

quantitativamente a pH 4 (2). Para se obter o pH ótimo de precipitação, no qual o cálcio (assim como os demais alcalinos-terrosos) não precipita com a adição de ácido oxálico, foi levantada uma curva de pH, a partir de um material sintético (50% óxidos de lantanídeos e 50% CaCO_3). Esse experimento mostrou que no pH 0,3 a precipitação do cálcio não ocorre ostensivamente.

O método criado é inédito (bases consultadas: INIS, CNEN e Chemical Abstracts), e ainda está em fase de andamento, buscando otimizar os resultados obtidos e minimizar a influência de interferentes no processo, objetivando, principalmente, resolver o problema da coprecipitação dos alcalinos-terrosos no meio reacional.

BIBLIOGRAFIA

1. DOLEZAL, J.; POVONDRA, P. and SULCEK, Z. Decomposition Techniques in Inorganic.
2. Analysis; London Illife Books Ltd. - New York American Elsevier Publishing Co. London (1968).
3. FURMAN, N. H. and WELCHER, F. J. Standard Methods of Chemical Analysis, Vol. 1.
4. Robert E. Krieger Publishing Co., 6th edition - New York (1962).
5. KOLTHOFF, I. M.; ELVING, P. J. and SANDELL, E. B. Treatise on Analytical Chemistry.
6. Vol. 8; Interscience Publishers - John Wiley & Sons Co. - New York (1962).
7. MORITA, T. and ASSUMPÇÃO, R. M. V. Manual de Soluções, Reagentes e Solventes; Editora Edgard Blücher Ltda. (1976)
8. VICKERY, R. C. Chemistry of the Lanthanons; Butterworths Scientific Publications - London (1953).

PAINEL

22

Produção de Materiais e Meio Ambiente: Um Estudo da Reciclagem

Joana Maria de Medina
Bolsista de Inic. Científica, Eng. Química,
UFRJ

Teresinha Rodrigues
Orientadora, Eng^a Química, M.Sc.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho é parte do projeto *Materiais Avançados e Desenvolvimento Sustentável: estratégias para o Brasil* desenvolvido com o objetivo de avaliar o impacto da introdução dos materiais avançados sobre o setor minero-metalúrgico e, assim, identificar oportunidades tecnológicas para o setor em dois cenários diferentes de futuro.

Com essa perspectiva, é importante analisar o peso com que os aspectos ambientais estão influenciando decisões políticas e econômicas na área da inovação tecnológica. Através de estudos sobre o impacto ambiental da atividade minero-metalúrgica e dos setores usuários desses materiais, da participação dessas indústrias no descarte global de materiais e na demanda por

matérias-primas e energia, e do papel dos materiais avançados, das novas tecnologias e da substituição de materiais para uma produção menos demandante em recursos naturais e energéticos, é possível identificar tendências e oportunidades.

Dentre esses pontos, um dos mais importantes, é, sem dúvida, a reciclagem de materiais, não só pela proposta de conservação de energia e matérias-primas, mas por representar hoje um negócio que envolve milhões de dólares no mundo inteiro¹ e mobiliza amplos segmentos da sociedade.

Os resultados desse trabalho deverão compor um quadro capaz de mostrar até que ponto as tecnologias de reciclagem são viáveis como alternativas para conservação de materiais, os principais nichos de oportunidade, os principais tipos de reciclagem, os usos para os produtos recicláveis e os gargalos tecnológicos e institucionais. Essa análise deverá considerar ainda as estruturas de valores dos dois cenários de futuro considerados no projeto, um mais conservador e pouco atento às demandas de proteção ambiental, e outro fortemente calcado nas teses de desenvolvimento sustentável.

Por estar ainda em fase inicial, o presente trabalho limita-se a apresentar um breve quadro da indústria de reciclagem, indicando as principais oportunidades e ilustrando-as através de dados obtidos em setores industriais consumidores de materiais do setor minero-metalúrgico. A continuidade do trabalho prevê ainda um aprofundamento do tema no que diz respeito à legislação reguladora, à reciclagem de materiais avançados, às formas de

¹Como exemplo, pode ser citado o recente investimento de US\$ 50 milhões realizado pela Alcan para instalação da primeira fábrica de reciclagem exclusiva de latas de alumínio da CEE. Localizada na Inglaterra, a usina pretende viabilizar a taxa de 50% de reciclagem das latas de bebidas até 1997. *Re-canning the can*. **Tomorrow**, V.2, n.2, 1992.

aproveitamento da carga mineral nos plásticos e à recuperação de metais contidos em resíduos perigosos.

2. O PROCESSO DE RECICLAGEM

A década de 90 está sendo o despertar de todo o mundo para questões ambientais antes consideradas importantes apenas por ecologistas. Atualmente, a preservação do meio ambiente assumiu grande relevância no meio empresarial. As empresas estão procurando conciliar esse aspecto com sua produção, visando também aumentar a lucratividade de seus negócios. Essas iniciativas não surgiram apenas por uma conscientização ecológica repentina, mas também pela criação de uma legislação que limitou a agressão ao meio ambiente.

Uma das questões que vêm preocupando órgãos governamentais e indústrias do mundo inteiro é o crescente volume de resíduos que vem sendo despejado no ambiente. Este fato, em conjunto com outros, como a esgotabilidade dos recursos naturais, a incidência ecológica e social desses dois fatores e a economia de cada país, tornam a conservação de materiais fundamental. Indústrias, associações e institutos de pesquisa de todo o mundo estão realizando pesquisas sobre todas as formas possíveis de reciclagem, de modo a torná-la cada vez mais viável. Hoje a "reciclabilidade" tornou-se critério para a escolha de materiais no processo produtivo.

Quando um produto não é mais útil para o consumo, ele pode ser descartado das seguintes formas:

- a) em aterros não controlados - é o caminho mais utilizado por ser o que apresenta o mais baixo custo econômico, quando há disponibilidade de área, apesar de causar maior degradação ambiental; vem sendo eliminado através de leis, multas elevadas, proibições e fiscalizações;

- b) em aterros controlados - são aterros que apresentam garantias técnicas e sanitárias, mas também maior custo econômico, sendo, por esta razão, menos utilizados do que os primeiros;
- c) incineração - possibilita o aproveitamento energético. É um recurso geralmente usado quando a reciclagem do material em questão é menos rentável, ou quando não há disponibilidade de área; pode ser considerada um tipo de reciclagem, caso reaproveite a energia liberada e
- d) reciclagem - é o meio mais vantajoso ambientalmente, mas é o menos utilizado por requerer infra-estrutura e processos específicos; por isso, só é realizada quando é economicamente viável e capaz de gerar produtos competitivos no mercado.

De forma geral, pode-se caracterizar a reciclagem como sendo de dois tipos: reciclagem de resíduos industriais, provenientes das etapas do processo, e reciclagem dos produtos finais.

A reciclagem de resíduos industriais engloba tanto os rejeitos de materiais que não são utilizados no processo, quanto os refugos da produção (peças defeituosas). É o tipo mais fácil de reciclagem, pois não exige um grande esquema de coleta e separação, já que esses resíduos ainda não se misturaram com outros. Além disso, a própria indústria pode se encarregar do processo de reaproveitamento.

A reciclagem do produto final é muito difícil, pela necessidade de se implantar um eficaz e complexo sistema de coleta seletiva de lixo. A dificuldade aumenta ainda mais quando se trata de grandes centros urbanos, os quais são os mais afetados pelo volume crescente de resíduos. Apesar destes obstáculos, várias cidades no mundo todo, principalmente nos Estados Unidos, já conseguiram organizar um esquema de seleção domiciliar, coleta e comercialização eficientes. O sucesso depende de um esforço coletivo da população e de uma infra-estrutura satisfatória criada pelo governo.

3. A RECICLAGEM NO MUNDO

Os Estados Unidos, por ser o maior consumidor mundial de materiais, conseqüentemente é um dos países que mais investem em reciclagem. Em 1990, o consumo total foi de 2,535 bilhões de toneladas, das quais aproximadamente 10% eram materiais reciclados. A Tabela 1 ilustra o nível de "reciclabilidade" atingido no mesmo ano:

TABELA 1 - Consumo aparente e percentagem relativa de material reciclado por tipo de material nos EUA em 1990

Tipo de material	Consumo aparente (milhões toneladas)	Percentagem relativa de material reciclado por tipo
Minerais de construção	1.747	7,8%
Minerais industriais	330	7,6%
Metais	112	54,0%
Materiais orgânicos renováveis	231	8,0%
Materiais orgânicos não renováveis	113	2,7%
Produtos animais	2	1,0%
TOTAL	2.535	

Fonte: Minerals Today - Abril 1993.

Na Alemanha, as novas leis fixaram o prazo de até 1995 para que 80% do total de embalagens seja transformado em novos produtos e sirva de matéria-prima "secundária". Foi criada a companhia Duales System Deutschland (DSD), que além de supervisionar a coleta e a reciclagem dos resíduos, vende licenças para o uso de seu logotipo "Green Dot" em embalagens. Este símbolo avisa ao consumidor que a embalagem será coletada e reciclada. Este então a coloca em latas de lixo fornecidas pela DSD, que contrata companhias locais para coletar os resíduos, os quais são separados manualmente de acordo com o tipo de material (papel, alumínio, plástico ou vidros) e levados para as usinas de reciclagem. Este é um sistema experimental que está sendo testado em várias áreas do país e vem recebendo críticas de empresas e da população.

Companhias européias representadas pelo INCPEN (Industry Council for Packaging and the Environment) argumentam que as leis alemãs de reciclagem, além de restringir a livre circulação de mercadorias, não levam em consideração a quantidade de energia dispensada à coleta e à reciclagem de materiais. A questão levantada pelo INCPEN é que as matérias-primas necessárias à produção de embalagens não são escassas, enquanto que os combustíveis fósseis que geram a energia podem se esgotar mais rapidamente.

Ambientalistas alemães também criticam as leis, pois estas não diferem materiais prejudiciais, como cádmio e mercúrio, de embalagens feitas de materiais menos ofensivos. Ambos pagam as mesmas taxas à DSD, e algumas embalagens levam o "Green Dot" sem que se tenha tecnologia para reciclá-las. Baseado neste fato, formou-se uma organização, a VGK (Verwertungsgesellschaft Gebrauchte Kunststoffe) que se responsabilizou pela reciclagem dessas embalagens ainda problemáticas. Elas só podem ser transformadas em produtos de valor inferior².

No Japão, companhias como Canon, Inc e Kubota já estão pondo em prática esquemas de reciclagem. No caso da Kubota, foi iniciado um programa baseado nos 3 "R" (redução, reutilização e reciclagem). Outra empresa japonesa voltada para este aspecto é a Fujifilm. Ela está desenvolvendo um sistema para reciclar câmeras, apesar de ser necessário mais energia, no cômputo geral, para reciclar, do que para fazer produtos de materiais virgens. Neste caso, a reciclagem está sendo utilizada como uma estratégia de *marketing*.

² Em inglês : "For artificial packaging there is no recycling, only downcycling"- Braungert Michael extraído da revista TOMORROW vol.2, nº 2.

4. EXEMPLOS SETORIAIS

4.1 O Setor Automobilístico

O mercado automobilístico vem sendo pressionado a adotar a reciclagem como critério básico na substituição de seus materiais. De um modo geral, 75% do peso total dos veículos já é reciclável. Isto representa de 80 a 98% dos componentes metálicos, dependendo do modelo. A percentagem remanescente engloba outros componentes, inclusive plásticos. Estes representam cerca de 10% do peso total, e são tecnologicamente mais difíceis de serem reciclados. Contudo, vêm sendo realizado um esforço de pesquisa, e em alguns tipos de plásticos a reciclagem está bastante desenvolvida. Observa-se, então, que a substituição de componentes metálicos por plásticos e outros novos materiais depende não só da redução do peso do veículo ou novas propriedades físicas e químicas, mas também de sua "reciclabilidade".

Com o objetivo de facilitar a reciclagem, as montadoras de automóveis estão investindo em pesquisas para reduzir o número de diferentes resinas usadas nos veículos. A meta final é que todas as estruturas possam ser feitas de um só tipo de plástico. O polipropileno (PP) está despontando como um possível candidato, já que este pode ser reciclado por processos comerciais e apresenta uma grande versatilidade em várias aplicações automobilísticas.

4.2 O Setor de Embalagens

O estudo deste setor pode ser dividido em dois grandes grupos: a) Embalagens Metálicas - o caso do Alumínio, e b) Embalagens Plásticas.

a) Embalagens Metálicas

O alumínio vem emergindo como um grande substituinte de outros metais em vários setores. No caso das embalagens, sua aplicação mais conhecida é nas latas de bebidas. Por ser um metal mais leve e flexível, torna mais fácil o transporte (pois diminui o peso total), o problema espacial (já que pode ser amassado facilmente) e a reciclagem.

Os Estados Unidos reciclam cerca de 63% de suas latas de alumínio, e pretendem que em 1995 essa percentagem chegue, no mínimo, a 75%. Já na Inglaterra, somente 10% são recicladas, e na Europa a média é de pouco mais de 20%. Contudo, já estão sendo organizados programas em toda a CEE (Comunidade Econômica Européia) para que estes percentuais se elevem.

A indústria de reciclagem de alumínio na Europa está se desenvolvendo mais por questões de mercado do que ambientais, apesar da economia brutal de energia em relação ao uso do alumínio primário. Em 1991, a produção de 3,9 milhões de toneladas foi insuficiente para as 4,8 milhões de toneladas consumidas.

Apesar de toda essa estrutura montada pelas "gigantes" do alumínio (Alcoa, Alcan do Canadá e Reynold Metals) a reciclagem de alumínio está sendo reavaliada. Isto se dá pelo fato da Rússia estar exportando alumínio barato e em grande quantidade. Este efeito pode ser encarado como uma consequência pós-guerra fria, já que o alumínio perdeu uma boa fatia do mercado representada pela indústria bélica. Com a oferta do alumínio a preços mais baixos do que os custos de reciclagem, esta passa a não ter sentido econômico, somente ambiental. Desde que se deu essa explosão de alumínio (em 1990) os produtores russos já cortaram sua produção em 20%, mas, mesmo assim, o preço continuou a cair.

b) Embalagens Plásticas

Atualmente são conhecidos em torno de 500 tipos diferentes de plásticos, que vêm sendo aplicados aos mais variados fins. A difusão desses materiais no mercado se faz presente na maioria dos produtos consumidos diariamente, principalmente na forma de embalagens.

Os plásticos correspondem a 7% dos detritos em peso e 20% em volume, e o seu não-uso (como embalagens) acarretaria, portanto, um aumento de cerca de 400% em peso e 250% em volume. Isto vem impulsionando pesquisas a criar plásticos degradáveis ou reciclar os já existentes. Entretanto, plásticos degradáveis não resolvem o problema imediato, que é o acúmulo de resíduos no ambiente. A reciclagem emerge então como a melhor saída.

O setor de embalagens tem sido alvo da maioria das legislações sobre reciclagem em todo o mundo. Em 1990, o consumo de embalagens plásticas na Europa foi de cerca de 14 milhões de toneladas, das quais 7% foram recicladas, 16% foram incineradas com reaproveitamento energético, 5% foram incineradas sem reaproveitamento e 72% dispostas em aterros. Pela legislação criada pela CEE, a meta é de que 60% do material seja reciclado, 30% incinerado com reaproveitamento energético e 10% disposto em aterros sanitários.

Na Alemanha, 360.000 toneladas das 928.000 toneladas de plásticos consumidos em 1992, foram coletadas. Todavia, a capacidade de reciclagem na Alemanha e no resto da Europa é de somente 245.000 toneladas, ou seja, a DSD (Duals System Deutschland) está tendo que negociar o armazenamento das toneladas excedentes.

Nos EUA, os analistas industriais prevêem que, por volta de 1995, 50% das garrafas feitas de PET (tereftalato de polietileno) serão recicladas. Na Europa Ocidental, cerca de 200.000 t de LDPE (polietileno de baixa densidade) já são recicladas.

4.3 Reciclagem de novos materiais

Os novos materiais estão sendo desenvolvidos para atender certos padrões de *performance* e *design*, possuem alto conteúdo tecnológico, elevado índice de pureza e estão substituindo muitos outros materiais.

A substituição por materiais avançados geralmente leva em consideração a "reciclabilidade" do novo material. Aliás, como mencionado anteriormente, isto se tornou critério para a entrada destes materiais no processo produtivo.

Por se tratar de uma área ainda em estudo, não se tem muitos dados sobre reciclagem. Um problema conhecido é a dificuldade de se reproduzir certos *designs* no material reciclado. Um exemplo é a reciclagem de compósitos de matrizes metálicas que só é significativa na fração metálica. Carros fabricados a partir de 1993, nos EUA, já incluem componentes fabricados a partir de compósitos e polímeros reciclados.

BIBLIOGRAFIA

1. BUSINESS WEEK - "Suddenly, there's aluminum everywhere ", October 25, 1993
2. COLLAR, P. E. - "Reutilização de resíduos urbanos plásticos", Apostila IMA / UFRJ - 1993
3. DANIELS, P., Sheehy J., Jakobi R., and Yoshida Y. - "Plastics recycling", CEH Marketing Research Report, October 1992
4. ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, "Rethinking how we recycle" January 1994
5. EUROPEAN CHEMICAL NEWS - "Back to basics for polymers recycling" 15, February 1993
6. EUROPEAN CHEMICAL NEWS - "DSD stretched beyond its recycling capacity", 19, April 1993

7. FOOD PROCESSING - "1995: 75% of aluminum cans to be recycled" Chicago, May 1989
8. INFORMATIVO ABIQUIM - "A necessidade imediata da reciclagem"
9. MINERAL COMMODITY SUMMARIES OF BUREAU OF MINES
10. MINERALS TODAY - "Materials and Environment, where do we stand?" April 1993
11. O'DRISCOLL, M. Minerals in European plastics. Polypropilene in the driving seat" INDUSTRIAL MINERALS April 1993
12. SALSZBERG, A. - "The Three R's of Waste Management", NEWSWEEK, June 8 1992
13. THE NEW MATERIALS SOCIETY, Challenges and opportunities, U.S. Department of the Interior - Bureau of Mines - vol 2, 1990
14. WRIGHT, M. - "Re-canning the can", TOMORROW V. 2, n.2, 1992
15. WALDROP, T. - "Package Deal", TOMORROW V.2, n.2, 1992

INTRODUÇÃO