

MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS PELO USO DE LAGOAS DE SEDIMENTAÇÃO NO TRATAMENTO DE DESPEJOS DE FECULARIAS

Adir Airton Parizotto*

RESUMO: O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo comparativo entre os custos econômicos e as externalidades envolvidos na implantação e a operacionalização entre o sistema convencional, em relação ao sistema simplificado que utiliza lagoas de sedimentação para o tratamento de despejos industriais de fecularias. O trabalho foi desenvolvido a partir de dados obtidos junto ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) e Sindicato das Indústrias de Mandioca do Paraná (SIMPAP). Observou-se uma diminuição dos custos fixos e variáveis caracterizados como custos de proteção ambiental, bem como, a minimização e reversão das externalidades negativas, especialmente, em relação à eficiência alcançada na remoção de cargas orgânicas presentes nos despejos e também uma economia de insumos e energia elétrica proporcionados pelo sistema simplificado em relação ao convencional. Conclui-se ainda que, o uso do sistema simplificado, qualifica-se como recomendável e sustentável tanto do ponto de vista econômico quanto do ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: custos; sistemas; meio ambiente.

MINIMIZATION OF ECONOMIC COSTS AND YOU SET FOR THE USE OF PONDS OF SEDIMENTATION IN THE TREATMENT OF POURING OUT OF FECULARIAS

ABSTRACT: The objective of this work is to present a comparative study among the economic costs and the externalities involved in the implantation and the operationalization among the conventional system, in relation to the simplified system that uses sedimentation ponds for the treatment of industrial pouring out of fecularias. The work was developed starting from data obtained the Environmental Institute of Paraná close to (IAP) and Union of the Industries of Cassava of Paraná (SIMPAP). a decrease the fixed and variable costs characterized as costs of environmental protection was Observed, as well as, minimization and reversion of the negative externalities especially given the efficiencies reached in the removal of present organic loads in the pouring out and economy of input and electric energy provided by the system simplified in relation to the conventional. It is

*Professor da Unioeste - Campus de Toledo e da Unipar - Campus de Toledo, parizott@certto.com.br

Endereço: Adir Airton Parizotto. Av. Parigot de Souza, 3636. Toledo – Paraná. 85903-170.

ended although the use of the simplified system, is qualified as advisable and maintainable so much of the economic and environmental point of view.

KEY-WORDS: costs; systems; environment.

1. Introdução

A industrialização da mandioca registrou amplo crescimento nas últimas décadas, criou grande número de empregos diretos e indiretos, proporcionou a preservação das pequenas propriedades rurais, devido à manutenção do homem no campo. Por utilizar mão-de-obra abundante em pequenas áreas de terra e, por apresentar, menor risco de frustração de safra e boa produtividade, além de gerar renda econômica compatível com o trabalho dispendido, a cultura da mandioca tornou-se uma atividade de grande importância econômica para a Região Oeste do Estado do Paraná, que abriga o maior parque industrial de produção de amido da América Latina.

No processo de transformação industrial das raízes da mandioca geram-se águas residuárias de elevada carga orgânica e de considerável toxidez que, quando lançadas sem tratamento adequado nos cursos d'água, causam severa poluição hídrica e degradação ambiental, dando origem, assim, a custos sociais e a externalidades negativas.

Os sistemas de tratamento de efluentes industriais tradicionais de fecularias caracterizam-se pelo pré-tratamento composto de gradeamento, separador de cascas, decantador de sólidos e dispositivo de adição de produtos neutralizantes e de suplementação de nutrientes. Além de dispositivos secundários que, geralmente, são compostos de lagoas de estabilização (anaeróbicas, aeradas e facultativas). Estes sistemas caracterizam-se pelo seu considerável dimensionamento e elevados custos operacionais especialmente envolvidos nos dispêndios com produtos neutralizantes e nutrientes, bem como, com o consumo de energia pela motorização dos mecanismos de aeração (aeradores) presentes nas lagoas aeradas dos sistemas.

A sazonalidade do processamento das raízes torna a inoculação destes sistemas de difícil consecução e de reduzida eficácia que, aliada à elevação dos custos operacionais, constituíram-se nos principais empecilhos para que as indústrias não procedessem ao tratamento adequado dos seus despejos industriais.

Uma das formas, experimentalmente, utilizadas em fecularias da Região para inocular os efluentes industriais, constitui-se no emprego de lagoas de sedimentação que funcionam como dispositivos de decantação e estabilização dos resíduos, preparando-os para as fases posteriores do tratamento. O emprego de lagoas de sedimentação simplifica a composição dos sistemas de tratamento, diminui o consumo de produtos neutralizantes e de energia elétrica e elimina a necessidade de adição de nutrientes.

A minimização dos custos econômicos e a atenuação e reversão das externalidades negativas pelo uso das lagoas de sedimentação em um sistema de tratamento simplificado, comparativamente, com um sistema de tratamento

convencional dos despejos industriais de feculárias, constitui-se no objetivo principal deste trabalho.

Isto posto, o presente estudo encontra-se estruturado em cinco seções, incluída esta introdução. Na segunda seção, faz-se uma breve alusão aos aspectos que caracterizam custos econômicos e externalidades ambientais. Na terceira seção é exposta a metodologia, enquanto na seguinte são evidenciados os resultados e discussões. As conclusões finalizam o trabalho.

1.1. Desenvolvimento

As medidas de proteção ambiental implicam em custos econômicos fixos quando incluem as imobilizações (edificações, equipamentos e outros bens de capital), já os custos econômicos variáveis abrangem os insumos necessários para a produção (matérias-primas, insumos e outros materiais intermediários), o pessoal mobilizado diretamente no processo produtivo, a energia e outras categorias de dispêndios exigidas nas operações de produção.

Para BELLIA (1996) as medidas de proteção ambiental implicam custos ambientais que podem ser diretos, quando se referem aos danos criados pela presença de agentes negativos sobre alguma função ambiental, fazendo com que se perca, total ou parcialmente o seu valor de uso, como no caso de poluição das águas de um rio pelo lançamento de poluentes industriais. Os custos também podem ser indiretos quando são associados a prejuízos para o multuso, ou para o uso alternativo do meio ambiente e dos recursos naturais, no caso do exemplo anterior, a poluição do rio poderia inviabilizar sua balneabilidade, prejudicar as atividades pesqueiras, modificar a qualidade visual da paisagem, entre outras.

De acordo com PEARCE (1985), os custos das medidas de proteção também podem abranger custos de regulamentação e controle que determinam a capacidade e quantidade de uso de um bem ambiental incluindo os custos de controle e aplicação das medidas regulamentadoras, bem como custos financeiros que são custos de oportunidade dos usos de determinado bem ambiental e, ainda, custos de pesquisas e informações, orientados para a melhoria do conhecimento das necessidades e dos efeitos das alterações sobre os recursos naturais e ambientais. Os custos orientados ao aumento da capacidade do meio ambiente incluem os custos de recuperação e preservação de recursos ambientais e implicam custos diretos, tanto para governos como para indivíduos.

Outra importante modalidade de custos, segundo MOTTA (1995), são os custos sociais que se referem às reduções do bem-estar devido aos danos causados ao meio ambiente, podendo ser estimado como benefícios, correspondentes às vantagens sociais que surgem com o aumento do bem-estar resultantes de medidas de proteção, restauração ou melhoramento do meio ambiente. Estes custos incidem sobre a instalação e implementação de equipamentos ou processos para o controle ou tratamento de atividades impactantes ou poluentes, podendo ser subdividido em custos de instalações adicionais, custos tecnológicos de incorporação de novos processos, custos de capital que incorporam os custos financeiros de oportunidade empregado no

controle ambiental e custos de operação e manutenção, que incluem os gastos com mão-de-obra (inclusive treinamento), materiais, energia etc., para apoiar uma operação eficiente dos equipamentos e dispositivos de tratamento e controle. Uma outra modalidade são os custos sociais de oportunidade correspondentes às perdas de bem-estar para as populações afetadas, quando não são possíveis ou não são oferecidas oportunidades de substituição dos recursos ambientais exploráveis.

Conforme BELLIA (1996), a comparação entre custo e benefício da proteção ambiental, esbarra na tradição de os estudos econômicos considerarem o meio ambiente como inesgotável. Como consequência, por exemplo, é considerado normalmente como tendo custo zero o lançamento dos despejos industriais "in natura" nos corpos hídricos. Esta hipótese, apesar de possivelmente ser verdadeira para o agente poluidor, não é para terceiros afetados pelos despejos, tornando-se assim uma "desoconomia" externa (ou externalidade negativa). Quando, porém, ocorre algum benefício de uma economia externa, como por exemplo, de um agricultor que utiliza as águas do rio enriquecidas por nutrientes presentes nos despejos lançados para irrigar sua lavoura, temos uma externalidade positiva.

2. Material e Método

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Controle de Poluição do Escritório Regional do Instituto Ambiental do Paraná (IAP), de Toledo, mediante a realização de comparação entre os custos econômicos e externalidades envolvidos na implantação e operacionalização de um sistema de tratamento convencional em relação a um sistema simplificado que utiliza lagoas de sedimentação, para uma fecularia com capacidade para processar 300 toneladas de raízes por dia.

Os custos foram apurados mediante as informações e dados fornecidos pelo Sindicato das Indústrias de Mandioca do Estado do Paraná (SIMPAPAR). No caso dos custos fixos para o sistema de tratamento convencional, estes se originam dos dispêndios envolvidos na implantação dos dispositivos hidráulicos da estação, incluídos os custos com a aquisição e instalação de equipamentos mecânicos. No sistema simplificado somente foram contabilizados os gastos com a construção das lagoas de estabilização. Para ambos os sistemas, os valores representam o custo tido por metro cúbico de reservação instalado.

Os custos variáveis, por sua vez, para ambos os sistemas foram considerados a partir dos valores dispendidos na sua manutenção e operacionalização. Incluindo os gastos com energia elétrica e insumos (cal hidratada como produto neutralizante e adubos como fonte de nutrientes), cujo consumo varia constantemente pois, depende das condições físico-químicas momentâneas do efluente industrial sob tratamento em ambos os sistemas.

A vazão do efluente industrial da sua carga orgânica e as respectivas eficiências de remoção em ambos os sistemas foram determinadas por rotinas analíticas realizadas pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), através do programa de levantamento de cargas poluidoras industriais realizado em 2001.

Para avaliar a atenuação e reversão das externalidades negativas entre o sistema convencional e o sistema simplificado, utilizou-se o método do equivalente populacional que permite definir a população em número de habitantes, cuja poluição orgânica (geralmente em termos de DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio) é igual a causada por determinada fonte poluidora industrial, dada pela seguinte expressão:

$$PE = COB^* \cdot Q \quad \frac{\quad}{Gh}$$

Onde:

PE = População Equivalente;

COB* = Carga Orgânica Industrial Bruta em Kg de DBO/dia;

Q = Vazão do efluente indústria em m³;

Gh = Gramas de Demanda Bioquímica de Oxigênio por habitante por dia, no Brasil adotado em 54g/hab. dia.

3. Resultados e Discussões

Para uma indústria com capacidade para processar 300 toneladas de raízes de mandioca por dia, geram-se, em média, 1500m³ de efluentes industriais, incluindo águas do lavador e da extração do amido. A carga orgânica situa-se entre 3000 a 7000 mg de DBO/litro ou o correspondente em média a 7500 Kg de DBO/dia, com um equivalente populacional de, aproximadamente, 144.000 pessoas.

O sistema convencional para tratar esta quantidade de efluentes industriais orgânicos necessita de um volume de reservação de cerca de 100.000 m³, com tempo de residência hidráulico de, aproximadamente, 70 dias. Os custos fixos de implantação deste sistema de tratamento podem variar de R\$ 2,30 a R\$ 2,50 por metro cúbico de reservação instalado, sendo que cerca de 75% destes custos se originam da construção das lagoas de estabilização e os 25% restantes correspondem aos custos com a aquisição de equipamentos e instalações elétricas. Neste sistema, os custos variáveis englobam os dispêndios com insumos (cal hidratada, adubo químico e energia elétrica), além dos custos operacionais e de manutenção do sistema, que podem chegar a R\$ 2,00 por metro cúbico de efluente industrial tratado. A energia elétrica responde por mais de 65% da totalidade destes custos.

O sistema simplificado de tratamento dispensa a implantação do separador mecânico de cascas, decantador de sólidos grosseiros, bem como das lagoas aeradas, sendo composto de duas lagoas de sedimentação, duas lagoas anaeróbias e geralmente três lagoas facultativas, totalizando um volume de reservação de cerca de 90.000m³, com tempo de residência hidráulico de aproximadamente 60 dias.

Os custos de implantação deste sistema são de aproximadamente R\$ 2,00 por m³ de reservação instalado, sendo oriundos basicamente da construção das lagoas de estabilização. Os custos variáveis são de aproximadamente R\$ 0,50 por m³ de efluente industrial tratado, sendo que, mais de 80% destes custos, originam-

se dos dispêndios com a limpeza anual do lodo e resíduos decantados no interior das lagoas de sedimentação.

Considerando um período de produção industrial de 240 dias no ano, temos um volume global de despejos industriais da ordem de 360.000m³, com um custo variável total para o sistema de tratamento convencional de R\$ 720.000,00 por ano, enquanto que, para o sistema de tratamento simplificado, este custo seria de apenas R\$180.000,00 por ano.

A eficiência de remoção de carga orgânica bruta no sistema de tratamento convencional situa-se, em média, na faixa de 70%, ou o correspondente a 2250 Kg de DBO/dia, ou ainda, o equivalente a uma população de 42.000 pessoas, enquanto a eficiência no sistema de tratamento simplificado pode chegar a mais de 95%, ou o correspondente, em média, a 375 Kg de DBO/dia ou a uma população equivalente a 6.500 pessoas.

Com estes patamares de eficiência de remoção o sistema simplificado permite a reutilização de parte do despejo industrial tratado, na forma de água reciclada a ser utilizada no lavador de raízes da indústria, minimizando os custos operacionais da empresa. Se, por exemplo, 30% do volume total for reutilizado, ou seja, 450 m³/dia, a carga orgânica remanescente em lançamento no corpo receptor será reduzida em média para 262,5 Kg de DBO/ dia ou uma população equivalente de aproximadamente 4.860 pessoas. Se, por outro lado, for valorada a água reciclada em R\$ 1,00 por m³, ter-se-á uma receita de R\$ 450,00 por dia ou R\$ 108,00 por ano, minimizando os custos variáveis deste tratamento em mais de 60% além, de permitir a diminuição dos custos envolvidos na produção de água para o abastecimento da indústria.

O uso das lagoas de sedimentação possibilita um aumento da vida útil do sistema de tratamento simplificado em relação ao convencional, haja vista que, as mesmas, ao reterem a maioria dos sólidos decantáveis presentes no efluente industrial, permitem um menor comprometimento do tempo de residência hidráulico das lagoas subsequentes do sistema, especialmente as anaeróbias. Em condições de funcionamento normal da indústria, o tempo de vida útil das lagoas anaeróbias no sistema convencional seria de no máximo 10 anos, necessitando de manutenção em limpeza e retirada do excesso do lodo depositado. Estudos preliminares realizados pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), apontam para uma dilatação em mais 5 a 7 anos na vida útil destas lagoas. Isto representa uma economia significativa de recursos com a remoção de excesso de lodo e manutenção da eficiência de desdobraimento da carga orgânica industrial.

4. Conclusões

Os dados e resultados expostos neste estudo, permitiram concluir que: o sistema de tratamento simplificado mostrou-se economicamente mais vantajoso que o sistema convencional, pois apresentou custos fixos de implantação menores, assim como, custos variáveis de operacionalização e manutenção

significativamente baixos, incumbindo-se da redução dos custos privados de proteção ambiental, ampliando as possibilidades competitivas das indústrias no mercado, permitindo a realização de investimentos com geração de novos incrementos de renda econômica e criação de postos de trabalho.

A eficiência de remoção de carga orgânica atingida pelo sistema simplificado em relação ao sistema convencional, proporcionou maior proteção e conservação das águas dos corpos receptores, diminuindo o passivo ambiental das indústrias e possibilitando a redução dos custos sociais e atenuação das externalidades negativas pelo lançamento de menores quantidades de poluentes no ambiente.

A reciclagem de parte da água tratada no processo simplificado para reuso industrial, além de minimizar custos sociais e atenuar externalidades negativas, permitiu a redução dos custos privados de produção de água para suprimento industrial, tornando a prática ambientalmente sustentável, transformando-a em uma externalidade positiva.

O emprego de lagoas de sedimentação no sistema de tratamento simplificado determinou também a redução de custos privados, e, paralelamente, de custos sociais e atenuação de externalidades negativas pela minimização das despesas com manutenção e operação dos dispositivos subsequentes, especialmente das lagoas anaeróbias com limpeza e remoção do lodo, perda da eficiência do sistema e, ainda, em relação ao comprometimento de sua vida útil. Permitiu também às indústrias o atendimento dos parâmetros fixados pelos órgãos de controle, livrando-as de multas, taxações e outras sanções previstas na legislação ambiental.

Sob a ótica do desenvolvimento sustentável a utilização do sistema de tratamento simplificado nas indústrias produtoras de fécula e derivados de mandioca, qualificou-se como uma prática recomendável e de eficiência econômica, visto utilizar os próprios resíduos da industrialização, para propiciar a digestão e remoção da carga orgânica poluidora, minimizando e até eliminando a necessidade do emprego de insumos químicos e de energia elétrica. Propiciando ao setor a possibilidade de produção no âmbito das tecnologias limpas, abrindo assim a possibilidade de agregação de valor aos produtos e a conquista de novos mercados.

5. Referências Bibliográficas

ALIER, J.M. & SCHLÜPMANN, K. **La Ecología y La Economía**. México, Fondo de Cultura Económica, 1993.

BELLIA, V. Introdução a Economia do Meio Ambiente. 2. ed. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), 1996.

BERNSTEIN, J. D. **Différentes Approches de Contrôle de la Pollution et de la Gestion des Déchets**. Programme de gestion urbaine. Document de Travail, n. 3,

BIRD/PNUD/UNCHS, 1991.

CEREDA, M.P. Caracterização dos Resíduos da Industrialização da Mandioca, 3. ed. São Paulo: Editora Paulicéia, 1994.

_____. **Industrialização da Mandioca no Brasil**, 3. ed. São Paulo, Editora Paulicéia, 1994.

DALY, H.E. **Elements for Environmental Economics**. In: CONSTANZA, R. (editor). Ecological Economics, Columbia University Press, 1991.

EL SARAFY, S. **The Environment as Capital**. In CONSTANZA, R. (editor). Ecological Economics, the Science and Management of Sustainability, Columbia University Press, 1991.

HADDAD, P.R. **Meio Ambiente e Investimento: Rumos do Desenvolvimento**, Associação Brasileira de Instituições de Desenvolvimento – ABDS, a. 16, n. 92, nov/dez. 1991.

MARGULIS, S. **Economia do Meio Ambiente**. In. MARGULIS, S. (editor) Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e Econômicos. IPEA/PNUD, 1990.

MENEZES, T.J.B. Mandioca, Resíduos e Subprodutos para a Produção de Biomassa Protéica, 2. ed. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos de Campinas (ITAL), 1993.

MOTTA, R.S. **Contabilidade – Teoria, Metodologia e Estudos de Casos no Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1995.

PARIZOTTO, A.A. **Desempenho de Lagoas de Sedimentação na Remoção de Cargas Orgânicas, Nutrientes e Coliformes Totais em Despejos Industriais de Feccularias**. Cascavel: Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, 1999.

PEARCE, D.W. **Economia Ambiental**. México: Fondo de Cultura Econômica, 1985.

PILLET, G. **Economia Ecológica – Introdução à Economia do Ambiente e dos Recursos Naturais**. 2. ed. São Paulo: Instituto Piaget, 1999.

ROMEIRO, A.R. **Economia do Meio Ambiente: Teoria, Política e a Gestão dos Espaços Regionais**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas – Instituto de Economia, 1997.

ROSSETTI, J.P. **Introdução à Economia**. 18. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

Data de Recebimento: 26/04/2002

Data de Aceite: 06/08/2002