



PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO CONCEITO DE “INDÚSTRIA VERDE”: UM ESTUDO DE CASO NO RAMO PETROQUÍMICO

Carlos E. de M. Jeronimo¹

Augusto Cesar Fernandes de Carvalho²

RESUMO

Neste trabalho, apresenta-se uma proposta de implantação de processos de melhorias técnico-ambientais no cenário produtivo de uma indústria do segmento petroquímico, visando a adoção de tecnologias mais limpas em suas atividades, mediante foco na redução da fonte de uma forma preventiva e do controle dos aspectos ambientais gerados pelas atividades da unidade. Esse conceito foi idealizado com ações que contemplam a introdução de práticas de redução da captação de água a ser utilizada no processo, abatimento de emissões atmosféricas oriundas dos processos de queima de combustíveis fósseis (fornos, caldeiras etc), aumento na eficiência dos processos térmicos e mecânicos de separação e processamento de derivados de petróleo, melhoria nas práticas de gerenciamento de resíduos, dentre outras. As ações planejadas demonstraram que a implantação da redução na fonte agrega ganhos econômicos às atividades, por terem impactos diretos na redução dos custos envolvidos. Além disso, essas ações remetem a um maior rigor no controle das variáveis de alteração nas temáticas que envolvem: mudança climática, escassez de recursos hídricos e gestão integrada de resíduos industriais. Contudo, a adoção das práticas de uma “indústria verde” torna as organizações, que seguem tal modelo, ícones da proteção ambiental e de desenvolvimento tecnológico de energias mais limpas, em especial no atual cenário industrial brasileiro.

Palavras-chave: produção mais limpa, indústria verde, compromisso socioambiental

ABSTRACT

Proposal for the deploy of the concept of green industry: a case study in the petrochemical industry. This paper presents a proposal of deploying processes of technical and environmental improvements in a petrochemical industry scenario, aiming to adopt cleaner technologies in their activities by focusing on reduction at the source in a preventive and control environmental aspects generated by the unit activities. This concept was designed with actions that include the introduction of practices to reduce water abstraction to be used in the process, air emissions reduction coming from the process of burning fossil fuels (furnaces, boilers etc.), the increase in process efficiency and thermal mechanical separation and processing of oil products, to improve waste management practices, and others. The planned actions demonstrated that the reduction at the source activities implementation aggregate economic gains, by having direct impacts on reducing the costs involved. Furthermore, these actions

¹ Universidade Potiguar – UnP, Natal – RN, Brasil; PETROBRAS. E-mail para correspondência: c_enrique@hotmail.com.

² PETROCOQUE; PETROBRAS.

refer to a more rigorously control of the variables changes in issues involving: climate change, water scarcity and integrated management of industrial waste. However, the adoption of practices of a “green industry” make the organizations that follow this model, icons of environmental protection and technological development of cleaner energies, especially in the current industrial Brazilian scenario.

Key words: cleaner production, green industry, social-environmental commitment

INTRODUÇÃO

As preocupações com a temática socioambiental vêm ganhando horizontes, sobretudo, com a adoção de práticas comumente orientadas em todas as atividades produtivas. Segundo Holanda (2011), as transformações socioeconômicas dos últimos vinte anos afetaram de modo significativo o comportamento e a avaliação das organizações, especialmente no foco de atuação e nas preocupações com o desenvolvimento de atividades sem a geração de impactos nas áreas circunvizinhas.

Nas últimas décadas, emergiram discussões e providências acerca dos impactos causados pela atividade humana e pelo crescimento econômico no meio ambiente e na sociedade. É possível perceber que algumas organizações vêm abandonando a busca imediatista do lucro e passando a se preocupar também com os impactos de suas atividades operacionais no meio em que atuam. Essa mudança se reveste de uma postura mais ética das organizações que, gradualmente, demonstram o real interesse nas questões sociais, culturais e ambientais.

Somam-se a isso, o atual cenário da globalização e a grande pressão social pela manutenção da disponibilidade da biodiversidade existente e pelo desenvolvimento da participação no controle do clima que as atividades produtivas exercem, haja vista a pressão para realização de propostas de protocolos e metas de redução dos poluentes (Chaves, 2010).

De acordo com López, Garcia e Rodriguez (2007), o sucesso das organizações empresariais está começando a ser definido pela integração de conceitos como qualidade gerencial, administração do meio ambiente, reputação da marca, lealdade dos consumidores, ética corporativa e retenção de talentos. Assim, medidas derivadas desses conceitos são consideradas convenientes estratégias, que deveriam conduzir a uma melhor gestão e, conseqüentemente, promover um melhor desempenho financeiro. Surgem, então, com a adoção e resultados oriundos desses conceitos as empresas consideradas como sócio e ambientalmente responsável.

Diante do exposto, mesmo considerando esse contexto socioambiental, os investimentos realizados na temática ambiental ainda apresentam dificuldades técnicas e estruturais que impõe fragilidades nessa questão, principalmente, pela não adoção de práticas pró-ativas de gerenciamento ambiental (a maioria das organizações ainda se preocupa apenas com o cumprimento de normas, requisitos e condições impostas por terceiros, e não busca a solução definitiva para os problemas), sendo um ponto de grande fragilidade, sobretudo, pelos frequentes interesses da imprensa, em especial nas atividades industriais.

Neste trabalho, é apresentada uma proposta para a adequação de uma empresa do segmento petroquímico ao conceito de “indústria verde”, mediante a valoração da sustentabilidade socioambiental em suas atividades industriais, por meio, da adoção de tecnologias limpas e de práticas ambientais associadas

à metodologia descrita pelo Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL, 2000).

A denominação “indústria verde” surgiu em 1990, sendo adotada por Freitas e Almeida (2010) e é utilizada no presente trabalho. Nessa linha, serão descritos os métodos e alguns exemplos de práticas que foram utilizadas na refinaria de petróleo, durante os anos de 2008 a 2011, cuja decisão estratégica foi adotada para estabelecimento do referido conceito. Esse trabalho consiste na descrição da idealização do modelo e no detalhamento para identificação de oportunidades para ordenar um guia de implantação da presente metodologia e dos resultados obtidos.

Objetivos do Conceito

O objetivo principal foi o desenvolvimento de uma metodologia para implantação de tecnologias limpas nos processos produtivos (destilação, utilidades, craqueamento catalítico e gestão de insumos e petróleo) em uma indústria petroquímica, de forma a lhe transformar em um ícone para as ações de proteção ao meio ambiente. Tal processo consiste na introdução de práticas de redução na fonte da geração de resíduos ou consumo de matérias-primas e mitigação dos aspectos ambientais existentes nas atividades produtivas. Nesse sentido, foi possível controlar as variáveis operacionais (relativas ao consumo de energia, consumo de petróleo, consumo de água, geração de efluentes, geração de resíduos etc) de impactos no contexto das mudanças climáticas, no uso de recursos naturais e nas demais interferências significativas da unidade na sua área de influência.

Dentre os objetivos específicos para tornar um empreendimento uma “indústria verde”, destacam-se:

- ampliar a notoriedade e o desenvolvimento da temática ambiental da indústria;
- reduzir os impactos ambientais provenientes da atividade industrial provenientes do consumo e geração de resíduos de hidrocarbonetos;
- aumentar os índices de aproveitamento das matérias-primas e insumos consumidos pela adoção das práticas mapeadas na aplicação do conceito;
- valorizar os subprodutos gerados pela melhor segregação de contaminantes;
- aumentar o comprometimento dos colaboradores da unidade, em relação a temática em questão, visto que o conceito torna-se parte da política e das diretrizes ambientais da organização praticante;
- melhorar e valorizar a imagem da indústria junto as partes interessadas (órgãos ambientais, sindicatos, comunidade do entorno etc);
- fomentar toda a cadeia produtiva subsidiária à atividade da indústria para a adoção de práticas ambientalmente sustentáveis, estabelecendo requisitos nos contratos de prestação de serviços e produtos;
- facilitar a comunicação com os órgãos ambientais, principalmente em relação à possibilidade de implantação de novos empreendimentos;

- incorporar o conceito de ciclo de vida dos produtos nos processos da indústria, garantindo a responsabilidade em linha até o seu consumidor final, com uma melhor qualidade dos produtos processados;
- agregar valor econômico, pela redução dos índices de desperdícios de produtos, materiais e insumos pela adoção de técnicas de Produção Mais Limpa;
- incluir as considerações dos interesses da preservação da biodiversidade do entorno da indústria nas decisões de projetos de expansão e de melhorias, sendo um padrão de escolha para uso e ocupação do solo a escolha de áreas menos sensíveis em novos empreendimentos;
- potencializar itens de reuso e reciclagem de materiais nos seus processos produtivos.

Essas práticas foram mapeadas e comparadas com as tecnologias em uso para que as decisões para sua adoção fossem tomadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo constitui-se de uma pesquisa aplicada, pois objetiva levar conhecimentos para a extensão das tecnologias limpas e do modelo de “indústria verde” cujas oportunidades foram levantadas e avaliadas em estudo de viabilidade técnica e econômica para uma indústria petroquímica piloto.

Do ponto de vista dos objetivos, trata-se de um estudo exploratório-descritivo, o qual visa a descrever a problemática em discussão, buscando caracterizar o objeto em estudo.

A hipótese pauta-se na possibilidade de haver viabilidade técnica e econômica para modificar determinadas atividades no processamento do petróleo, gás natural e consumo da água, com uso de tecnologias limpas no que concerne à utilização de práticas sustentáveis, para racionalizar o uso eficiente desses recursos.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, o estudo caracteriza-se como uma pesquisa-ação, ou seja, quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo conforme citam Silva e Menezes (2001), e, também, como estudo de caso devido à utilização de dados de campo, sendo as práticas aferidas na implantação na indústria piloto.

A estrutura da pesquisa consiste:

- na formulação do problema, englobando a justificativa do estudo, a determinação dos objetivos, a contextualização da problemática e definição da metodologia;
- na realização do levantamento teórico, que orienta a caracterização do objeto de estudo, as definições e conceitos a serem utilizados em análise e correntes de pensamentos que norteiam a hipótese da pesquisa e do conceito de “indústria verde”;
- no levantamento inicial de dados em campo, por meio de incursões investigativas em outras

indústrias do mesmo segmento, observando as melhores práticas ambientais;

- no estudo criterioso sobre os princípios de P+L e as ações tecnicamente viáveis a serem aplicadas aos setores;
- na análise econômica das oportunidades de aplicação identificadas e na discussão sobre as melhorias que possam acarretar, além da implantação das principais práticas.

Os dados coletados em campos foram organizados, de acordo com a necessidade da utilização em pesquisa, e utilizados para a elaboração do levantamento das principais ações de oportunidades e compõem o banco de resposta dos principais indicadores validados.

Cenários de Risco ao Meio Ambiente na Empresa Piloto

Diante de um levantamento inicial, realizado na empresa piloto, para o desenvolvimento desse conceito, foram observados desníveis nos principais indicadores ambientais. Segundo Correia (2012), esses pontos são comumente observados nas atividades diárias de uma indústria, cujo foco é reativo, ou seja, voltado para a resolução de problemas a partir da análise dos efeitos.

Dentre os principais indicadores analisados (geração de resíduos, efluentes líquidos, emissões atmosféricas, derramamentos, acidentes com a fauna, supressão vegetal e áreas impactadas), em estado de anomalia, destaca-se, como mais crítico, o Índice de Qualidade dos Efluentes Hídricos (IQEH) cujo não atendimento aos padrões de descarte ocorre de forma sistêmica (observada em diferentes etapas do processo) e cíclica (recorrente em períodos chuvosos), tendo-se elevados picos frente a sua meta. Para essa evidência, elenca-se uma série de causas prováveis, sendo essas, generalizadas para outros problemas, nos diferentes níveis de abrangência e responsabilidade dentro da organização, desde seus aspectos técnicos; passando pela gestão, e culminando na operação dos sistemas. A seguir, destacam-se algumas das causas básicas prováveis para tal situação:

1. não integração dos sistemas de registros das ocorrências correlacionadas com o processo produtivo da indústria, com as indicações de alterações nas características dos produtos, processos e efluentes gerados - para respaldar as alterações que possam vir a comprometer o desempenho dos índices de qualidade dos efluentes;
2. falha na sistemática de registros das listas de verificação dos padrões de operação e baixa qualidade dos procedimentos utilizados no tratamento dos efluentes (qualidade operacional de cada equipamento individualizado);
3. ausência de um banco de dados para controle dos índices pluviométricos na área das estações de tratamento, de modo a subsidiar dados para um detalhamento criterioso e correlacionando fatores externos a operação da estação de tratamento;
4. não conformidade do sistema integrado de registro dos descartes de águas de drenagem dos tanques de produtos e petróleo, de modo a permitir a intervenção nas alterações de ordem processual num modo pró-ativo, e não meramente gerar indicadores reativos das evidências objetivas das determinações analíticas;

5. controle pouco rigoroso na qualidade das amostragens (revedo inclusive as técnicas, hoje utilizadas), bem como, integrar com o laboratório a avaliação dos índices de precisão de cada análise;
6. inadequação dos padrões da qualidade requerida pelo sistema, não incluindo uma metodologia estatística (Controle Estatístico de Processos - CEP) para garantir a inexistência de impactos ambientais e não conformidades legais;
7. falta de integração da manutenção industrial com o sistema de tratamento de efluentes;
8. ausência de um plano para operação em caráter emergencial da estação de tratamento, a fim de adequar novas técnicas que possam eliminar, na existência de eventos de paralisação de equipamentos, o não atendimento às especificações requeridas pela legislação para o lançamento dos efluentes - como comumente ocorre na indústria;
9. ausência de auditorias internas preventivas para eliminar possíveis problemas que requeiram a paralisação dos equipamentos.

Além disso, é estabelecida nas indústrias uma cultura de abundância, visto o cenário natural e estrutural para os recursos naturais e financeiros da unidade, sendo essa postura arraigada na estrutura das diferentes regiões e dos colaboradores dessa. Portanto, são necessárias significativas alterações na forma de administrar e avaliar os diferentes processos, ou melhor, trabalhar a sensibilização dos atores para cultuar ações de racionalização, enquanto utilização de recursos, em especial a água.

Outros aspectos evidenciados na indústria piloto são as falhas nas ações de melhoria contínua preconizadas na ISO 14001 (ABNT, 2004), em relação à prevenção da poluição. Acredita-se que essa questão é comum para outras empresas na região, devido ao cenário de inserção desta, tendo-se uma forte atenuação do meio natural e a recepção sem impactos imediatos, o que é impulsionado pela fraca atuação e cumprimento dos aspectos legais por parte dos órgãos ambientais. Esse cenário leva a constantes ocorrências de problemas de poluição, como as apresentadas na figura 1.



Emissões atmosféricas



Desperdício de água



Desperdício de vapor



Sistema de drenagem ineficaz

Figura 1. Cenários ambientais observados na empresa de referência do estudo.

Apresenta-se uma situação crítica sobre os fatores econômico (alto custo da operação), ambiental (constantes impactos ambientais), gerencial (riscos com o não atendimento aos padrões das certificações impostas pelo sistema e cumprimento legal), segurança (exposição a condições insalubres desnecessárias), entre outras.

Desenvolvimento do Conceito

O presente trabalho foi inspirado no conceito de tecnologia limpa, tendo sido esse desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) em 1989 (CNTL, 2000). O conceito foi inovador para a conservação dos recursos e gestão ambiental, com o objetivo imediato de incrementar o conhecimento sobre o conceito e promover sua adoção pela indústria (PNUMA, 2006).

A proposta do PNUMA foi a de fomentar a manufatura de produtos e o uso contínuo de processos industriais que aumentassem a eficiência, prevenissem a poluição do ar, água e solo, reduzissem os resíduos na fonte de poluição e minimizassem os riscos para a população humana e o ambiente (Furtado, 1998).

No Brasil, a Produção Mais Limpa foi iniciada através do CNTL, instalado na Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul (FIERGS), em 1995, apoiado financeiramente pela UNIDO (*United Nations Industrial Development Organization*) como parte do programa de implantação dos primeiros centros distribuídos por vários países em desenvolvimento (CNTL, 2000).

O objetivo é atender a necessidade de produtos de forma sustentável, isto é, usando, com eficiência, materiais e energias renováveis, não nocivos, conservando ao mesmo tempo a biodiversidade. Assim, utilizando a menor quantidade de matéria-prima, menos água e energia, gerando a menor quantidade de resíduos, como também a minimização dos custos de produção. Apresenta uma abordagem multidisciplinar e integrada para questões ambientais centradas no produto.

Adotar uma tecnologia limpa não significa dizer, entretanto, que as instalações de uma indústria existente tenham que ser inteiramente substituídas e sucateadas. Modificações localizadas, introduzidas

em alguns setores críticos das instalações, quase sempre são soluções suficientes para a maioria das indústrias já implantadas (Do Valle, 1996).

A redução do uso de matérias-primas já permite, por si, atenuar a massa de resíduos gerados, em razão da maior eficiência do processo e das técnicas de produção empregadas. Essa maior eficiência resulta, naturalmente, na eliminação dos desperdícios de materiais e, conseqüentemente, em uma menor geração de resíduos.

A conversão para tecnologias limpas, também denominadas nos Estados Unidos da América de *Cleaner Production* (Produção Mais Limpa), implica, quase sempre, na modificação do produto ou processo produtivo, razão pela qual requer uma avaliação econômica cuidadosa. De outro lado, há de se considerar que a maior eficiência no processo e a redução de perdas já constituem bandeiras de qualquer campanha pela produtividade, caminho que necessariamente deve ser trilhado por toda empresa que luta para se manter competitiva em mercados sempre mais exigentes e disputados. Aqui, mais uma vez, os temas Qualidade e Meio Ambiente se somam e se completam, no que se convencionou chamar de eco-eficiência da instalação (Do Valle, 1996).

Os processos produtivos utilizados pela empresa passam por uma reavaliação e podem sofrer modificações, que resultam em:

- na segregação, na origem, dos resíduos perigosos dos não perigosos;
- na promoção e no estímulo ao reprocessamento e à reciclagem interna;
- na integração do processo produtivo em um ciclo que também inclua as alternativas para destruição dos resíduos e a maximização futura do reaproveitamento dos produtos
- na melhoria da eficiência dos processos, através da diminuição dos custos com a água e a energia e eliminação de vazamentos e perdas, dos custos de matérias-primas e de pressões sobre as fontes naturais renováveis e dos custos com o tratamento dos efluentes;
- na redução do consumo (e do custo) de matérias-primas, através do uso de materiais simples e renováveis, com aproveitamento de materiais reciclados;
- na redução da quantidade de resíduos gerados, ao invés do seu tratamento e contenção, para assegurar a conformidade com os limites estabelecidos pelas regulamentações ambientais locais;
- na redução do potencial poluente de determinados processos ou produtos;
- na melhoria das condições de trabalho na indústria, em conformidade com as exigências legais e medidas pró-ativas (antecipadas), envolvendo aspectos de segurança e saúde no trabalho e a prevenção de riscos em cada operação unitária e no processo produtivo, como um todo;
- na redução dos custos de tratamento dos resíduos, através de modificações no processo e fechamento de ciclos nas diferentes operações.

Em resumo, o ciclo da metodologia da abordagem da “indústria verde” segue o esquema mostrado na figura 2, sendo priorizadas ações que eliminem na fonte a geração dos aspectos ambientais frente ao

que costumeiramente é feito como práticas de disposição e tratamento. Nessa mesma figura, é possível observar que a contribuição à solução do problema, quando há prevenção, é totalmente eficaz, enquanto que, nas demais formas têm-se sempre frações desta. Por sua vez, a complexidade da solução para medidas preventivas é a que apresenta o maior grau, porém, compensada pelos baixos custos de implantação, quando comparada a outras técnicas de gerenciamento ambiental.



Figura 2. Esquema do fluxo de seqüências de abordagens ambientais (adaptado de CNTL, 2000).

As intervenções previstas na implantação do conceito de “indústria verde” contemplam os aspectos gerenciais e tecnológicos, e podem incluir desde melhorias nas práticas de gestão e manutenção (boas práticas de fabricação) até modificações nos processos e produtos e inovações tecnológicas de diferentes graus de complexidade (Marinho, 2001). Um exemplo dessas alterações é apresentado na tabela 1.

Outro fato importante é que a implantação de sistemas de gestão ambiental e de técnicas que visem à produção mais limpa nas empresas está, principalmente, relacionada à eficiência no processo produtivo, sendo geralmente medidas em termos de recursos financeiros economizados em relação ao investimento realizado, abordagem esta, utilizada devido ao objetivo almejado de minimizar custos juntamente com a diminuição da degradação ambiental (CNTL, 2000).

Tabela 1. Comparativo entre Tecnologia “Fim de Tubo” e o conceito de “Indústria Verde” (adaptado de CNTL, 2000).

Abordagem da Tecnologia de Fim de Tubo	Abordagem da Filosofia de uma “Indústria Verde”
Como devem ser tratados os resíduos e as emissões existentes?	De onde vêm os resíduos e as emissões?
A gestão é feita com base na reação.	A gestão é feita com base na ação.
Geralmente leva a custos adicionais.	Pode ajudar a reduzir custos.
Os resíduos são limitados através de unidades de tratamento e associados a custos.	A prevenção de resíduos na fonte reduz os custos e minimiza a complexidade das unidades de tratamento.
Soluções de fim de tubo utilizam-se de tecnologia de reparo e alternativas de armazenamento de resíduos.	Evitam-se os processos e materiais potencialmente tóxicos e com isso reduz-se as tecnologias de reparos e armazenamentos.
A proteção ambiental entra depois que os produtos e processos tenham sido desenvolvidos.	A proteção ambiental entra como uma parte integrante do design no produto e da engenharia de processo.
Os problemas ambientais são resolvidos a partir de um ponto de vista tecnológico.	Tenta-se resolver os problemas ambientais em todos os níveis / em todos os campos.
Proteção ambiental é um assunto de especialistas competentes e restrito a eles. É pautada em alternativas trazidas de fora da organização. Aumenta o consumo de material e energia.	Proteção ambiental é tarefa de todos. É uma inovação desenvolvida dentro da empresa. Reduz consumo de material e energia.
Complexidade e riscos aumentados nas atividades da organização.	Riscos reduzidos e transparência aumentada nas atividades da organização.
A proteção ambiental é focada no preenchimento de prescrições legais. É resultado de um paradigma de produção que data de um tempo em que os problemas ambientais ainda não eram conhecidos.	A proteção ambiental focada em medidas proativas. É uma abordagem que pretende criar técnicas de produção para um desenvolvimento sustentável.

A avaliação de desempenho é um recurso utilizado para se ter uma visualização do comportamento dos processos em relação aos objetivos e metas anteriormente traçados. A premissa fundamental é que só o que puder ser medido e quantificado é que pode ser corretamente avaliado. Isso permite que a empresa identifique mais facilmente seus pontos críticos e determine seus objetivos e estratégias de melhoria e principalmente a manutenção dessas intervenções ao longo do tempo. Mafra (1999) cita que o uso de medidas certas de desempenho torna a melhoria do processo não só possível, como também contínua.

De acordo com Simons (2000), a avaliação de desempenho serve para controlar a implementação de uma estratégia de negócio, comparando o resultado com os objetivos estratégicos estabelecidos.

Mafra (1999) relatou que as medições podem ser classificadas segundo a finalidade da informação que fornecem:

- medição para visibilidade: são medidas efetuadas para um diagnóstico e têm por objetivo identificar os pontos fortes e fracos ou as disfunções para que seja possível propor ações de melhoria.
- medição para controle: são medições que visam a controlar o desempenho em relação a um

padrão estabelecido.

- medições para melhoria: as medições podem, também, ser utilizadas de modo a comparar a implantação de uma melhoria em relação a meta estabelecida. Este tipo de medição visa identificar as oportunidades de melhoria ou verificar o impacto das intervenções no processo e podem ser utilizadas para assegurar a implantação de estratégias.

Segundo a Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade (1994), o termo Indicadores de Desempenho (ID) é definido como uma relação matemática que mensura atributos de um processo ou de seus resultados, com o objetivo de comparar essa medida com metas numéricas preestabelecidas. Tachizawa e Andrade (2005) propuseram que os indicadores de desempenho refletem a relação entre produtos (serviços) e insumos, ou seja, buscam medir a eficiência de um dado processo ou operação em relação à utilização de um recurso ou insumo específico (mão-de-obra, equipamento, energia, instalações, etc).

É de fundamental importância que os indicadores reflitam a eficácia das atividades desempenhadas. As distorções encontradas devem ser medidas, corrigidas e acompanhadas permanentemente. As pessoas mais apropriadas para escolher os indicadores são os próprios executores das atividades, que conhecem a fundo os métodos de execução, sabem quais são os pontos críticos e serão beneficiados com essas atividades. Sendo assim, Peneda (1996) afirmou que a utilização das avaliações de desempenho contribui com a motivação e o envolvimento das pessoas com a melhoria, pois permite aos indivíduos avaliarem seu próprio desempenho. Sendo assim, para aferir o desempenho de uma indústria verde é imprescindível a adoção de indicadores para auxiliar nesse processo de gerenciamento.

Adequações ao Conceito

A implementação do conceito indústria verde agrega um novo ciclo de melhorias e de adequações positivas para a estrutura de uma indústria, procurando-se reduzir significativamente os impactos ambientais da sua operação. Para isso, algumas melhorias estruturais devem compor os investimentos (de médio e grande porte) e as mudanças a serem adotadas. Essa consiste na principal dificuldade para a adoção do conceito proposto. Como forma de balizar o planejamento das organizações para esse atendimento, são listadas as principais modificações mapeadas para o segmento petroquímico.

Melhoria dos Queimadores de Sistemas Térmicos

Uma das principais perdas econômicas de uma indústria petroquímica encontra-se nas baixas eficiências energéticas de seus sistemas. O aproveitamento de seus combustíveis na queima é uma das soluções mais viáveis, sob o ponto de vista econômico e ambiental, por agregar a esses sistemas a redução direta na carga de poluentes emitidos com a redução do consumo de combustíveis.

Para isso, dispõe-se de tecnologias do tipo *Low-NOx*, que, se aplicadas, agregam de forma direta essas melhorias. Os queimadores com baixa emissão de NOx têm seu princípio de funcionamento baseado no retardamento da combustão da mistura, através da entrada de ar e combustível em estágios adequados; obtendo-se, assim, uma combustão mais controlada. Além da tecnologia da combustão em duas fases, também fazem uso da tecnologia de preparo de combustível, onde são utilizados vários pontos de injeção de combustível (Vacarro, 2002). Ferreira; Oliveira (2011) e Fuente (2011) demonstram que essa instalação

reduz drasticamente os níveis de emissão de NOx. Sendo assim, essa prática deve ser fomentada quando o interesse de melhores práticas ambientais.

1) Readequação Metalúrgica das Unidades de Processo

Uma das principais causas dos derramamentos de óleo está relacionada ao emprego de materiais inadequados ou a prematura degradação desses (Pimentel, 2007), causando uma série de problemas críticos nas áreas de influência. Fazem-se necessários estudos de readequação para o desenvolvimento de uma estrutura metalúrgica no segmento petroquímico, principalmente em empresas com instalações antigas, de forma a dar mais confiabilidade aos seus sistemas e estabilidade para o controle dos aspectos ambientais. Deve-se procurar adotar práticas preventivas que evitem a corrosão e, conseqüentemente, os derramamentos.

2) Troca de Calor

Outro item que acarreta a perda de hidrocarbonetos e a contaminação de correntes nobres (produtos acabados) no ciclo produtivo de uma empresa petroquímica são os permutadores de calor existentes. Segundo Costa et al. (2006), quase sempre, a baixa eficiência remete a problemas de estabilidade e de contaminações por sujeiras carregadas pelas correntes de produção e subprodutos de corrosão. Para atenuar tais impactos, faz-se necessária a modernização desses sistemas, com a substituição dos modelos tubulares, muito comum nas instalações petroquímicas, por rotas tecnológicas mais compactas e modernas, de alto impacto na troca térmica, conforme recomendam Fernandes et al. (2007). Dessa forma, ter-se-á ganhos econômicos e ambientais para toda a estrutura.

3) Tratamento Eficaz de Efluentes

O não atendimento aos limites legais dos parâmetros físico-químicos de lançamentos dos efluentes são itens críticos. As principais causas desses eventos ocorrem em consequência de problemas estruturais e operacionais das estações de tratamento de efluentes, sobretudo pela ausência de mecanismos de medição e controle para tomada de decisões de forma rápida, quando da alteração do perfil de tratamento necessário. São necessários beneficiamentos que compreendem a ampliação das bacias de acúmulo e proteção de transbordos para as estações de tratamento, a implantação de tanques drenadores para equalização de vazões, medidores e analisadores em linha dos principais parâmetros de controle que permitam respostas rápidas nos ajustes operacionais, a adoção de um sistema de retenção de sólidos e melhorias na regulação de carga da estação de tratamento. Soma-se a isso a implantação de uma ferramenta eletrônica de monitoramento da qualidade dos efluentes das unidades de processo e drenagens.

4) Segregação de Águas

Nas instalações dos tanques de armazenamento das indústrias, é comum se observar uma complexa rede de bacias de contenção e captação de águas pluviais. Nos projetos analisados, as águas pluviais são direcionadas para as bacias de águas contaminadas das estações de tratamento das indústrias. Essa sistemática vem sendo adotada porque essas águas contêm frações de óleo em sua composição. Entretanto, nem toda a vazão captada nessas bacias necessitaria desse destino, uma vez que parte desta, possivelmente, não está contaminada por óleo. Essa metodologia poderia ser reavaliada, considerando que a fração da água que não estiver contaminada por óleo não precisaria ser encaminhada para a bacia de águas contaminadas.

Para solucionar essa questão poderia ser realizado o alinhamento das linhas atuais, visando à separação das águas pluviais das bacias de contenção dos tanques. Essa segregação pode ocorrer de forma física, através do isolamento de áreas críticas, ou operacional, pela fluência em um determinado período de tempo para a estação de tratamento, sendo após a sua limpeza e a plena remoção do óleo, então direcionados para o reuso ou disposição direta, já que constituem correntes sem óleo.

A estimativa da redução dos níveis de efluentes de forma global para o cenário nacional é complexa, pois envolve diferentes índices pluviométricos para as diferentes regiões brasileiras. Entretanto, estima-se pela área isolada, que cerca de 70% da água pluvial poderia ser direcionada para outra bacia sem necessitar de tratamento. Na Figura 3, são apresentadas as modificações que foram sugeridas para atender as premissas descritas, conforme Azevedo (1999).

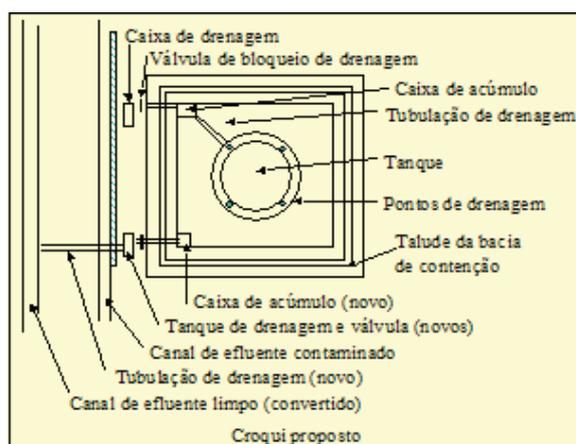


Figura 3. Sistema de segregação de linhas de águas pluviais em bacias de contenção de tanques de armazenamento de produtos e petróleo (Fonte: Azevedo, 1999).

Com o advento da taxa de cobrança da água captada de corpos hídricos e poços subterrâneos, esses montantes de água possuirão um valor agregado significativo, tendo-se uma compensação e um retorno econômico em níveis aceitáveis para tal investimento, inclusive para a reforma dos atuais projetos.

Outro ponto importante é que a implementação dessas medidas, visando à redução das correntes de águas contaminadas e oleosas encaminhadas para o tratamento na estação de tratamento, por meio, da separação das correntes e demarcação de áreas de incidência de águas pluviais, permitirá o reuso dessas correntes como água bruta para os processos.

6) Reuso de Efluentes

Após a busca de melhorias no circuito de tratamento de efluentes, deve-se procurar reutilizar a corrente para alimentação da estação de tratamento de água, eliminando-se consideravelmente a necessidade de captação e o descarte nos corpos receptores. Para obtenção dessa estrutura fechada fazem-se necessários investimentos para adequação da estrutura atual, para atendimento aos requisitos mínimos, e complementos de tratamento com o uso de membranas para o polimento em nível de qualificação do efluente como água bruta.

7) Aproveitamento de Correntes de Águas Pluviais

As correntes acumuladas de águas de chuvas incidentes nas áreas classificadas como industriais

passarão por processos de retenção de sólidos e misturadas com outras águas, sendo incorporada para a produção de água industrial.

Considerando o cenário futuro, da cobrança das outorgas de direito de uso de água, esse aproveitando se eleva em termos de viabilidade econômica, atingindo índices próximos ao positivamente viável.

8) Melhorias nas Torres de Resfriamento

Os sistemas de torres de resfriamento semiabertos apresentam altas taxas de evaporação e, conseqüentemente, de reposição, com elevados volumes de água tratada consumidos. A inclusão de filtros laterais nos sistemas de pré-resfriamento das torres possibilitará a redução significativa das taxas de evaporação pela redução de uso de produtos químicos e menor dissipação do calor envolvido nas correntes de retorno. Tais práticas devem ser potencializadas nesse modelo sustentável.

9) Gestão das Áreas Impactadas

A ocorrência de passivos ambientais oriundos de práticas inadequadas de descarte de borras oleosas é um problema comum na maioria das indústrias petroquímicas, sobretudo, aquelas com mais de 30 anos de existência. Sendo assim, para adoção de um conceito de indústria verde, entende-se que, é necessário o mapeamento dessas áreas. Para isso, recomenda-se que a metodologia de investigação e desenvolvimento dos projetos de tratamento e remoção de solos impactados da CETESB (2012) seja utilizada para o desenvolvimento dos estudos geotécnicos e avaliação de riscos a saúde humana, dessas áreas.

Na ocorrência de zonas críticas devem-se remediar as matrizes de solo e água subterrânea contaminada, de forma a atender ao preconizado pela Resolução CONAMA nº 420/2009 (Brasil, 2009).

10) Reaproveitamento de Resíduos da Construção Civil

A indústria é uma grande geradora de resíduos de obras civis e, quase sempre, esse material é destinado para os aterros sanitários municipais, inviabilizando seu reuso. Diante disso, faz-se necessário o gerenciamento desses resíduos para aumentar a reciclagem dos materiais gerados, interna e externamente.

11) Eliminação do Desperdício de Vapor e de Água

O processo industrial faz uso de montantes consideráveis de água na forma de vapor cuja relação está na faixa de 4 a 6 kg de vapor por metro cúbico de produto processado, segundo dados de Mariano (2005) para indústria petroquímica, por exemplo. Essa é uma corrente de alto custo, não apenas pela incorporação energética que promove a mudança de estado físico, mas, pelo rígido tratamento recebido para remoção de sais e outros componentes degradantes ao processo de evaporação nas caldeiras. Além disso, o investimento em resinas, aditivos, processos específicos de desaeração compõem esse alto valor.

Analisando-se, de uma forma ampla, toda a rede de distribuição e os controles operacionais, estima-se que, a partir de dados da literatura, cerca de 5% do vapor seja dissipado pelos vazamentos. Isso corresponde em média a 0,32 kg de vapor por metro cúbico de petróleo processado.

A solução do problema passa pela oportunidade de implantar uma sistemática de inspeção das tubulações de vapor, bem como da manutenção preventiva de forma a eliminar possíveis pontos de vazamento, principalmente nas junções de tubulações e furos.

Outra proposta seria a inclusão de colaboradores aptos e capacitados para realizar a inspeção e a manutenção preventiva e corretiva das tubulações chamados de corredores. Esses corredores, em unidades de transferência de petróleo ou produtos em áreas de riscos, tornar-se-iam uma alternativa para empregabilidade, e o retorno do investimento feito com os salários e o material utilizado na manutenção seria equiparado ao desperdício que se tem com os vazamentos.

A inclusão desse procedimento de reparo no sistema de gestão das indústrias impacta ainda na redução da carga de efluentes, visto que a maioria da vazão descartada cai na superfície, e acaba por ser impregnada de óleo da área industrial, sendo assim, direcionada para as valas que captam os efluentes oleosos. Incorporando, um novo custo, que é o de seu tratamento.

12) Captação e Reuso de Água Pluvial em Prédios Administrativos

O uso de água potável para servir vasos sanitários é considerado uma das principais formas de desperdício de água, em especial com o grau de qualidade que está agregada. Somam-se a essas ações, a rega de jardins e limpezas grosseiras, sobretudo, em áreas industriais. Diante disso, outra proposta de solução direta seria a captação de águas dos telhados das áreas administrativas, redirecionando essas correntes para a utilização nessas fontes. Estima-se uma redução em cerca de 50% da água potável consumida na unidade, com a adoção dessa ação.

13) Reuso de Águas Cinzas

As águas cinza, geradas pelo uso em pias e chuveiros, possuem uma grande potencialidade para o reuso, em especial, para processos de irrigação e reaproveitamento para utilização em vasos sanitários. A integração com a medida citada anteriormente, concede a essa ação uma boa oportunidade de implantação. Auxiliando na eliminação do descarte de esgotos sanitários para o meio ambiente e na necessidade de captação.

14) Eficiência Energética e Uso de Energia Solar

Como uma das práticas mais comuns de tecnologias limpas apresenta-se o aproveitamento da energia solar, conforme descreve Macedo (2003). Essas ações são orientadas para duas formas de uso: a primeira, de forma direta, com o aproveitamento dos novos designs dos projetos dos novos prédios administrativos para a utilização da iluminação natural. Em segundo plano, a utilização para geração de energia para iluminação artificial dos prédios, por meio da instalação de células de captação e conversão nas diversas áreas administrativas da unidade. Além disso, a inclusão de sistemas inteligentes de sensores e itens de baixo consumo deverá ser potencializada. Outra medida a ser considerada é a inclusão de isolamento térmico de redes aquecidas e equipamentos, evitando a dissipação do calor. Nessa ação, faz-se necessário todo o mapeamento do circuito da indústria.

15) Boas Práticas no Consumo de Água Industrial

Outro ponto comum é a existência de bombas em circuito aberto, lavagem de pisos com água da rede de incêndio, chuveiros no lugar de trocadores de calor; que devem ser abolidas do circuito de uma indústria qualificada como verde. Esse conjunto de ações é denominado como boas práticas no consumo de água industrial e inclui ações para:

- fechar circuitos de reaproveitamento;
- coletar descartes;
- eliminar processos de alto consumo;
- substituir equipamentos;
- conscientizar os colaboradores.

16) Prevenção de Emissões Fugitivas

Uma das principais fontes de perdas de produtos em uma indústria se dá pelos pequenos e quase imperceptíveis furos, em tubulações ou junções das mais diferentes naturezas. Esses prejuízos, quase sempre não mensurados, impactam o meio ambiente, principalmente com a emissão de precursores de ozônio e concedendo um odor característico ao ar respirado nas unidades.

Essas emissões são as origens de uma série de doenças funcionais e impactam de forma direta o rendimento econômico da unidade. Diante disso, a solução está no monitoramento preditivo e preventivo, por meio de medições sistêmicas que levantam pontos críticos de adequação, para que a manutenção industrial estabeleça os reparos. Esse programa garante a redução superior a 80% dos índices de desperdício por meio de fugas de vapores, principalmente orgânicos.

17) Abatimento de Emissões Atmosféricas

A questão do aquecimento global é, sem dúvida, o tema de maior interesse no cenário ambiental atual e, como prática saudável para atender aos requisitos desse projeto, a unidade dimensionará uma estrutura de abatimento das emissões geradas, utilizando tecnologia física ou química (catalítica) para degradação dos componentes gerados.

Essas medidas se aplicam aos resíduos de processos de combustão e à estação de tratamento, com a implantação de biofiltros para evitar a emissão de hidrocarbonetos para a atmosfera.

As tecnologias a serem adaptadas serão alvos de pesquisas específicas para definição da melhor rota tecnológica. Nessa ação, incluem-se as melhorias para minimização dos gases queimados na tocha, da indústria.

18) Plano de Manejo da Biodiversidade

Considerando a existência de fragmentos florestais, áreas de preservação ou presença de elementos da fauna, é importante considerar o desenvolvimento do conceito de “indústria verde” num plano de conservação e manejo da biodiversidade da unidade, seguindo os moldes dos estudos balizadores realizados com instituições de pesquisa especializadas nesse tipo de trabalho.

19) Fomentar Práticas Saudáveis na Cadeia Produtiva

A sustentabilidade ambiental não se constrói apenas pontualmente e, sim, forçando a mudança de atitude em todas as esferas da sociedade. Pensando nisso, nesse projeto pretende-se readequar os critérios de contratação de serviços na indústria, para a obtenção de tecnologias que estabeleçam as mesmas bases seguidas nos processos da unidade, em termos de conservação dos recursos naturais, gerenciamento dos

resíduos etc. Sendo assim, em todos os contratos, haverá a orientação para a contratação da tecnologia mais limpa adequada aos serviços.

Neste contexto, incluem-se o aumento na rigidez dos requisitos impostos às empresas prestadoras de serviço da unidade, como, por exemplo, as certificações em ISO 14001, OHSAS 18001 etc.

20) Adequação de Áreas para Contenção de Derramamentos

Algumas áreas de tancagem, principalmente de pequenos volumes acondicionados, apresentam riscos de vazamento, e não possuem retenção para possíveis sinistros. Diante disso, adequações estruturais se fazem necessárias. Além disso, inclui-se a revisão de todo o sistema de supervisório de dutos.

21) Melhorias no Gerenciamento de Resíduos

A busca por melhores práticas de segregação e redução dos resíduos gerados na fonte (por meio de campanhas mais intensas) são práticas a serem consideradas para eliminar boa parte dos resíduos perigosos gerados.

Nesta ação, idealizam-se projetos de parceria com associações de catadores e a comunidade do entorno da unidade, para a comercialização e o aumento do valor agregado com os resíduos gerados pela indústria. Neste contexto, campanhas educativas de sensibilização serão inseridas, em especial, para conservação dos corpos de água do entorno.

22) Tetos Flutuantes em Tanques

A eliminação de contaminantes nos produtos e a redução dos níveis de emissões fugitivas são práticas potencializadas pela inserção e adequação de estruturas flutuantes para os atuais tanques de armazenamento dos produtos. O uso de tetos flutuantes deve ser expandido a todos os tanques, independente da densidade e volatilidade do produto envolvido.

23) Redução nos Níveis de Ruído

Instalação de bombas e motores com baixo nível de emissão de ruído, com alto desempenho e eficiência, em substituição a equipamentos ultrapassados e já depreciados. Nesta prática, inclui-se o resfriamento em circuito fechado para eliminação do desperdício de água.

24) Reaproveitamento de Condensado

O aproveitamento energético dos condensados e, sobretudo, da água tratada, é uma prática de grande impacto e que deve ser considerada na implantação do projeto. Essa ação consiste no recolhimento das correntes de vapores limpos condensados e retorno para alimentação para os sistemas de geração, respeitando os valores de concentração de sais do sistema.

25) Utilização de Biocombustíveis e Gás Natural

Mesmo sendo o foco da atividade a produção de combustíveis minerais, uma prática a ser adotada é a utilização de biocombustíveis em todos os veículos que circulam nas áreas da indústria, em especial para a utilização de álcool e biodiesel.

Da mesma forma, as unidades de processo que hoje fazem uso de óleo combustível devem ser

adaptadas para a matriz energética do gás natural, com adequações dos queimadores e toda a estrutura de monitoramento da eficiência da queima.

26) Investimentos em Reflorestamento

Como prática de compensação das atividades e emissões geradas, o escopo do projeto deve prever o apoio a práticas de preservação e reflorestamento de áreas, a fim de remover os níveis de carbono emitidos para a atmosfera pela indústria.

27) Modernização Tecnológica

Em atendimento às novas variáveis do processo de produção de combustíveis, e por meio de novas tecnologias de aproveitamento e eliminação de poluentes atmosféricos, deve-se incluir no projeto as ações do plano de modernização da indústria.

28) Ambientalistas Voluntários

Na internalização dos conceitos de preservação ambiental, o conceito de “indústria verde” deverá prever a inclusão de práticas de sensibilização para criação de ambientalistas voluntários, para apoiar projetos na região, com aplicação prática desta temática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a implantação do conceito de “indústria verde”, espera-se que a organização seja capaz de obter resultados relativos à redução da quantidade de água captada de corpos d’água e dos poços tubulares da indústria; redução do consumo de energia elétrica; redução da quantidade de água utilizada para processamento de um metro cúbico de produto processado e a eliminação de 100% das possíveis multas emitidas pelos órgãos ambientais. Além disso, os elementos do gerenciamento devem fomentar a redução dos efluentes enviados para o corpo receptor, bem como, o descarte apenas de efluentes para o corpo receptor enquadrados na legislação vigente, sem nenhuma distorção quanto aos parâmetros de controle estabelecidos e a redução dos níveis de emissões fugitivas ou vapores orgânicos voláteis para a atmosfera.

Em termos dos riscos de derramamentos de óleo para os corpos d’água, esses devem ser eliminados num período futuro, tendo-se uma melhoria na imagem da indústria, porém, não mensurados na valoração das ações das conseqüentes divulgações e exploração da temática do conceito.

De uma forma geral, serão produzidas práticas que ajustem a redução do desperdício de produtos; a redução dos resíduos perigosos gerados pela indústria; a redução dos níveis de desmatamento, da série histórica da unidade, realizada na área da indústria e as melhorias do relacionamento com a comunidade. Logo, a adoção do conceito de “indústria verde” atua de forma direta nos níveis de competitividade, rentabilidade e manutenção da organização, tornando a cadeia produtiva do segmento petroquímico um pouco mais suave, frente aos seus inúmeros impactos ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2004. NBR-ISO 14001: Sistema de Gestão Ambiental. Rio de Janeiro, 27p.
- AMORIM, R. S. 2005. **Workshop de águas e efluentes do abastecimento**. Rio de Janeiro: Petrobrás, 97p.
- ANDREOZZI, R.; MAROTTA, R. 2004. Removal of benzoic acid in aqueous solution by Fe(III) homogeneous photocatalysis. **Water Research**, **38**(1):1225-1236.
- AZEVEDO, C. A. et al. 1999. **Minimização de efluentes em indústrias**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Química) - Universidade de São Paulo, 78p.
- AZEVEDO, C. A. M. 2001. **Metodologia científica: contributos práticos para elaboração de trabalho**. São Paulo: Saraiva, 122p.
- BOZEMAN, F. A. 1986. **Aplicação do conceito de produção mais limpa: estudo de uma empresa metalúrgica do setor de transformação do alumínio**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia - Universidade Federal de Santa Catarina, 128p.
- BRASIL. Resolução CONAMA N. 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. DOU nº 249, de 30/12/2009, p. 81-84.
- CASTRO, A. V. S. 2004. **Processos oxidativos avançados para tratamento de águas ácidas da Indústria de Petróleo**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 128p.
- CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: maio 2012.
- CHAVES, D. S. 2010. Quebrando o gelo sobre Copenhague para uma economia global mais verde. **Revista Eletrônica Boletim do Tempo**, **5**(3):1-12.
- CNTL, Centro Nacional de Tecnologias Limpas. 2000. **Manual de implantação de programas de produção mais limpa**. Mimeo. Porto Alegre: SENAI, 122p.
- _____. 2004. **Produção Mais Limpa: água nos processos industriais**. Porto Alegre, RS: SENAI, 99p.
- CORREIA, B. R. B.; JERÔNIMO, C. E. M. 2012. Oportunidades de produção mais limpa no consumo de recursos hídricos na exploração & produção de petróleo onshore no estado do RN. **REGET**, **7**(7):1335-1348.
- CUNHA, R. S. 2001. **Avaliação do desempenho ambiental de uma indústria de processamento de alumínio**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 100p.
- DIMAGGIO, P.; POWELL, W. 1983. The iron cage revisited: institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. **American Sociological Review**, **48**(1):147-160.
- DO VALLE, C. E. D. O. 1996. **Como se preparar para as Normas ISO 14000: qualidade ambiental**. O

- desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 122p.
- DONAIRE, D. 1995. **Gestão Ambiental na Empresa**. São Paulo: Atlas, 95p.
- DOZOL, I. de S. 2002. **Produção mais limpa: uma estratégia ambiental para a sustentabilidade da indústria**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal de Santa Catarina, 122p.
- FERNANDES, C. S. et al. 2007. CFD aplicada ao estudo de permutadores de calor de placas chevron. In: XXVIII CONGRESSO IBERO LATINO-AMERICANO SOBRE MÉTODOS COMPUTACIONAIS EM ENGENHARIA, 2007, Porto, Portugal. p. 22-31.
- FERREIRA, R. R.; OLIVEIRA, R. A. 2011. **Comparativo de emissões de NOx entre queimadores convencionais e low NOx**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Paraná, 92p.
- FLORES, L.; GARZA, C. L.; ROJAS, G. G. 1996. **ISO 14000 overview. International competitiveness INTB 4365**. Texas: Pan American, 112p.
- FORMOSO, J. V. G.; LANTELME, E. 1995. Introduzindo práticas de Produção Mais Limpa em sistemas de gestão ambiental certificáveis: uma proposta prática. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, 6(3):1-11.
- FREITAS, A. L. P.; ALMEIDA, G. M. M. de. 2010. Avaliação do nível de consciência ambiental em meios de hospedagem: uma abordagem exploratória. **Soc. nat. (Online)**, 22(2):1-11.
- FUENTE, D. de la et al. 2011. City scale assessment model for air pollution effects on the cultural heritage. **Atmospheric Environment**, 45(6):1242-1250.
- FURTADO, J. S. 1998. Produção limpa. Disponível em: <<http://www.teclim.ufba.br/jsfurtado/inicialpl.asp>>. Acesso em: 22 ago. 2012.
- HOLANDA, A. P. 2011. O desempenho socioambiental nas empresas do setor elétrico brasileiro: uma questão relevante para o desempenho financeiro? **Revista de Gestão Social e Ambiental - RGSA**, 5(3):53-72.
- JERONIMO, C. E. M. et al. 2007. Redução, reciclagem e eliminação na fonte do consumo e minimização da poluição da água no processo do refino do petróleo. In: I SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE E CENTRO-OESTE, 2007, Cuiabá. 12p.
- LÓPEZ, M. V.; GARCIA, A.; RODRIGUEZ, L. 2007. Sustainable development and corporate performance: a study based on the Dow Jones Sustainability Index. **Journal of Business Ethics**, 75(1):285-300.
- MACEDO, I. C. 2003. **Estado da arte e tendências das tecnologias para energia**. São Paulo: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 78p.
- MAFRA, A. T. 1999. **Proposta de indicadores de desempenho para a indústria de cerâmica vermelha**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 122p.
- MARIANO, J. B. 2005. **Impactos ambientais do refino de petróleo**. Rio de Janeiro: Interciência, 220p.
- MUNCK, L.; OLIVEIRA, F. A. C.; BANSI, A. C. 2011. Ecoeficiência: uma análise das metodologias de mensuração e seus respectivos indicadores. **Revista de Gestão Social e Ambiental - RGSA**, 5(3):183-

199.

PENEDA, C. 1996. **Produção mais limpa**: dos sintomas às causas um investimento rentável, Lisboa: INETI, 74p.

PHILIPPOPOULOS, C.; POULOPOULOS, S. 2003. Photo-assisted oxidation of an oily wastewater using hydrogen peroxide. **Journal of Hazardous Materials**, **98**(1):201-210.

PIMENTEL, F. P. 2007. **Análise de estratégias de respostas a derramamentos de óleo no campo de golfinho (ES – Brasil) utilizando o modelo Oscar**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Petróleo e Gás) - Universidade Federal do Espírito Santo, 111p.

PNUMA, Programa de Las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Producción más limpia: um paquete de recursos de capacitación. Disponível em: <<http://www.unepie.org/home.html>>. Acesso em: 11 jun. 2006.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. 2005. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: FTD, 138p.

SIMONS, R. 2000. **Performance measurement & control systems for implementing strategy**. New Jersey: Prentice-Hall, 111p.

TACHIZAWA, C.; ANDRADE, P. 2005. The Precautionary Principle: a framework for sustainable business decision – making. **Environmental Police**, **9**(4):75-81.

VACCARO, M. H. 2002. Low NO_x rotary kiln burner technology: design principles & case study. In: IEEE - IASLPCA 44TH CONFERÊNCIA TÉCNICA DA INDÚSTRIA DO CIMENTO, 2002, Flórida. p. 265-270.