seguir ilustra as diferenças de estratégias de investimentos de cada um dos cenários propostos.

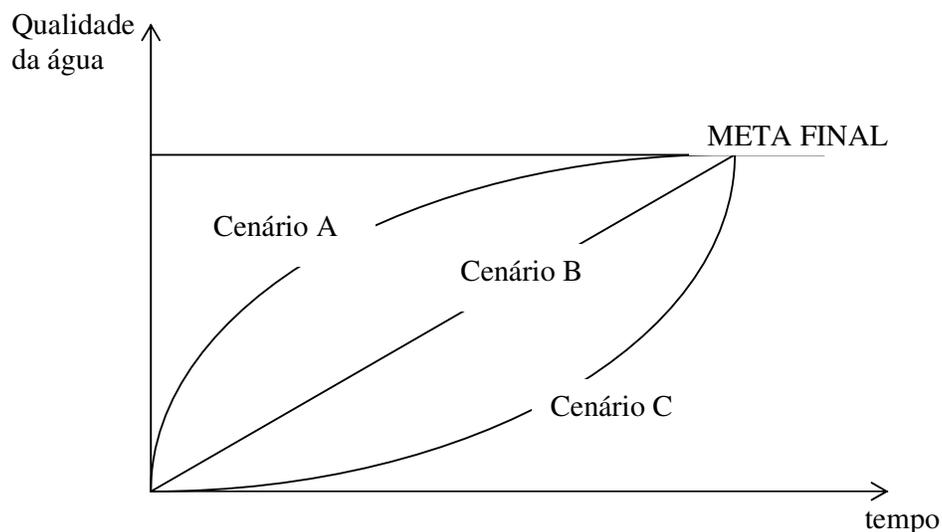


Figura 2 – Estratégias de investimentos dos cenários de despoluição hídrica A, B e C da bacia do Alto Iguaçu

Nos três cenários de despoluição hídrica considerados, o maior grau de intervenções se dará na porção da bacia do Alto Iguaçu, onde ocorre os maiores lançamentos de carga de DBO no rio, ou seja, acima de 10.500 kgDBO/dia, correspondendo ao que foi denominado de Bloco dos Grandes Poluidores. O Bloco dos Médios Poluidores, relativo aos trechos da bacia do Alto Iguaçu onde ocorrem o lançamento de carga de DBO entre 4.500 e 10.500 kg DBO/dia, será alvo de intervenções de médio porte (em termos relativos) e o Bloco do Pequenos Poluidores, que corresponde aos trechos da bacia do Alto Iguaçu onde ocorrem o lançamento de carga de DBO inferior a 4.500 kg DBO/dia, receberá o menor grau de intervenções, por se encontrar em melhores condições de qualidade da água em relação aos demais blocos.

A tabela na seqüência apresenta o grau de intervenções em despoluição hídrica de cada cenário ao longo do tempo, que corresponde as metas progressivas de efetivação do enquadramento dos cenários em questão.

Tabela 2 – Metas Progressivas de efetivação do enquadramento dos recursos hídricos: Graus de intervenções dos cenários A, B e C para cada bloco de seções da bacia do Alto Iguaçu ao longo do tempo

| CENARIOS | GRANDES POLUIDORES | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--------------------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|-----|------|
| | 2005 | | | 2010 | | | 2015 | | | 2020 | | | 2025 | | |
| | % C | %T | % Ef | % C | %T | % Ef | % C | %T | % Ef | % C | %T | % Ef | % C | %T | % Ef |
| A | 80 | 30 | 80 | 85 | 60 | 80 | 90 | 80 | 80 | 90 | 90 | 80 | 95 | 100 | 80 |
| B | 55 | 20 | 80 | 65 | 40 | 80 | 75 | 60 | 80 | 85 | 80 | 80 | 95 | 100 | 80 |
| C | 50 | 10 | 80 | 55 | 20 | 80 | 65 | 40 | 80 | 80 | 70 | 80 | 95 | 100 | 80 |

| CENARIOS | MÉDIOS POLUIDORES | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------------------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|-----|------|
| | 2005 | | | 2010 | | | 2015 | | | 2020 | | | 2025 | | |
| | % C | %T | % Ef | % C | %T | % Ef | % C | %T | % Ef | % C | %T | % Ef | % C | %T | % Ef |
| A | 60 | 30 | 80 | 75 | 60 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 90 | 80 | 80 | 100 | 80 |
| B | 50 | 20 | 80 | 55 | 40 | 80 | 65 | 60 | 80 | 75 | 80 | 80 | 80 | 100 | 80 |
| C | 50 | 10 | 80 | 50 | 20 | 80 | 60 | 40 | 80 | 70 | 70 | 80 | 80 | 100 | 80 |

| CENARIOS | MANANCIASIS | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|-----|------|
| | 2005 | | | 2010 | | | 2015 | | | 2020 | | | 2025 | | |
| | % C | %T | % Ef | % C | %T | % Ef | % C | %T | % Ef | % C | %T | % Ef | % C | %T | % Ef |
| A | 60 | 30 | 80 | 60 | 60 | 80 | 60 | 80 | 80 | 60 | 90 | 80 | 60 | 100 | 80 |
| B | 50 | 20 | 80 | 52,5 | 40 | 80 | 55 | 60 | 80 | 57,5 | 80 | 80 | 60 | 100 | 80 |
| C | 45 | 10 | 80 | 45 | 20 | 80 | 50 | 40 | 80 | 60 | 70 | 80 | 60 | 100 | 80 |

Nota: %C – percentual de coleta; %T – percentual tratado; %Ef – percentual eficiencia

Todavia, além dos cenários citados, também foi considerado o cenário de medidas de despoluição hídrica com alto grau de intervenção, em que admitiu-se 95% de coleta de esgoto, com 100% de tratamento e eficiência de 80% de remoção. Este cenário foi denominado de cenário hipotético.

A partir da metodologia descrita e considerando os cenários supracitados foi realizada avaliação do risco de não atendimento do reenquadramento proposto para o rio Iguaçu e seus principais afluentes, junto as seções de controle apresentadas na tabela 1 e figura 1. Os dados utilizados e os resultados são apresentados a seguir.

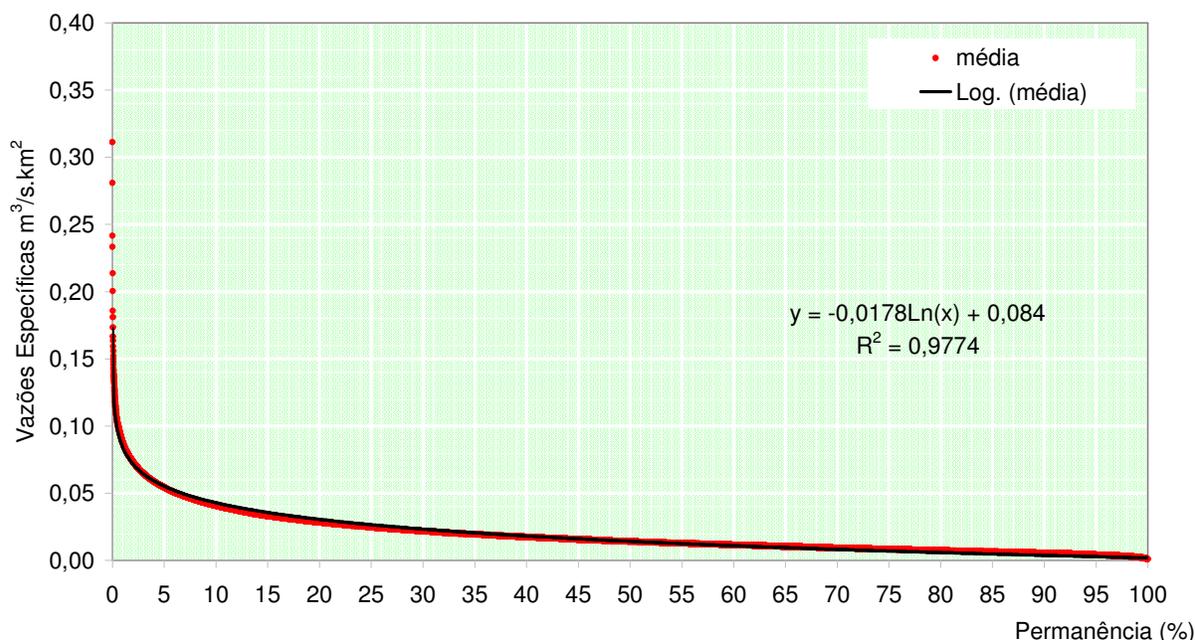
4.2 Vazões consideradas no estudo

As curvas de permanência de cada um dos rios estudados foram obtidas a partir da curva de permanência de vazões específicas médias para a Bacia do Alto Iguaçu, construída no âmbito do Projeto Bacias Críticas (Porto et al, 2006). A curva de permanência de vazões específicas médias citada é apresentada na figura 3 a seguir.

Na figura 3 é apresentado o ajuste de uma equação logarítmica representativa da curva de permanência de vazões específicas médias da bacia do Alto Iguaçu. A partir desta equação pode-se facilmente obter a vazão específica média para qualquer tempo de permanência (Equação 2).

$$q_{\%PER} = -0.0178 \ln(\%PER) + 0.084 \quad (2)$$

Onde: $q_{\%PER}$ - vazão específica média ($m^3/s.km^2$) para um tempo de permanência ($\%PER$) e
 $\%PER$ – tempo de permanência.



Fonte: Projeto Bacias Críticas (2006)

Figura 3 – Curva de permanência de vazões específicas médias da Bacia do Alto Iguaçu

A partir da Equação 2 foram determinadas as curvas de permanências de vazões médias para todos as seções de controle (vide tabela 1) estudadas ao longo do rio Iguaçu e de seus afluentes.

4.3 - Cargas de esgoto remanescente

As cargas de esgoto remanescentes consideradas no estudo foram as estimadas pelo Projeto Bacias Críticas (Porto et al, 2007). Os valores das cargas de cada um dos rios estudados, apresentados na tabela a seguir, referem-se a carga gerada na área incremental que drena cada seção de controle considerada, relativo ao ano de 2005. Foram sobre estas cargas remanescentes que se aplicaram os cenários de medidas de despoluição, apresentados no item anterior, para avaliação do risco de não atendimento do enquadramento proposto em cada trecho de rio estudado.

Tabela 3 - Carga remanescente de DBO por seção de controle referente ao ano 2005

| Grande Poluidor | | | Medio Poluidor | | | Pequeno Poluidor | | |
|-----------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Rio | Seção de Controle | Carga DBO (Kg/dia) | Rio | Seção de Controle | Carga DBO (Kg/dia) | Rio | Seção de Controle | Carga DBO (Kg/dia) |
| Iguaçu | IG-2 | 52.585 | Belém | BE1 | 9.110 | Belém | BE3 | 4.429 |
| Padilha | PD2 | 20.880 | Iraí | IR1-P1 | 7.806 | Barigui | BA2 | 3.933 |
| Barigui | BA3 | 16.825 | Pequeno | PQ1 | 7.134 | Passaúna | PS1 | 3.879 |
| Barigui | BA1 | 15.029 | Belém | BE2 | 6.862 | Iguaçu | IG-5 | 2.898 |
| Iguaçu | IG-6 | 14.646 | Verde | VE1 | 6.446 | Miringuava | MI1 | 2.856 |
| Iguaçu | IG1-P2 | 12.840 | Iraí | IR-2 | 6.112 | Padilha | PD1 | 2.326 |
| Atuba | AT1 | 12.530 | Iguaçu | IG-4 | 4.788 | Atuba | AT2 | 2.419 |
| Iguaçu | IG-3 | 11.811 | Ressaca | RE1 | 4.734 | Atuba | AT3 | 2.238 |
| Palmital | PA1 | 10.536 | Iguaçu | P4 | 4.521 | Cotia | CT1 | 1.629 |
| | | | | | | Iguaçu | IG-9 | 1.412 |
| | | | | | | Maurício | MA1 | 1.235 |
| | | | | | | Iguaçu | IG-7 | 1.222 |
| | | | | | | Piraquara | PI1 | 1.064 |
| | | | | | | Iguaçu | P5 | 853 |
| | | | | | | Iguaçu | P3 | 693 |
| | | | | | | Iguaçu | IG-8 | 218 |

Fonte: Projeto Bacias Críticas (Porto et al., 2007)

4.4 Resultados da avaliação

Apresentar-se-ão, a seguir, os resultados da avaliação dos cenários de remoção de carga de esgoto sobre a concentração de DBO, considerando as curvas de permanência de vazões de cada rio estudado.

A tabela 4 mostra os valores de risco de não atendimento do enquadramento proposto, em cada rio estudado, para os cenários cujo objetivo é de reduzir o impacto das cargas remanescentes geradas em 2005. No caso das seções de controle cuja proposta de reenquadramento é relativa a classe 4, o risco de não atendimento aos padrões de qualidade da água foi definido considerando a concentração limite de DBO igual a 25 mg/l. Os pesquisadores admitiram a hipótese deste valor ser o máximo aceitável de concentração de DBO da classe 4, visto que a Resolução do CONAMA nº 357/2005 não estabelece limite superior para este parâmetro.

Tabela 4 – Risco de não atendimento da proposta de reenquadramento dos corpos de água da bacia do Alto Iguaçu – ano 2005

| Rio | Seção de Controle | Área (km ²) | Risco de não enquadramento (%) | | | | Proposta de reenquadramento (classe) | Categoria do Poluidor (Bloco) |
|------------|-------------------|-------------------------|---------------------------------|-----|-----|------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| | | | Cenários de despoluição hídrica | | | | | |
| | | | A | B | C | Hipotético | | |
| Iraí | IR1=P1 | 229,2 | 43 | 47 | 48 | 3 | 4 | M |
| | IR2 | 325,3 | 85 | 87 | 89 | 35 | 2 | M |
| Iguaçu | IG1=P2 | 454,3 | 34 | 39 | 41 | 0 | 4 | G |
| | IG2 | 555,7 | 81 | 85 | 87 | 25 | 4 | G |
| | IG3 | 800,5 | 15 | 18 | 20 | 0 | 4 | G |
| | P3 | 1.019,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | P |
| | IG4 | 1.227,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | M |
| | IG5 | 1.275,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | P |
| | IG6 | 1.682,0 | 6 | 8 | 9 | 0 | 4 | G |
| | P4 | 1.781,3 | 2 | 3 | 3 | 0 | 3 | P |
| | IG7 | 1.985,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | P |
| | P5 | 2.153,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | P |
| | IG8 | 2.210,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | P |
| | IG9 | 2.459,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | P |
| Piraquara | PI1 | 102,0 | 64 | 67 | 69 | 17 | 2 | P |
| Palmital | PA1 | 93,5 | 86 | 90 | 91 | 31 | 4 | G |
| Pequeno | PQ1 | 137,0 | 100 | 100 | 100 | 75 | 2 | M |
| Atuba | AT1 | 74,8 | 95 | 97 | 100 | 45 | 4 | G |
| | AT2 | 106,8 | 32 | 34 | 36 | 2 | 4 | P |
| | AT3 | 118,7 | 23 | 25 | 27 | 0 | 4 | P |
| Belem | BE1 | 10,8 | 100 | 100 | 100 | 97 | 4 | M |
| | BE2 | 33,9 | 100 | 100 | 100 | 53 | 4 | M |
| | BE3 | 89,3 | 59 | 62 | 64 | 9 | 4 | P |
| Ressaca | RE1 | 15,0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 4 | M |
| Padilha | PD1 | 7,8 | 100 | 100 | 100 | 71 | 4 | P |
| | PD2 | 31,6 | 100 | 100 | 100 | 93 | 4 | G |
| Barigui | BA1 | 161,2 | 81 | 85 | 86 | 25 | 4 | G |
| | BA2 | 184,3 | 27 | 29 | 31 | 0 | 4 | P |
| | BA3 | 267,9 | 66 | 71 | 73 | 14 | 4 | G |
| Miringuava | MI1 | 214,3 | 73 | 76 | 78 | 24 | 2 | P |
| Cotia | CT1 | 153,3 | 37 | 40 | 42 | 3 | 3 | P |
| Mauricio | MA1 | 138,5 | 57 | 60 | 62 | 13 | 2 | P |
| Passauna | PS1 | 96,6 | 100 | 100 | 100 | 65 | 2 | P |
| Verde | VE1 | 242,1 | 73 | 76 | 77 | 48 | 3 | M |

Nota: Hipotético: cenário com 95% de coleta de esgoto e 100% de tratamento

G: bloco do grande poluidor; M: bloco do médio poluidor e P: bloco do pequeno poluidor

Área de drenagem acumulada de cada bacia hidrográfica

Fonte: Projeto Bacias Críticas (Porto et al, 2007).

Como pode-se observar na tabela, os riscos de não atendimento do enquadramento proposto não diferem significativamente entre os cenários A, B e C estudados. Ao longo do rio Iguaçu, identificou-se que o trecho de rio que drena a seção de controle IG2 possui risco bastante alto de não atendimento a sua proposta de reenquadramento, relativa a classe 4. Este risco é da ordem de 85% para os cenários A, B e C e de 25 % para o caso do cenário hipotético, em que se considera a

remoção de 95% de carga remanescente, com 100% de tratamento e 80% de eficiência. Isto se deve aos grandes lançamentos de esgoto oriundos das ETE's Atuba Sul e Belém, totalizando carga da ordem 52.500 kg DBO/dia. Nos demais trechos do rio Iguaçu o risco de não atendimento aos padrões de qualidade da água proposto é bastante baixo. A figura a seguir ilustra a curva de permanência de concentração de DBO, para diferentes cenários de remoção de carga no rio Iguaçu, na área incremental da seção de controle IG2, relativo ao ano 2005.

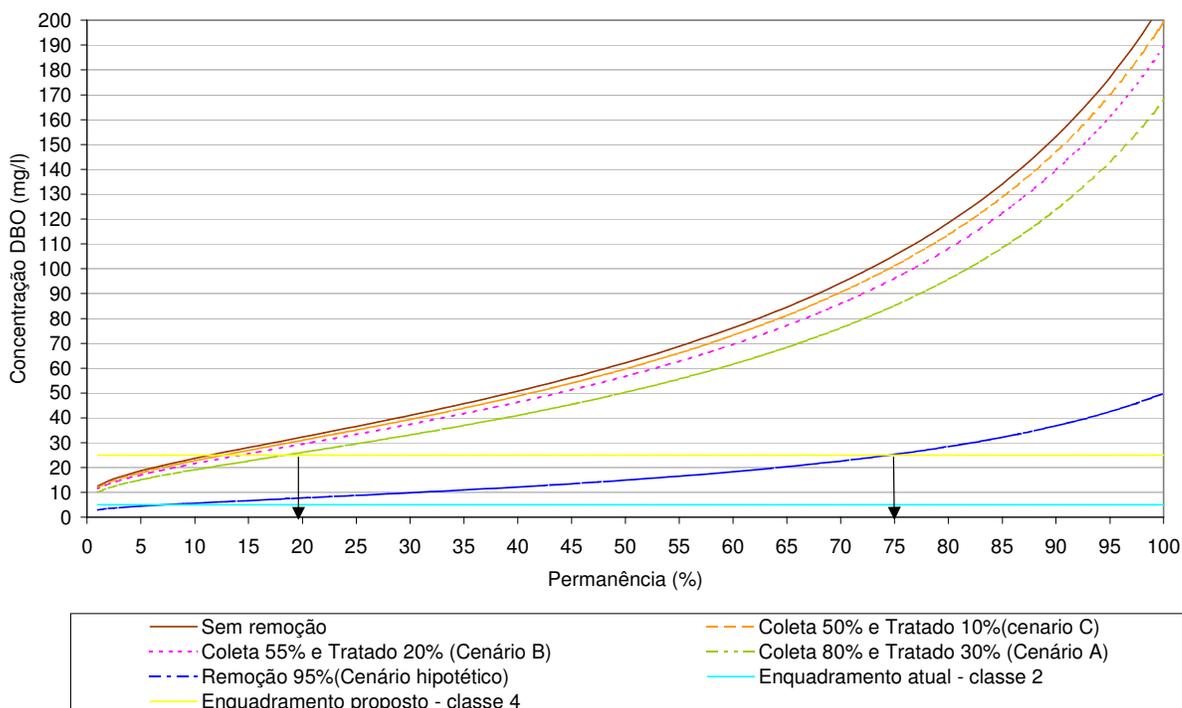


Figura 4 – Curva de permanência de concentração de DBO para diferentes cenários de remoção de carga no rio Iguaçu - seção de controle IG2 – ano 2005

Para o caso dos mananciais de abastecimento público, como os rios Iraí na seção IR2, Piraquara e Passaúna, os riscos de não atendimento ao enquadramento relativo a classe 2 são elevados, sendo da ordem de 87%, 67% e 100% respectivamente, admitindo-se a implementação dos cenários A, B e C de despolição hídrica. Estes riscos caem significativamente quando da consideração da implementação do cenário hipotético, para a ordem de 35%, 17% e 65% respectivamente. No entanto, ao admitirmos uma maior flexibilização no padrão de qualidade da água destes mananciais, como por exemplo, relativo a classe 3, o risco de não atendimento passa para 60%, 40% e 90% respectivamente quando da consideração dos cenários A, B e C. E para 13%, 2% e 35% no caso do cenário hipotético. A título ilustrativo apresenta-se a seguir a curva de permanência de concentração de DBO para o rio Piraquara, na seção PI1, para diferentes cenários de remoção de carga no ano 2005.

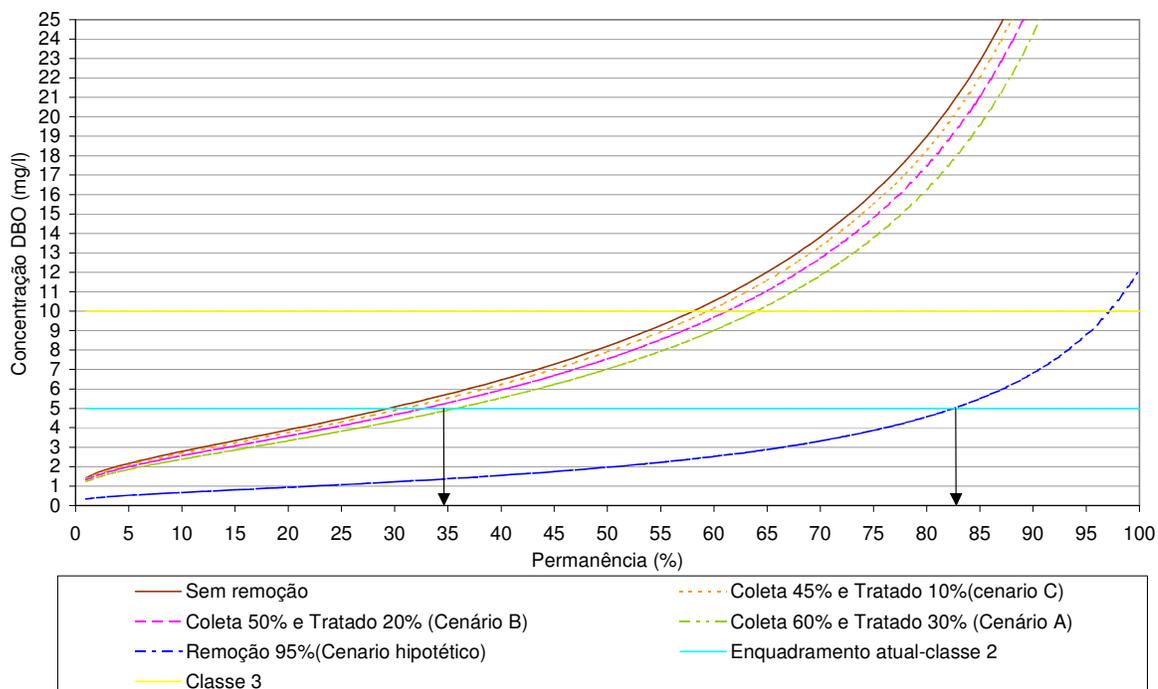


Figura 5 – Curva de permanência de concentração de DBO para diferentes cenários de remoção de carga no rio Piraquara - seção de controle PI1 – ano 2005

Bacias como as dos rios Belém, Ressaca, Padilha e Pequeno não atendem para nenhum tempo de permanência os padrões de qualidade da água relativo a classe 4. Estas bacias atendem a proposta de reenquadramento apenas para o caso do cenário hipotético, mas mesmo assim com alto risco de não atendimento.

5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo apresentado, apesar de caráter expedito, mostra que o rio Iguazu, em quase toda sua extensão, alcança os padrões de qualidade da água relativos a proposta de enquadramento de classe 3 e 4, com risco baixo ou nulo, implementando-se graus de intervenções da ordem dos cenários A, B, e C. A única exceção é da área incremental que drena a seção de controle IG2, devido a ocorrência de grandes lançamentos de esgoto remanescentes das ETE's Atuba Sul e Belém.

No entanto, no caso dos afluentes do rio Iguazu, o atendimento dos padrões de qualidade da água relativos a proposta de reenquadramento não ocorre, pelos menos não em situação de baixo risco de não atendimento. Esta situação pode ser considerada bastante crítica em especial para o

caso dos afluentes que são mananciais de abastecimento público. Os afluentes do rio Iguazu possuem, em termos relativos, áreas de drenagem de pequeno porte e com baixa capacidade de assimilação de efluentes em relação ao tamanho das cargas de poluição que são lançadas em seus corpos hídricos.

É importante ressaltar que, apesar do caráter expedito do cálculo das concentrações de DBO, que levam na curva de permanência deste parâmetro, e por conseguinte, na definição do risco de não atendimento ao enquadramento, o critério **risco** se configurou como uma variável relevante de apoio a decisão. Este critério possibilita, de forma clara e objetiva, avaliar o impacto das metas progressivas de qualidade da água, segundo os cenários de medidas de despoluição propostos, dentro do contexto de um plano de efetivação do enquadramento.

AGRADECIMENTOS

A FINEP, CT-Hidro e CNPQ pelo financiamento do projeto. A SUDERHSA e ao Laboratório de Engenharia Ambiental Francisco Borsari Netto pelo auxílio na execução deste trabalho, através da técnica Cristiane Antunes e de Luiz Carlos Barbosa.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL. Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 08 jan. 1997.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. 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. Brasília, 17 mar. 2005.

COMEC – COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Plano de desenvolvimento integrado da região metropolitana de Curitiba e plano de proteção ambiental e reordenamento territorial em áreas de mananciais**. Curitiba : COMEC, 2002.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANA – SANEPAR, 2006

SUDERHSA - SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de atividades 2000**. Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu. Curitiba-PR. 2000.

PORTO, M. F. A. et. al. **Relatório parcial nº 10**. Bacias Críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas para seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão. FINEP, Curitiba, 2006.

PORTO, M. F. A. et. al. **Relatório parcial nº 12**. Bacias Críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas para seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão. FINEP, Curitiba, 2007.