

Produção mais limpa – P+L – na indústria do petróleo

Flávia Beatriz Beserra Azevedo
Programa de Planejamento
Energético – COPPE/UFRJ

Julio Cesar de Faria Alvim
Wasserman
Dept. de Análise Geoambiental
– UFF

Alexandre D'Avignon, Emilio
Lèbre La Rovere
Laboratório Interdisciplinar de
Meio Ambiente – COPPE/UFRJ

Resumo:

Em 1989, a Unido (Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial) e a Unep (Programa Ambiental das Nações Unidas) definiram o conceito de Produção Mais Limpa – P+L – como um conjunto de estratégias tecnológicas, ambientais e econômicas a serem integradas no processo industrial. O conceito foi baseado em mudanças no projeto industrial, produção, consumo e disposição dos produtos, mas também numa mudança de mentalidade. Os objetivos destas estratégias seriam promover a redução da produção de resíduos e utilização de material-prima, aumentar a eficiência energética e diminuir os impactos ambientais em todas as fases da produção e do consumo. Neste artigo foram selecionadas e avaliadas publicações de 1989 (ano da definição do conceito) até 2005 para determinar as áreas de relativa deficiência na pesquisa. Somente 41 publicações foram encontradas, dentre as quais 32 eram artigos publicados em periódicos, 6 eram artigos publicados em congressos, 2 eram notícias de revistas e 1 era uma monografia de especialização. Isto mostra a falta de estudos ou a falta de trabalhos publicados na área. A maior parte dos trabalhos abordava o P+L em refinarias. Devido à crescente preocupação da sociedade e de instituições internacionais com o meio ambiente e à saúde humana, as indústrias têm estudado cada vez mais sobre estratégias e tecnologias limpas. Porém estes trabalhos têm se concentrado em relatórios internos. Estas experiências precisam ser publicadas como artigos em periódicos avaliados por pares mais freqüentemente para serem mais divulgados e ganharem mais credibilidade.

Introdução

Durante muito tempo, os resíduos gerados pelas indústrias foram descartados em corpos d'água, na atmosfera ou no solo, sem nenhum tipo de controle. Entretanto, com o aumento e o desenvolvimento das atividades industriais e o consequente aumento na geração de resíduos, a sociedade começou a se preocupar com a saúde do meio ambiente e exigir o controle e tratamento dos efluentes, resíduos sólidos e emissões

atmosféricas das indústrias. Desta forma, a presença de um pensamento ambiental se tornou necessária. Devido a alguns sérios acidentes ocorridos nas últimas décadas, a procura por práticas ambientalmente mais corretas, envolvendo desde gerentes e diretores a técnicos e operários, tornou-se crucial para a indústria. Certificações, como a ISO 14001, foram criadas para avaliar se as companhias estão cumprindo com as legislações e buscando o contínuo aprimoramento de suas práticas (CEBDS, 2003). Ao longo do tempo, porém, mesmo companhias certificadas perceberam que os custos de tratar seus resíduos cresciam proporcionalmente à produção. Sendo assim, elas decidiram que melhor do que pensar “no que fazer com os resíduos” era pensar em “como fazer para não gerar resíduos” (CNTL, 2003b). Desta forma, melhorando o entendimento de como a cadeia de geração de resíduos funciona foi possível começar a desenvolver políticas de controle da poluição baseadas na prevenção, e não mais nos métodos chamados “fim de tubo” (*end of pipe*).

Em função disto, a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (*United Nation Industrial Development Organization* – Unido) e o Programa Ambiental das Nações Unidas (*United Nation Environmental Program* – Unep) definiram, em 1989, o conceito de Produção mais Limpa – P+L –. Estratégias de P+L são definidas como abordagens preventivas para processos e produtos, que permitam à companhia o desenvolvimento através da minimização das perdas; redução na utilização de energia e matéria-prima; aumento na eficiência energética; e minimização total dos impactos ambientais em todas as fases da produção e consumo (Christie et al., 1995). O conceito foi baseado em mudanças no projeto industrial, na produção, distribuição, consumo e disposição final dos produtos. Mas, além disto, foi baseado numa mudança de mentalidade. Em 1991, Unido e Unep iniciaram o projeto Ecoprofit (*Ecological Project for Integrated Environmental Technologies*), que objetivava fortalecer economicamente a indústria através da prevenção da poluição. O projeto encorajou os países a criarem Centros Nacionais de Produção Mais Limpa (CNTL) para ajudar suas indústrias a

implementar estratégias de P+L, alcançando benefícios econômicos e reduzindo o impacto ambiental (Mello, 2002).

Em julho de 1995, a Unido e a Unep escolheram o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), do Rio Grande do Sul, Brasil, para sediar o 10^o CNTL, dos 23 centros implementados no mundo. O CNTL/Senai-RS tem por objetivo estabelecer uma rede de instituições e especialistas para facilitar a troca de informações e tecnologias entre as companhias, permitindo a incorporação das técnicas de P+L nos seus sistemas de gestão ambiental (CNTL, 2003b).

O objetivo deste trabalho foi avaliar e determinar áreas de relativa deficiência em pesquisas sobre P+L através da análise de trabalhos revisados por pares, publicados sobre o assunto.

Metodologia

O estudo foi baseado numa pesquisa da literatura disponível através do portal Periódicos Capes (<http://www.periodicos.capes.gov.br/portugues/index.jsp>), que oferece acesso a artigos completos de periódicos nacionais, estrangeiros e internacionais, teses nacionais e 90 bancos de dados com *abstracts* em diversas áreas do conhecimento. Pesquisas por palavras-chave e combinações de palavras-chave foram executadas nas bases ISI Web of Knowledge, Compendex on Engineering Village, CrossRef Search, Wilson Web e Scopus. As palavras-chave utilizadas foram "clean(er) production", "clean(er) technology(ies)" and "petroleum", "refinery(ies)", "oil and gas". Evidentemente, muito da literatura, principalmente publicações sem corpo editorial, pode não ter sido coberta por esta pesquisa. Porém, a intenção foi realmente obter artigos científicos publicados e, desta forma, avaliar até que ponto o assunto está sendo exposto a um público mais amplo e não apenas no nível industrial.

A literatura identificada pelas pesquisas foi lida e apenas aqueles artigos e demais publicações que tratavam exclusivamente de P+L (discussões teóricas sobre o tema ou apresentação de aplicações práticas) foram incluídos na análise. Os dados extraídos de cada trabalho foram: ano de publicação; país ou região onde a pesquisa foi realizada (quando mencionado), tipo de publicação (artigo de revista, artigo de periódico, artigo de congresso ou tese) e a área de aplicação na indústria do petróleo (refinaria, petroquímica, *offshore* ou geral). Artigos que discutiam o tema no nível internacional ou que não explicitavam a região de estudo foram classificados como "geral".

Resultados e discussão

Tendências no número e tipo de publicações através das regiões do mundo

A pesquisa levou a um total de 41 artigos ao longo do período de 1989 (ano da definição do conceito) até 2006. A maior parte das publicações correspondeu a artigos de periódicos (Fig. 1).

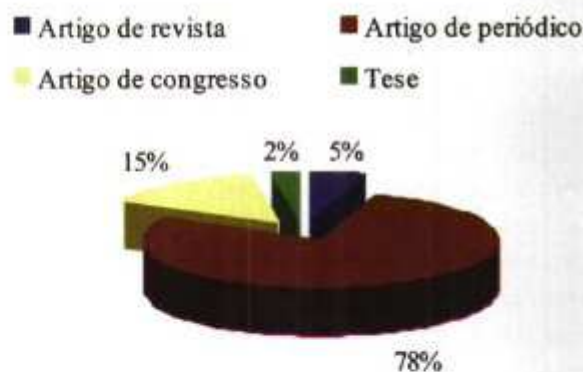


Figura 1. Relação entre a quantidade e tipos de publicações encontradas.

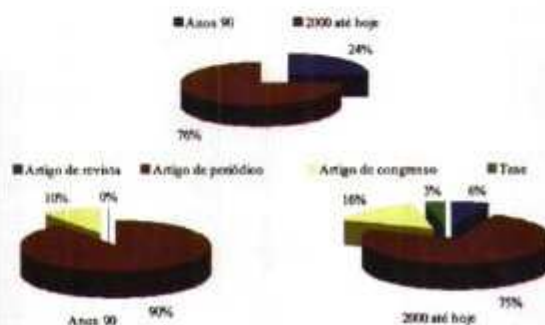


Figura 2. Quantidade de publicações ao longo das décadas.

A figura 2 mostra que a quantidade de publicações cresceu ao longo dos anos. De 2000 aos dias atuais três vezes mais artigos foram publicados em relação a toda a década de 1990. Os tipos de publicações também se tornaram mais diversificadas.

Em relação às regiões do mundo onde os estudos foram realizados, o grupo nomeado "Geral" na figura 3 corresponde a artigos que não especificaram a área de estudo ou traziam uma abordagem internacional. É interessante verificar que nos anos 90, a maior parte das publicações concentrou-se principalmente na Europa e América do Norte. Em contrapartida, a maioria dos trabalhos desenvolvida mais recentemente era proveniente da Ásia, com outras regiões também começando a publicar suas pesquisas. Isto provavelmente reflete o recente avanço econômico e tecnológico vivido pelos países asiáticos, principalmente China, de onde são 4 dos 7 artigos provenientes da Ásia.

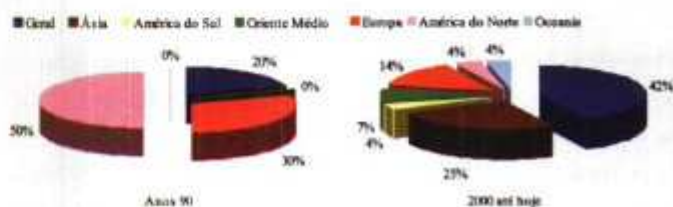


Figura 3. Quantidade de estudos nas diferentes regiões do mundo ao longo das décadas

Área de aplicação na indústria do petróleo

Os artigos foram categorizados em 4 grandes áreas: trabalhos gerais, refinaria, petroquímica e *offshore*. Como pode ser visto na figura 4, a maior parte das publicações foi sobre P+L em refinarias, seguido da área petroquímica. Porém, de 2000 em diante, a quantidade de artigos que tratavam de refinarias reduziu em relação às demais áreas. Estudos na área *offshore* começam a aparecer e há também um aumento nos trabalhos de aspecto geral, que inclui que discutem a Produção mais Limpa na indústria de óleo e gás como um todo, sem especificar um setor.

Tabela 1. Quantidade de estudos sobre P+L abordando áreas específicas na indústria do petróleo.

Área	Nº	Exemplos
Refinaria	23	Chen (2003); Furlong (2002); Gertler e Ehrenfeld (1996); (Hall (1992); Sadhukhan e Simons (2005); Wang <i>et al.</i> (2004); Xu (2001); Zhang (2003); Zhang <i>et al.</i> (2001)
Petroquímica		Baas (1998); Englande Jr (1994); Hur <i>et al.</i> (2004); Shu <i>et al.</i> (2001); Tanimoto (2003); Zbontar e Glavic (2000)
Offshore	3	Gracey e Palmour (2001); Gurden e Cramwinckel (2000)
Geral	7	Al Nuaimi <i>et al.</i> (2004); Pavlinic <i>et al.</i> (2003); Sharfman <i>et al.</i> (1999); Ren e Zhao (2005)
Total	41	

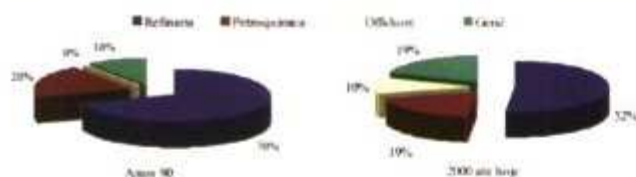


Figura 4. Quantidade de publicações em relação aos setores da indústria do petróleo

Dentre os artigos gerais, os assuntos mais frequentes foram revisões de tecnologias de P+L existentes e tendências e desafios futuros para a aplicação do conceito na indústria de óleo e gás. No caso de refinarias, os assuntos principais foram descrições de aplicações práticas de estratégias ou tecnologias de P+L e discussões sobre a evolução do conceito e sua aplicação. Todas as pesquisas na área *offshore* foram sobre aplicações práticas de P+L, mas ainda em nível experimental. Discussões sobre a evolução do conceito e de sua aplicação foram o tópico principal na área petroquímica. Outros assuntos também apresentados nos artigos incluíram a aplicação de modelos de gestão com a abordagem da Produção mais Limpa, simbiose industrial e índices de produtividade verde.

A figura 5 mostra a relação entre as áreas da indústria de petróleo estudadas nos trabalhos analisados e a região do mundo onde o estudo foi realizado. Também neste tipo de análise, a refinaria é a principal área de aplicação de P+L, em-

bora artigos gerais também tenham tido importância, como pode ser visto pela quantidade. Como mostra a figura 4, nos últimos seis anos houve duas vezes mais artigos gerais que na década de 90 e o assunto mais frequentemente tratado foi a revisão de tecnologias existentes e tendências futuras e desafios para a aplicação do conceito de P+L. Talvez isto signifique que estamos enfrentando uma fase de revisão do que já foi feito e avaliação dos caminhos futuros a seguir. Com o avanço das pesquisas, os estudos também estão se diversificando, por exemplo, experimentos estão começando a ser desenvolvidos na área *offshore*.

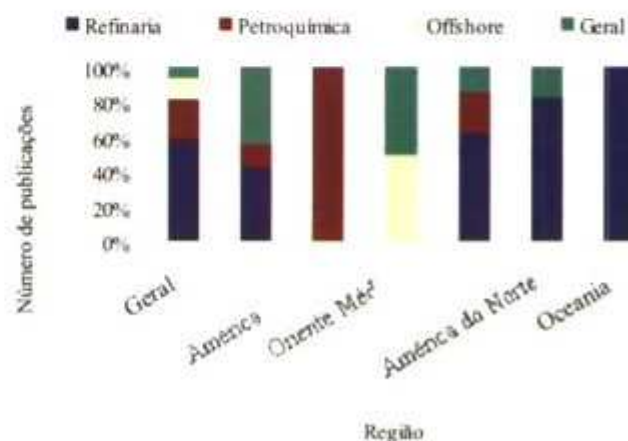


Figura 5. Relação entre as grandes áreas da indústria do petróleo e a região de estudo

Apesar dos atraentes benefícios econômicos e da redução nos impactos ambientais, a aplicação de estratégias de Produção mais Limpa ainda é limitada. A partir de estudos que identificaram um grande número de barreiras potenciais para a implementação de P+L nas indústrias, o CNTL (2003a) avaliou que a falta de entendimento conceitual e o acesso limitado a informação técnica sobre o assunto são os fatores mais críticos. O número de estudos encontrado por este trabalho pode corroborar com esta afirmação. O primeiro passo para a implementação de programas de P+L é atingir toda a equipe que compõe a companhia, apresentando experiências de sucesso (CEBDS, 2003). Entretanto, isto só será possível se existir informação disponível através de fontes variadas. Isto não significa que não haja pesquisas sendo desenvolvidas sobre P+L. As indústrias têm pesquisado estratégias e tecnologias mais limpas devido à crescente preocupação da sociedade e de instituições internacionais com a saúde humana e o meio ambiente, porém estas pesquisas estão concentradas em relatórios internos. Estas experiências devem ser publicadas mais frequentemente em artigos revisados por pares para alcançar um público maior e ter maior credibilidade.

Conclusões

O objetivo deste trabalho foi avaliar e determinar áreas de relativa deficiência em pesquisas sobre Produção mais Limpa

através da análise da literatura disponível sobre o assunto. Um total de apenas 41 artigos foi encontrado, mostrando uma falta de publicações em artigos revisados por pares sobre o tema. A maior parte das publicações encontradas foi de artigos de periódicos científicos e a maioria dos trabalhos apresentava estudos realizados em refinarias.

Provavelmente, muito da literatura, especialmente publicações sem corpo editorial, pode não ter sido coberta por esta pesquisa. Os poucos trabalhos científicos obtidos mostram que a pesquisa sobre P+L está provavelmente limitada a relatórios internos de empresas, permanecendo indisponíveis para um público maior.

A implementação de programas de Produção mais Limpa permite a companhia conhecer melhor seus processos através do seu constante monitoramento e desenvolver um sistema de produção eco-eficiente. Se publicado e amplamente divulgado, os resultados deste monitoramento poderão ajudar na identificação de áreas com necessidade de pesquisas, informação técnica e programas de capacitação. Pode também contribuir para o desenvolvimento de índices de processo e ambientais, valiosos para a reputação e imagem da empresa.

Referências bibliográficas

- AL NUAIMI, A. A., BROWN, L., HERAT, S., BADRI, M. Concepts and applications of cleaner production and industrial ecology towards sustainable development for the industries in the United Arab Emirates. In: *Proceedings of the Air and Waste Management Association's Annual Conference and Exhibition, AWMA*, 2004.
- BAAS, L. Cleaner production and industrial ecosystems, a Dutch experience. *Journal of Cleaner Production*, v. 6, n. 3-4, p. 189, 1998.
- CEBDS. Guia da Produção Mais Limpa - Faça você mesmo. Rede de Produção mais Limpa. 2003.
- CHEN, Z. Perspectives on petroleum refining as cited from 17th WPC presentations. *Petroleum Processing and Petrochemicals*, v. 34, n. 8, p. 1-8, 2003.
- CHRISTIE, I., ROLFE, H., LEGARD, R. *Cleaner Production in Industry: Integrating business goals and environmental management*, PSI-Policy Studies Institute, 1995.
- CNTL. Implementação de Programas de Produção mais Limpa. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/Unido/Unep. 2003a.
- CNTL. Rede de Produção Mais Limpa - Relatório de Atividades 1999-2002. Rio de Janeiro: Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. 2003b.
- ENGLANDE JR, A. J. Status and direction of waste minimization in the chemical and petrochemical industries. *Water Science and Technology*, v. 29, n. 8, p. 25, 1994.
- FURLONG, A. Gasification: The clean choice for carbon management. *Chemical Engineer (London)*, n. 731, p. 32, 2002.
- GERTLER, N., EHRENFELD, J. R. A down-to-earth approach to clean production. *Technology Review*, v. 99, n. 2, p. 48-54, 1996.
- GRACEY, M. T., PALMOUR, H. H. ALS hydraulic pump improvement additional development. In: *Proceedings of the Annual Southwestern Petroleum Short Course*, 2001.
- GURDEN, C., CRAMWINCKEL, J. Application of reedbed technology in production water management. In: *International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production*, 2000/III, 2000.
- HALL, J. R. Cleaner products. A refining challenge. *Hydrocarbon Processing*, v. 71, n. 5, p. 100C-100F, 1992.
- HUR, T., KIM, I., YAMAMOTO, R. Measurement of green productivity and its improvement. *Journal of Cleaner Production*, v. 12, n. 7, p. 673-683, 2004.
- MELLO, M. C. A. Produção mais Limpa: Um estudo de caso na AGCO do Brasil. Dissertação de mestrado, Porto Alegre: Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.
- PAVLINIC, Z., SVEL-CEROVECKI, S., KORUNIC-KOSCI-NA, S., PLAVSIC, B. INA projects for achievement of eco-efficiency [Projekti INE u funkciji eko-efikasnosti]. *Kemija u industriji/ Journal of Chemists and Chemical Engineers*, v. 52, n. 7-8, p. 335, 2003.
- REN, X. R., ZHAO, F. Y. Sustainable Developing Strategy Selection for China Petroleum Industry. *Xitong Gongcheng Lilun yu Shijian/System Engineering Theory and Practice*, v. 25, n. 10, p. 131, 2005.
- SADHUKHAN, J., SIMONS, H. J. Cleaner technology evolutions for refineries. In: *7th World Congress of Chemical Engineering, GLASGOW2005, incorporating the 5th European Congress of Chemical Engineering*, 2005/III, 2005.
- SHARFMAN, M., ELLINGTON, R. T., MEO, M. Conoco and the vapor recovery project: Using innovation to preserve autonomy. *Journal of Industrial Ecology*, v. 3, n. 1, p. 93-110, 1999.
- SHU, X.-Q., WANG, B.-G., ZHANG, C.-Z. Application of HAZOP in cleaner production. *Xiandai Huagong/Modern Chemical Industry*, v. 21, n. 2, p. 46-48, 2001.
- TANIMOTO, A. H. Proposta de simbiose industrial para minimizar os resíduos sólidos no Pólo Petroquímico de Camaçari. *Monografia de especialização, Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo*, Universidade Federal da Bahia, 2003.
- WANG, H., SUN, X., CUI, B., LIU, B., ZHANG, Y. Investigation on estimation system of cleaner production in oil refinery enterprise. *Harbin Gongye Daxue Xuebao (Journal of Harbin Institute of Technology)*, v. 36, n. 12, p. 1683-1685, 2004.
- XU, C. Future trends on refinery development. *China Petroleum Processing and Petrochemical Technology*, n. 3, p. 1-7, 2001.
- ZBONTAR, L., GLAVIC, P. Total site: wastewater minimization - Wastewater reuse and regeneration reuse. *Resources Conservation and Recycling*, v. 30, n. 4, p. 261-275, 2000.
- ZHANG, D. Outlook of oil refining industry in the early 21st century. *Petroleum Refinery Engineering*, v. 33, n. 1, p. 1-6, 2003.
- ZHANG, J., ZHU, X. X., TOWLER, G. P. A simultaneous optimization strategy for overall integration in refinery planning. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v. 40, n. 12, p. 2640-2653, 2001.