

ANÁLISE DE BENEFÍCIO ECONÔMICO EM DESPOLUIÇÃO HÍDRICA COMO INSTRUMENTO DE SUPORTE À TOMADA DE DECISÕES: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO ALTO IGUAÇU

Maria Cristina Frisch Carvalho Marin¹ & Fabio Ramos²

Resumo - Entre os instrumentos que auxiliarão na implementação da política de recursos hídricos e no seu gerenciamento tem-se o Plano de Recursos Hídricos, cuja formulação é de responsabilidade das Agências de Água. O processo decisório, no âmbito das Agências de Água, deve se dar com base em instrumentos de suporte à tomada de decisões que embute maior objetividade nas decisões, mensure os objetivos pretendidos e aponte alternativa mais viável de ser implementada, no âmbito das restrições orçamentária, tecnológica e física. É neste contexto, que se aborda a análise econômica de benefícios de despoluição hídrica, como instrumento de auxílio à tomada de decisão para viabilização do plano de despoluição hídrica de uma bacia hidrográfica. A metodologia proposta baseia-se na quantificação dos benefícios a partir de um parâmetro de decisão, que relaciona o grau de redução de poluentes no corpo hídrico, a importância relativa dos usos dos recursos hídricos e dos parâmetros de qualidade da água. Esta metodologia foi empregada para avaliar os benefícios dos cenários de medidas de despoluição propostos no âmbito do Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu, função da meta de despoluição, considerada igual a classe de uso estabelecida pelo enquadramento do corpo hídrico em questão.

Abstract - The Water Resource Plan is a main tool that will assist in the implementation of the water resources policy and management. The formulation of this Plan is a responsibility of the Water Agencies, and the decision making process, in the scope of the Agencies, must be based on decision making support instruments which will enable greater objectivity in the decisions, measure the intended objectives, and point out the best alternative to be implemented, in the scope of budgetary, technological and physical restrictions. In this context, this paper considers the analysis of economic benefits of water depollution actions, as an auxiliary instrument to formulate a Water

¹Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná –Departamento de Hidráulica e Saneamento – Consultora pela RHE Consultoria e Participações.– Fone (41) 336-7350 – mariacristina@rhe.com.br

² Doutor em Recursos Hídricos pelo MIT – Professor do Curso de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná –Departamento de Hidráulica e Saneamento – Diretor da RHE Consultoria e Participações.– Fone (41) 336-7350 – fabioramos@rhe.com.br

Depollution Plan of a river basin. The proposed methodology of this paper is based in the quantification of benefits as a function of a decision parameter, which relates the degree of reduction of pollutants in the water body and the relative importance of the uses of the water resources and the parameters of water quality. This methodology was used in a case study, the evaluation of the economic performance of the Water Depollution Plan, where the economic benefits were estimated by using the legally defined acceptable water pollution level, and its associated cost of achievement as a reference.

Palavras-chave - despoluição, benefício, hierarquização

INTRODUÇÃO

O modelo institucional proposto pela Política Estadual de Recursos Hídricos do Paraná, disposta na Lei nº 12.726/99, é um modelo de responsabilidades compartilhadas entre o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, Comitês de Bacias Hidrográficas e as Agências de Água, cuja articulação com os usuários de recursos hídricos assume caráter essencial na gestão e planejamento dos recursos hídricos. Estes agentes, assumindo papel de tomadores de decisão, são responsáveis diretos para a viabilização da política de recursos hídricos.

A Agência de Água da Bacia do Alto Iguaçu, formada por uma associação dos usuários dos recursos hídricos, é responsável pela elaboração do Plano Diretor dos Recursos Hídricos na sua área de atuação, através da elaboração dos estudos necessários para a gestão dos recursos hídricos, da proposição do enquadramento dos corpos de água nas classes de uso e nos valores a serem cobrados pelo direito do uso dos recursos hídricos, entre outras competências.

O Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Alto Iguaçu, dentro do contexto do Plano de Despoluição Hídrica, deverá ser formulado e implementado para proporcionar o padrão de qualidade da água desejado pela sociedade, num determinado horizonte de projeto. O padrão de qualidade da água desejado, deverá se constituir numa meta a ser perseguida por todas as medidas de despoluição hídrica implantadas na bacia em questão, e portanto esta meta deverá ser factível e ter seus objetivos mensuráveis. O processo decisório quanto a definição da meta de despoluição hídrica, do caminho a ser percorrido para alcançá-la e do horizonte de projeto para implementá-la, é de responsabilidade dos usuários dos recursos hídricos, devendo estar pautado no consenso entre os interesses públicos e particulares, bem como, quanto aos benefícios que deverão ser rateados e os custos que deverão ser sustentados pela sociedade.

Portanto, o sucesso do Plano de Despoluição Hídrica está condicionado, entre outros aspectos, à existência de instrumento de tomada de decisão, que auxilie na resolução de conflitos entre os múltiplos agentes, na quantificação dos benefícios proporcionados pelos diversos cenários de despoluição hídrica passíveis de serem implantados na bacia hidrográfica, na seleção do cenário mais adequado à bacia em estudo, no fornecimento das bases para hierarquização dos investimentos e na avaliação da sustentabilidade econômica pela sociedade,

Dentro deste contexto, realizou-se estudo de caso para avaliação dos benefícios econômicos dos cenários de medidas de despoluição propostos no Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu, realizado pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento – SUDERHSA, em 2001. Os benefícios proporcionados por cada cenário de despoluição hídrica foram mensurados a partir de um instrumento de auxílio à decisão consolidado num algoritmo de avaliação de benefícios. Este algoritmo traduz em termos econômicos a redução da concentração de poluentes do corpo d'água dentro do contexto da importância relativa dos usos dos recursos hídricos e dos parâmetros de qualidade da água.

Destaca-se ainda que este artigo se caracteriza como um produto do projeto intitulado Análise de Sustentabilidade Econômica e Ambiental de Metas de Despoluição Hídrica – Estudo de Caso do Alto Iguaçu, desenvolvido no âmbito do Fundo de Recursos Hídricos - CT HIDRO com apoio da Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP.

CONCEITOS BÁSICOS PARA A QUANTIFICAÇÃO DOS BENEFÍCIOS ECONÔMICO DE DESPOLUIÇÃO HÍDRICA

A avaliação de benefícios de medidas de despoluição hídrica proposta baseia-se nas considerações de que as intervenções de caráter público objetivam a provisão de bens e serviços que aumentam o bem-estar da sociedade e que a variação do nível de qualidade da água altera o nível de bem-estar das pessoas. Portanto, é possível identificar através de avaliações agregadas da sociedade as medidas de sua disposição a pagar ou aceitar em relação a estas variações. Por exemplo, poder-se-ia pesquisar junto à sociedade qual o acréscimo de impostos ou de tarifas que considerariam aceitável pagar para que um determinado rio atingisse nível aceitável de poluição, segundo o enquadramento proposto pela legislação.

Entretanto, para o emprego da metodologia de valores agregados é fundamental verificar a percepção da sociedade como um todo do benefício pretendido. Todavia, a sociedade tem pouca sensibilidade em avaliar os benefícios em despoluição hídrica, devido, principalmente, pelo fato que a poluição ocorre em áreas distintas e freqüentemente distantes de sua origem.

No entanto, segundo RAMOS (2000) “considera-se que a decisão de recuperar a qualidade dos recursos hídricos é uma decisão de caráter global, de recuperação do ambiente global, decisão

esta fundamental à espécie humana... É uma decisão da sociedade que os corpos d'água atinjam graus de qualidade que atendam o seu enquadramento, segundo legislação específica, decisão esta tomada pelos legítimos representantes desta sociedade, tanto a nível federal, estadual ou municipal.”

RAMOS (2000) considera ainda que a decisão de investir na melhoria da qualidade da água **já está tomada**. Toma-se, portanto, como absolutas as decisões legais no âmbito nacional, que estabelecem os níveis críticos máximos aceitáveis para corpos d'água através de seu enquadramento em classes de uso. Esta hipótese de ter a sociedade decidido despoluir é apoiada na ausência de oposição, contestação ou dúvida. A questão principal é como fazer, e principalmente como pagar. Logo, segundo RAMOS (2000) a questão de se ter um método de avaliação de benefícios se destina à hierarquização dos investimentos, ao seu cronograma de implantação e à capacidade de sustentação econômica desta atividade pela sociedade.

Pode-se afirmar que existe uma função de benefício de despoluição hídrica, não facilmente traduzida por uma expressão matemática, mas suficientemente compreendida pela sociedade que justifica os investimentos realizados e a realizar. Tal função poderia ter como base simplesmente a avaliação do benefício igual a remoção do poluente, ou seja:

$$\text{Benefício} = \Delta C_{\text{poluente } t}$$

Onde $\Delta C_{\text{poluente } t}$ representa a redução da concentração do poluente “t”.

Uma extensão deste conceito é considerar as bases da análise custo-utilidade, empregando pesos relativos para avaliar os benefícios da despoluição hídrica ao longo da bacia hidrográfica. É válido considerar a redução de concentração do poluente no contexto da importância do uso do corpo hídrico em que a medida de despoluição é implantada. Ou seja, a importância da redução da concentração de poluentes em um rio situado em área de manancial poderá ser distinta em relação à mesma redução ocorrendo em rios sem usos específicos. Com relação aos parâmetros de qualidade da água, utilizados na avaliação dos benefícios, pode-se também estabelecer graus relativos de importância da redução ou ganho de concentrações destes parâmetros. E ainda, as importâncias relativas, traduzidas em pesos relativos, poderão ser definidas pelos representantes dos usuários dos recursos hídricos, dentro do contexto dos Comitês de Bacias Hidrográficas e da Agência de Água, de tal forma a refletir as reais necessidades básicas e anseios da sociedade quanto aos recursos hídricos.

Desta maneira, considerou-se a avaliação de benefícios como função não só da redução da concentração de poluentes, mas também dos pesos relativos dos usos dos recursos hídricos e dos parâmetros de qualidade da água. Sendo assim, tem-se que:

$$\text{Benefício} = \sum_t (\Delta C_{\text{poluente } t} \times \text{peso})$$

METODOLOGIA PARA QUANTIFICAÇÃO DOS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DE MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO HÍDRICA

A quantificação de benefícios de medidas de despoluição hídrica, na metodologia aqui proposta, é realizada pela avaliação direta de benefícios em grandezas de redução das concentrações de poluentes. A medição das reduções de concentração de poluentes é realizada através de seções transversais situadas ao longo da bacia hidrográfica, as quais devem ser localizadas estrategicamente em função da vocação da bacia hidrográfica, aqui entendidas como seções de controle.

A ferramenta de tomada de decisões quanto à hierarquização de investimentos em despoluição hídrica, deve avaliar a redução da concentração de poluentes dentro do contexto da importância relativa dos usos dos recursos hídricos da bacia hidrográfica.

Entre os principais usos dos recursos hídricos passíveis de serem avaliados no contexto da análise de benefícios de despoluição hídrica têm-se o i) abastecimento urbano, ii) abastecimento industrial, iii) irrigação, iv) dessedentação de animais, v) piscicultura, vi) geração de energia elétrica, vii) navegação, viii) assimilação de esgoto doméstico, industrial e difuso, ix) recreação e lazer e x) usos ecológicos.

Após a identificação dos usos dos recursos hídricos predominantes na bacia hidrográfica, atribui-se pesos relativos a estes usos, com o objetivo de identificar o grau de importância destes usos em função das necessidades básicas e dos principais interesses dos usuários da bacia hidrográfica. A definição destes pesos deve ser obtida por consenso entre técnicos, especialistas e usuários dos recursos hídricos, considerando as peculiaridades de cada bacia hidrográfica em análise.

Para identificação dos pesos relativos das seções de controle quanto ao uso dos recursos hídricos em relação a toda a bacia, optou-se por relacionar o grau de ocorrência de cada uso do recurso hídrico, na seção de controle estudada, com o respectivo peso do uso do recurso hídrico. Portanto, a avaliação agregada deste conjunto de informações levará à identificação do grau de importância relativo de cada seção de controle, em relação a bacia como um todo, em função dos usos dos recursos hídricos.

Outro aspecto relevante na avaliação dos benefícios de despoluição hídrica é a escolha dos parâmetros de qualidade da água envolvidos na análise, os quais devem caracterizar todos os tipos de fontes de poluição e todos os tipos de poluentes que levam à degradação da qualidade da água. A metodologia de avaliação de benefícios prevê a alocação de pesos relativos aos parâmetros de qualidade da água, refletindo a importância relativa entre os parâmetros avaliados.

Os benefícios econômicos relativos às intervenções em despoluição hídrica são quantificados através de um parâmetro de decisão, denominado de parâmetro Z, que tem como objetivo identificar o cenário de medidas de despoluição hídrica mais adequado à bacia em estudo, dentro de um horizonte de projeto estabelecido, e principalmente fornecer bases para a hierarquização dos investimentos. Esta metodologia está consolidada num instrumento de auxílio à tomada de decisão a partir de um algoritmo de avaliação de benefício.

O modelo matemático proposto para a quantificação do parâmetro de decisão Z é formado pela média ponderada entre as reduções de concentração de poluentes e a importância dos parâmetros de qualidade da água e das seções de controle em função dos usos dos recursos hídricos. Portanto, o benefício econômico de intervenções em despoluição hídrica pode ser quantificado através da seguinte expressão:

$$Z_m = \frac{B_1 \cdot \text{peso}_1 + B_2 \cdot \text{peso}_2 + \dots + B_m \cdot \text{peso}_m}{\text{peso}_1 + \text{peso}_2 + \dots + \text{peso}_m}$$

Onde:

Z_m = Parâmetro de decisão que representa o benefício quanto à implantação de medidas de despoluição hídrica que compõem um determinado cenário de despoluição. O parâmetro de decisão Z representa o benefício proporcionado por um determinado conjunto de medidas em relação à bacia hidrográfica como um todo;

m = seção de controle mais a jusante da área em estudo;

peso_i = peso da seção de controle i de acordo com a utilização dos recursos hídricos, com i variando de 1 a m;

B_i = Benefício localizado na seção de controle i quanto à implantação de medidas de despoluição hídrica de um determinado cenário. Este termo é função da variação da concentração dos parâmetros de qualidade de água e do peso do parâmetro de qualidade da água, conforme mostra a equação a seguir.

$$B_i = \Delta C_1 \cdot q_1 + \Delta C_2 \cdot q_2 + \dots + \Delta C_p \cdot q_p \quad , \text{ para qualquer seção de controle } i$$

Onde:

ΔC_r = redução da concentração do parâmetro de qualidade da água r na seção de controle i, com r variando de 1 a p e i variando de 1 a m;

q = peso relativo do parâmetro de qualidade da água r.

Os pesos relativos dos parâmetros de qualidade da água considerados na formulação matemática acima, devem necessariamente somar 1 numa mesma seção de controle i, logo tem-se que:

$$q_1 + q_2 + \dots + q_r = 1$$

Onde: q_r é o peso do parâmetro de qualidade r na seção de controle i , com r variando de 1 a p e i de 1 a m .

Os benefícios dos cenários de medidas de despoluição hídrica implantados ao longo de toda a bacia hidrográfica, serão sempre quantificados em relação a seção de controle mais a jusante da bacia. Portanto, independente da região da bacia que está sendo proposta a implantação de medidas de despoluição, a avaliação dos benefícios deve considerar, não apenas o benefício local de despoluição, mas também os reflexos dessas medidas em relação a toda a bacia em estudo.

O resultado do parâmetro de decisão Z representa o benefício econômico das medidas de despoluição hídrica ao final do horizonte de projeto. Sendo assim, para que se possa comparar os benefícios de despoluição entre os diversos cenários a serem analisados, é proposto que este parâmetro seja trazido ao valor presente ($VP(Z)$) através da equação abaixo.

$$VP(Z) = \sum_{t=1}^n \frac{Z_t}{(1+j)^t}$$

Onde:

$VP(Z)$ = valor presente do parâmetro de decisão Z ;

j = taxa de desconto anual;

t = números de anos, com t variando de 1 a n .

A QUANTIFICAÇÃO MONETÁRIA DO BENEFÍCIO DE DESPOLUIÇÃO HÍDRICA

Considera-se que a quantificação monetária dos benefícios proporcionados pela implantação de medidas de despoluição hídrica num corpo d'água seja função do parâmetro de decisão Z e de um coeficiente monetário k . O parâmetro Z está associado ao fato gerador da mudança das condições físico-química-biológica dos corpos d'água e do valor de uso dos recursos hídricos perante à sociedade. O coeficiente monetário introduz, por sua vez, a dimensão econômica da despoluição hídrica.

Com base nesta proposição, a tarefa, então, é determinar a forma da função Benefício que melhor represente monetariamente os benefícios proporcionados pela despoluição hídrica. Podemos supor que existe uma enorme gama de possibilidades de representação desta função de Benefício. Entretanto, optou-se, por questão de simplicidade, e como hipótese conservadora, adotar uma função linear. Sendo assim, adotou-se a função Benefício B , em termos monetários, como sendo

$$B = k.Z$$

Onde:

B é o benefício da despoluição hídrica em termos monetários (R\$);

k é o coeficiente monetário (R\$/Z);

Z é o parâmetro de decisão que representa o benefício da despoluição hídrica.

Definida, então, a forma da função Benefício B, resta quantificar o coeficiente monetário k. Adota-se, neste trabalho, a hipótese de que a quantificação do coeficiente monetário k possa se dar com base na meta relativa aos objetivos de qualidade pretendida pelo Plano de Despoluição Hídrica de uma bacia hidrográfica.

Sendo assim, entende-se que, uma vez atingida a meta proposta, com a implantação do cenário ideal de medidas de despoluição, não haverá mais incentivo a investir em despoluição hídrica. Logo, nesta situação, o parâmetro de decisão Z é definido como o parâmetro Z_{ideal} e a relação Benefício/Custo (B/C) do cenário ideal é igual a um.

O coeficiente monetário k, segundo a metodologia proposta, é obtido considerando a implantação do cenário ideal para o atendimento da meta de despoluição hídrica proposta, o que acarreta na seguinte relação:

$$B/C = 1 \therefore B = C;$$

$B = C = k.Z$, logo para a situação da implantação do cenário ideal, tem-se

$$k = (C/Z)_{ideal}$$

Onde:

k é o coeficiente monetário (R\$/Z);

C é o custo do cenário ideal de despoluição hídrica (R\$);

Z_{ideal} é o parâmetro Z para o cenário ideal de despoluição hídrica.

Portanto, com o coeficiente monetário definido é possível quantificar o benefício proporcionado pela implantação de qualquer medida de despoluição hídrica numa bacia hidrográfica em termos monetários.

Destaca-se, entretanto, que a metodologia proposta para a quantificação monetária dos benefícios é extremamente simplista, uma vez que se supôs a linearidade da função Benefício em relação ao parâmetro de decisão Z e o coeficiente monetário k.

No entanto, uma vez aceita a simplificação da linearidade da função $B = k.Z$, a questão primordial, a hierarquização dos investimentos, fica resolvida, independentemente do valor de k.. Definindo a questão da hierarquização como a maximização da diferença entre o benefício e o custo, por exemplo, e assumindo que o conjunto de restrições sobre as variáveis de decisão é convexo, as decisões não mudam com o parâmetro k, na sua forma absoluta, mas apenas variam com o peso relativo das variáveis de decisão. Ou seja, a solução para a otimização de uma função:

$$\text{MAX } G_1 = k_1.x_1 + k_2.x_2 + k_3.x_3$$

é igual à solução para

$\text{MAX } G_2 = 100.k_1.x_1 + 100.k_2.x_2 + 100.k_3.x_3$, dado que o conjunto de restrições é convexo e o mesmo para os dois casos.

Assim, a aceitação da linearidade, ou quase-linearidade da função de benefício $B = k.Z$, faz com que o algoritmo proposto de decisão dos investimentos seja adequado à solução do problema.

ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DE BENEFÍCIO ECONÔMICO DE DESPOLUIÇÃO HÍDRICA NA BACIA DO ALTO IGUAÇU

Características gerais da Bacia do Alto Iguaçu

A Bacia do Alto Iguaçu engloba todo o município de Curitiba e grande parte da sua região metropolitana mais urbanizada. Ao longo das últimas três décadas, a Região Metropolitana de Curitiba - RMC tem sofrido um acentuado crescimento populacional, passando de uma população de 600.000 habitantes em 1.970 para 2,85 milhões de habitantes em 2.001. Segundo estimativas do IPARDES, a população da RMC atingirá cerca de 3,7 milhões de habitantes em 2.010. Além da limitada cobertura do sistema de coleta, tratamento e disposição de esgoto doméstico na Bacia do Alto Iguaçu, a poluição dos rios é agravada com os lançamentos de descargas industriais.

As análises feitas pela SUDERHSA, constataram que a Bacia do Alto Iguaçu possui atualmente um baixo nível de qualidade da água, função da deficiente infraestrutura de saneamento básico, das ocupações irregulares e da fraca fiscalização dos órgãos públicos junto as indústrias, para o cumprimento das determinações do licenciamento ambiental. Segundo o prognóstico realizada pela SUDERHSA, para o ano 2005, as características da qualidade da água serão referentes às da classe 4. Portanto, os níveis estarão muito aquém dos níveis críticos de poluentes aceitáveis pela sociedade, relativo à classe 2, conforme o enquadramento disposto pela Portaria SUREHMA nº 20/92.

Os cenários de medidas de despoluição hídrica avaliados no contexto do Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu

A SUDERHSA, no âmbito do Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu, construiu inicialmente três cenários de medidas de despoluição hídrica, atuando nas três principais fontes de poluição da Bacia do Alto Iguaçu: doméstica, industrial e difusa.

As medidas de despoluição propostas relativas às cargas domésticas são eliminação de ligações irregulares de esgoto e implantação de sistema de coleta, transporte, tratamento e disposição final de esgoto urbano. Com relação às cargas industriais, as medidas referem-se ao sistema de tratamento de efluentes industriais e para o caso das cargas difusas, as medidas contemplam ampliação e melhoria dos serviços de varrição de áreas urbanas. As medidas de gestão consideradas no Plano de Despoluição contemplam a disciplina, fiscalização e controle do uso do solo, controle e fiscalização das fontes doméstica, industrial e difusa de poluição hídrica, definição

de medidas de segurança para reduzir os riscos com descargas acidentais e programa de educação ambiental.

O primeiro cenário avaliado - **cenário A** - corresponde à situação decorrente da **não aplicação de medidas estruturais e não estruturais**, ao longo de toda bacia e de todo o horizonte de projeto de 20 anos. Pressupõe-se o aumento das cargas poluidoras resultantes do crescimento demográfico e da evolução das atividades industriais, sem a contrapartida no que se refere à adoção de medidas para redução da poluição. Este cenário é considerado como a base de comparação quanto às reduções de concentração de poluentes quando da implementação de outros cenários, portanto o benefício da implantação de cada cenário analisado é atribuído em relação ao cenário em questão.

O segundo cenário – **cenário C** - construído pelos técnicos envolvidos no Plano de Despoluição, considera a implantação de um **conjunto razoável de medidas**, compatível com a tecnologia existente no país, sem a preocupação com a ordem de magnitude dos custos que o conjunto destas medidas acarretaria. Os técnicos estimaram os custos de implantação deste cenário na ordem de R\$ 750 milhões. Com este cenário implantado é possível avaliar se as medidas propostas, dentro do horizonte de projeto de 20 anos, proporcionam reduções de concentrações de poluentes suficientes para atender as características de qualidade da água estabelecidas pelo enquadramento das classes dos rios da Bacia do Alto Iguaçu, conforme disposto na Portaria SUREHMA nº 20/92.

O terceiro cenário – **cenário D** - foi criado a partir do cenário anterior, onde se considerou a reprogramação das medidas propostas neste cenário de acordo com as necessidades prioritárias quanto às **questões ambientais** e com base em **restrições orçamentárias**. Este cenário foi construído de tal forma que o custo total de implantação seja igual aos recursos orçamentários destinados ao Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu. Estes recursos compõem-se da parcela do valor arrecadado pela cobrança pelo direito de uso dos recursos hídricos na Bacia do Alto Iguaçu, destinada ao Plano de Despoluição Hídrica, somada aos recursos provenientes do convênio firmado entre o Instituto Ambiental do Paraná – IAP, a SANEPAR e o PARANASAN. Segundo os técnicos da SUDERHSA, estima-se que o valor a ser arrecadado pela cobrança do direito de uso dos recursos hídricos, destinado ao Plano de Despoluição Hídrica, ao longo dos 20 anos de projeto, é cerca de 516 milhões de reais e os recursos provenientes do convênio IAP e SANEPAR e do Programa de Saneamento Básico - PARANASAN, financiado pelo Estado do Paraná, totalizam da ordem de 181 milhões de reais. Os valores citados referem-se ao valor presente. Portanto, o cenário em questão será aquele formado por um conjunto de medidas de despoluição hídrica cujo custo total é de 697 milhões de reais.

As medidas de gestão, serviços e obras a serem implantadas no cenário em questão, são basicamente as mesmas que as do cenário anterior, porém com a postergação das datas de implantação de algumas obras, ou de partes delas, em decorrência das restrições orçamentárias. Como consequência deste critério, algumas obras ficaram fora do plano, tendo sua implantação adiada para após o período de planejamento, ou seja após o ano 2020.

Um quarto cenário proposto pela SUDERHSA e denominado de cenário B não é objeto de avaliação de benefício neste estudo de caso.

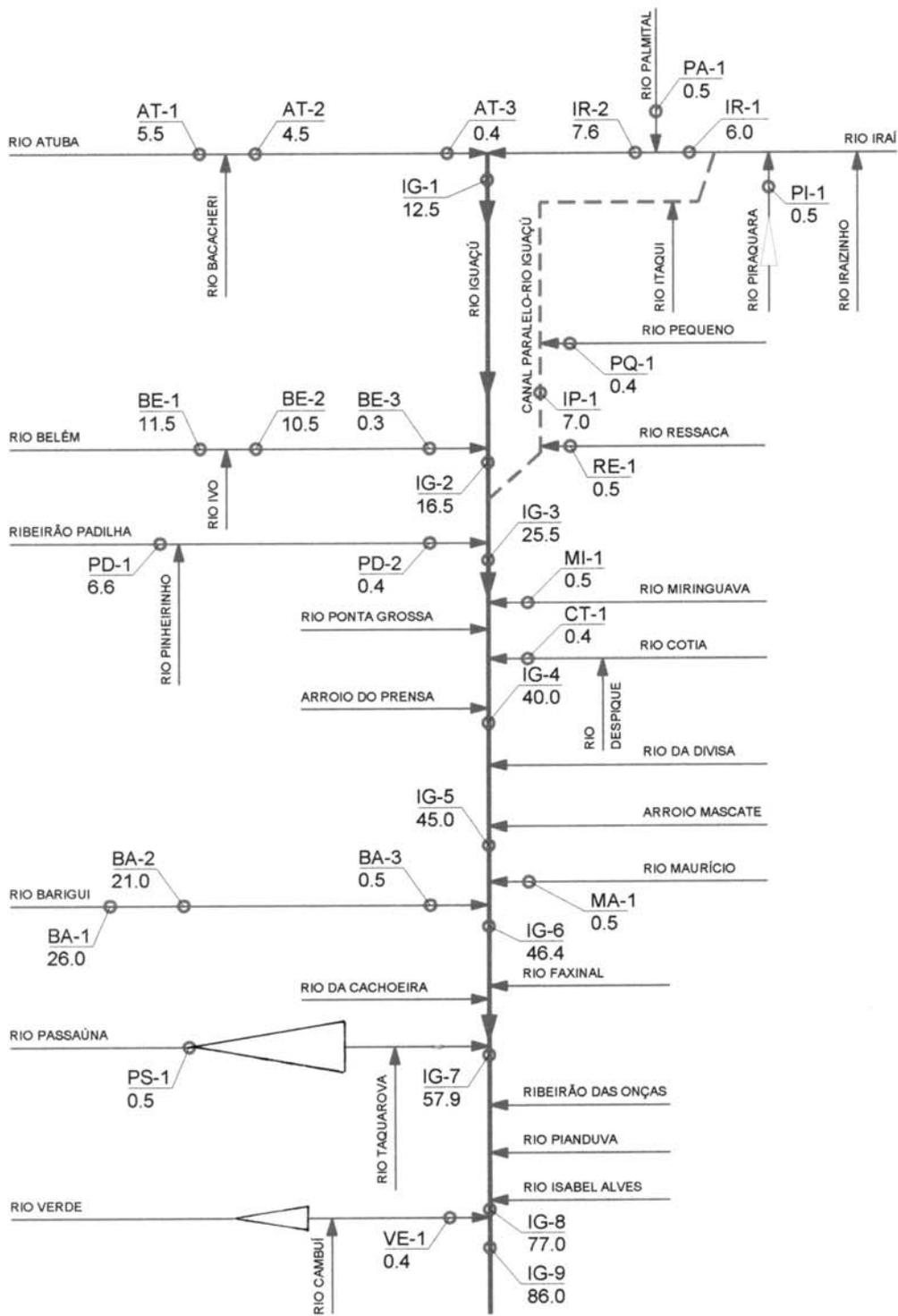
Aplicação do Algoritmo de Avaliação de Benefício de Despoluição Hídrica na Bacia do Alto Iguaçu

Para a avaliação de benefícios em despoluição hídrica na Bacia do Alto Iguaçu os parâmetros de qualidade selecionados pelos técnicos da SUDERHSA, foram o oxigênio dissolvido - OD, a demanda bioquímica de oxigênio - DBO e coliformes fecais – coli. Estes parâmetros caracterizam exclusivamente a matéria orgânica, encontrada predominantemente nos efluentes domésticos. Não obstante, as fontes predominantes de poluição da Bacia do Alto Iguaçu são de origem doméstica, industrial e difusa.

Para o caso da Bacia do Alto Iguaçu, os pesos relativos adotados para os parâmetros de qualidade de água em análise são 0,5 para o OD, 0,4 para o DBO e 0,1 para o coli. A definição dos pesos relativos dos parâmetros de qualidade da água na bacia em questão foi obtida através de um exercício realizado entre os técnicos envolvidos no Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu.

Para a avaliação dos benefícios proporcionados pelas medidas de despoluição hídrica foram selecionadas 32 seções de controle, ao longo do rio Iguaçu e de seus principais afluentes, para as quais foram referenciados o levantamento dos usos dos recursos hídricos e as reduções de concentração de poluentes função das medidas de despoluição hídrica. A localização das seções de controle e sua nomenclatura são apresentadas na figura 1 a seguir.

Os benefícios das reduções de concentrações de poluentes função da implantação dos **cenários C e D** foram avaliados em relação ao **cenário A**, que é aquele cenário em que não se implanta nenhuma intervenção em despoluição hídrica ao longo do horizonte de projeto. Estes benefícios foram quantificados em relação aos anos de 2005, 2010, 2015 e 2020. Para tanto, adotou-se a hipótese de que a implantação do conjunto de medidas previsto nos cenários de despoluição



LEGENDA

- SEÇÃO DE CONTROLE
- CÓDIGO
- IR-2 7.6 DISTÂNCIA ATÉ A FOZ (km)

OBS.: NO CASO DO RIO IGUAÇU, FOI TOMADA A DISTÂNCIA A PARTIR DA PONTE DA RFFSA

Fonte: SUDERHSA (2000)

Figura 1 - Diagrama topológico da Bacia do Alto Iguaçu

ocorrerá apenas nos anos destacados, e não ao longo de todo o horizonte de projeto.

As reduções de concentrações de poluentes foram quantificadas em relação a vazão de estiagem de 95% de permanência – $Q_{95\%}$ e a vazão de 50 % de permanência – $Q_{50\%}$, que avalia os efeitos relativos aos esgotos difusos.

Apresenta-se nas figuras 2 e 3 as concentrações dos parâmetros de qualidade da água devido à implantação dos **cenários A, C e D**, ao longo do rio Iguaçu, relativo a vazão de 95% de permanência. Estas concentrações são relativas ao oxigênio dissolvido e a demanda bioquímica de oxigênio, para os anos 2005, 2010, 2015 e 2020. As figuras 2 e 3 apresentam o comportamento das concentrações de DBO e OD, ao longo do rio Iguaçu, de forma simplificada.

Os resultados da avaliação de benefício das medidas de despoluição hídrica relativos aos **cenários** de despoluição **C e D** em termos do parâmetro de decisão **Z**, são apresentados na tabela 1 a seguir. Os resultados constantes nesta tabela referem-se as vazões de projeto de 95% e 50% de permanência, relativos ao valor presente, obtidos admitindo-se a taxa de desconto de 12% ao ano.

Tabela 1 – Resultados da avaliação dos benefícios de despoluição hídrica dos **cenários C e D**, em termos do parâmetro **Z**, no valor presente

Ano	Vazões			
	Q95%		Q50%	
	Cenário C	Cenário D	Cenário C	Cenário D
2005	44,74	17,22	30,47	17,48
2010	44,99	19,30	32,12	20,82
2015	45,98	22,96	33,47	23,89
2020	45,82	24,22	33,24	24,34

Os resultados apresentados na tabela 1 mostram que tanto na situação de estiagem, como para vazões normais, caracterizadas neste estudo respectivamente pelas vazões de 95% e 50% de permanência, as medidas de despoluição hídrica que compõem o **cenário C** proporcionam benefícios superiores ao do **cenário D**, ao longo de todo o horizonte de projeto.

Todavia, as concentrações finais dos poluentes, ao longo de quase toda Bacia do Alto Iguaçu, após a implementação das intervenções propostas tanto no **cenário C e D**, não atendem os níveis críticos aceitáveis de concentrações de poluentes, disposto na Portaria SUREHMA nº 20/92, relativa a classe 2, como pode-se observar nas figuras 2 e 3.

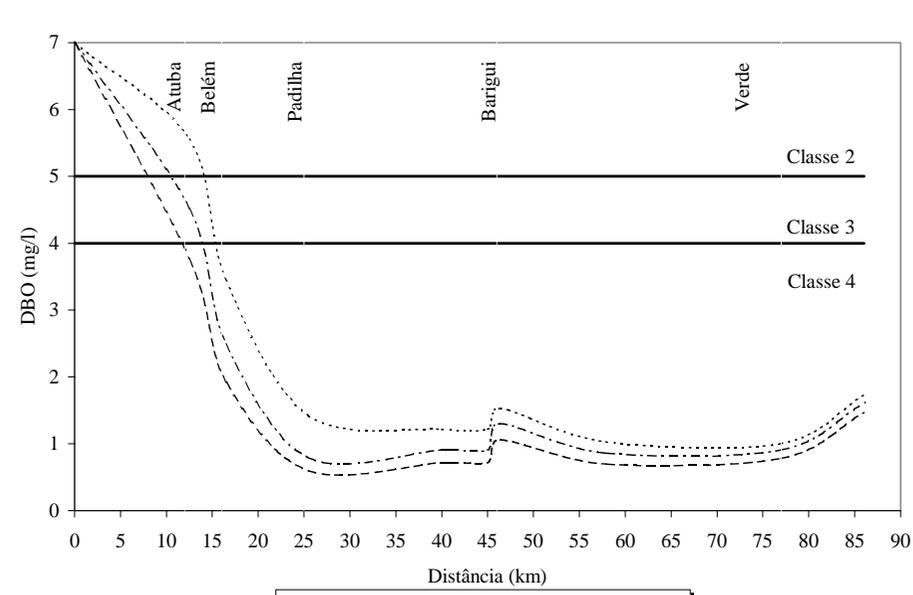
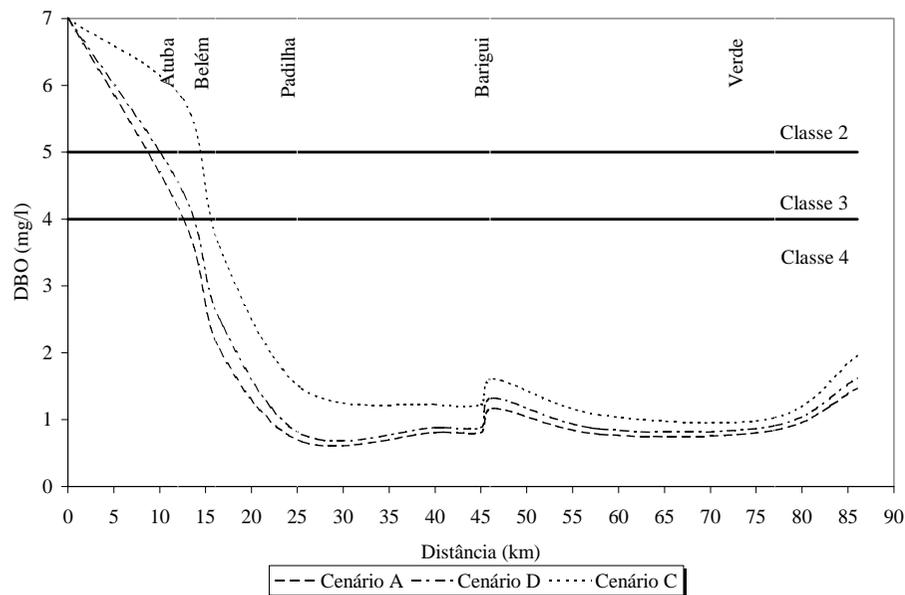
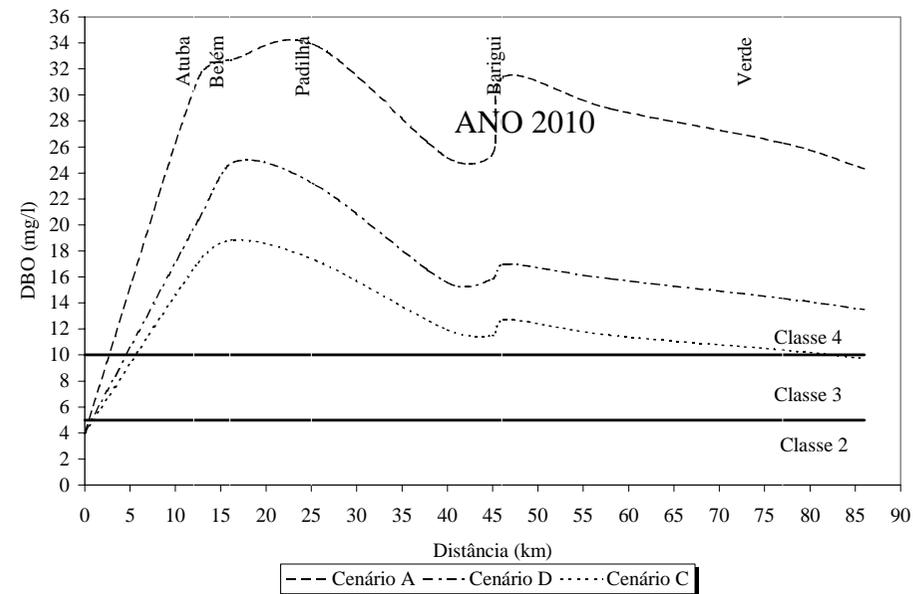
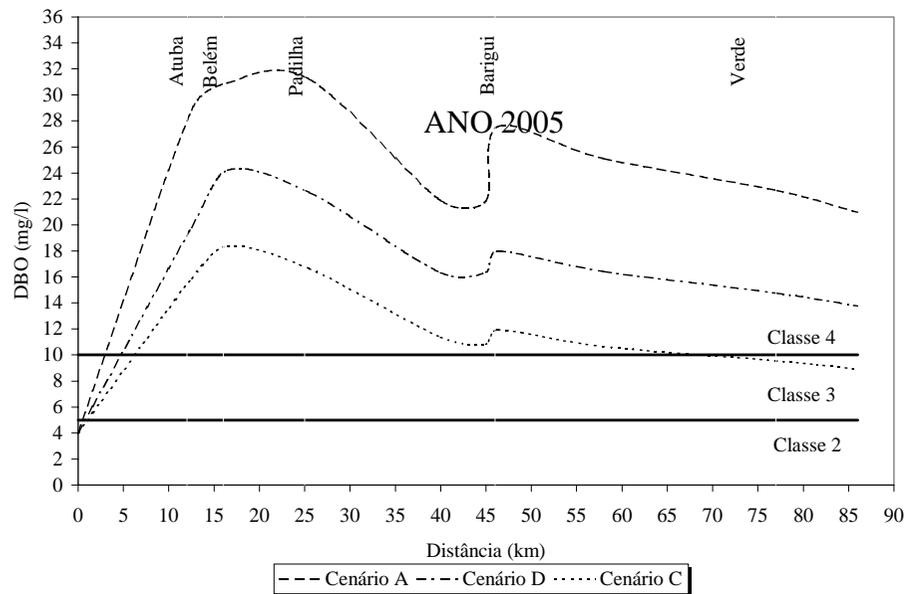


FIGURA 2 - Concentração dos parâmetros de qualidade da água para os cenários A, C e D, referente a vazão de 95% de permanência

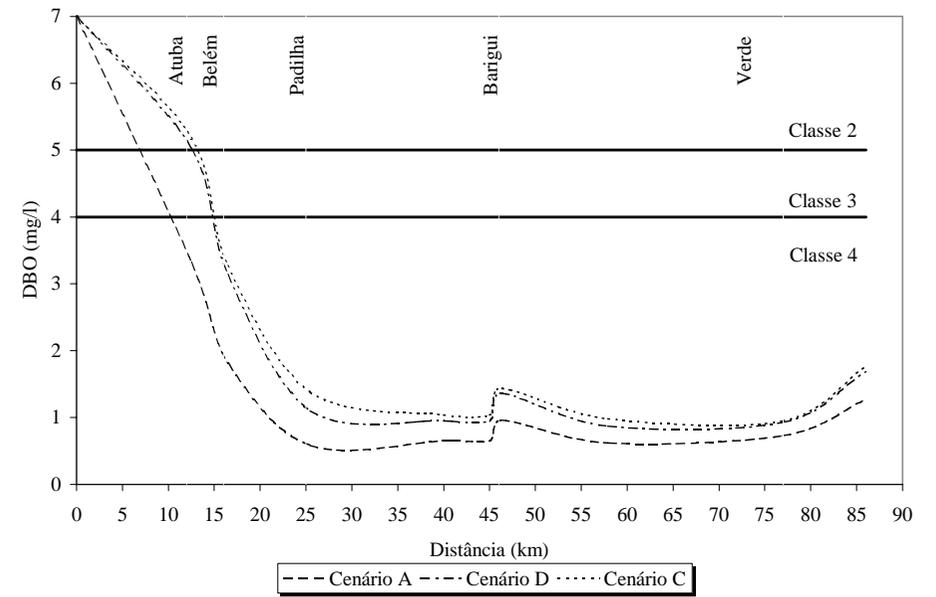
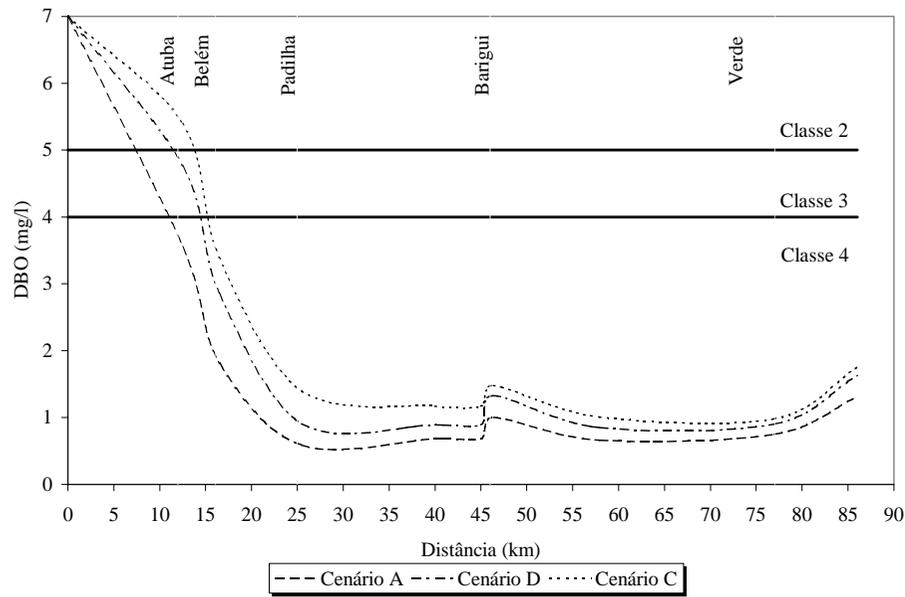
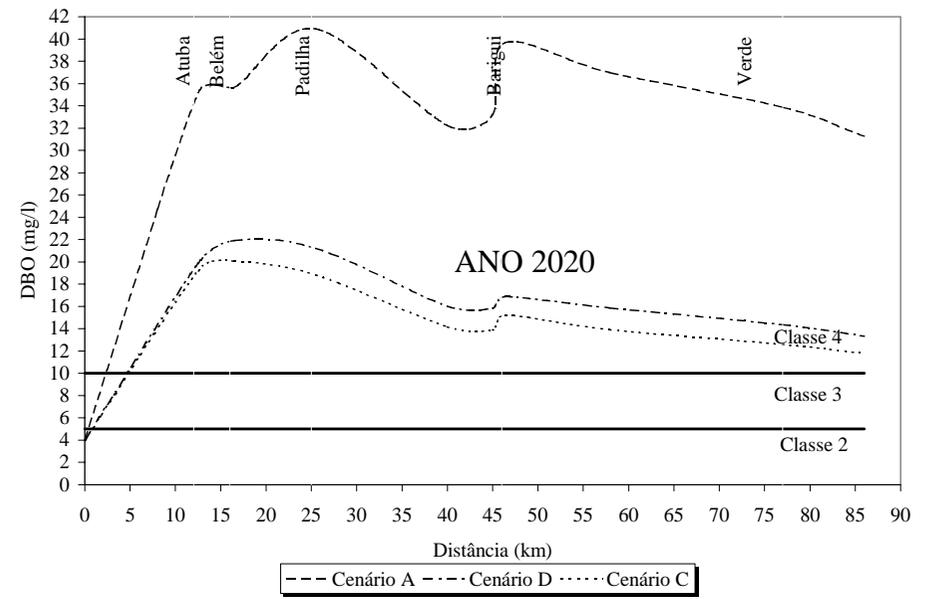
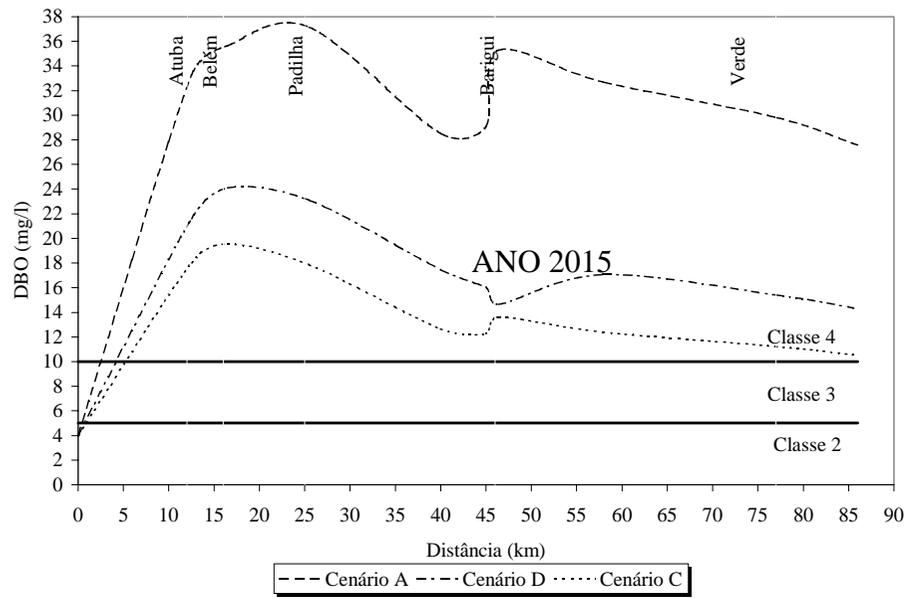


FIGURA 3 - Concentração dos parâmetros de qualidade da água para os cenários A, C e D, referente a vazão de 95% de permanência

Dentro do contexto do Plano de Despoluição Hídrica considerou-se que esta Portaria estabelece à meta, em termos de padrão de qualidade da água, que as intervenções em despoluição hídrica deverão atingir, ao longo do horizonte de projeto de 20 anos.

Sendo assim, verificou-se qual é o grau de atendimento de cada cenário em relação à meta proposta. Para consubstanciar esta análise, criou-se um cenário hipotético denominado de **cenário Ideal**, composto por todas as medidas de despoluição hídrica necessárias para atingir a meta legal no horizonte de projeto de 20 anos. Aplicou-se o algoritmo de avaliação de benefício ao **cenário Ideal** em relação ao **cenário A**, e considerou-se que, após a implantação das medidas propostas neste cenário a concentração final dos parâmetros de qualidade da água, ao longo da Bacia do Alto Iguaçu, atende ao enquadramento proposto no dispositivo legal. Admitiu-se que as medidas de despoluição que compõem o **cenário Ideal** proporcionam redução de poluentes de tal forma que, já no ano 2005, as concentrações dos parâmetros de qualidade da água, em toda a Bacia do Alto Iguaçu, atendam os níveis de concentração segundo o enquadramento proposto, mantendo-se esta situação até o final do horizonte de projeto.

Os resultados da avaliação de benefício do **cenário Ideal**, para todos os anos e vazões de projeto, em termos do parâmetro de decisão Z, são apresentados na tabela 2 a seguir. O valor do parâmetro Z para este cenário traduz o máximo benefício a ser alcançado dentro do contexto da meta estabelecida, sendo este o valor base de comparação dos benefícios proporcionados por outros cenários de despoluição hídrica. Os resultados dos benefícios em valor presente foram obtidos admitindo-se a taxa de desconto de 12% ao ano.

Confrontando os resultados do parâmetro de decisão - Z entre o **cenário Ideal** e os cenários propostos **C** e **D**, conforme apresenta a tabela 2, verifica-se que os benefícios, em relação ao ano 2020, de todas as medidas que compõem o **cenário C** e **D**, são respectivamente da ordem de 34% e 18% para a vazão de 95% de permanência e de 30% e 22% para a vazão de 50 % de permanência. Portanto, em média, ao longo do horizonte de projeto, o benefício das intervenções propostas no **cenário C** é de 32% em relação ao **cenário Ideal** e o benefício do **cenário D** é de 20%.

Tabela 2 – Relação dos benefícios entre os cenários Ideal, C e D, em termos do parâmetro Z, em valor presente

Ano	Vazão Q95%				
	Cenário Ideal	Cenário C	Z_C/Z_{ideal} (%)	Cenário D	Z_D/Z_{ideal} (%)
2005	131,00	44,74	34,15	17,22	13,15
2010	132,61	44,99	33,93	19,30	14,55
2015	133,50	45,98	34,44	22,96	17,20
2020	134,39	45,83	34,10	24,22	18,02

Ano	Vazão Q50%				
	Cenário Ideal	Cenário C	Z_C/Z_{ideal} (%)	Cenário D	Z_D/Z_{ideal} (%)
2005	104,40	30,47	29,19	17,48	16,74
2010	107,04	32,12	30,01	20,82	19,45
2015	108,23	33,47	30,92	23,89	22,07
2020	109,41	33,24	30,38	24,34	22,25

Os resultados mostram que mesmo com a implantação do **cenário C**, que é aquele cenário formado por um conjunto razoável de medidas de despoluição hídrica, as quais foram selecionadas sem a preocupação com a ordem de magnitude de custos, totalizando cerca de R\$ 750 milhões, os benefícios são da ordem de apenas 32% em relação ao cenário considerado ideal pela sociedade, conforme disposto na Portaria SUREHMA nº 20/92. Apesar da melhoria na qualidade da água proporcionada pelo **cenário C**, a grande maioria dos rios permanece na classe 4, com exceção dos rios Piraquara, Miringuava, Cotia e canal paralelo, os quais antes das intervenções propostas já possuíam bom padrão de qualidade da água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da avaliação de benefícios demonstram que o instrumento de tomada de decisões em despoluição hídrica possibilitou não apenas a quantificação econômica dos benefícios dos cenários de despoluição hídrica e da meta a ser alcançada, mas também forneceram parâmetros suficientes para levantar inúmeros questionamentos fundamentais quanto à viabilidade do Plano de Despoluição Hídrica e sua sustentabilidade pelos usuários dos recursos hídricos. Entre as principais questões levantadas pelos técnicos envolvidos no Plano de Despoluição Hídrica destacam-se: i) É

realmente possível atingir a meta estabelecida pela sociedade no prazo de 20 anos, considerando-se as restrições físicas e orçamentárias ? Caso não seja possível, qual será o horizonte de projeto mais adequado ?; ii) A sociedade está disposta a pagar por usufruir o benefício proporcionado pelo padrão de qualidade da água constante no dispositivo legal da Portaria SUREHMA nº 20/92? Caso a sociedade não esteja disposta a pagar por usufruir estes benefícios, qual é o padrão de qualidade da água, cujos custos são sustentáveis pela sociedade, para atender todas as suas necessidades básicas e interesses ? iii) Qual é a solução que técnica e economicamente é a mais viável para atender a meta estabelecida pela sociedade ?

Portanto, os representantes dos usuários dos recursos hídricos, no âmbito da Agência de Água, responsáveis por promover os estudos necessários para a gestão dos recursos hídricos, bem como, entre outras competências, propor o enquadramento dos corpos d' água nas classes de uso, deverão avaliar e discutir questões como as mencionadas, de forma consubstanciar a elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Alto Iguaçu, sustentada pela cobrança do uso dos recursos hídricos.

Referências Bibliográficas

1. BRASIL, PARANÁ. Portaria SUREHMA nº 20, de 12 de maio de 1992. Enquadrar os cursos d'água da Bacia do Alto Iguaçu de domínio do Estado do Paraná. Coletânea de Legislação Ambiental, 1995.
2. MARIN, M.C.F.C. **Análise de benefício econômico em despoluição hídrica como instrumento de suporte à tomada de decisões em gestão de recursos hídricos**. Curitiba, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.
3. SUDERHSA. **Plano de despoluição hídrica da bacia do Alto Iguaçu – relatório de andamento nº 9**. Curitiba, 2000.
4. RAMOS, F.; MARIN, M.C.F.C. **Metodologia de avaliação de benefícios de medidas de despoluição hídrica**. Curitiba, 2000. 30p. Relatório técnico.