



## **INTERNALIZAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM ANÁLISES CUSTOS-BENEFÍCIOS (ACB) DE PROJETOS. ESTUDO DE CASO: INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE PESCADO, MANAUS, AM**

Bidone, E.D.<sup>1</sup>; Bidone, F.J.D.<sup>2</sup> & Maddock, J.E.L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Fluminense – UFF, Programa de Pós-Graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental – PGG/UFF), Outeiro de São João Batista, s/n – 5º andar, CEP 24.020-007, Centro – Niterói, RJ. E-mail: geobida@vm.uff.br; geojelm@vm.uff.br

<sup>2</sup>Curso de Administração, Pontifícia Universidade Católica - PUC/RJ, e-mail: francisco\_bidone@hotmail.com

Recebido em 02/05; aprovado para publicação em 10/05

### **ABSTRACT**

Incorporation of costs due to environmental impacts in cost-benefit analysis of projects is not an easy task due to intangible market value of most goods and services affected by the activities planned in the project. In this paper we discuss the environmental externalities of the establishing of a fish processing plant in Manaus, AM. In this case we discuss the impacts on the water quality of the river receiving the plant effluents; therefore valuation of goods and services is not needed. The methodology use environmental impact modeling through the evaluation of the support capacity of the environment in relation to sustainability. The results allowed the creation of alternative scenarios to control the emission of liquid effluents; a monetary valuation of the physical depreciation of the natural capital (i.e. water quality) for each alternative; the definition of an optimal technical-economic level for the selection of the best alternative; and the definition of the fraction of the natural capital depreciation under the responsibility of the stake holders.

### **RESUMO**

A incorporação (internalização) dos custos devidos a impactos ambientais em análises custos-benefícios de projetos não é uma tarefa fácil; tendo em vista a intangibilidade, em termos monetários (mercado), da maioria de bens e serviços ambientais afetados pelas atividades previstas no projeto. Neste trabalho, através do exemplo prático do projeto para implantação de uma indústria de beneficiamento de pescado às margens do Rio Negro na cidade de Manaus, AM, é utilizada uma abordagem para incorporar externalidades ambientais, no caso, impactos sobre a qualidade das águas fluviais receptoras de efluentes líquidos. Neste caso, não é necessária a valoração de bens e serviços ambientais. A metodologia preconizada utiliza-se da modelagem dos impactos das atividades de projeto sobre o meio ambiente, avaliando sua capacidade de suporte relativa a indicadores para o seu uso sustentável. Os resultados obtidos permitiram: a avaliação ambiental de diferentes cenários alternativos para o controle da emissão de efluentes líquidos do projeto enfocado; a estimativa monetária da depreciação física do capital natural (i.e., água fluvial, no estudo de caso) envolvida em cada alternativa; a definição de um nível ótimo técnico-econômico para a seleção da alternativa mais viável; e, complementarmente, verificar qual a parcela da depreciação física resultante é de responsabilidade do empreendedor ou da sociedade.

## INTRODUÇÃO

### *Análise Custos-Benefícios em Políticas Públicas*

As Análises Custos-Benefícios (ACBs), em sua origem, são técnicas econômicas criadas para gerar informações visando a melhoria da qualidade das políticas públicas. Neste contexto, 'qualidade' refere-se à medida do bem-estar social que determinada política confere à sociedade. As ACBs envolvem a medida monetária da mudança em bem-estar individual, agregado, resultante de uma decisão política. Nelas, assume-se que o bem-estar individual depende da satisfação de preferências individuais, e que a medida monetária da mudança em bem-estar pode ser derivada a partir do quanto os indivíduos estão dispostos a pagar, i.e., dispostos a renunciar em termos de outras oportunidades de consumo. Esta abordagem pode ser aplicada tanto a bens e serviços correntemente transacionados no mercado quanto àqueles públicos não transacionáveis como, por exemplo, a qualidade do meio ambiente, embora a medida monetária destes últimos representar um grande desafio (Kopp et al, 1997)

Em ACBs aplicadas à políticas públicas ambientais (p.ex., combate à poluição) é preciso valorar os custos de proteção ambiental e os benefícios resultantes à sociedade, de modo a maximizar o benefício social líquido do conjunto dos indivíduos afetados, máximo este que resulta da igualdade entre os custos marginais de proteção e benefícios marginais resultantes. Este enfoque traz problemas sérios dos pontos de vista operacional e teórico (Cánepa, 2003).

Do ponto de vista teórico, as críticas incluem desde questões (i) filosóficas - a proteção ambiental é, frequentemente, desejável por razões que não podem ser quantificadas (sociais, espirituais, psicológicas) valores que desafiam valorações em simples termos econômicos; à (ii) metodológicas - em ACB, a medida do bem-estar social e de como ele é afetado por uma política depende de como o bem-estar dos indivíduos é agregado para obter-se o bem-estar de toda a coletividade; ou, o meio ambiente é um bem público que não é transacionado em mercados e, portanto, desafia

a avaliação econômica.

Do ponto de vista operacional, existem várias abordagens técnicas para a valoração econômica de recursos ambientais (produção sacrificada, valor de propriedade, custo de viagem, custo de saúde, avaliação contingente, entre outros). As dificuldades operacionais inerentes aos métodos de valoração vão do conhecimento limitado dos ecossistemas (o que dificulta a identificação de benefícios, potenciais e futuros, e tende à elaboração de contas que subestimam estes benefícios), à dificuldade em se imputar benefícios, ou sua perda, exclusivamente a atributos ambientais. Tendo em vista as limitações em se determinar as preferências da população por benefícios ambientais em termos de mercado, esforços são realizados no sentido de traçar estas preferências através de avaliações contingentes. Segundo Serôa da Motta (1990), os resultados das pesquisas podem ser influenciados pela imprecisão das perguntas, pelo instrumento de coleta, pela desinformação e expectativas da população considerada.

Ampla bibliografia detalhando métodos e técnicas de valoração ambiental é disponível, bem como sobre os problemas conceituais, teóricos e empíricos encontrados na quantificação do valor econômico para o meio ambiente (e.g., *In*: Pearce e Turner, 1990; Costanza, 1991; Pearce, 1993; Serôa da Motta, 1998; May et al., 2003; Bidone e Morales, 2004).

### *Análise Custos-Benefícios em Projetos/ Empreendimentos*

A partir dos anos 80 verifica-se o desenvolvimento de legislação ambiental gradativamente mais severa, impondo às não conformidades ambientais penalidades elevadas e condições rigorosas para o licenciamento ambiental de empreendimentos. A pressão sobre as empresas cada vez mais conscientizam que o meio ambiente é estratégia de negócio e fator de sucesso na gestão empresarial, assim como os programas da qualidade, de segurança e de custos. Surge o Sistema de Gestão Ambiental, certificado e integrado às demais funções corporativas. Racionalizam-se os investimentos ambientais e, com isso, busca-se: melhores

resultados operacionais (reciclagem, conservação de matéria e energia); redução do risco com acidentes e geração de passivos ambientais, multas e penalidades; melhor relação com partes interessadas e órgãos fiscalizadores; maior aceitação pelo mercado (credibilidade) e competitividade; atrair investidores e acionistas; facilitar o acesso a financiamentos favorecidos.

Neste contexto as ACBs podem representar um papel importante. Através da avaliação financeira ou de rentabilidade privada o empreendedor procura conhecer o retorno que o projeto gerará sobre o capital que ele vai investir. A determinação do orçamento de custos e receitas na avaliação privada de projetos não apresenta nenhum problema maior que o da determinação dos preços dos produtos e dos insumos de mercado. Aplicar ACB, em seu sentido estrito, na avaliação econômica de projetos individuais (públicos ou privados) apresenta os mesmos princípios básicos da avaliação privada, com a única e importante diferença de que inclui certos benefícios e custos que não participam do orçamento do empresário, mas que participam do orçamento da coletividade em geral, i.e., economias externas ou externalidades do projeto (Buarque, 1989).

Em economia ambiental, isto significa a necessidade de internalizar, em termos monetários, os benefícios e custos de impactos resultantes da implantação do empreendimento sobre o meio ambiente. Os planos de contas convencionais são registrados em termos de mercado (preços). Então, na avaliação financeira na ótica privada, ou seja, na construção de fluxos de fundos em valores atualizados, a inserção de aspectos ambientais na ACB, da mesma forma que no caso de políticas públicas, requer a estimativa de preços para recursos ambientais que sejam diretamente comparáveis com preços de mercado, com problemas similares aos apontados anteriormente (“Fluxo de Fundos”, ou seja, *grosso modo*:  $FF = \text{Receitas} - \text{Investimentos de Implantação} - \text{Custos de Operação, Manutenção, etc.}$ ).

## METODOLOGIA

Uma alternativa à necessidade de valoração de recursos ambientais em ACB,

sobretudo do lado dos ‘benefícios’ dos planos de contas, tanto para políticas públicas quanto para projetos individuais, é o emprego de Análise de Custo-Efetividade (ACE).

A ACE pode ser vista como uma forma particular de ACB. Em ACE, aplicada a uma política de controle/proteção ambiental, é estabelecida uma meta ou um padrão de qualidade e/ou quantidade ambiental, e a análise busca identificar, entre as alternativas possíveis para alcançar a meta ou o padrão, aquela(e) de menor custo. No caso da aplicação de ACE a projetos/empreendimentos individuais, geralmente o empreendedor busca atender a meta ou o padrão estabelecida(o) pela legislação ambiental, a qual, por sua vez, resulta de alguma política pública (tenha sido esta analisada em termos de custos e benefícios à sociedade, ou não). Evidentemente, o comportamento do empreendedor é reflexo da natureza de comando-controle, incorporando o princípio de poluidor pagador, vigente na legislação ambiental.

O exemplo prático da indústria de pescado, a seguir, utiliza a abordagem metodológica proposta por Bidone et al. (2002) para a internalização de impactos ambientais em projetos individuais, incorporando em grande parte o conceito de ACE.

Um exemplo teórico do método proposto é apresentado na Figura 1. Sobre o eixo “y” são colocados os Custos das Medidas de Proteção ambiental (CMP), os termos a, b, c, d, e, f, g, na figura. Por exemplo, os custos de diferentes

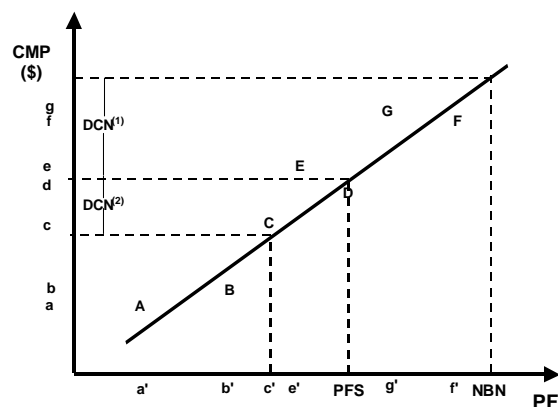


FIGURA 1 – Análise Custos-Benefícios sem necessidade de valoração de bens e serviços ambientais (Fonte: Bidone et al., 2002)

alternativas técnicas para o tratamento de efluentes de um projeto ou alternativas para um programa público de saneamento básico, em ambos os casos tendo como corpo receptor um rio.

No eixo “x” são mostrados o Padrão Físico (PF) para as funções/ usos ambientais, i.e., um indicador capaz de referenciar a qualidade e/ou quantidade necessária à realização de diferentes funções ou usos possíveis de um recurso natural, aqui no exemplo, as águas de um determinado rio. O PF corresponde a um parâmetro químico, físico ou biológico, p.ex., os níveis de oxigênio dissolvido nas águas fluviais do exemplo proposto. No caso da existência de vários poluentes nos efluentes, se um único parâmetro não for capaz de indicar sua presença, o PF pode assumir a forma de um índice agregando todos ou parte dos contaminantes de interesse. No caso do tratamento do tratamento de diferentes tipos de efluentes em uma mesma instalação industrial, o método deve ser empregado, separadamente, para cada tipo de efluente.

Um valor específico do PF pode ser relacionado à necessária qualidade do recurso ou à qualidade considerada aceitável definida pela legislação ambiental para um determinado uso do recurso, ou para vários usos (os quais representam benefícios ambientais). Esse é o Padrão Físico de Sustentabilidade (PFS) definido para o recurso em pauta. O termo NBN sobre o eixo “x” corresponde ao Nível de Base Natural do proposto indicador para o recurso.

No exemplo de águas fluviais, a qualidade da água precisa ser relacionada a cada uma das alternativas de medidas de controle ambiental, por meio de modelos matemáticos (p.ex., modelos de diluição/dispersão), os quais podem estimar (i.e., prognosticar) os valores resultantes das concentrações do parâmetro indicador (i.e., PF) proposto para a qualidade das águas. Os termos  $a'$ ,  $b'$ ,  $c'$ ,  $d'$ ,  $e'$ ,  $f'$ ,  $g'$  sobre o eixo “x”.

A curva de oferta de funções/ usos do recurso natural (i.e., disponibilidade – qualidade e quantidade - do recurso natural) pode ser interpolada ou inferida considerando os custos

de cada alternativa de medida de controle ambiental (a, b, c...) e seus resultantes valores de qualidade ( $a'$ ,  $b'$ ,  $c'$ ...).

Em outros termos, isso significa que, no diagrama tradicional das curvas de oferta e de demanda para funções/ usos de um dado recurso natural, foi determinado um ponto sobre as abscissas (o ponto PFS na figura), o qual representa o padrão para o uso sustentável do recurso. Uma perpendicular neste ponto intercepta a curva de oferta. Esta perpendicular substitui a (desconhecida) curva de demanda. O ponto de intersecção indica o volume de atividades de controle, medido em termos monetários, necessário para atingir o padrão de uso sustentável determinado.

A curva de demanda (de inclinação oposta, cortando a curva de oferta) por funções ambientais é praticamente impossível de construir. Isso porque, a demanda não é manifestada diretamente, ou de maneira suficientemente rápida para alcançar-se um valor mensurável de equilíbrio: os membros da sociedade que se beneficiam das medidas de proteção ambiental não pagam por elas diretamente, e suas preferências somente podem ser expressas através de processos políticos aonde eles serão ofuscados por outras questões.

Assim, na abordagem proposta, a demanda foi substituída pelo padrão de sustentabilidade, representado pelo ponto PFS na figura, o qual assegura a manutenção da qualidade do recurso, possibilitando um número máximo de suas funções/ usos, tanto para o presente quanto para o futuro.

O termo Depreciação do Capital Natural (DCN), em termos de depreciação física, está relacionado à noção de perda de função/ uso, i.e., perda em qualidade do recurso considerado, envolvendo a avaliação dos seus custos e responsabilidades por eles.

No exemplo da figura, o termo DCN<sup>(1)</sup> reflete uma situação onde o Padrão Físico de Sustentabilidade (PFS) legalmente definido é menor do que o Nível de Base Natural (NBN). O valor monetário correspondente a DCN<sup>(1)</sup> pode ser visto como uma medida indireta dos custos

ambientais incorridos pela sociedade devido à perda (depreciação) na qualidade de água, implícitos no PFS definido pela legislação. Devido ao seu caráter legal, esses custos não podem ser incluídos na análise econômica do projeto (o projeto implantando a alternativa 'D' sobre a curva atende à legislação, i.e., atinge o PFS). Eles são custos ambientais implícitos, aceitos/definidos pela lei/sociedade.

O termo DCN<sup>(2)</sup>, considerando como exemplo a alternativa "C" de medida de controle ambiental, e outras situações similares na figura, mede, em termos monetários, os custos ambientais não internalizados pelo projeto em sua análise de viabilidade. Por outro lado, estas situações podem representar, apenas, uma etapa momentânea de uma estratégia de controle ambiental, legalmente acordada, a ser implementada em sucessivas etapas. Em qualquer caso, esses custos deveriam ser internalizados na análise econômica do projeto, por serem custos de responsabilidade privada (i.e., do empreendimento); ou, ainda, no caso de projetos públicos (p.ex., saneamento), deveriam ser incluídos, juntamente com o valor monetário correspondente à DCN<sup>(1)</sup>, no cálculo das contas públicas (p.ex., PIB municipal) a fim de indicar à sociedade o tamanho (custo) real do seu desempenho econômico.

O modelo proposto poderia ser utilizado em conjunção com políticas de incentivo à conservação (p.ex., taxa de emissões de efluentes), sobretudo pela sua capacidade de incentivar melhoramentos tecnológicos. Estas políticas também têm seus custos. A sobrecarga econômica de uma política de incentivos vai depender em parte de como, sobretudo, os valores obtidos com as taxas são utilizados. Ainda, o custo será menor se outras taxas que sobrecarregam desnecessariamente as atividades forem eliminadas.

## ESTUDO DE CASO

A seguir, é apresentado um exemplo prático de análise baseado na metodologia descrita. A análise foi realizada objetivando a viabilidade técnico-econômica do controle de efluentes líquidos de uma indústria de beneficiamento de pescado. A área do estudo situa-se na cidade de Manaus, capital do Estado do Amazonas, às margens do Rio Negro, cerca de 13 km da confluência deste rio com o Rio Solimões, formadores do Rio Amazonas.

A indústria foi projetada visando: (i) a modernização da industrialização do pescado. As perdas podem alcançar mais de 50% do peso total de pescado processado, devido aos processos essencialmente artesanais utilizados na industrialização do pescado na região; e, (ii) a formação de estoques reguladores de pescado beneficiado e congelado para atender a demanda na época de entressafra, sobretudo com pescado a um preço acessível às populações de baixa renda.

O processamento e o beneficiamento de até 200 t/d de pescado, conforme previsto no projeto, geram efluentes com cargas orgânicas extremamente elevadas. O lançamento destas cargas no corpo fluvial receptor (Rio Negro) foi diagnosticado como o principal impacto ambiental potencial relacionado ao empreendimento. A contaminação das águas pelo lançamento de efluentes resultantes de indústrias de pescado é expressiva: problemas estéticos, alterações profundas das características organolépticas da água, anaerobiose e eutrofização, problemas de saúde tais como a conjuntivite, etc., já foram intensivamente relacionados e divulgados.

A Tabela 1 apresenta as vazões,

**Tabela 1** - Características dos efluentes líquidos da indústria projetada. Fluxo ou Carga = Vazão do Efluente x Concentração de DBO

| Fonte à partir da indústria  | Vazão ( m³/d) | DBO ( mg/L) | Fluxo ( kg/d) |
|------------------------------|---------------|-------------|---------------|
| Beneficiamento de Pescado    | 1.415         | 4.000       | 5.660         |
| Água de Cola ( "stickwater") | 40            | 70.000      | 2.800         |
| Outras                       | 600           | 200         | 120           |
| Efluente Total               | 2.055         | 4,175       | 8.580         |

Fonte: OIKOS Pesquisa Aplicada

concentrações em Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e fluxos (cargas) dos efluentes líquidos a serem gerados pela indústria.

O termo “beneficiamento de pescado” refere-se às fontes da indústria relacionadas à fabricação dos diferentes produtos a serem comercializados. O termo “água de cola” (“stickwater”) corresponde aos efluentes com características de gel, resultantes da fabricação de farinha e óleo de peixe, responsáveis por cerca de 30% dos fluxos totais de efluentes. As “outras” (fontes) referem-se aos efluentes gerados nas demais instalações da fábrica, sobretudo aos esgotos.

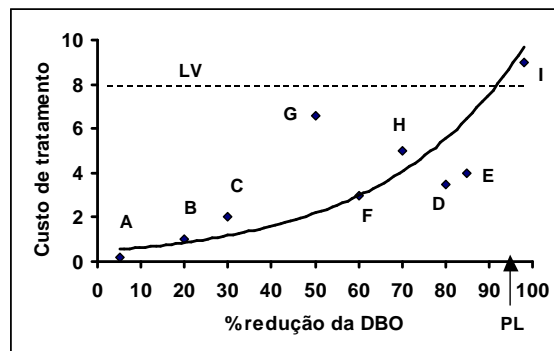
Considerando que o padrão para o lançamento de cargas orgânicas em águas fluviais é de 150 mgDBO/L no efluente, e que a DBO do efluente total da fábrica é de 4.175 mgDBO/L, a tarefa passa a ser o tratamento destes efluentes. Para tanto, três cenários foram considerados.

#### **Cenário I: Abordagem convencional**

O primeiro cenário considera o estrito atendimento ao padrão estabelecido e, portanto, os efluentes precisam ser tratados, previamente ao seu lançamento, fazendo com que sua concentração de DBO (4.175 mgDBO/L) seja reduzida em, aproximadamente, 96%.

Nove alternativas para o tratamento dos efluentes foram consideradas:

- A - sem tratamento;
- B - separação do material sólido por peneiração;
- C - peneiração + decantação primária;
- D - peneiração + decantação + floculação e sedimentação;
- E - peneiração + decantação + floculação e sedimentação + filtração com filtro biológico aeróbico;
- F - lagoas facultativas;



**FIGURA 2** - Cenário I: abordagem convencional. A, B...I = alternativas de tratamento dos efluentes (custos em percentuais do investimento total em obras e equipamentos para a implantação da indústria); PL = padrão legal (150 mgBOD/L); LV = Limite de Viabilidade financeira

G - lagoas anaeróbicas;

H - lagoas de maturação;

I - lagoas aeradas.

A Figura 2 descreve o primeiro cenário considerado. A curva na figura foi interpolada considerando-se as intersecções dos custos para implantação de cada uma das alternativas de tratamento (A, B, I), com a correspondente porcentagem de redução na concentração de DBO dos efluentes. Os custos de implantação das diferentes alternativas de tratamento foram definidos em termos do seu percentual na composição do investimento total em obras e equipamentos para implantação da fábrica. A curva inferida mostra que a redução do poluente e os custos incorridos para isso se correlacionam de maneira exponencial.

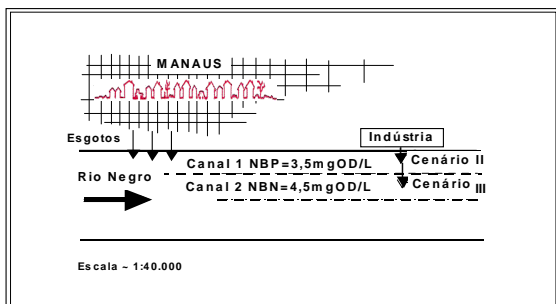
A alternativa “I” é a única que satisfaz a condição de reduzir a DBO dos efluentes ao padrão estabelecido (PL, na figura). Mas, esta alternativa tem um custo de implantação acima do limite de viabilidade financeira (LV, na figura), determinado pela equipe do projeto em 8% do total em obras e equipamentos, disponíveis para o tratamento dos efluentes da fábrica. Custos adicionais forçariam uma reavaliação de toda a “engenharia financeira” do projeto, com riscos para a sua viabilização. Esta alternativa apresenta uma “folga” pequena relativamente ao padrão estabelecido. Em sistemas de tratamento sempre é melhor trabalhar-se com uma “folga” maior para

diminuir os eventuais problemas *a posteriori*, resultantes de possíveis deficiências no desempenho do sistema.

**Cenário II: Abordagem considerando a capacidade de suporte do Rio Negro estabelecida através da modelagem da dispersão dos efluentes nas suas águas**

A Figura 3 apresenta o esquema simplificado de localização e lançamento dos efluentes da indústria no Rio Negro. O Oxigênio Dissolvido (OD) será utilizado como o padrão físico, referencial de sustentabilidade das águas fluviais receptoras dos efluentes líquidos da indústria de beneficiamento de pescado, ou seja, padrão para as funções ou usos sustentáveis das águas fluviais. No caso presente, o OD preenche o requisito de indicar os impactos globais significativos potenciais da emissão dos efluentes nas águas fluviais.

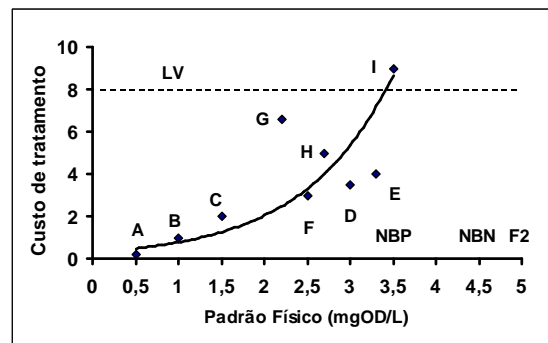
O Rio Negro é um rio de grande porte, com largura média na época de vazante de cerca de 2km e com uma profundidade média de 13 m. Em época de cheia, estas dimensões podem aumentar de várias vezes. Ele apresenta vários canais. O Canal 1, na figura, é o mais impactado, porque a maior parte dos efluentes domésticos da cidade de Manaus são aí lançados diretamente *in natura*, i.e., sem tratamento prévio. Nas áreas próximas ao centro da cidade, de maior densidade demográfica, os níveis de OD podem alcançar valores inferiores a 1mgOD/L, o valor médio do Nível de Base de Poluição (na figura, NBP) destas áreas. O valor médio do NBP aumenta para 3,5mgOD/L nas proximidades da área da



**FIGURA 3** - Desenho esquemático da localização e lançamento dos efluentes da indústria de beneficiamento de pescado.  
 OD = Oxigênio Dissolvido;  
 NBP = Nível de Base de Poluição (mgOD/L);  
 NBN = Nível de Base Natural (mgOD/L)

indústria projetada. O Canal 2 apresenta valores de OD similares aos do Nível de Base Natural (NBN), i.e., sem poluição do Rio Negro: em média, 4.5mgOD/L. Deve-se salientar que o Rio Negro é um rio de águas turvas e negras, naturalmente rico em matéria orgânica, com pH ácido (< 5,0) e com baixos teores de OD.

O Cenário II considera o lançamento dos efluentes no Canal 1, através de emissário subaquático. A Figura 4 descreve este segundo cenário.



**FIGURA 4** - Cenário II: abordagem considerando a capacidade de suporte do Rio Negro estabelecida através da modelagem da diluição dos efluentes nas suas águas. A, B...I = alternativas de tratamento dos efluentes (custos em percentuais do investimento total em obras e equipamentos para a implantação da indústria); LV = Limite de Viabilidade financeira; NBP = Nível de Base de Poluição (mgOD/L); NBN = Nível de Base Natural (mgOD/L); F2 = função ou uso das águas na Classe II (consumo humano, Resolução CONAMA nº 357/2005).

A curva na figura representa uma “curva de oferta” de qualidade ambiental. Ela foi inferida considerando-se os custos de implantação das alternativas de tratamento e as correspondentes concentrações de OD nas águas do Rio Negro. O OD nas águas, resultante da mistura das águas com a carga de DBO remanescente lançada após tratamento, foi estimado com o uso do modelo de Streeter-Phelps para cada uma das alternativas consideradas. Este é um modelo validado amplamente usado para prognosticar o déficit de oxigênio resultante da descarga de efluentes orgânicos em rios (Tchobanoglous e Schroeder, 1987).

As funções ambientais correspondem aos usos das águas fluviais considerados pela legislação brasileira (Resolução CONAMA nº 357/2005); neste estudo são referenciadas aos seus padrões legais em OD (mgOD/L): F1 (6

mgOD/L) = abastecimento doméstico após tratamento simplificado; irrigação de hortaliças ingeridas cruas; aquicultura; proteção de comunidades aquáticas e recreação; F2 (5 mgOD/L) = abastecimento doméstico após tratamento convencional; irrigação de plantas frutíferas; aquicultura; proteção de comunidades aquáticas e recreação; F3 (4 mgOD/L) = abastecimento doméstico após tratamento convencional; irrigação de cereais e forrageiras; dessedentação de animais; e, F4 (2 mgOD/L) = navegação; harmonia paisagística e outros usos menos exigentes.

As águas do Canal 1 do Rio Negro, local de lançamento dos efluentes no Cenário II, são poluídas (NBP médio de 3,5mgOD/l) e, portanto, sem tratamento prévio somente podem ser utilizadas para a função F4. A rigor, a alternativa “I” de tratamento dos efluentes seria a única na qual o NBP de oxigênio permaneceria o mesmo. Sobre a alternativa “I” continuam válidas as observações feitas no cenário anterior. Todas as demais alternativas ocasionam uma piora nas condições atuais (já degradadas), i.e., todas causariam uma diminuição dos níveis de OD para valores situados abaixo do NBP. As alternativas de tratamento “A, B & C” podem gerar uma perda da função F4.

Em termos da Depreciação do Capital Natural (DCN) água fluvial, uma análise sucinta da figura permite observar que: (i) qualquer redução da qualidade das águas para valores inferiores ao NBP representa uma perda de qualidade (depreciação) que pode ser imputada ao empreendimento, correspondendo, portanto, a custos de responsabilidade privada; (ii) se esta redução de qualidade ocorresse no intervalo compreendido entre os valores de NBP (3,5 mgOD/l) e NBN (4,5 mgOD/l) - caso impossível neste Cenário II mas possível de ocorrer no Cenário III, a seguir - a responsabilidade pela DCN dificilmente poderia ser imputável ao empreendimento, porque este utilizaria águas já previamente contaminadas pelos esgotos da cidade de Manaus, e com as metodologias de monitoramento ambiental disponíveis, dificilmente poderíamos estabelecer variações nítidas nos gradientes de concentração que pudessem ser imputáveis ao empreendimento.

### ***Cenário III: Abordagem considerando a capacidade de suporte do meio receptor (Rio Negro) e alterações no projeto***

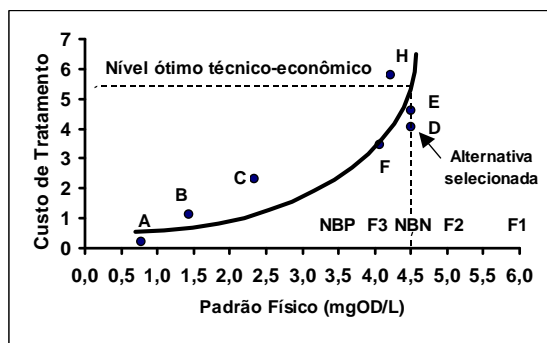
No Cenário III, os efluentes são lançados no Canal 2, e não mais no Canal 1 (Figura 3). Introduzindo-se esta modificação, devido às características hidrodinâmicas de maior capacidade de dispersão no Canal 2, as alternativas de tratamento melhoram seu desempenho, medido por modelagem, entre 15% e 20% de incremento nas estimativas do OD nas águas do Rio Negro.

O Cenário III inclui, também, a reciclagem da “água de cola” - um produto intermediário obtido após o cozimento, prensado e centrifugado, este último para a retirada do óleo do pescado. Este produto possui uma elevada quantidade de água, sendo altamente deteriorável. O produto obtido da água de cola se chama no mercado internacional “solúvel de pescado” e, normalmente, é incorporado ao processo de farinha antes da secagem, para obter um produto de melhor qualidade. Estes solúveis compostos por aminoácidos livres e outros compostos de amônia quaternária são responsáveis pelo fator de crescimento dos animais alimentados com farinha de peixe -, reincorporando-a ao processo produtivo de farinha e óleo de peixe. Esta modificação representa um ganho de cerca de 30% no desempenho das alternativas de tratamento dos efluentes. A “água de cola” é responsável por 30% dos fluxos de DBO nos efluentes totais da indústria (cf. Tabela 1).

As duas modificações introduzidas no Cenário III representam um acréscimo global de desempenho das alternativas de tratamento dos efluentes variando de 40% a pouco mais de 50%. Em contrapartida, estas modificações resultam em um acréscimo nos custos de tratamento de, aproximadamente, 16% com relação aos investimentos em obras e equipamentos para a implantação do projeto da indústria. Estes custos são absorvidos com vantagens no fluxo de fundos do empreendimento em valores atuais.

A Figura 5 descreve o terceiro cenário. Em relação ao cenário anterior, o acréscimo no





**FIGURA 5** - Cenário III: abordagem considerando a capacidade de suporte do meio receptor (Rio Negro) e alterações no projeto original. A, B...I = alternativas de tratamento dos efluentes (custos em percentuais do investimento total em obras e equipamentos para a implantação da indústria); LV = Limite de Viabilidade financeira; NBP = Nível de Base de Poluição (mgOD/L); NBN = Nível de Base Natural (mgOD/L); F1, F2, F3 = funções ou usos das águas nas Classes I, II e III (consumo humano, Resolução CONAMA nº 357/2005).

desempenho das alternativas de tratamento de efluentes e de seus custos define a sua nova posição no gráfico da Figura 5, com um deslocamento, respectivamente, para a direita e para cima.

No terceiro cenário observa-se a coincidência de um possível padrão físico de sustentabilidade, para as águas fluviais receptoras, com o valor do NBN. Isto acontece porque, no ponto de lançamento dos efluentes (Canal 2), os níveis de OD nas águas correspondem ao NBN (4.5 mgOD/L). O padrão físico de sustentabilidade poderia ser diferente se as características naturais das águas do Rio Negro permitissem um NBN superior aos padrões legais para usos mais amplos (F2 ou F1). Neste caso, NBN estaria à direita de F1 no gráfico, e o nível ótimo de controle de efluentes poderia ser definido, de forma menos restritiva, pela perpendicular à curva a partir de F2 ou F1.

As alternativas “D” e “E” satisfazem a condição de sustentabilidade expressa pelo NBN, evitando a perda de função ou a degradação da aptidão natural das águas do Rio Negro, ou seja, faz DCN = 0. A alternativa “D” é a de menor custo sendo, por isso, a selecionada como a alternativa a ser implantada no projeto. O nível ótimo técnico-econômico é representado na figura pela interseção da perpendicular a partir de NBN à curva inferida de oferta de qualidade ambiental. Este nível é um referencial teórico interessante a ser observado. Ele serve para

mostrar o posicionamento da alternativa escolhida relativamente a este “ótimo” conceitual. Evidentemente, por ser a curva uma interpolação (simplificação esquemática) das realidades expressas nas alternativas de tratamento, o ponto “D” não é inteiramente coincidente.

Outro aspecto relevante no terceiro cenário é o aumento da taxa interna de retorno do projeto pelo incremento das receitas esperadas. Isto foi possível pela reutilização da “água de cola” no processo de produção de farinha e óleo de peixe, permitindo a agregação de receitas a partir da incorporação de um novo produto aos previstos para serem produzidos pela indústria do estudo. A “água de cola” é um produto constituído quase que exclusivamente por proteínas que alcança excelente cotação no mercado externo, especialmente o asiático. O incremento observado nas receitas futuras supera o dos investimentos em obras e equipamentos necessários à consecução do terceiro cenário.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Têm razão os ambientalistas que denunciam os problemas ambientais causados por empreendimentos avaliados de acordo com critérios econômicos padronizados, i.e., realizados sob uma ótica de custos e benefícios estritamente privada.

O problema não é tanto das Análises Custos-Benefícios, mas, sobretudo, do escopo restrito que a maioria delas apresenta. A solução para isso encontra-se na correta incorporação de custos ambientais nos projetos. No entanto, primeiro é preciso resolver as dificuldades inerentes à intangibilidade da maioria dos bens ambientais em termos monetários.

As dificuldades podem ser evitadas através de abordagens baseadas no estabelecimento de padrões de sustentabilidade (preferencialmente os legalmente definidos) e sua implementação técnica e financeira.

O método utilizado no estudo de caso apresentado tem esta característica e, conceitualmente, a estratégia proposta está de

acordo com o paradigma da necessidade de conservação ambiental, implícito no conceito de 'desenvolvimento sustentável'.

No exercício desenvolvido é interessante ressaltar o esforço feito no sentido de se alcançar o padrão de sustentabilidade estabelecido através, não apenas de uma solução *end-of-pipe* para o controle dos efluentes da indústria estudada, mas, também, com o emprego de soluções interferindo decisivamente no desenho técnico-operacional e de negócios previsto no

projeto original.

O método permitiu, ainda, a estimativa da depreciação física do capital natural (no caso, representado pelas águas fluviais do Rio Negro, corpo receptor dos efluentes da indústria de pescado) associada a qualquer insuficiência observada nas alternativas consideradas para o controle dos efluentes. Assim como, discutir quais as parcelas desta depreciação imputáveis ao empreendedor ou à sociedade.

## BIBLIOGRAFIA

- BIDONE, Edison D., MADDOCK, John E. L., CASTILHOS, Zuleica C. A Practical Method to Internalize Environmental Impacts into Cost Benefit Analysis. Environmental Practice, Oxford University Press, 4:31-35, 2002.
- BIDONE, Edison D. & MORALES, Paulo R.D. Desenvolvimento Sustentável e Engenharia: Enfoque Operacional. Rio de Janeiro: Fundação Ricardo Franco/IME, ISBN 85-98014-03-6, 260p., 2004.
- BUARQUE, C. Avaliação Econômica de Projetos. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 4ª edição, 266p., 1989.
- CÁNEPA, Eugenio M. Economia da Poluição. In: MAY, P., LUSTOSA, M.C. e VINHA, V. (Organizadores) Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- COSTANZA, Robert (Editor). Ecological Economics. Columbia University Press, 1991.
- KOPP, R.J., KRUPNICK, A.J., TOMAN, M. Cost-Benefit Analysis and Regulatory Reform: an Assessment of the Science and the Art. Resources for the Future, Discussion Paper 97-19, January 1997, Washington, USA, 61p., 1997.
- MAY, P., LUSTOSA, M.C. e VINHA, V. (Organizadores) Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- PEARCE, D.W. e TURNER, R. K. Economics of Natural Resources and the Environment. Harvester Wheatsheaf, London, UK, 378p., 1990.
- PEARCE, D.W. Economic Values and the Natural World. Earthscan: London, 1993.
- SERÔA DA MOTTA, R. Análise Custo-Benefício do Meio Ambiente. In: MARGULIS, S. (Editor). Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e Econômicos. IPEA/PNUD, 1990.
- SERÔA DA MOTTA, R. Manual de Valoração Econômica de Recursos Naturais. MMARH, Brasília, 1998.
- TCHOBANOUGLOUS, G. e SCHROEDER, E.D. Water Quality. Addison-Wesley Publishing Company, USA, 768 p., 1987.