

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
CENTRO DE PESQUISAS AGGEU MAGALHÃES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE PÚBLICA
MESTRADO ACADÊMICO EM SAÚDE PÚBLICA

Aline do Monte Gurgel

**USO DO COQUE VERDE DE PETRÓLEO COMO MATRIZ
ENERGÉTICA EM PERNAMBUCO E A PERSPECTIVA DA
VIGILÂNCIA EM SAÚDE: ESTUDO DE CASO NO COMPLEXO
INDUSTRIAL PORTUÁRIO DE SÚAPE**

RECIFE

2011

Aline do Monte Gurgel

**USO DO COQUE VERDE DE PETRÓLEO COMO MATRIZ ENERGÉTICA EM
PERNAMBUCO E A PERSPECTIVA DA VIGILÂNCIA EM SAÚDE: ESTUDO DE
CASO NO COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO DE SUAPE**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Saúde Pública do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz para obtenção do grau de mestre em Ciências.

Orientadora:

Prof^a. Dra. Lia Giraldo da Silva Augusto

**Recife
2011**

Catálogo na fonte: Biblioteca do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães

G978a Gurgel, Aline do Monte.

Uso do coque verde de petróleo como matriz energética em Pernambuco e a perspectiva da vigilância em saúde: Estudo de Caso no Complexo Industrial Portuário de Suape. / Aline do Monte Gurgel. — Recife: A. M. Gurgel, 2011.

157 f.: il.: tab.

Dissertação (Mestrado Acadêmico em Saúde Pública) – Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, 2011.

Orientadora: Lia Giraldo da Silva Augusto.

1. Vigilância. 2. Saúde Ambiental. 3. Saúde do Trabalhador. 4. Indicadores. 5. Coque de petróleo. I. Augusto, Lia Giraldo da Silva. II. Título.

CDU 504

ALINE DO MONTE GURGEL

Uso do coque verde de petróleo como matriz energética em Pernambuco e a perspectiva da vigilância em saúde: estudo de caso no Complexo Industrial Portuário de Suape

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Saúde Pública do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães da Fundação Oswaldo Cruz para obtenção do grau de mestre em ciências.

Aprovado em: 31 de maio de 2011.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Idê Gomes Dantas Gurgel
CPqAM/FIOCRUZ

Dra. Karen Friedrich
INCQS/FIOCRUZ

Dra. Lia Giraldo da Silva Augusto
CPqAM/FIOCRUZ

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Telma e Franklin Gurgel, por sempre estarem ao meu lado, mesmo com toda a distância.

Aos meus irmãos, Alexandre e Anderson Gurgel, por tornarem a vida mais leve.

À Lia Giraldo da Silva Augusto, pela paciência, amizade e confiança. Pela paixão pelo que faz. Por todos os adjetivos que seu nome significa ou ressignifica.

À Idê Gomes Dantas Gurgel, pelas contribuições conceituais e momentos de diversão.

A Karen Friedrich, por sua solicitude e contribuições neste trabalho.

À Mariana Olívia Santana dos Santos, pela parceria e incentivo.

Às “Meninas de Carson”, Lia Giraldo da Silva Augusto, Idê Gomes Dantas Gurgel, Karen Friedrich, Cheila Nataly Galindo Bedor, Marília Teixeira de Siqueira e Márcia Sarpa Campos Mello, pelo compromisso e exercício da ética na prática da saúde pública.

A Clênio Azevedo Guedes, Lindinere Jane Ferreira da Silva e Rosinete José da Silva, membros do controle social e trabalhadores da saúde, pela coragem, determinação e vontade de transformar.

Aos meus amigos, em especial a Rafael Lira e Daniela Cabral, pelo companheirismo e amizade.

A Guilherme Brito, por tudo.

**One way to open your eyes
is to ask yourself,
What if I had never seen
this before? What if I
knew I would never
see it again?**

**What has already silenced the voices of spring
in countless towns in America?**

Rachel Carson

GURGEL, Aline do Monte. **Uso do coque verde de petróleo como matriz energética em Pernambuco e a perspectiva da vigilância em saúde: Estudo de Caso no Complexo Industrial Portuário de Suape**. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Saúde Pública) – Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2011.

RESUMO

O coque de petróleo é um resíduo do processo de refino oriundo da decomposição térmica de óleos pesados. Sua produção mundial encontra-se em ascensão e seu consumo deve acompanhar essa tendência em decorrência de seu baixo preço e alta disponibilidade. Considerando que esse subproduto do processo de refino pode causar danos à saúde e ao ambiente devido a sua composição, esse estudo buscou avaliar o contexto sócio-ambiental e produtivo da utilização do coque verde de petróleo como matriz energética em Pernambuco e construir um modelo preditivo de vulnerabilidades e nocividades frente à produção local do produto. Para isso foi realizado um estudo de caso do tipo observacional baseado em dados primários e secundários, que foram sistematizados a partir da construção da matriz “FPEEEA” (força motriz, pressão, estado, exposição, efeito, ação), proposta pela OMS. A análise dos dados revelou que o descarregamento, armazenamento e transporte do coque verde de petróleo em Suape acontecem de modo inadequado, favorecendo a dispersão do produto, causando poluição com conseqüente contaminação dos diferentes compartimentos ambientais e exposição dos trabalhadores do Complexo. Foi evidenciado que o Complexo Industrial Portuário de Suape é uma importante porta de entrada do coque verde de petróleo no país, sendo o produto comercializado para Estados do Nordeste, Norte, Sudeste e Centro-Oeste. Os maiores consumidores do coque verde de petróleo são a indústria ceramista e os setores cimenteiro e gesso. Os problemas relacionados ao coque verde de petróleo acontecem em um contexto de vulnerabilidades sociais e institucionais, onde os órgãos competentes não estão preparados para atuar diante da perspectiva de produção local do produto. Para as ações de vigilância em saúde foram obtidos indicadores capazes de oportunizar a geração de informações para a adoção de ações preventivas e de promoção da saúde, considerando os contextos socioambientais em que se localizam os fatores de risco.

Palavras-chave: coque; vigilância; saúde ambiental; saúde do trabalhador; indicadores; coque de petróleo.

GURGEL, Aline do Monte. **Green coke as an energy source in Pernambuco and the health vigilance perspective**: a case study at the Suape Port and Industrial Complex. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Saúde Pública) – Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2011.

ABSTRACT

Petroleum coke is a black granulated carbonaceous solid product, obtained through the pre-cracking of waste from the oil refining process. World production of coke is ascending due to the increased amount of processed heavy crude oil. Whereas growing coke production, its consumption will follow the trend. This process residue has become attractive to industry due to its low price and high availability. Because of its composition, the green coke may cause damage to health and the environment. Considering the potential impacts of green coke, this study sought to evaluate the socio-environmental and productive use context of green petroleum coke as an energy source in Pernambuco and build a predictive model of vulnerabilities and harmfulness facing the local production of green coke. For this purpose, an observational case study was conducted based on primary and secondary data, which were organized from the construction of the "FPEEEA" model (Motor Force, Pressure, State, Exposition, Effects and Action), proposed by WHO. Data analysis revealed that the unloading, storage and transportation of green petroleum coke in Suape happen improperly, favoring the dispersion of the product in the port and retro port areas, causing environmental pollution and consequent contamination of different environmental area and workers exposure. It was shown that the Suape Port and Industrial Complex is an important gateway to green petroleum coke in the country, with is marketed to various states in the Northeast, North, Southeast and Central-West Regions. The major consumers of green coke are the ceramics industry and plaster and cement sectors. The problems related to green coke place in a context of social and institutional vulnerabilities, where the competent authorities are not prepared to act at the prospect of local production of green coke. For vigilance actions purpose, indicators able to generate information that will support the adoption of preventive and population health promotion measures were obtained, considering the social and environmental contexts in which the risk factors are involved.

Key words: coke; vigilance; environmental health; occupational health; indicators; petroleum coke.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Coque verde de petróleo.	24
Figura 2 – Polos de Atividade Econômica, Pernambuco.	71
Figura 3 – Localização do Complexo Industrial Portuário de Suape (CIPS) em relação às principais rotas comerciais do mundo.	73
Figura 4 – Localização do Complexo Industrial Portuário de Suape (CIPS) em relação às principais rotas comerciais no Nordeste.	74
Figura 5 – Localização da área de armazenamento do coque no Complexo Industrial Portuário de Suape.	76
Figura 6 – Localização da empresa no CIPS segundo memorial descritivo e área de armazenamento do coque verde de petróleo.	76
Figura 7 – Mapa geológico da área do Complexo Industrial Portuário de Suape com localização da empresa responsável pelo armazenamento do coque.	79
Figura 8 – Distribuição das bacias hidrográficas na área do Complexo Industrial Portuário de Suape com localização da área de armazenamento do coque.	81
Figura 9 – Trabalhadores em manifestação exigindo providências quanto à dispersão do coque verde de petróleo no CIPS 20/11/2008.	88
Figura 10. Esquema simplificado da cadeia produtiva do coque verde de petróleo em Pernambuco.	97
Figura 11 – Sistema de desestiva do coque verde de petróleo de navio em sistema aberto, com dispersão do pó no entorno. Porto de Suape, Cais 1, 14/12/2008.	99
Figura 12 – Cones de sinalização totalmente cobertos com pó de coque em decorrência da dispersão atmosférica.	100
Figura 13 – Detalhe de piso sextavado na área do Cais 1. Porto de Suape, 16/12/2008.	101
Figura 14 – Transferência do coque dos navios para a área portuária com utilização de lonas improvisadas na tentativa de reduzir o espalhamento do produto. Porto de Suape, Cais 1, 14/12/2008.	101
Figura 15 – Poluição da água do mar em decorrência da dispersão do coque verde de petróleo durante o descarregamento de navio. Porto de Suape, Cais 1, 14/12/2008.	102
Figura 16 – Atividade de pesca na ilha de Tatuoca, em área de mangue. Ipojuca-PE, 19/12/2009.	104
Figura 17 – Trabalhador na área de descarregamento do coque sem EPI adequados. Detalhe para cigarro na mão esquerda. Porto de Suape, 14/12/2008.	105
Figura 18 – Trabalhador fazendo refeição no cais 1 durante desestiva de navio carregado com coque verde de petróleo. Porto de Suape, 14/12/2008.	106

Figura 19 – Trabalhadores fazendo refeição em área improvisada do cais 1 durante desestiva de navio carregado com coque verde de petróleo. Porto de Suape, 14/12/2008.....	106
Figura 20 – Trabalhador portuário usando inapropriadamente EPI inadequados para exposição ao coque verde de petróleo nas operações de desestiva. Cais 1, 14/12/2008.....	108
Figura 21 – Pilha de coque verde de petróleo de aproximadamente 9 metros de altura sofrendo efeitos da lixiviação.....	110
Figura 22 – Ausência de barreira de contenção de particulados e contaminação do solo pelo lixiviado e pela ação eólica. CIPS, 09/12/2008.....	111
Figura 23 – Lixiviação do coque armazenado em pilhas devido às operações de umectação. CIPS, 16/12/2008.....	112
Figura 24 – Contaminação do solo com coque verde de petróleo devido à ação eólica e a lixiviação. CIPS, 09/12/2008.....	113
Figura 25 – Saída dos caminhões carregados com coque verde de petróleo das dependências da empresa responsável pelo seu armazenamento, onde não há sistema de lavagem de pneus. CIPS, 14/12/2008.....	115
Figura 26 – Matriz FPEEEA da determinação de efeitos do coque verde de petróleo ao ambiente e à saúde no Estado de Pernambuco.....	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Composição típica do coque verde de petróleo.....	27
Quadro 2 – Principais hidrocarbonetos aromáticos presentes no coque verde de petróleo.....	28
Quadro 3 – Principais metais pesados encontrados no coque verde de petróleo.....	28
Quadro 4 – Propriedades físico-químicas do coque verde de petróleo.....	33
Quadro 5 – Estabilidade e reatividade do coque verde de petróleo.....	35
Quadro 6 – Classificação dos carcinógenos segundo a EPA.....	37
Quadro 7 – Classificação de carcinogenicidade para humanos segundo o IARC.....	37
Quadro 8 – Principais metais pesados presentes no coque verde de petróleo.....	39
Quadro 9 – Principais hidrocarbonetos aromáticos policíclicos presentes no coque verde de petróleo.....	39
Quadro 10 – Limites de exposição ao pó de coque.....	40
Quadro 11 – Distribuição dos funcionários da empresa responsável pelo armazenamento do coque em Suape nos anos de 2008/2009.....	83
Quadro 12 – Vulnerabilidades institucionais e ambientais identificadas nas operações de armazenamento, manuseio e transporte do coque verde de petróleo no Porto de Cabedelo – PB.....	85
Quadro 13 – Medidas corretivas recomendadas pela Procuradoria da República da Paraíba nas operações de armazenamento, manuseio e transporte do coque verde de petróleo no Porto de Cabedelo – PB.....	86
Quadro 14 – Volume de coque verde de petróleo consumido pelos compradores da Importadora 2 segundo atividade econômica principal no período de janeiro de 2008 a março de 2009.....	93
Quadro 15. Distribuição das empresas consumidoras de coque verde de Petróleo segundo atividade econômica de acordo com a Região de Desenvolvimento no Estado de Pernambuco. Recife, janeiro de 2008 a março de 2009.....	94
Quadro 16. Distribuição das empresas consumidoras de coque verde de Petróleo segundo atividade econômica e Estado*. Recife, janeiro de 2008 a março de 2009... 95	95
Quadro 17. Indicadores relacionados à força motriz “uso de matrizes energéticas perigosas”.....	119
Quadro 18. Indicadores relacionados à pressão “uso de resíduos de petróleo como matriz energética”.....	120
Quadro 19 – Composição de três amostras distintas de coque verde de petróleo descarregado no CIPS-PE.....	122
Quadro 20 – Indicadores relacionados à pressão “vulnerabilidades institucionais”..	123
Quadro 21 – Indicadores relacionados à contaminação dos compartimentos ambientais.....	128

Quadro 22 – Indicadores relacionados ao estado “precarização do trabalho”	128
Quadro 23 – Indicadores relacionados à exposição aos materiais particulados, HAP, metais pesados e ocorrência de acidentes/desastres.....	129
Quadro 24 – Indicadores relacionados os efeitos à saúde em decorrência da exposição ao coque verde de petróleo.....	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores socioeconômicos nos municípios de Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca, 2000.....	74
Tabela 2 – Demanda de petcoke e carvão mineral no Porto de Cabedelo de 2000 a 2004.....	84
Tabela 3 – Número de empresas consumidoras do coque verde de petróleo vendido pela Importadora 3 segundo atividade econômica principal no período de janeiro de 2008 a março de 2009.	94

LISTA DE ABREVIATURAS

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
API	American Petroleum Institute
OELS	Occupational Exposure Limits
CIPS	Complexo Industrial Portuário de Suape
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPqAM	Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente
DMSO	Dimetilsulfóxido
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPA	US Environmental Protection Agency
EPI	Equipamento de proteção individual
EXTOXNET	Extension Toxicology Network
FIEPE	Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
FPEEEA	Força motriz, pressão, estado, exposição, efeito, ação
HAP	Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos
IARC	International Agency for Research on Cancer
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICP	Inquérito Civil Público
LASAT	Laboratório de Saúde, Ambiente e Trabalho
LILACS	Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde
LOAEL	Lowest observable adverse effect level
PUBMED	US National Library of Medicine
MPT	Ministério Público do Trabalho
NESC	Departamento de Saúde Coletiva
NOAEL	No observable adverse effect level
NOx	Óxidos de Nitrogênio
CAS	Chemical Abstracts Service
OMS	Organização Mundial da Saúde
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PET	Politereftalato de etileno
PETROBRAS	Petroleo Brasileiro S. A.

POY	Poliéster oriented yarn
ppm	partes por milhão
PRT6	Procuradoria Regional do Trabalho da 6ª Região
PTA	Ácido tereftálico
RENEST	Refinaria de Petróleo do Nordeste
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SCIELO	Scientific Electronic Library Online
SECTMA	Secretaria de Ciência e Tecnologia
SEPLAN	Secretaria de Planejamento
SOx	Óxidos de Enxofre
SUS	Sistema Único de Saúde
TCAC	Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta
TRANSPETRO	Petrobras Transporte S. A.
ZIP	Zona Industrial portuária

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Matrizes energéticas no mundo contemporâneo	21
2.2 Definição, produção e classificação	24
2.3 Origem e composição	26
2.4 Como o resíduo da produção se transformou em material com valor agregado	29
2.5 Propriedades físico-químicas	32
2.6 Danos à saúde e ao ambiente	36
2.6.1 <i>Vias de exposição</i>	41
2.6.2 <i>Ação mecânica</i>	41
2.6.3 <i>Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP)</i>	42
2.6.4 <i>Enxofre e dióxido de enxofre</i>	60
3. JUSTIFICATIVA	62
4. HIPÓTESE	63
5. OBJETIVOS	64
5.1 OBJETIVO GERAL	64
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	64
6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	65
6.1 Desenho do estudo	65
6.2 Área do estudo	65
6.3 Período do estudo	66
6.4 Coleta e análise dos dados	66
6.5 Plano de Análise	67
7. CONSIDERAÇÕES ÉTICAS	69
8. RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
8.1 Caracterização da área do estudo	70
8.1.1 <i>Localização</i>	70
8.1.1.1 <i>Caracterização das regiões de desenvolvimento de Pernambuco</i>	70
8.1.1.2 <i>Complexo Industrial Portuário de Suape</i>	72
8.1.1.3 <i>A área de armazenamento do coque</i>	75

8.1.2	<i>Dados geográficos</i>	77
8.1.2.1	<i>Clima e condições meteorológicas</i>	77
8.1.2.2	<i>Geologia/Solo</i>	78
8.1.2.3	<i>Recursos hídricos superficiais</i>	79
8.1.2.4	<i>Hidrogeologia</i>	80
8.1.2.5	<i>Qualidade do ar</i>	81
8.1.3	<i>Populações Vulneráveis/Expostas</i>	82
8.2	Caracterização do armazenamento irregular de coque verde de petróleo em Suape	84
8.2.1	<i>Antecedentes do problema: o caso do coque verde de petróleo na Paraíba</i>	84
8.2.2	<i>Trabalhadores em Suape reclamam do pó de coque verde de petróleo em seu ambiente de trabalho</i>	87
8.3	Caracterização do mercado de consumo de coque verde de petróleo no Estado de Pernambuco	90
8.4	Caracterização do manejo do coque verde de petróleo importado na atividade portuária e retroportuária	98
8.4.1	<i>Operações de desestiva</i>	98
8.4.2	<i>Operações na área de armazenamento</i>	110
8.5	Indicadores para a vigilância em saúde frente às situações de exposição atuais existentes no Estado de Pernambuco	115
8.5.1	<i>Sistematização dos dados</i>	115
8.5.2	<i>Construção de Indicadores</i>	119
8.6	Conclusões do processo	131
9. CONCLUSÕES	133
REFERÊNCIAS	139

1. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, os modelos econômicos adotados no mundo contemporâneo não levam em conta o ambiente e a saúde das populações. Os processos de desenvolvimento da sociedade moderna são historicamente baseados na extração e consumo indiscriminado dos recursos naturais, buscando o crescimento econômico e a acumulação do capital através da exploração da força de trabalho. Nesse contexto há pouca preocupação em assegurar um desenvolvimento sustentável, que integre e compatibilize o desenvolvimento econômico ao social, com garantia da qualidade ambiental (GURGEL, 2009a; RIGOTTO, 2008).

O homem tem se apropriado dos recursos do planeta como se estes pudessem ser explorados ilimitadamente e como se a capacidade da Terra de absorver os dejetos oriundos das atividades de produção e consumo fosse infinita. Esse comportamento, que considera seres humanos e ambiente como entidades independentes, tem levado à exaustão dos recursos ambientais em prol do crescimento econômico de uma pequena parte da população (RIGOTTO, 2002; TAMBELINI; CÂMARA, 1998).

Todavia, o ambiente não é uma simples externalidade ou aquilo que está de fora. Uma vez que o ambiente é um espaço socialmente construído, saúde, ambiente e desenvolvimento formam uma tríade profundamente interrelacionada. O ambiente tem um caráter mais global e contínuo em termos de materiais, fluxo de energias e de afetividades para manutenção da vida, tanto biológica como social e cultural, e que se expressam nos territórios de forma a produzir elementos de bem estar ou de desequilíbrios que geram nocividades para o ecossistema em que vivem todos os seres vivos, incluindo o ser humano (AUGUSTO, 2009a, 2009b; AUGUSTO, MOISÉS, 2009).

Assim, padrões de desenvolvimento não sustentáveis resultam em um processo de intensa degradação ambiental, o qual tem consequências diretas sobre as condições de saúde das populações e a qualidade da vida (AUGUSTO, 2009a; AUGUSTO, MOISÉS, 2009; DIAS et al., 2009; NETTO et al., 2009).

O impacto à saúde decorrente dos processos produtivos se apresenta de forma variada e complexa. Os processos produtivos e os padrões de consumo são geradores de pressão sobre o ambiente e podem ser considerados como produtores de desigualdades e

de iniquidades, tanto relacionadas ao acesso aos serviços de saúde como à distribuição de riscos (AMORIM et al., 2009; RIGOTTO, 2008).

A proliferação de múltiplos riscos ambientais é decorrente da introdução de novos processos produtivos nos territórios, que impactam sobre a saúde dos trabalhadores. Esses riscos não se circunscrevem aos muros das fábricas, podendo comprometer também os ecossistemas e a população do entorno, seja como consumidora dos recursos naturais, sendo causas de acidentes e numerosas doenças ocupacionais e de danos ambientais de graves implicações para a saúde humana, acometendo, de forma particular, os grupos sociais mais vulneráveis. Os acidentes ampliados tem efeitos toxicológicos e ecotoxicológicos de curto, médio e longo prazos, e como resultado tem-se um aumento no número e na gravidade dos eventos. Os problemas ambientais sobre o ecossistema revelam também a fragilidade das políticas de saúde que contemplam a relação com o ambiente (AMORIM et al., 2009; FREITAS; PORTO; MACHADO, 2000; RIGOTTO, 2008).

Em sociedades desiguais, que concentram poder e riqueza, os riscos são desigualmente distribuídos. No Brasil, os contextos de vulnerabilidade associados à complexa matriz de riscos ambientais novos e antigos são agravados por um quadro social e institucional desigual e inadequado. A presença de riscos ambientais à saúde em contextos vulneráveis está diretamente relacionada à maior probabilidade de doença e morte das populações afetadas e à degradação de sistemas de suporte à vida nos ecossistemas atingidos (NETTO et al., 2009; PORTO, 2007).

Em decorrência da crescente competitividade do mundo globalizado, as indústrias tem desenvolvido distintas estratégias para fugir das exigências ambientais ou irem ao encontro de vantagens competitivas como incentivos fiscais, mão de obra barata e dócil, sociedades mais frágeis em sua organização. Esse procedimento, conhecido como chantagem locacional, decorre da associação entre a fraca atuação política e social voltadas ao controle da poluição e das injustiças sociais. No Brasil, esse fenômeno tem sido observado a partir da migração de indústrias extremamente poluidoras das áreas onde há maior organização social para áreas mais pobres, como fruto de políticas de desenvolvimento guiadas pela oferta eleitoral (PORTO, 2007; RIGOTTO, 2008).

Essa reestruturação produtiva revela indícios de uma tendência seletiva na localização socioespacial dos processos produtivos, que tendem a se localizar em locais que apresentem legislações ambientais e trabalhistas menos rigorosas; em que o aparato institucional de vigilância não tenha condições de fazer valer as políticas condensadas;

em que a população e os trabalhadores estejam fragilizados pelas precárias condições de vida e dispostos a aceitar “qualquer coisa” em troca de uma fonte de renda; em que a sociedade civil não esteja suficientemente informada e organizada para defender seus interesses (RIGOTTO, 2002, 2003; PORTO, 2005).

Nos novos territórios escolhidos para sua realocação, a perspectiva da geração de emprego e de geração de renda em contextos sociais vulnerabilizados pela pobreza historicamente construída faz com que sejam percebidos apenas os impactos econômicos positivos advindos da instalação dessas indústrias (RIGOTTO, 2008).

A recente instalação de diversas indústrias em Pernambuco, tais como uma refinaria de petróleo, estaleiros, uma unidade de beneficiamento de coque, um polo petroquímico, diversas empresas nacionais e multinacionais dos ramos alimentício, automobilístico, farmacêutico e outros empreendimentos de grande potencial poluidor indicam a migração de indústrias “suja” para o Estado, representando uma introdução de novos riscos e novas formas de adoecer e morrer no território.

Em muitos casos, os insumos e produtos finais oriundos dessas indústrias contêm substâncias de diversos níveis de toxicidade para o meio ambiente e para a saúde humana (AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS, 2004). Ainda, muitos dos resíduos perigosos produzidos por essas indústrias são beneficiados, dando origem a produtos de maior valor agregado que tem o objetivo de aumentar as margens de lucro das empresas. Neste caso pode-se destacar o coque de petróleo, um subproduto do processo de refino de petróleo composto por diversos produtos perigosos que possui valor agregado devido ao seu uso como matriz energética em diferentes cadeias produtivas em todo o Estado de Pernambuco (ESTUDO..., 2004). Atualmente o coque verde de petróleo utilizado em Pernambuco é importado de outros países, mas está prevista a produção local deste resíduo a partir da operação da refinaria de petróleo no Estado.

Em Pernambuco, a dispersão do coque verde de petróleo no ambiente, com riscos à saúde dos trabalhadores, foi alvo de intervenção do Ministério Público do Trabalho. Para determinar a possibilidade de haver danos à saúde a partir da poluição ambiental em decorrência da dispersão do coque verde de petróleo, o Ministério Público do Trabalho solicitou ao Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães apoio para investigar o caso.

Esse trabalho teve origem a partir deste caso, mas não foi motivado apenas por este problema. Ele faz parte de uma série de estudos desenvolvidos pelo Laboratório de

Saúde, Ambiente e Trabalho (LASAT) do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães/Fundação Oswaldo Cruz (CPqAM/FIOCRUZ), que vem buscando ao longo dos últimos anos demonstrar a interrelação saúde-trabalho-ambiente de acordo com os contextos locais a partir das principais cadeias produtivas instaladas ou em fase de implantação em Pernambuco. No caso do petróleo e seus derivados, um grande número de estudos tratando dos impactos para a saúde e para o ambiente em decorrência da instalação de uma refinaria em Pernambuco vem sendo produzido pela equipe do LASAT, dentre os quais o meu trabalho de conclusão do Curso de Residência em Saúde Coletiva e esta dissertação de mestrado (AUGUSTO, 2009c; GURGEL, 2009a, 2009b; SANTOS, 2011; SILVA, 2009, 2011; TORRES, 2010; CABRAL, 2010; FRANÇA, 2010).

Esse estudo é igualmente fruto de minhas preocupações como sanitarista que atua no Sistema Único de Saúde (SUS) na área de saúde do trabalhador no Estado de Pernambuco. O uso de matrizes energéticas perigosas como o coque verde de petróleo em diferentes processos produtivos representa risco para a saúde da população, em especial a dos trabalhadores, sendo necessário superar as inúmeras fragilidades e vulnerabilidades existentes para o enfrentamento do problema.

Tendo como base o cenário de Pernambuco, o presente estudo partiu da hipótese de que o coque verde de petróleo vem sendo usado no Estado como matriz energética de baixo custo de tendência crescente devido ao seu baixo preço e o aumento de sua produção mundial em decorrência da queda da qualidade do petróleo refinado. Em Pernambuco, a instalação de uma refinaria de petróleo e de uma unidade de beneficiamento de coque em Suape, aliados ao seu baixo preço, podem levar a um aumento no consumo desse resíduo como matriz energética perigosa, provocando danos à saúde e ao ambiente.

Essas questões são especialmente importantes em contextos de vulnerabilidade social, ambiental e institucional como o de Pernambuco, onde a pouca mobilização da sociedade para o enfrentamento dos problemas alia-se à fragilidade dos órgãos reguladores, criando situações de uso onde não há qualquer monitoramento visando a proteção e a promoção da saúde.

Considerando que a Saúde Pública não está atenta ao problema que o coque representa e as vigilâncias em saúde não estão preparadas para lidar com essa problemática, faz-se necessário preparar o sistema de saúde para cumprir a sua missão

de promoção e proteção da população em geral, especialmente dos grupos populacionais vulneráveis como a população do entorno do empreendimento e os trabalhadores.

Diante das evidências de danos à saúde e ao ambiente decorrentes da exposição ao coque verde de petróleo constantes na literatura científica, esse estudo buscou avaliar o contexto sócio-ambiental e produtivo da utilização do coque verde de petróleo como matriz energética em Pernambuco e construir um modelo preditivo de vulnerabilidades e nocividades frente a produção local de coque verde de petróleo pela Refinaria de Petróleo do Nordeste (RENEST).

Segundo Augusto (2009b), diante da complexidade dos problemas identificados é preciso reconhecer os contextos socioambientais em que vive e trabalha a população e identificar os problemas geradores de nocividades tanto para a saúde humana como para o ambiente. A compreensão de cadeias produtivas permite verificar diversos aspectos que não são observados quando se investiga diretamente apenas a relação causa-efeito, desconsiderando-se o contexto ambiental onde estão inseridos. A interrelação produção, ambiente e saúde, determinadas pelo modo de produção e consumo hegemônico na sociedade, são a principal referência para se entender as condições de vida, o perfil de adoecimento e morte das pessoas, a vulnerabilidade diferenciada de certos grupos sociais e a degradação ambiental, bem como para construir intervenções capazes de garantir vida e saúde para o ambiente e a população (AUGUSTO, 2009d; DIAS et al., 2009).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Matrizes energéticas no mundo contemporâneo

Ao longo do século XX o Brasil experimentou intenso crescimento econômico, com conseqüente aumento da demanda energética, principalmente na segunda metade do século em decorrência do processo de industrialização pós Segunda Guerra Mundial. O crescimento econômico impulsionou a industrialização acelerada, acompanhada pelo expressivo crescimento demográfico, pela urbanização acelerada e pela instalação de plantas energo-intensivas (TOLMASQUIM; GUERREIRO; GORINI, 2007).

As principais fontes renováveis de energia utilizadas no Brasil são a energia solar, a energia hidráulica, a biomassa e a energia eólica. Petróleo, carvão, gás natural, energia nuclear e outras não-renováveis completam as principais fontes para geração de energia elétrica no País (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2005). Durante muitas décadas o petróleo foi o grande propulsor da economia internacional, chegando a representar, no início dos anos 70, quase 50% do consumo mundial de energia primária (AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA, 2003).

O crescimento da economia brasileira esperado para os próximos anos será acompanhado por um forte aumento da demanda de energia (TOLMASQUIM; GUERREIRO; GORINI, 2007). Nesse cenário, o petróleo ocupa um papel de destaque por predominar no setor de transportes e ser o principal responsável pela geração de energia elétrica em diversos países. Embora declinante ao longo do tempo, sua participação na geração de energia representa ainda aproximadamente 43%, e deverá manter-se expressiva por várias décadas (AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA, 2003). No Brasil, contrariamente ao que vem acontecendo em vários países, as reservas provadas de petróleo em 2008 tiveram um incremento de 1,4 em relação a 2007 (AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2009).

A descoberta de petróleo na camada do pré-sal reforça a perspectiva do aumento do consumo dessa matriz energética. Após a constatação da presença de petróleo na camada rochosa localizada nas porções marinhas de grande parte do litoral brasileiro, abaixo de uma extensa camada de sal, foi anunciado um crescimento na produção

nacional de petróleo na ordem de 9,4% ao ano até 2014 (GODOI, 2010; PETROBRAS, 2010a). Vários poços perfurados na bacia de Santos confirmaram a presença de supercampos de petróleo leve (28-30 graus API), de alto valor comercial (GODOI, 2010; LUNA, 2010; PETROBRAS, 2010a; WESTPHALEN, 2010).

As reservas descobertas são estimadas em dezenas de bilhões de barris de petróleo, volume que pode chegar à escala de mais de 100 bilhões de barris se forem somadas as reservas não comprovadas. A acumulação de Tupi, na Bacia de Santos, tem volumes recuperáveis estimados entre 5 e 8 bilhões de barris de óleo equivalente (óleo mais gás). Já o poço de Guará, também na Bacia de Santos, tem volumes de 1,1 a 2 bilhões de barris de petróleo leve e gás natural. O supercampo de Franco tem produção estimada em 4,5 bilhões de barris e o prospecto de Iara, situado 41 km a nordeste de Franco, tem reservas estimadas entre 3 e 4 bilhões de barris de óleo equivalente (GODOI, 2010; LUNA, 2010; PETROBRAS, 2010a; WESTPHALEN, 2010). Os investimentos no setor de exploração e produção acompanham o crescimento do investimento no pré-sal (PETROBRAS, 2010b).

Como a produção e demanda nacionais superam a capacidade de processamento, está prevista até 2014 a expansão do parque de refino brasileiro com investimentos que representam 50% dos recursos destinados a refino e petroquímica no Brasil (PETROBRAS, 2010b). Esses investimentos representam um aumento de 20% no volume de recursos em comparação ao Plano do quadriênio 2009-2013. A previsão de investimento da Petrobras em novos projetos para reestruturação da indústria petroquímica brasileira, até o ano de 2008, antes da descoberta de óleo na camada do pré-sal, já era de 1,1 bilhão de dólares (PETROBRAS, 2003).

No Brasil, os investimentos na infra-estrutura energética na área de petróleo e gás natural incluem, além da construção de novas refinarias e petroquímicas, a ampliação e modernização do parque existente, além de investimentos na prospecção e exploração, bem como na indústria naval, ampliando o uso dessa matriz energética (MARIANO, 2001; PETROBRAS, 2010b).

Com a ampliação do parque de refino nacional espera-se um crescimento na produção de derivados e, conseqüentemente, da produção do coque verde de petróleo. O coque é um resíduo do processo de refino utilizado como matriz energética e no co-processamento junto a outras substâncias (CONCAWE, 1993; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000; AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL, 2009; PETROBRAS, 2009; SEVÁ FILHO; SANTI, 2003).

A geração de energia elétrica a partir de combustíveis fósseis como o petróleo leva a emissão de poluentes na atmosfera, principalmente os gases de efeito estufa tais como o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). O aumento da concentração desses gases na atmosfera vem levando a um aumento gradativo da temperatura média da terra. Este aquecimento global pode ter sérias conseqüências para o planeta e para sua população, como, por exemplo, mudanças nos padrões climáticos mundiais. O dióxido de enxofre (SO_2) e o material particulado, constituído de pós e cinzas em suspensão nos gases emitidos durante a queima de combustíveis fósseis, são os poluentes que se destacam na queima de derivados de petróleo (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2005; MOREIRA; GIOMETTI, 2008).

Também a liberação de gases de efeitos locais, muitos deles precursores dos gases de efeito estufa, está associada à queima de combustíveis fósseis. São considerados gases de efeitos locais decorrentes da queima do petróleo o material particulado, os compostos orgânicos voláteis, à exceção do metano, o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NO_x) e óxidos de enxofre (SO_x). Esses compostos são em geral associados a problemas cardiorrespiratórios (material particulado), podendo causar também cânceres (hidrocarbonetos), chuva ácida e irritações nos olhos (NO_x) (GALINDO; MACEDO, 2009).

Aos danos ambientais e à saúde humana provocados por estes poluentes somam-se os riscos tecnológicos decorrentes dos processos de produção e refino do petróleo e do uso de seus derivados como matriz energética. Os investimentos recentes na produção e refino de petróleo, aliados à descoberta de novas reservas na camada do pré-sal, irão manter esta matriz energética em posição de destaque no cenário petrolífero mundial. Ainda, o novo modelo exploratório requerido para o petróleo do pré-sal irá demandar o desenvolvimento de novas tecnologias, estando envolto em incertezas em decorrência dos riscos e do potencial para o acontecimento de desastres ampliados.

Para reduzir a emissão de poluentes em decorrência da produção e uso do petróleo e seus derivados, vários países tem investido em matrizes energéticas limpas. Nesse sentido, em 1997 foi criado o Protocolo de Quioto, que estabelece metas de redução de emissão de gases de efeito estufa e mecanismos adicionais para que estas metas sejam atingidas. Todavia, para que este se afirme como um acordo internacional de cumprimento legal no longo prazo é necessária a adesão dos EUA, um dos principais poluidores mundiais, que se nega a firmar o protocolo sob o argumento de que os

compromissos assumidos interfeririam negativamente em sua economia (MOREIRA; GIOMETTI, 2008).

No Brasil, apesar do imenso potencial existente, o uso de fontes alternativas de energia ainda é muito pequeno e está, na sua maior parte, associado a programas federais e estaduais voltados para atender populações rurais e isoladas em algumas regiões (BRASIL, 2005 apud MOREIRA; GIOMETTI, 2008).

2.2 Definição, produção e classificação

O coque de petróleo é um produto sólido granulado carbonáceo de cor preta, obtido no pré-craqueamento de resíduos do processo de refino oriundos da decomposição térmica de óleos pesados (Figura 1) (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000; CONCAWE, 1993; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000; AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2009; PETROBRAS, 2009).



Figura 1 – Coque verde de petróleo.
Fonte: GURGEL (2008a).

O coque verde de petróleo, produto inicial de um processo de craqueamento térmico conhecido como coqueamento, é usado primariamente como combustível sólido. Quando submetido à pressão e temperatura (acima de 1200°C) elevadas, o coque verde perde matéria volátil e aumenta sua dureza, dando origem ao coque calcinado. O coque calcinado é usado principalmente na fabricação de eletrodos (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2007; CONCAWE, 1993; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000; SANTOS, 2007; SANTOS; SILVA, 2008).

Esse subproduto do processo de refino é produzido nas unidades de conversão de resíduos de petróleo através do coqueamento retardado, do coqueamento em leito fluidizado e do coqueamento em leito fluido com gaseificação (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2007; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000; SANTOS, 2007). O coqueamento é um processo utilizado para extrair frações leves do petróleo pesado, que é um óleo de qualidade inferior, mais denso e que contém maior teor de enxofre e impurezas. Os processos de coqueamento eliminam a fração residual das cargas de petróleo pesado, de menor valor comercial, produzindo frações leves da faixa do GLP e da gasolina, de maior valor comercial, ao custo de formação do coque de petróleo (SANTOS, 2007).

No processo retardado o resíduo de vácuo é aquecido a cerca de 500°C, gerando o coque verde de petróleo rico em hidrocarbonetos. Nesse processo semi-contínuo, água sob alta pressão é injetada nas serpentinas para evitar o coqueamento nos fornos, acontecendo este processo nos tambores. O coqueamento em leito fluidizado ocorre entre 510 e 520°C e é um processo contínuo que utiliza um leito fluido de partículas de coque. Os vapores do craqueamento sobem para o topo do reator onde são resfriados bruscamente. O coqueamento em leito fluido com gaseificação consiste no uso de um gaseificador para converter o excesso de coque em uma mistura gasosa formada por CO, CO₂ e H₂. Neste processo, o coque é transformado em uma mistura gasosa de baixo poder calorífico e pobre em hidrocarbonetos em uma temperatura que varia entre 830 a 1000°C. O teor de material volátil é maior no coque de processo retardado, seguido pelo coque em leito fluidizado (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2007; CONCAWE, 1993; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000; SANTOS, 2007).

De acordo com a forma física, o coque pode ainda ser classificado comercialmente como “shot coke”, coque esponja, coque esponja *aluminum grade* e

coque agulha (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2007; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000; LEE et al., 1997, 1998).

O “shot coke” ou coque chumbinho é produzido a partir de cargas ricas em asfaltenos (acima de 13% em peso), possui alto teor de enxofre e metais e apresenta-se sob a forma de esferas de variadas dimensões. O coque agulha é obtido a partir de cargas altamente aromáticas, como o óleo decantado que contem baixa presença de asfaltenos, resinas e metais. Seus poros unidirecionais tem forma acircular, são delgados e de perfil elíptico. Quando submetido a processo de fratura se estilhaça em peças de perfil de agulha. O coque esponja é a forma mais comum de coque verde, sendo formado a partir de resíduos de vácuo que ainda contem asfaltenos, resinas e resíduos de vácuo com médios teores de enxofre e metais. Possui aparência amorfa, com tamanhos variados, pequenos poros e paredes espessas. O coque esponja *aluminum grade* apresenta menos teores de impurezas do tipo asfalteno, enxofre, resina e heteroátomos. Macroscopicamente apresenta camadas mais alinhadas e poros em forma de elipse (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2007; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000; LEE et al., 1997, 1998).

2.3 Origem e composição

No início do século XIX surgiu a primeira forma sintética do carbono produzida a partir do petróleo, denominada coque verde de petróleo. O coque verde de petróleo foi produzido de forma pioneira em uma refinaria em Northwestern, Pensilvânia, a partir da destilação do petróleo para obtenção de querosene, utilizado na iluminação. Neste processo, o uso de uma fornalha aquecida coqueava o petróleo junto ao fundo do destilador, sendo esta tecnologia empregada até 1880. Em 1920, foi patenteado um sistema de destilação que consistia em um tubo passando por uma fornalha, seguido de uma coluna de fracionamento. No Brasil o coque verde de petróleo começou a ser produzido em 1972 pela PETROBRAS (CARVALHO; ASSIS, 2007; SANTOS, 2007).

Sua composição varia de acordo com o tipo de petróleo refinado, sendo geralmente caracterizado pelo elevado teor de carbono e rico em hidrocarbonetos residuais (de 2% a 15%, podendo chegar a mais de 21%), incluindo hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP), o que lhe confere um odor característico e alto poder

calorífico (CONCAWE, 1993; MESKO, 2008; PEREIRA, 2007; SANTOS; SILVA, 2008). Por ser um subproduto do refino possui baixo preço quando comparado com outras matrizes energéticas (SANTOS; SILVA, 2008).

Fazem parte da composição típica do coque verde de petróleo o carbono fixo (84-97%), o enxofre (0,5-7,5%), material volátil (2-15%), hidrogênio (até 5%) e cinzas (0,1-0,8%), além de metais pesados como o ferro (50-2.000 mg/kg), vanádio (5,0-5.000 mg/kg), boro (0,1-0,5 mg/kg) e níquel (10-3.000 mg/kg). O poder calorífico interior varia entre 8.200 e 8.600 Kcal/Kg (CONCAWE, 1993; AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HIDRICOS, 2004). As frações variam em função do petróleo do qual se origina e das condições operacionais (Quadro 1) (SEVÁ FILHO; SANTI, 2003; PETROBRAS, 2004; SANTOS; SILVA, 2008; AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HIDRICOS, 2004).

Composto	Valores de referência
Carbono Fixo (%)	84 – 97
Enxofre (%)	0,5 – 7,5
Material Volátil (%)	2 – 15
Hidrogênio (%)	até 5
Cinzas (%)	0,1-0,8
Ferro(Fe) (mg/kg)	50-2.000
Vanádio(V) (mg/kg)	5,0-5.000
Boro(B) (mg/kg)	0,1-5,0
Níquel (Ni) (mg/kg)	10-30.000

Quadro 1. Composição típica do coque verde de petróleo.
Fonte: Agência Pernambucana de Recursos Hídricos, 2004.

Os HAP são compostos orgânicos voláteis formados por átomos de carbono e de hidrogênio, arrançados na forma de dois ou mais anéis aromáticos. Mais de 20 diferentes tipos de HAP podem ser encontrados nas emissões liberadas durante a queima do coque de petróleo, tais como o benzo(a)pireno, benzantraceno, criseno, fenantraceno, benzeno, tolueno e xileno (Quadro 2) (SITTIG, 1985 apud ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

O enxofre (S) é um sólido inflamável presente na composição do coque. Em função do teor de enxofre, o coque pode ser classificado como contendo baixo teor de enxofre (<2% da massa total), médio teor de enxofre (2- 4%) ou alto teor de enxofre (>4%) (CARVALHO; ASSIS, 2007).

Muito do enxofre presente no coque encontra-se ligado à matriz de carbono na forma de enxofre orgânico. Outras formas de enxofre encontradas no coque incluem sulfatos e enxofre pirítico (AL-HAJ-IBRAHIM; MORSI, 1992 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2007).

1-metil naftaleno	Benzo(a,b)antraceno	Fenantreno
2-metil naftaleno	Benzo(b)fluoranteno	Fluoranteno
Acenafteno	Benzo(e)pireno	Fluoreno
Acenaftileno	Benzo(g,h,i)perileno	Indeno(1,2,3-cd)pireno
Antraceno	Benzo(k)fluoranteno	Metilbenzo(g,h,i)perileno
Benzo(a)antraceno	Criseno	Naftaleno
Benzo(a)pireno	Dibenzo(a,h)antraceno	Pireno

Quadro 2 – Principais hidrocarbonetos aromáticos presentes no coque verde de petróleo.
Fonte: American Petroleum Institute, 2007.

Metais pesados, principalmente vanádio e níquel, podem ser encontrados intercalados na estrutura do coque, fazendo parte das cinzas e material particulado uma vez que não estão quimicamente ligados (Quadro 3). As concentrações de metais pesados tendem a ser mais elevadas no coque verde do que no coque calcinado, que possui menor teor de compostos residuais (ELLIS; PAUL, 2007 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2007).

Alumínio (Al)	Cobre (Cu)	Níquel (Ni)
Antimônio (Sb)	Cromo (Cr)	Paládio (Pd)
Arsênico (As)	Enxofre (S)	Platina (Pt)
Bário (Ba)	Estanho (Sn)	Potássio (K)
Berílio (Be)	Ferro (Fe)	Selênio (Se)
Bismuto (Bi)	Fósforo (P)	Silício (Si)
Boro (B)	Lítio (Li)	Sódio (Na)
Cádmio (Cd)	Magnésio (Mg)	Titânio (Ti)
Cálcio (Ca)	Manganês (Mn)	Vanádio (V)
Chumbo (Pb)	Mercúrio (Hg)	Zinco (Zn)
Cobalto (Co)	Molibdênio (Mo)	

Quadro 3 – Principais metais pesados encontrados no coque verde de petróleo.
Fonte: American Petroleum Institute, 2007.

2.4 Como o resíduo da produção se transformou em material com valor agregado

A produção mundial de coque encontra-se em ascensão, aumentando de aproximadamente 61 milhões de toneladas no ano de 1996 para 89 milhões de toneladas em 2005 (ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2009). No Brasil, estima-se que a produção deverá saltar de 2,3 milhões de toneladas em 2007 para 7,0 milhões de toneladas em 2014 (CARVALHO; ASSIS, 2007). Durante a década de 80 a produção de coque aumentou 51%, e o incremento da produção deve-se em grande parte à redução da qualidade do petróleo em todo o mundo (LEE et al., 1998).

Esse incremento na produção de coque deve-se ao aumento mundial da quantidade de petróleo pesado processado (SANTOS, 2007; SANTOS; SILVA, 2008). Mesmo antes da descoberta de petróleo na camada do pré-sal, o plano de negócios da Petrobras do período de 2006-2010 já anunciava a previsão de aumento do processamento de petróleo de 1,75 milhões para 1,87 milhões de barris diários até 2010, com participação de 91% de óleo nacional. Esse aumento correspondia a 1,70 milhões de barris por dia de petróleo pesado, demandando a produção de coque verde de petróleo (CAMARGO; KOBAYOSHI; CARVALHO, 2006).

Como a produção de coque é crescente, o seu consumo deve acompanhar essa tendência (SANTOS, 2007). O baixo preço e a alta disponibilidade do coque de petróleo tornaram este resíduo atrativo para o setor industrial, principalmente para o setor de geração de energia elétrica. Nesse sentido, o Brasil é um importante consumidor do coque de petróleo. No ano de 2008 o coque correspondeu a 19,7% do total de importações de derivados de petróleo no Brasil, sendo 61,1% deste de origem Norte-Americana (AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2009).

Embora seja um subproduto do processo de refino, o coque verde de petróleo ganhou valor comercial e passou a ser comercializado como combustível em fornos e caldeiras, sendo utilizado em cimenteiras, indústrias de cerâmica, calcinadoras de gesso e outras (SEVÁ FILHO; SANTI, 2003).

O coque verde de petróleo tem diversas aplicações industriais e é largamente utilizado como combustível, servindo de matéria prima para calcinação, para coqueria, como redutor à base de carbono e como combustível. O setor cimenteiro é o maior mercado consumidor de coque de petróleo, utilizando como combustível 40% do total

de coque produzido no mundo. O segmento de calcinação do coque verde é o segundo maior consumidor, com 22% de participação. As termelétricas são o quarto maior consumidor de coque de petróleo, consumindo 14% do coque produzido em 1999 (CARVALHO; ASSIS, 2007; SANTOS; SILVA, 2008; LEE et al., 1998).

A qualidade do coque verde varia, especialmente em relação ao teor de enxofre. Para a calcinação é requerido o coque com baixo teor de enxofre ($<2,0\%$ m/m); igualmente, o coque aplicado como redutor à base de carbono deve ter baixo teor de enxofre ($<1,0\%$ m/m), assim como o utilizado como matéria prima para coquearias ($<1,0\%$ m/m); já o teor de enxofre do coque verde utilizado como combustível varia em função do mercado: em grandes siderúrgicas, na fabricação de cerâmica vermelha, cal e na pelotização/sinterização o coque deve ter baixo teor de enxofre ($<1,0\%$ m/m) e na fabricação do cimento e geração de energia o coque usualmente apresenta alto teor de enxofre ($>4,0\%$ m/m) (CARVALHO; ASSIS, 2007).

Atualmente a produção mundial de coque verde de petróleo gira em torno dos 90 milhões de toneladas. Destes, cerca de 70 milhões de toneladas contem alto teor de enxofre e são utilizadas como combustível (matriz energética). Os 20 milhões restantes tem médio ou baixo teor de enxofre e são utilizados em sua maioria na indústria do alumínio e siderurgia (CARVALHO; ASSIS, 2007).

Em Pernambuco, com a implantação de uma nova refinaria de petróleo, o uso do coque como matriz energética pode se tornar usual em diferentes processos produtivos. Em abril de 2010 foi divulgada a notícia de que o coque produzido pela Refinaria do Nordeste será beneficiado no Polo Petroquímico de Suape, sendo este um investimento de uma empresa Norte-Americana (REFINARIA..., 2010).

O coque verde de petróleo é um resíduo do processo de refino e, devido à sua composição, seu reaproveitamento como combustível em contextos vulneráveis pode representar um risco para a saúde e o ambiente. Diante da excessiva quantidade de rejeitos gerados nas economias modernas, há uma tendência mundial de reaproveitar os produtos tradicionalmente descartados visando a minimização de resíduos (FROSCHE, 1997 apud FILHO, 2005).

Todavia, legalmente o coque não é tratado como um resíduo, apesar de se enquadrar na definição de resíduo sólido do CONAMA:

“Resíduo sólido industrial é todo o resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semi-sólido, gasoso – quando contido, e líquido – cujas particularidades tornem inviável o seu

lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2002, p. 1).

Consequentemente, as políticas públicas voltadas para o gerenciamento de resíduos sólidos, perigosos ou não, não são aplicadas ao coque verde de petróleo. Desse modo este produto é comercializado e utilizado livremente, sem respeitar tratados internacionais dos quais o Brasil é signatário, tais como a Convenção da Basiléia, acordo que define a organização e o movimento de resíduos perigosos e seu depósito final (BRASIL, 1993a).

A Convenção da Basiléia foi promulgada em 22 de março de 1989 pela Organização das Nações Unidas em Basiléia, por 105 países e a Comunidade Européia. Porém, este acordo internacional só entrou realmente em vigência a partir da ratificação parlamentar do vigésimo país, fato que ocorreu em maio de 1992 (VEIGA; VEIGA, 2005). Os Estados Unidos ainda não a ratificaram, fortalecendo o pressuposto de que a preocupação ambiental em países do norte se resume apenas aos problemas ambientais que colocam em perigo a sustentabilidade do desenvolvimento econômico (LEFF, 2001). Assim, o princípio da precaução, norteador da Convenção de Basiléia, vem sendo sumariamente ignorado.

O fato de um resíduo de processo ganhar status de matéria prima para diferentes processos marca o conflito de interesses em torno da apropriação da natureza, evidenciando a superação dos interesses coletivos em favor do crescimento econômico insustentável, numa inversão de valores onde os princípios de segurança ambiental não são respeitados. De acordo com o Anexo IV da Convenção da Basiléia, substâncias que apresentam características como toxicidade e ecotoxicidade, tais como o coque verde de petróleo, são consideradas perigosas. A Convenção da Basiléia estabelece que os movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos do Estado gerador para qualquer outro Estado devem ser permitidos apenas quando realizados em condições que não ameacem a saúde humana e o meio ambiente (BRASIL, 1993a).

Porém, a Convenção da Basiléia não proíbe os movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e nem procura solucionar o problema da crescente geração desses resíduos. O governo brasileiro considerou que a Convenção da Basiléia se constituía apenas num primeiro passo para proteger a saúde humana e o ambiente contra os efeitos adversos dos resíduos perigosos e dos movimentos transfronteiriços desses resíduos. Portanto, a Convenção da Basiléia se trata de um acordo entre os países signatários em

que as transferências de resíduos perigosos ficariam apenas sujeitas a um consentimento prévio (VEIGA; VEIGA, 2005).

A redução nas exigências ambientais nas últimas décadas acarretou em crescimento na migração de danos ambientais, e este crescimento se deu dos países mais ricos para os mais pobres. Mais de 50% da migração de resíduos perigosos teve como destino países menos desenvolvidos e/ou com legislações mais brandas, sendo que boa parte destes resíduos não recebeu qualquer tratamento antes da disposição final. Com isso, sobrecarregaram-se os países menos desenvolvidos com a maioria dos efeitos ambientais negativos, aumentando a pobreza, o desemprego, a desigualdade social e a injustiça ambiental (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM, 2002; VEIGA; VEIGA, 2005).

Falta, portanto, clareza na conceituação de resíduos ditos perigosos e rigor na definição dos compostos ditos resíduos, uma vez que não é feita qualquer distinção entre os que devem ser considerados propriamente lixo e aqueles utilizados como matéria-prima secundária. Há também uma carência de mecanismos de fiscalização e regulatórios nacionais e internacionais que proíbam a exportação dos riscos e evitem os danos à saúde e ao ambiente decorrentes da exposição a esses compostos.

2.5 Propriedades físico-químicas

Muitas das propriedades físico-químicas do coque verde não estão descritas na literatura. Uma das principais justificativas para a escassez de informações sobre as propriedades desse produto é que, por se tratar de uma substância resultante do tratamento de petróleo sob alta temperatura e pressão, muitas das propriedades físico-químicas não são relevantes em condições ambientais normais. Segundo a Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA), como em condições normais de temperatura e pressão o coque de petróleo existe como sólido carbonáceo, os endpoints físico-químicos não podem ser determinados usando os procedimentos padrão recomendados ou então estes não produzem informações relevantes, limitando a avaliação das características do composto (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2007). O quadro 4 lista as principais propriedades físico-químicas do coque verde de petróleo.

Propriedades físico-químicas		Referência
Número CAS	64741-79-3	API, 2000; EC, 2000; Petrobras, 2009
Fórmula	CxHy (mistura)	-
Forma	Sólido	API, 2000; EPA, 2000; 2000c; EC, 2000; Petrobras, 2009
Cor	Preta	API, 2000; EPA, 2000; 2000c; EC, 2000; Petrobras, 2009
Odor	hidrocarbonetos	EC, 2000; Petrobras, 2009
Compostos voláteis (VCM)	Aprox. de 5 a 15%	API, 2000; EPA, 2000; 2000c; EC, 2000; CPRH, 2004
Ponto de fusão	3550°C (carbono)	API, 2007;
Ponto de ebulição	composto sólido	API, 2007; EC, 2000; Petrobras, 2009
Solubilidade em água	insolúvel	API, 2000; 2007; EPA, 2000; 2000c; EC, 2000; Petrobras, 2009
Gravidade específica (H ₂ O = 1)	> 1,0	API, 2000
Pressão de vapor (20°C, kPA)	< 0,1 (133.3 Pa a 3586°C)	EC, 2000; CONCAWE, 1993
Densidade (20°C, g/cm ³)	1,35-1,45	EC, 2000; CONCAWE, 1993
Densidade aparente (kg/dm ³)	0,7-0,9	CPRH, 2004; EC, 2000; CONCAWE, 1993
pH	NI	API, 2000; EPA, 2000; 2000c
Poder Calorífico Inferior (PCI) (Kcal/Kg)	8200-8600	API, 2000; EPA, 2000; 2000c
Coefficiente de partição octanol/água (logKow)	NI	API, 2000; EPA, 2000; 2000c
Coefficiente de partição óleo/água (logPow)	NI	API, 2000; EPA, 2000; 2000c
Volatilidade	NI	API, 2000; EPA, 2000; 2000c
Massa específica (t/m ³)	1,04	Faria, 2009
Potencial de degradação (biodegradação)	não biodegradável	API, 2000; EPA, 2000; 2000c

Quadro 4 – Propriedades físico-químicas do coque verde de petróleo.

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: NI – não informado.

O coque verde de petróleo é uma mistura complexa de carbono com constituintes orgânicos e inorgânicos incorporados em uma matriz sólida policristalina porosa. Em condições ambientais, o ponto de fusão, o ponto de ebulição, a pressão de vapor e o coeficiente de partição não podem ser mensurados no coque verde ou no calcinado devido às limitações analíticas ou à natureza do coque de petróleo, que não possui uma estrutura química única (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2007; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

Informações significantes sobre os efeitos fisicoquímicos e sobre o destino ambiental do coque de petróleo não estão disponíveis na literatura devido à sua estrutura química e estado físico. Por ser um sólido amorfo, composto primariamente de carbono, muitos dos parâmetros do coque não são passíveis de serem testados pelas diretrizes padrão ou pelos parâmetros de interesse. Coque de petróleo também não está sujeito a modelagem baseada na estrutura por não possuir uma estrutura única (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2007; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

No ambiente, o coque de petróleo não está sujeito a processos fotolíticos por ser predominantemente constituído de carbono e resíduo endurecido. Estas substâncias não contêm ligações químicas hidrolisáveis, nem são suscetíveis à biodegradação por microrganismos. Dependendo do tamanho da partícula e da densidade do material, liberações na superfície podem ser incorporadas ao solo, transportadas através do vento ou lixiviadas. Se liberado no ambiente aquático, o coque de petróleo se incorpora ao sedimento e/ou flutua na superfície, dependendo do tamanho da partícula e da sua densidade em relação à água. Por ser pouco solúvel em água, o coque verde de petróleo sofre adsorção, podendo, por exemplo, influenciar na concentração dos metais pesados no solo e sedimentos (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2007; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

A limitação dos métodos analíticos disponíveis aliados às características do coque impede que características importantes do composto, tais como pressão de vapor, constante de Henry e coeficiente de partição octanol-água sejam avaliadas. Essas propriedades indicam se o composto é volátil ou bioacumula, características fundamentais para entender o potencial dos danos do composto.

Essas limitações da ciência atual, contudo, não significam que o coque não possui propriedades que indicam perigo para a saúde e o ambiente. Apesar da ausência de informações, é de conhecimento geral que compostos como o enxofre, metais pesados e HAP, que fazem parte da composição do coque de petróleo, são substâncias que tem suas

propriedades físico-químicas exaustivamente descritas na literatura e que representam risco para a saúde em situações de exposição. Os HAP, por exemplo, são muito voláteis e bioacumulam nos tecidos animais, propriedades que implicam em risco elevado no caso de exposição. Por se tratar de uma mistura de compostos perigosos, a exposição ao coque verde de petróleo, tanto em seu estado sólido quanto aos vapores emitidos em sua queima, não deve ser negligenciada nem limitar-se a observar os limites de exposição determinados.

O coque verde de petróleo apresenta outras características que implicam em risco para os trabalhadores e a população em geral em caso de acidentes (Quadro 5).

Estabilidade e reatividade		Referência
Estabilidade química	estável em condições ambientais normais	API, 2000a; EC, 2000
Incompatibilidade com outros materiais	incompatível com oxidantes fortes (peróxidos, cloratos e outros)	Petrobras, 2009
Inflamabilidade	NI	Petrobras, 2009
Propriedades explosivas (vol. %)	> 30 g/cm ³	Petrobras, 2009
Ponto de combustão	> 200°C	Petrobras, 2009
Ponto de auto-ignição	> 315°C	EC, 2000;
Decomposição	hidrocarbonetos, SO _x , CO _x , CO, H ₂ O	EC, 2000; Petrobras, 2009

Quadro 5 – Estabilidade e reatividade do coque verde de petróleo.

Fonte: Elaboração própria.

Apesar de apresentar pontos de auto-ignição e ebulição relativamente elevados, o coque verde de petróleo possui potencial explosivo, não devendo ser submetido a fontes de calor (EUROPEAN COMMISSION, 2000; PETROBRAS, 2009). Ainda, o coque verde é capaz de adsorver oxigênio por consideráveis períodos de tempo e seu armazenamento sob a forma de pilhas tende a gerar temperaturas consideráveis, tipicamente entre 185-200°C no centro de pilhas de 300 toneladas (AUGOOD; HILDEBRANDT, 1988 apud HEINTZ, 1996). Tipicamente, grandes volumes de coque verde são armazenados sob a forma de pilhas de vários metros de altura, existindo o risco de explosão.

A decomposição do coque verde de petróleo dá origem a vários produtos perigosos para a saúde e o ambiente, tais como hidrocarbonetos, óxidos de enxofre e monóxido de carbono. Os principais problemas de saúde relacionados a esses compostos estão relacionados a problemas respiratórios, mutações, cânceres, efeito estufa e danos à vegetação (EUROPEAN COMMISSION, 2000).

Em relação à estabilidade na água, o coque verde de petróleo não está sujeito à hidrólise por não estar suscetível à substituição nucleofílica, não sofrendo degradação no ambiente através dessa via. Isso leva ao acúmulo do coque no ambiente, implicando em períodos de exposição prolongados a compostos perigosos (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2007).

2.6 Danos à saúde e ao ambiente

Compostos que fazem parte da constituição do coque tais como enxofre, metais pesados e HAP são tóxicos à saúde humana e ao ambiente (SEVÁ FILHO; SANTI, 2003; PETROBRAS, 2004). O coque é um produto combustível e há risco de explosão se o pó for exposto ao calor ou chama (PETROBRAS, 2004).

Os principais agentes envolvidos nos efeitos tóxicos são os HAP, o enxofre e os gases resultantes da queima desses compostos, tais como monóxido de carbono e dióxido de enxofre (SEVÁ FILHO; SANTI, 2003). Hidrocarbonetos aromáticos e metais pesados ainda podem contaminar animais e plantas, e fontes de água (MONTEIRO, 2005) que, se consumidos, podem provocar intoxicação química.

Quando os metais pesados e os HAP atingem o ambiente, estes podem ser absorvidos pelos tecidos animais e vegetais, bem como se depositar nos sedimentos, representando um estoque permanente de contaminação para a biota aquática e, conseqüentemente, para o homem.

Os efeitos tóxicos decorrentes da exposição ao coque verde de petróleo resultam tanto da exposição ao pó de coque quanto às emissões atmosféricas resultantes de sua queima. Segundo a IARC, existem evidências suficientes de que a produção de coque é carcinogênica para o homem (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 1984, 1987).

Devido à maior concentração de compostos voláteis em sua composição, o coque verde de petróleo possui maior potencial para induzir efeitos ambientais do que o coque calcinado (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2007).

Os efeitos tóxicos da exposição ao coque podem ser agudos ou crônicos. Dentre os crônicos destacam-se os carcinogênicos devido à gravidade dos efeitos. A Agência de

Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency - EPA) e a Agência Internacional de Investigação do Câncer (International Agency for Research on Cancer - IARC) classificam as substâncias segundo sua carcinogenicidade (Quadros 6 e 7).

Categoria	Definição	Evidências
A	Carcinógeno humano	Dados suficientes em humanos
B1	Provável carcinógeno humano	Dados limitados em humanos e dados suficientes em animais
B2	Provável carcinógeno humano	Dados em humanos inadequados ou ausentes e dados suficientes em animais
C	Possível carcinógeno humano	Dados em humanos ausentes e dados limitados em animais
D	Não há evidências de ser carcinógeno humano	Dados ausentes ou inadequados em humanos ou em animais
E	Não carcinógeno humano	Nenhuma evidência em estudos adequados em humanos ou animais

Quadro 6 – Classificação dos carcinógenos segundo a EPA.

Fonte: Environmental Protection Agency, 2007c.

Categoria	Definição	Evidências
1	Agente (mistura) é carcinogênico	Dados suficientes em humanos
2A	Provavelmente carcinogênico	Dados limitados em humanos e suficientes em animais OU dados suficientes em animais e outros dados relevantes
2B	Possivelmente carcinogênico	Dados limitados em humanos OU dados suficientes em animais OU limitados em animais e outros dados relevantes
3	Não classificável quanto à carcinogenicidade	Dados ausentes ou inadequados em humanos ou em animais
4	Provavelmente não carcinogênico	Nenhuma evidência em estudos adequados em humanos e animais.

Quadro 7 – Classificação de carcinogenicidade para humanos segundo o IARC.

Fonte: International Agency for Research on Cancer, 2006.

Essas classificações estão baseadas, de um modo geral, em experimentos com animais. As categorias “A” e “1” correspondem aos compostos comprovadamente carcinogênicos para humanos. As “B” e “2A” indicam os prováveis carcinógenos humanos e as categorias “C” e “2B” os possíveis carcinógenos humanos, ou seja, indicam que, em se tratando de efeitos em humanos, não foi comprovada a ação carcinogênica daquele composto ou mistura em humanos. Nesses casos, segundo a EPA e a IARC, há a necessidade da realização de mais estudos para comprovar os prováveis/ possíveis efeitos. As categorias “D”, “E”, “3” e “4”

representam aquelas onde não há dados ou os dados são limitados ou inadequados ou ainda não há evidência de efeitos em humanos.

Destaca-se que quando uma substância é considerada um carcinogênico genotóxico (ou iniciador), uma única molécula pode induzir o câncer. Como não existe dose de exposição segura, deve-se considerar que toda população está potencialmente exposta ao risco de câncer. Assim, para toda substância genotóxica há risco de desenvolver câncer para toda dose diferente de zero (AUGUSTO, 2009a).

Os argumentos que sustentam a inexistência de exposição segura a carcinogênicos baseiam-se em um conjunto de evidências, a saber: a) o processo carcinogênico difere de outros tipos de efeitos tóxicos, sendo irreversível, não havendo limite teórico seguro para o indivíduo; b) os mecanismos de reparação não são eficazes o suficiente para se admitir emprego de um padrão tolerável de exposição; c) não é possível adotar um limiar seguro para a população de expostos devido às variações de suscetibilidade individual e o efeito sinérgico adicional de outros fatores carcinogênicos intrínsecos e extrínsecos; d) a evidência de um limiar de exposição específico para carcinogênicos é inconclusiva ou errônea; e) não há nenhum método seguro conhecido para estabelecimento de um limiar de exposição que possa ser aplicado a um grupo de trabalhadores expostos (WHITE; INFANTE; WALKER, 1980 apud AUGUSTO, 1991).

É importante ter em conta que quando uma substância é vista como carcinogênica deve-se considerar que o câncer pode ocorrer em qualquer lugar do organismo humano. Mesmo que só existam evidências em animais e com altas doses (como na classificação B2 da EPA, por exemplo) e mesmo que em animais o câncer apareça em um único sítio, a IARC recomenda que se considerem todas as possibilidades de câncer (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2006).

A partir da classificação de carcinogenicidade dessas Agências, é possível observar que muitos dos compostos presentes no coque verde de petróleo são classificados como carcinogênicos, prováveis carcinógenos ou possíveis carcinógenos em humanos, indicando o perigo inerente a compostos que trazem em sua composição um ou mais desses elementos (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2006; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 2007c).

Os quadros 8 e 9 listam respectivamente os principais metais pesados e os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos presentes no coque verde de petróleo classificados como carcinogênicos, prováveis carcinógenos ou possíveis carcinógenos em humanos.

Agente	Classificação	
	IARC	EPA
Arsênico (As)	1	A
Berílio (Be)	1	B1
Cádmio (Cd)	1	B1
Chumbo (Pb)	2B	B2
Cobalto (Co)	2B	-
Cromo (Cr)	3 (metálico; III); 1 (VI)	D(II; VI-oral); A (VI-inalação)
Ferro (Fe)	1	-
Níquel (Ni)	2B(metálico, ligas); 1(compostos)	A (pó de refinaria de níquel)

Quadro 8 – Principais metais pesados presentes no coque verde de petróleo.
Fonte: Elaboração própria.

Agente	Classificação	
	IARC	EPA
Benzo(a)antraceno	2B	B2
Benzo(a)pireno	1	B2
Benzo(a,b)antraceno	2B	B2 (benzo(a))
Benzo(b)fluoranteno	2B	B2
Benzo(e)pireno	3	B2 (benzo(a))
Benzo(k)fluoranteno	2B	B2
Criseno	2B	B2
Dibenzo(a,h)antraceno	2A	B2
Indeno(1,2,3-cd)pireno	2B	B2
Naftaleno	2B	C

Quadro 9 – Principais hidrocarbonetos aromáticos policíclicos presentes no coque verde de petróleo.
Fonte: Elaboração própria.

Internacionalmente não há limites estabelecidos para a exposição ocupacional ao coque verde de petróleo. Internacionalmente, diversos órgãos e instituições apresentam limites de exposição ao pó de coque verde de petróleo esperados para qualquer poeira contendo material particulado, não considerando a presença de HAP (Quadro 10).

Devido à presença de HAP na composição do coque verde de petróleo, recomenda-se que sejam adotadas medidas restritivas para sua exposição. O limite de exposição atual da OSHA (Occupational Safety and Health Administration) para materiais voláteis de piche de alcatrão de hulha é de $0,2\text{mg}/\text{m}^3$ para ambientes de trabalho em que seja detectado qualquer um dos seguintes hidrocarbonetos: antraceno, benzo(a)pireno, fenantreno, acridina, criseno e

pireno. Destes, apenas o criseneno não é detectado na composição do coque verde de petróleo (CONCAWE, 1993; GREAT LAKES CARBON CORPORATION, 1997).

Nome Químico	Fonte	Limites de Exposição
Partículas (insolúveis ou pouco solúveis) não especificadas, partículas inaláveis	ACGIH	10 mg/m ³
Partículas (insolúveis ou pouco solúveis) não especificadas, partículas respiráveis	ACGIH	3 mg/ m ³
Particulados não regulamentados, fração respirável	OSHA	5 mg/ m ³
Particulados não regulamentados, poeira total	OSHA	15 mg/m ³
Poeira inerte ou incômoda, fração respirável	OSHA	5 mg/m ³
Poeira inerte ou incômoda, poeira total	OSHA	15 mg/m ³
Particulados não regulamentados, fração respirável	California OELS	5 mg/m ³
Particulados não regulamentados, poeira total	California OELS	10 mg/m ³
Particulado não regulamentado, particulado respirável	Alberta OELS	3 mg/m ³
Particulado não regulamentado, particulado total	Alberta OELS	10 mg/m ³
Partículas (insolúveis ou pouco solúveis) não classificadas (PNOC) (fração respirável)	British Columbia OELS	3 mg/m ³
Partículas (insolúveis ou pouco solúveis) não classificadas (PNOC) (poeira total)	British Columbia OELS	10 mg/m ³
Partículas (insolúveis ou pouco solúveis) não especificadas (PNOS): particulado respirável	Ontario OELS	10 mg/m ³
Partículas (insolúveis ou pouco solúveis) não especificadas (PNOS): particulado respirável	Ontario OELS	3 mg/m ³
Poeiras não classificadas, poeira total	Quebec OELS	10 mg/m ³

Quadro 10 – Limites de exposição ao pó de coque.
Fonte: Adaptado de European Commission, 2000.

Apesar de a exposição ao pó de coque não ser considerada carcinogênica pelas agências regulatórias internacionais, existem evidências suficientes de que a produção de

coque é carcinogênica para o homem (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 1984, 1987).

2.6.1 Vias de exposição

Os efeitos tóxicos decorrentes da exposição ao coque verde de petróleo resultam tanto da exposição ao pó de coque quanto às emissões atmosféricas resultantes de sua queima. As principais vias de exposição envolvidas são a inalatória e a dérmica. O coque entra em contato com esses poluentes por exposição ocupacional ou ambiental, quando esses compostos são liberados mediante vazamentos, emissões fugitivas, disposição inadequada de resíduos ou acidentes (CONCAWE, 1993; GURGEL et al., 2009a).

2.6.2 Ação mecânica

A inalação de particulados pode reduzir a visibilidade, provocar irritação nos olhos, ouvidos, vias aéreas e pele. Estudos experimentais realizados em diferentes espécies de mamíferos (ratos e macacos) indicaram que a exposição à poeira de coque verde de petróleo provoca alterações inflamatórias nas vias aéreas superiores e nos pulmões. Foi observada uma leve cicatrização do tecido pulmonar em ratos, mas não em macacos (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY; 2000; PETROBRAS, 2004).

Não existem estudos em humanos indicando os possíveis efeitos à saúde em decorrência da exposição ao coque verde de petróleo. Alguns estudos epidemiológicos voltados para avaliar os efeitos da poeira na função respiratória foram realizados através da aplicação de questionários em trabalhadores de coqueria, e os resultados revelaram redução na função pulmonar (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

Há também uma carência de estudos para avaliar a toxicidade oral aguda, dermatoses e outras irritações. Entretanto, outros estudos sugerem alguma toxicidade aguda (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

2.6.3 Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP)

Os HAP fazem parte da constituição do petróleo e podem ser liberados através da queima incompleta ou pirólise do óleo cru e seus derivados, bem como através da evaporação devido a elevada volatilidade dos hidrocarbonetos. As refinarias de petróleo são uma das principais fontes emissoras de HAP (MAIA et al., 2001). O coque verde, por ter em sua composição até 15% de HAP, pode liberar esses compostos para o ambiente mediante queima ou através da volatilização, com prejuízos à saúde humana.

A intoxicação aguda por hidrocarbonetos aromáticos pode ser expressa através de sinais e sintomas clínicos inespecíficos como tontura, náuseas, cefaléia e incoordenação motora, decorrentes da ação sobre o sistema nervoso central. Efeitos irritativos sobre as membranas das mucosas, como as manifestações oculares, geralmente são decorrentes de concentrações mais elevadas (PEDROZO et al., 2002).

As exposições e intoxicações agudas, por via respiratória, aos hidrocarbonetos são associadas freqüentemente aos sinais e sintomas de irritação das vias aéreas, principalmente das vias superiores. A inalação destes hidrocarbonetos pode causar hemorragia, inflamação e edema pulmonar, dependendo do grau de exposição. Os sintomas do edema pulmonar (respiração ofegante e dificuldade respiratória) podem ser retardados por muitas horas após a exposição. A exposição de mucosas aos vapores dos referidos hidrocarbonetos pode resultar em irritação leve a moderada (ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE, 1996 apud PEDROZO et al., 2002).

Enquanto os efeitos agudos da exposição aos compostos do petróleo manifestam-se, basicamente, por sinais e sintomas decorrentes da ação em nível de sistema nervoso central, os efeitos crônicos podem abranger manifestações tóxicas em diversos órgãos e sistemas, principalmente hematopoiético, renal, hepático e nervoso. Os efeitos do petróleo sobre a pele, tanto os agudos quanto os crônicos, como a dermatite e os tumores, parecem ter relação com a presença dos HAP na composição do óleo cru (ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE, 1996 apud PEDROZO et al., 2002).

Como uma das principais características dos hidrocarbonetos do petróleo é a alta lipossolubilidade, estes compostos tendem a permanecer nos compartimentos orgânicos, através dos processos de distribuição e armazenamento, perpetuando, assim, seus efeitos tóxicos (PEDROZO et al., 2002).

2.6.3.1 Toxicocinética

Os HAP são absorvidos através das vias oral, inalatória e dérmica. Por serem lipossolúveis, são rapidamente absorvidos e distribuídos por todo o organismo. Os HAP atravessam a barreira placentária, sendo detectados em tecidos fetais (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 1998).

Durante a metabolização, alguns HAP podem se ativar a espécies que se unem ao DNA, podendo induzir tumores. Os metabólitos formados no processo de biotransformação e seus conjugados são eliminados através da urina e das fezes (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 1998).

2.6.3.2 Toxicidade aguda

Estudos realizados em animais revelaram que a exposição a emissões liberadas na queima do coque de petróleo provoca fraqueza, depressão, respiração acelerada, edema generalizado e efeitos no fígado (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

Bronquite crônica pode ocorrer entre trabalhadores expostos ao coque, especialmente entre os fumantes (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 1998). Pode ocorrer necrose nos brônquios (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 1998).

Os efeitos relacionados à exposição ao coque verde de petróleo relatados nos estudos foram primariamente relacionados a danos pulmonares. Houve aumento de peso dose-dependente de pulmão e traquéia e mudanças inflamatórias nos grupos de ratos e macacos expostos ao coque de petróleo, acompanhado de pigmentação (possivelmente coque) nos pulmões e linfonodos associados.

As mudanças histológicas observadas incluem resposta inflamatória intersticial com fibrose local, bronquiolização, esclerose, metaplasia escamosa alveolar e a presença de cistos de queratina. Os cistos de queratina foram considerados um avançado estágio de metaplasia alveolar escamosa, mas não foram considerados uma resposta oncológica. A gravidade dos achados histológicos foi relacionada com a duração e com a concentração da exposição e foi

considerada não-reversível (KLONE et al., 1987 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000).

Estudos experimentais de toxicidade aguda

Estudo 1: (HUNTINGDON LIFE SCIENCES, 1999 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000).

Espécie: Ratos

Sexo: Machos

Linhagem: Fischer 344

Via de administração: Inalação

Tempo de exposição: 6 horas/dia durante 5 dias

Frequência do tratamento: diariamente por 5 dias

Período de pós-observação: 63 dias

Doses: 50 mg/ m³

Grupo controle: Sim

Substância testada: coque verde de petróleo (CAS # 64741-79-3), 100% puro; coque calcinado de petróleo (CAS # 64743-05-1), 99,5% puro

Ano: 1999

Condições do teste: Os produtos testados foram administrados, em forma de pó, por via inalatória (via câmara de inalação de 40 litros) a uma concentração de 50 mg/ m³. O produtos controle negativo (dióxido de titânio) e positivo (dióxido de silício) foram administrados em forma de pó, a concentrações de 50 mg/m³.

Os diâmetros aerodinâmicos médios das partículas teste e controle foram os seguintes:

Dióxido de titânio: 0,9433 µm

Dióxido de silício: 1,737 µm

Coque verde: 2,712 µm

Coque calcinado: 2,692 µm

As concentrações da camara foram as seguintes:

Dióxido de titânio: 53,2 mg/ m³

Dióxido de silício: 51,0 mg/ m³

Coque calcinado: 45,0 mg/ m³

Coque verde: 58,2 mg/ m³

Resultados: Grupos de 40 ratos machos foram expostos ao dióxido de titânio, dióxido de silício, coque verde e coque calcinado, nas concentrações de 50mg/m³. Foram expostos durante 6 horas/dia por 5 dias consecutivos. Dez animais de cada grupo foram sacrificados após 7, 28, e 63 dias após a última exposição. Exames clínicos foram realizados durante o estudo e os pesos corpóreos foram registrados duas vezes antes da exposição, uma durante a exposição e semanalmente depois das exposições. Na eutanásia, foi realizada lavagem broncoalveolar e exames bioquímicos e citológicos foram realizados no fluido coletado.

Dez ratos extras de cada grupo foram sacrificados após 63 dias de exposição. Estes animais tiveram registrados os pesos dos cérebros e pulmões, e um exame macroscópico post mortem completo foi realizado. Um exame histopatológico dos pulmões também foi realizado nestes animais extras.

Houve uma leve descoloração do pelo dos animais expostos ao coque e um leve aumento na incidência de cromodacriorréia (mancha de lágrimas nos olhos) em todos os grupos, exceto no exposto à TiO₂. Foi observada perda de peso durante o período de exposição entre os animais tratados.

Ao 7º e ao 28º dias, a análise do lavado bronquiolar não mostrou nenhuma indicação de toxicidade pulmonar. Entretanto, no 63º dia, foi notado efeito pulmonar nos animais expostos ao SiO₂ e ao coque. As mudanças observadas foram aumentos na n-acetilglicosaminidase, proteína total, contagem total de células, de neutrófilos e de linfócitos. Aos 63 dias, os pesos dos pulmões dos animais expostos ao coque foram comparáveis aos dos grupos controles. Houve descoloração dos pulmões e dos linfonodos parabronquiais nos animais expostos ao coque. Foi observada inflamação em todos os grupos. A ordem crescente de severidade da inflamação foi: TiO₂, coque calcinado, coque verde e SiO₂ (HUNTINGDON LIFE SCIENCES, 1999 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000).

2.6.3.3 Toxicidade crônica

A queima do coque é uma das principais fontes de emissão de HAP na atmosfera (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 1998). Em humanos, exposições crônicas às emissões liberadas pela queima do coque resultam em conjuntivite, dermatites severas e lesões nos sistemas digestivo e respiratório. Lesões hepáticas tem sido observadas em

exposições crônicas pela via digestiva (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

As manifestações crônicas representam a maior preocupação relacionada à exposição ao coque de petróleo, principalmente pela ocorrência de diferentes tipos de câncer (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000). Efeitos mielotóxicos e carcinogênicos estão fundamentalmente relacionados à exposição aos HAP, já que o efeito final observado na maior parte dos estudos in vivo e in vitro foi a carcinogenicidade (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 1998).

Estudos sobre a carcinogenicidade dos HAP revelaram que, dos 33 compostos estudados, 26 são carcinogênicos ou suspeitos de induzirem carcinogenicidade. Destes, o benzo(a)pireno é o composto melhor caracterizado (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 1998).

Estudos experimentais

Estudo 1: Toxicidade por doses repetidas (INTERNATIONAL RESEARCH AND DEVELOPMENT CORPORATION 1985, apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000).

Éspecie: Ratos

Sexo: machos/fêmeas

Linhagem: Sprague-Dawley

Via de administração: Inalação

Período de Exposição: 2 anos

Frequência de tratamento: 6 horas/dia, 5 dias/semana por 2 anos (exceto feriados)

Período de pós-observação: Nenhum

Doses: 10,2 e 30,7 mg/ m³

Grupo Controle: sim, sem tratamento

LOAEL: 10,7 mg/ m³

Ano: 1981

Substância testada: coque verde de petróleo, CAS # 64741-79-3.

Resultados: grupos de 150 ratos machos e 150 ratas fêmeas tiveram todo o corpo exposto ao pó de coque em concentrações de 10,2 e 30,7 mg/ m³, diariamente por 6 horas, 5 dias por semana por 2 anos (exceto feriados). Um grupo de 150 ratos de cada sexo serviu como controle. As concentrações da câmara de exposição foram confirmadas diariamente por um

procedimento de amostragem gravimétrica. Os animais foram observados duas vezes ao dia (verificando a mortalidade), semanalmente eram examinados clinicamente e pesados.

Houve diferenças estatisticamente relevantes entre os neutrófilos segmentados e linfócitos entre os ratos controle e tratados provavelmente devido a uma reação inflamatória pulmonar resultante da deposição de coque nos pulmões. Quando comparados aos controles, houve aumentos dose-dependentes significantes nos pesos absolutos e relativos de pulmões mais traquéias no grupo tratado com 30,7 mg/ m³. Os efeitos foram notados após 3 meses de exposição em fêmeas e após 6 meses em machos. No grupo da menor dose, os efeitos foram observados nas fêmeas após 18 meses e em machos após 24 meses de exposição. Durante as necrópsias foi observado que ratos tinham uma descoloração negra/acinzentada nos pulmões e linfonodos torácicos enegrecidos em todos os períodos de medição e ao final do estudo. Massas pulmonares ou nódulos foram observados após 18 meses e no sacrifício, aos 24 meses, e também, em ratos que morreram espontaneamente ou sacrificados entre 18 e 24 meses. Nestas massas ou nódulos foram achados cistos de queratina. Exames histológicos mostraram que inflamação pulmonar crônica ocorreu aos 3, 6, 12 e 18 meses. Esclerose pulmonar, metaplasia escamosa alveolar e cistos de queratina foram observados em ratos nos sacrifícios dos 18 meses e a incidência destes achados estava aumentada durante os últimos 6 meses do estudo.

No geral, os achados microscópicos observados foram mais severos com o aumento da exposição e com uma maior duração da exposição. Este resultado é sem dúvida devido à deposição de coque e à ocorrência de uma resposta inflamatória no pulmão, que refletiu no aumento de peso do órgão (INTERNATIONAL RESEARCH AND DEVELOPMENT CORPORATION 1985, apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000).

Estudo 2: (INTERNATIONAL RESEARCH AND DEVELOPMENT CORPORATION, 1985 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000; KLONNE; BURNS; HALDER; HOLDSWORTH; ULRICH, 1987 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000).

Espécie: Primata

Sexo: Macho/fêmea

Linhagem: *Macaca fascicularis*

Via de administração: Inalação

Tempo de exposição: 24 meses

Frequência de tratamento: 6 horas/dia, 5 dias/semana durante 24 meses (exceto feriados)

Período de pós-observação: Nenhum

Doses: 10,2 e 30,7 mg/ m³

Grupo controle: Sim, sem tratamento

Metodologia: estudo de inalação de 2 anos com primatas

Ano: 1981

Substância testada: coque verde de petróleo, CAS # 64741-79-3.

Resultados: grupos de macacos (4 machos e 4 fêmeas adultos) tiveram o corpo inteiro exposto as substâncias-teste na forma de pó em concentrações de 10,2 e 30,7 mg/ m³ por 6 horas/dia por 5 dias/semana por 2 anos (exceto feriados). Um grupo de 4 macacos de cada sexo serviu de controle não tratado.

As concentrações da câmara de exposição foram confirmadas diariamente por um procedimento de amostragem gravimétrica. Os animais foram observados duas vezes ao dia (verificando a mortalidade) e eram semanalmente examinados clinicamente. Todos os animais tiveram os olhos examinados após 3, 6, 12, 18 e 24 meses de exposição. Antes das exposições, foram realizados exames laboratoriais em todos os macacos. Avaliações bioquímicas e hematológicas foram realizadas em todos os macacos após 1, 3, 6, 12, 18 e 24 meses de exposição. Todos os sobreviventes foram necropsiados. Os pesos dos principais órgãos foram registrados na necropsia e vários tecidos foram examinados histologicamente. Após 24 meses de exposição, todos os macacos tiveram cálcio e fósforo dosados nas cinzas ósseas, usando amostras do fêmur e da costela.

Em todos os grupos tratados houve aumentos absolutos e relativos dose-dependente nos pesos dos pulmões mais traquéias após 24 meses de tratamento. Na necropsia foi observado que os macacos apresentavam descoloração ciza/negra e focos enegrecidos nos pulmões e linfonodos torácicos. Exames histológicos mostraram acumulações leves a moderadas, contendo coque, nos macrófagos alveolares, em ambos os sexos, nos dois grupos teste. Acumulações semelhantes foram encontradas nos linfonodos torácicos e no tecido linfóide paratraqueal. Não houve outras mudanças significantes relacionadas ao tratamento (INTERNATIONAL RESEARCH AND DEVELOPMENT CORPORATION, 1985 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000; KLONNE; BURNS; HALDER; HOLDSWORTH; ULRICH, 1987 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000).

- **Carcinogenicidade, Mutagenicidade e Genotoxicidade**

A mutação no DNA é a alteração genuína do processo de carcinogenicidade (RIBEIRO; SALVADORI; MARQUES, 2003). Essa mutação pode ser causada por agentes químicos que podem induzir o câncer por mecanismos variados como genotoxicidade e promoção de tumores (RODVALL; DICH; WIKLUND, 2003).

A ação carcinogênica do coque deve-se primariamente à presença de HAP na sua composição (PETROBRAS, 2004). Os HAP reagem com o DNA e podem provocar câncer no pulmão, intestino, fígado, pâncreas e pele (CHAKRADEO et al., 1993; NETTO et al., 2000; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 1998). Diversos estudos descritos na literatura demonstram que o coque pode induzir alterações celulares e moleculares que podem resultar em diferentes tipos de câncer.

Estudos experimentais realizados com o pó de coque verde de petróleo

Estudo 1: HAZLETON LABORATORIES OF AMERICA, INC., 1981 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000; GULF RESEARCH & DEVELOPMENT CO., 1980 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000.

Tipo: teste de Ames

Sistema de testagem: Ensaios utilizando cepas *S. typhimurium* TA 1535, TA 1537, TA 1538, TA 98 and TA 100

Concentração: 5 concentrações: até 10000 µg/0,1 ml

Ativação metabólica: com/sem

Metodologia: OECD Guide-line 471 "Genetic Toxicology: *Salmonella typhimurium* Reverse Mutation Assay"

Ano: 1979

Substâncias testadas: coque verde CAS # 64741-79-3 Amostra 6-1-468

Solvente usado: DMSO (dimetilsulfóxido)

Concentrações para teste: 1000; 100; 10; 1 e 0,1 µg/ml

Concentrações para testes de mutagenicidade: 123,5; 370,4; 1111,1; 3333,3 e 10000µg/0,1ml

Resultados: células hepáticas da fração S9 de mamíferos foram obtidas de ratos Sprague-Dawley. 0,5 ml da fração S9 foram usados nos testes de Ames. Os ensaios foram realizados usando controles negativo, positivo e de solvente.

Ocorreu precipitação de químicos pesados nas três maiores concentrações testadas, havendo contagem manual das colônias mutantes nestes níveis. Na maior concentração testada (10000 µg/0,1ml), as colônias mutantes de TA1538, TA98 e TA100 não puderam ser contadas devido à alta contaminação bacteriana. Apesar da detecção de mutação, os estudos concluíram que a amostra de coque não foi mutagênica (HAZLETON LABORATORIES OF AMERICA, INC., 1981 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000; GULF RESEARCH & DEVELOPMENT CO., 1980 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000). Importa destacar que estudos contaminados não são considerados válidos, levantando dúvidas quanto a imparcialidade das conclusões do referido estudo.

Estudo 2: GULF RESEARCH & DEVELOPMENT CO., 1980 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000; HAZLETON LABORATORIES OF AMERICA, INC., 1981 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000.

Tipo: ensaio com linfoma de camundongo

Sistema de Testagem: ensaio com linhagem de células L5417 de camundongo

Concentração: 8 níveis até 2000 µg/ml

Ativação metabólica: com/sem

Metodologia: OECD Guide-line 476 "Genetic Toxicology: In vitro Mammalian Cell Gene Mutation Tests"

Ano: 1979

Substância testada: coque verde; CAS # 64741-79-3;

Solvente utilizado: DMSO

Concentrações de teste de toxicidade: 5; 1000; 10000; 50000 e 100000 µg/ml

Concentrações de teste de mutagenicidade: 600; 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 1800 e 2000 µg/ml

Controle positivo: etil metano sulfonato (não necessita ativação); Promitogen (requer ativação S9)

Resultados: Não foi observada toxicidade nas células de linfoma de ratos nas concentrações até 2000 µg/ml. A insolubilidade do composto testado impediu o teste em concentrações maiores. As frequências de mutação espontânea e induzida ficaram dentro dos limites aceitáveis. A amostra 4-1-140 de coque de petróleo não induziu mutações posteriores no locus da timidina quinase (TK) no L5178Y, clone 3.7.2, das células de linfoma de camundongo, com ou sem ativação (GULF RESEARCH & DEVELOPMENT CO., 1980 apud

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000; HAZLETON LABORATORIES OF AMERICA, INC., 1981 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000).

Estudo 3: (INTERNATIONAL RESEARCH AND DEVELOPMENT CORPORATION 1985, apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000).

Tipo: estudo de inalação de 2 anos

Espécies: Rato

Sexo: Macho/fêmea

Linhagem: Sprague-Dawley

Via de administração: Inalação

Período de exposição: até 2 anos

Doses: 10,2 e 30,7 mg/ m³

Ano: 1981

Substância testada: coque verde de petróleo, CAS # 64741-79-3

Resultados: grupos de 150 ratos machos e 150 ratas fêmeas tiveram todo o corpo exposto ao pó de coque em concentrações de 10,2 e 30,7 mg/ m³, diariamente por 6 horas, 5 dias por semana por 2 anos (exceto feriados). Um grupo de 150 ratos de cada sexo serviu como grupo controle. As concentrações da câmara de exposição foram confirmadas diariamente por um procedimento de amostragem gravimétrica. Os animais foram observados duas vezes ao dia (verificando a mortalidade), semanalmente eram examinados clinicamente e pesados. Uma avaliação citogenética completa foi realizada nas amostras de medula óssea retirada de 10 ratos de cada sexo após 5 dias e após 12 meses de exposição. Lâminas de medula óssea (10 ratos de cada sexo após 1, 3 e 6 meses de exposição) foram preparadas para avaliações citogenéticas (em busca de evidência de aberrações cromossômicas). Todos os dados foram avaliados usando análises estatísticas apropriadas. No geral, os resultados das avaliações citogenéticas da medula óssea não foram diferentes entre os tratados e os controles.

Estudo 4: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000

Tipo: ensaio citogenético

Espécies: Ratos

Sexo: Macho

Linhagem: Sprague-Dawley

Via de administração: Inalação

Período de exposição: 28 dias

Doses: 0, 12,45 e 45,34 µg/l/ 0, 10 e 40 µg/l

Ano: 1979

Substância testada: coque verde, CAS # 64741-79-3

Resultados: grupos de 8 ratos machos Sprague Dawley foram expostos a amostras de coque em pó (concentrações 0, 10 e 40 µg/l). Os animais do grupo de dose baixa foram expostos por 6 horas/dia, 5 dias/semana por 20 exposições. Os animais do grupo de alta dose foram expostos por 6 horas/dia, 5 dias/semana, apenas. O grupo controle foi submetido ao mesmo esquema de tratamento dos animais de baixa dose. No dia após a última exposição de cada animal, foi administrada colchicina para inibir a mitose. Duas horas após o sacrifício, foram feitos esfregaços da medula óssea do fêmur. As lâminas foram fotografadas para registro permanente.

Amostras foram coletadas durante o estudo para determinação das concentrações reais de exposição: 0, 12,45 e 45,34 µg/l. Aparência, comportamento e o crescimento não foram afetados pela exposição. Houve deposição de coque no pelo dos animais expostos. Não houve diferenças significantes entre os grupos, quando comparadas as porcentagens de células contendo cromossomos quebrados ou células danificadas gravemente. Entretanto, houve um aumento significativo no número de cromátides rompidas, marcadores e aberrações totais no grupo de maior dose, quando comparada com os controles. O coque de petróleo produziu mutações estruturais nas células de medula óssea dos ratos expostos a 45,34 µg/l por inalação por 5 dias consecutivos. Não foram notados efeitos no grupo da menor dose durante o período das 20 exposições.

Apesar das mutações observadas, o estudo foi considerado pela American Petroleum Institute como inválido para avaliação do potencial clastogênico sob a alegação de que as lâminas foram inconsistentemente lidas. Entretanto, o estudo foi considerado válido pela American Petroleum Institute para outros parâmetros onde não houve diferenças estatisticamente significantes ente os grupos teste e controle (AMERICAN PETOLEUM INSTITUTE, 2000).

Estudo 5: WINGATE; HEPLER, 1982 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000

Espécie: camundongo

Sexo: Macho/fêmea

Linhagem: C3H

Via de administração: Dérmica

Período de exposição: toda a vida do animal

Frequência de tratamento: 3 vezes. semanalmente

Período de pós-observação: Nenhum

Doses: amostras de coque a 25%, amostra condensada a 100%

Grupo controle: sim

Metodologia: Estudo de carcinogenicidade com doses dérmicas repetidas

Ano: 1979

Substâncias testadas: coque verde de petróleo CAS # 64741-79-3, Coque verde de petróleo CAS # 64743-05-1

Controle positivo: benzo-a-pireno, testado em solução de óleo mineral a 0,05% e 0,15%

Controle do veículo: óleo mineral veterinário

Resultados: as 4 amostras testadas e o controle do veículo foram aplicados (100 µl) 3 vezes semanalmente no dorso depilado dos grupos de 25 machos e 25 fêmeas, durante toda suas vidas. O tratamento foi interrompido e os animais foram sacrificados quando o diretor do estudo considerou apropriado. O grupo controle positivo foi tratado duas vezes por semana, durante suas vidas. Foram adicionados ao grupo controle 25 machos e 25 fêmeas. Estes animais foram apenas depilados, sem terem sido tratados. Os animais, que tinham 66 dias de idade no começo do estudo, foram checados diariamente e três vezes por semana para um exame clínico. Os pesos foram registrados 2 vezes por semana. Foi realizada necrópsia em todos os camundongos e foram realizados exames em vários órgãos e tecidos.

Os grupos controles positivos sobreviveram por menos tempo quando comparados com os controles apenas depilados e os controles do veículo. Não foram registradas neoplasias no local de aplicação nos controles negativos ou em quaisquer grupos teste. Em contraste, neoplasmas escamosos celulares foram observados nos locais de tratamento dos animais do grupo controle positivo. A incidência de acantose e hiperqueratose foi observada junto com o registro de tumores mamários em todos os grupos. Foi observada uma incidência aumentada de acantose e hiperqueratose na pele do local de tratamento (WINGATE; HEPLER, 1982 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000).

Estudos 6 e 7: Ensaios de genotoxicidade modificados para petroderivados (JONGENELEN et al., 1989 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000; DALBEY et al., 1998 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000)

O coque verde foi avaliado num ensaio modificado de mutagenicidade bacteriana em um estudo de 2 anos em ratos e macacos. Neste ensaio modificado, as amostras são dissolvidas em cicloexano e depois extraídas com DMSO para produzir soluções hidrofílicas, as quais interagem com a bactéria testada. Além disso, é usado homogenato (S-9) de fígado de hamster (e não rato) e somente uma linhagem é testada, *Salmonella typhimurium* TA 98. Neste estudo em particular, 200 mg de coque foram extraídos com 1 ml de DMSO e o extrato foi testado com ativação metabólica. O coque teve resultado positivo para mutagenicidade (DALBEY et al., 1998 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000).

Jongeneelen et al. (1989) apud American Petroleum Institute (2000) testou quatro amostras de coque de petróleo num ensaio de mutagenicidade bacteriana. As amostras foram sonicadas em DMSO por 30 minutos e as suspensões foram testadas em linhagens *Salmonella typhimurium* strains TA 98 e TA 100, na presença ou não de ativação metabólica. Todas as amostras de coque provocaram um aumento em duas vezes do número de mutantes quando comparadas ao controle na presença de ativação metabólica, sendo assim considerada mutagênica pelos autores.

Conclusão: o coque verde não foi mutagênico em um teste mutagênico *in vitro* padrão em bactérias e células de mamíferos. Entretanto, quando testado numa modificação do teste bacteriano padrão, desenvolvido para testar petroderivados, os extratos de coque em DMSO foram mutagênicos no ensaio de mutagenicidade com *Salmonella*.

Ainda em relação aos estudos experimentais, estudos *in vitro* realizados com *Salmonella typhimurium* e em culturas de células de mamíferos demonstraram que as emissões oriundas de coqueiras induziram mutagênese. Foram observadas alterações morfológicas e dano no DNA de células embrionárias, além da indução da troca de cromátides irmãs em células ovarianas em diferentes espécies de mamíferos (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 1998).

Estudos experimentais indicam que a aplicação tópica do coque em camundongos produz câncer de pele. Em ratos e camundongos, a inalação alcatrão obtido no processo de coqueamento produziu tumores benignos e malignos no pulmão, além de tumores epiteliais em um dos camundongos (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 1998).

Em um estudo citogenético de medula óssea do tipo caso-controle realizado *in vivo*, oito grupos de ratos Sprague-Dawley foram expostos a 10 e 40µg/l por 6h/dia, 5 dias/semana.

Controles não tratados foram expostos a ar filtrado sob as mesmas condições experimentais. Os grupos tratados com 0 e 10 µg/l receberam 20 doses e o tratado com a maior dose recebeu 05 doses. Os animais expostos ao coque de processo retardado na maior dose exibiram elevado número de aberrações cromossômicas (CONCAWE, 1993).

Estudos epidemiológicos realizados em trabalhadores expostos aos vapores de coque relataram aumento na incidência de câncer de pulmão, traquéia, brônquios, rins, próstata e em outros sítios. Estudos em animais demonstraram tumores nos pulmões e na pele (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 1998; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000; COOPERATIVE EXTENSION UNIVERSITY OF CALIFORNIA, 1984; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAUDE, 1998).

Aberrações cromossomais foram observadas em trabalhadores expostos ao coque através da via inalatória. Testes realizados com linfócitos de sangue periférico revelaram monossomias e trissomias dos cromossomos 8 e 21 entre os trabalhadores após 48 horas de exposição a doses que variaram entre 0,014-0,743 ppm (KIM et al., 2004).

Em um estudo do tipo caso-controle verificou-se aumento na incidência de troca de cromátides irmãs na cultura de linfócitos de 12 trabalhadores não fumantes expostos ao coque. A urina dos trabalhadores revelou ser mutagênica para *Salmonella typhimurium* na presença de ativação metabólica. Em outro estudo foi evidenciada a formação de adutos, que indicam alterações estruturais nas moléculas, nos linfócitos de sangue periférico de trabalhadores de fornos de coque (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 1987).

Estudos conduzidos no Japão, Suécia, Reino Unido e Estados Unidos identificaram que o pulmão é o sítio mais comumente acometido pelo câncer em trabalhadores em trabalhadores expostos ao coque. De acordo com a IARC, existem estudos epidemiológicos de coorte descritos na literatura científica que fornecem evidência de que o risco de desenvolver câncer de pulmão é elevado nos que trabalham na produção de coque. Ainda segundo a Agência Internacional para Pesquisa sobre o Câncer, os estudos que não evidenciaram associação entre câncer de pulmão e exposição ao coque apresentavam sérias limitações metodológicas. O risco de se desenvolver câncer de pulmão fica evidente ao se comparar grupos expostos e não expostos ao coque, sendo o risco relativo até sete vezes maior entre os expostos (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 1998).

Do mesmo modo, o risco de se desenvolver câncer de rim tem sido repetidamente associado como trabalho em coquearias. Um estudo realizado nos EUA demonstrou um risco aumentado de desenvolver câncer nos rins em trabalhadores empregados há mais de cinco anos em coquearias (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 1998).

Neoplasias malignas do escroto, rins e outros órgãos podem surgir em trabalhadores em decorrência da exposição ao coque (COOPERATIVE EXTENSION UNIVERSITY OF CALIFORNIA, 1984). A exposição ao coque tem sido associada ainda ao câncer de intestino grosso e pâncreas (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 1998).

Estudos realizados entre trabalhadores expostos ao coque demonstraram um risco aumentado de mortalidade por câncer de pulmão, traquéia e brônquios; câncer nos rins, de próstata e câncer em todos estes sítios simultaneamente. Em animais, emissões de coque demonstraram ser carcinogênicas através das vias inalatória e dérmica. Estudos de mutagênese dão suporte à evidência de carcinogenicidade (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1994). Ainda, risco aumentado de câncer de laringe foi evidenciado nos indivíduos expostos ao coque (SARTOR et al., 2007).

Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos foram detectados na urina de trabalhadores expostos às emissões liberadas pela queima do coque. Também foram encontrados adutos de DNA (benzo[a]pireno) nos linfócitos e anticorpos para estes adutos foram detectados no soro (HAUGEN et al., 1986 apud ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1994).

Um estudo realizado nos EUA acompanhou uma coorte de 59 mil trabalhadores expostos ao coque do ano de 1953 até 1975. Foi observado entre os trabalhadores um grande aumento, estatisticamente significativo, da mortalidade em decorrência de câncer de pulmão. Esse incremento na mortalidade estava fortemente associado com a duração e a intensidade da exposição aos vapores de coque, indicando um excessivo risco relativo para o desenvolvimento de câncer de pulmão em trabalhadores intensamente expostos há quinze anos ou mais. Também se observou uma significativa elevação na mortalidade por câncer de próstata e rim (REDMOND, 1983).

Grupos de trabalhadores expostos às emissões resultantes da queima do coque apresentaram maior prevalência de câncer de pulmão e maior risco em desenvolver a doença quando comparados a outros trabalhadores expostos a outras substâncias perigosas. As maiores taxas de câncer foram relacionadas à exposição aos HAP presentes no coque (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 1998; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 2008).

Diante desses achados, a IARC concluiu que há **suficiente evidência de que a produção de coque de petróleo é carcinogênica para humanos** (grupo 1) (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 1987; 1998). A consistência dos resultados dos estudos epidemiológicos, especialmente os relacionados ao aumento na incidência de câncer de pulmão, reforçam a evidência de que as emissões liberadas na queima do coque são carcinogênicas para humanos (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1994).

Não existem estudos avaliando os efeitos crônicos da exposição ao pó de coque verde de petróleo em humanos. Para a genotoxicidade, alguns dos estudos experimentais disponíveis revelaram a ocorrência de aberrações cromossômicas, clastogênese, ocorrência de colônias mutantes e mutações (CONCAWE, 1993; HAZLETON LABORATORIES OF AMERICA, INC., 1981 apud AMERICAN PETOLEUM INSTITUTE, 2000; GULF RESEARCH & DEVELOPMENT CO., 1980 apud AMERICAN PETOLEUM INSTITUTE, 2000). Todavia, os resultados que indicaram efeitos genotóxicos não foram considerados pelos seus autores estatisticamente significantes ou conclusivos, apesar de todos os efeitos negativos dos estudos terem sido considerados válidos pela American Petroleum Institute. Do mesmo modo, um estudo aportado na American Petroleum Institute onde foi observada contaminação bacteriana foi considerado válido pelos seus autores, que concluíram que a amostra de coque não foi mutagênica. Tais considerações levantam dúvidas quanto a imparcialidade das conclusões dos estudos, que consideraram como válidos resultados que não evidenciaram a ocorrência de efeitos negativos após a exposição ao coque.

Ainda, para a genotoxicidade, deve-se considerar que ensaios bacterianos padrão são insensíveis para certas classes de materiais, incluindo petroderivados, o que pode justificar os resultados negativos em estudos padrão (BLACKBURN et al., 1984, 1986).

- **Toxicidade reprodutiva e sobre o desenvolvimento**

Os HAP atravessam a barreira placentária, provocando efeitos embriotóxicos e teratogênicos. A maioria dos HAP também exerce efeitos na reprodução, com mortalidade fetal e malformações após indução do sistema citocromo P-450 monoxigenase da mãe ou do embrião. Em ratos e coelhos o benzo(a)pireno mostrou atividade carcinogênica transplacentária, produzindo adenomas pulmonares e papilomas cutâneos na prole, bem como redução da fecundidade e destruição de oócitos (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAUDE, 1998).

Estudos experimentais

Estudo 1: HUNTINGDON LIFE SCIENCES, 2006 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000

Um teste de triagem para toxicidade reprodutiva e de desenvolvimento foi realizado com coque de processo retardado (HUNTINGDON LIFE SCIENCES, 2006 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000). Um estudo-piloto de duas semanas de duração foi realizado para selecionar os níveis de exposição do estudo definitivo. Ratos Sprague-Dawley machos e fêmeas (12/sexo/grupo) foram expostos por via inalatória a coque verde micronizado nas concentrações de 0, 30, 100 ou 300 mg/ m³, com um diâmetro médio de 2,29 µm. Todos os ratos foram expostos por 6 horas/dia, 7 dias/semana por 2 semanas antes de acasalarem. Os machos continuaram sendo exposto por 28 dias durante os períodos de acasalamento e pós-acasalamento. Durante o período de acasalamento, fêmeas foram expostas até que foram observadas evidências de cópula ou por 14 dias consecutivos. Depois de copularem, as fêmeas foram tratadas diariamente durante a gestação (0-19 dias) até serem sacrificadas no 4º após dar cria. Foram avaliados viabilidade, observações clínicas, pesos, ingestão de comida, peso dos órgãos e achados macro e microscópicos. Parâmetros reprodutivos (índices de acasalamento, taxas de prenhez, índices de fertilidade masculina, tempo de gestação, número de sítios de implantação e corpos lúteos, perda pré e pós-implantação, filhotes por ninhada, nascidos vivos e sobreviventes, incidência de matrizes com filhotes inviáveis) e de desenvolvimento (exames físicos dos filhotes, viabilidade, peso, razão macho/fêmeas, índices de sobrevivência da ninhada e índices médios de sobrevivências de filhotes).

Os únicos efeitos relacionados a exposição nos parentais foram observados na porta de entrada do trato respiratório e os efeitos associados ao sistema linfático associado. Os pulmões de todos os ratos tratados ficaram de leve a gravemente corados de preto. Houve um aumento dose-dependente dos pesos dos pulmões em 37% dos machos e 58% das fêmeas. A inalação do coque de petróleo foi associada com a presença de depósitos de pigmento (possivelmente coque) nos pulmões, linfonodos mediastínicos e epitélio olfatório nasal da maioria dos ratos machos e fêmeas, e nos lumens das conchas nasais e faringes de ratos machos. As mudanças associadas ao coque se caracterizaram por respostas proliferativas e ou inflamatórias observadas nos pulmões de todos os ratos expostos à substância. Nos linfonodos mediastínicos que drenavam os pulmões, a hiperplasia da população paracortical de linfócitos T foi acompanhada de deposição de pigmento. Foi observada na laringe, metaplasia escamosa

mínima do epitélio respiratório. Um NOAEL (nível de efeito não observado) dos parentais não pode ser determinado uma vez que os efeitos foram observados na menor exposição. O LOAEL (nível mais baixo de efeito observado) do parenteal foi $< 30 \text{ mg/ m}^3$, a concentração mais baixa testada. Nenhuma toxicidade parental sistêmica ou toxicidade reprodutiva do foi observada em ambos os sexos. Os NOAEL sistêmico dos parentais, e de desenvolvimento foram $> 300 \text{ mg/ m}^3$.

Em conclusão, o coque de petróleo mostrou toxicidade reprodutiva e de desenvolvimento baixas. A Toxicidade sistêmica dos parentais, toxicidade reprodutiva e de desenvolvimento tiveram NOAEL $>300 \text{ mg/ m}^3$, que foi a maior concentração testada.

- **Imunotoxicidade**

O sistema imune é muito sensível e reage rapidamente a baixas doses frente a múltiplos químicos. Alterações histopatológicas de tecidos e órgãos do sistema imunológico influenciam na maturação e nas subpopulações de linfócitos e nas alterações funcionais das células imunocompetentes, tendo sido descritas em diversos estudos (CASALE et al., 1993; SELGRADE et al., 1984; BARNETT; MCGOWAN; GENTRY; 1980; VOCCIA et al., 1999).

Em geral, os HAP tem efeitos imunossupressores sobre os sistemas celulares dos seres humanos e dos animais. A administração intraperitoneal de benzo(a)pireno em ratos demonstrou uma forte supressão da imunidade por períodos relativamente prolongados. Trabalhadores expostos aos produtos resultantes da queima do coque apresentaram redução dos níveis de imunoglobulina e da função imune (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 1998).

Ecotoxicidade

A dispersão dos HAP no ambiente resulta na contaminação dos ecossistemas, uma vez que estes compostos não são degradados pela maioria dos microrganismos, devido à complexidade e a estabilidade e sua estrutura química (JOHNSEN et al., 2005). Em decorrência de sua composição, os HAP apresentam baixa solubilidade em água e forte tendência de sorção as partículas orgânicas e minerais do solo e dos sedimentos, o que reduz sua biodisponibilidade aos microrganismos degradadores e resulta na contaminação ambiental (JACQUES; BENTO; CAMARGO, 2007).

Não foram observadas diferenças claras de sensibilidade entre grupos taxonômicos distintos de invertebrados. A contaminação de sedimentos com HAP a concentrações de

250mg/kg foi associada a tumores hepáticos em peixes livres no ambiente e expostos em laboratório. A exposição dos peixes a determinados HAP pode produzir alterações fisiológicas e afetar seu crescimento, reprodução, capacidade natatória e respiração (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 1998).

2.6.4 Enxofre e dióxido de enxofre

O enxofre (S) é um sólido inflamável que, se inalado, pode provocar irritação das vias aéreas superiores, dor de cabeça, náuseas, tonturas, confusão mental, depressão e perda de consciência. O contato com a pele e os olhos provoca irritação e a ingestão pode causar pneumonia química se o enxofre for aspirado para os pulmões. Sua queima libera gases como o dióxido de enxofre (SO₂) na atmosfera, que são altamente poluentes (NASCIMENTO; MOREIRA, 2009).

O dióxido de enxofre é um gás tóxico, altamente irritante, corrosivo na presença de umidade, não inflamável e incolor. Ele se liquefaz facilmente e é muito solúvel em água. O SO₂ age principalmente no sistema respiratório, exercendo uma ação corrosiva e causando irritação. Ao ser inalado, o dióxido de enxofre provoca irritação das vias aéreas superiores, tosse, dificuldades respiratórias, broncoconstrição, broncoespasmo, inflamação, edema pulmonar e necrose, podendo até levar à morte (NIH, 1984 apud ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 2008; GAMA GASES, 2005; NASCIMENTO; MOREIRA, 2009).

Em altas concentrações, o SO₂ reage com a água dos pulmões e forma ácido sulfuroso, provocando hemorragia pulmonar com subsequente asfixia. Menos comumente, sintomas similares à anafilaxia, hipotensão e sensação de formigamento tem sido observados (NIH, 1984 apud ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 2008). O contato com olhos e pele provoca irritação e queimaduras (GAMA GASES, 2005).

Ainda que seu mecanismo de ação não esteja totalmente esclarecido, os efeitos negativos do SO₂ nas vias aéreas superiores e sua associação com o baixo peso ao nascer estão bem estabelecidos. A adsorção do SO₂ ao material particulado pode explicar a relação entre este poluente e o baixo peso em nascituros via mecanismos cardiovasculares envolvendo estresse oxidativo, inflamação, funções endoteliais alteradas, coagulação e respostas hemodinâmicas (NASCIMENTO; MOREIRA, 2009). Como o SO₂ é inalado e as funções

pulmonares maternas na gravidez envolvem aumento da ventilação alveolar, as funções vasculares da placenta podem ser prejudicadas e ameaçar o crescimento fetal (BARKLAY, 1997 apud NASCIMENTO; MOREIRA, 2009).

Culturas de linfócitos humanos exibiram anormalidades cromossômicas, redução de síntese de DNA e crescimento celular após exposição a 100 ml de SO₂ (5,7ppm) através da via inalatória (SCHNEIDER; CALKINS, 1970 apud ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 2008).

Em contato com o oxigênio, água e outros compostos presentes na atmosfera, o SO₂ transforma-se em ácido sulfúrico (H₂SO₄), formando a chuva ácida. O SO₂ pode ainda reagir com outras substâncias presentes no ar formando partículas de sulfato que são responsáveis pela redução da visibilidade na atmosfera e podem causar danos aos pulmões ao serem inalados. Também foi estabelecida uma relação entre adoecimento e mortes prematuras em decorrência de desordens cardíacas e pulmonares tais como asma e bronquite (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2001; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2007a, 2007b).

A chuva ácida causa acidificação do solo e das águas superficiais, com mortalidade de organismos aquáticos e redução da biodiversidade. Também pode ocorrer danos ao solo, levando a um crescimento mais lento da vegetação, queda foliar e até mesmo a morte de áreas inteiras de florestas. Ainda, pode provocar danos às construções urbanas, com corrosão de metais e deterioração de fachadas (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2007b).

2.6.5 Metais pesados

Os metais pesados presentes no coque verde de petróleo causam uma série de efeitos tóxicos sobre o ambiente e a saúde humana. Muitos deles causam efeitos tóxicos agudos, como danos ao sistema nervoso central, danos aos rins, sangue, sistema digestivo e alterações na pressão arterial. Entretanto, os principais efeitos tóxicos desses compostos estão relacionados aos efeitos tóxicos crônicos, tais como teratogênese e danos ao sistema reprodutivo, podendo inclusive levar ao câncer, tais como o cádmio, berílio, arsênico e níquel (AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS, 2004; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2011; INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2011).

3. JUSTIFICATIVA

O coque verde de petróleo, em decorrência de sua composição, pode causar danos à saúde humana, em especial a dos trabalhadores, e ao ambiente. Tanto a exposição ao produto in natura quanto aos gases liberados pela sua queima tem impactos negativos sobre a saúde humana e a ambiental. Atualmente o armazenamento incorreto do coque no Complexo Industrial Portuário de Suape representa um problema para o Estado de Pernambuco, e, nesse sentido, vem sofrendo intervenções do Ministério Público do Trabalho.

Considerando-se a denúncia do armazenamento incorreto do coque verde de petróleo no CIPS junto à Procuradoria Regional do Trabalho da 6ª Região/PE, que deu origem ao processo do Inquérito Civil Público nº 717/2008, e considerando as evidências de danos à saúde e ao ambiente decorrentes da exposição ao coque verde de petróleo constantes na literatura científica, busca-se caracterizar os diferentes cenários de risco decorrentes do uso do coque verde de petróleo como matriz energética em Pernambuco e apresentar indicadores de monitoramento para a vigilância em saúde diante da perspectiva de produção local.

Desse modo procura-se prevenir os impactos negativos sobre a saúde e sobre o ambiente decorrentes do uso do coque verde de petróleo em diferentes processos produtivos no Estado de Pernambuco.

4. HIPÓTESE

O coque verde de petróleo vem sendo largamente utilizado como matriz energética no Estado de Pernambuco. A instalação de uma refinaria de petróleo e de uma unidade de beneficiamento de coque em Suape, aliados ao seu baixo preço, levarão a um aumento no consumo desse resíduo.

O incremento no consumo dessa matriz energética poderá provocar danos à saúde e ao ambiente devido à composição do coque verde de petróleo. Considerando que a Saúde Pública não está atenta ao problema que o coque representa e as vigilâncias em saúde não estão preparadas para lidar com essa problemática, faz-se necessário discutir esta questão para internalizar os potenciais riscos e danos e preparar o sistema de saúde para cumprir a sua missão de promoção e proteção da população em geral, especialmente dos grupos populacionais vulneráveis como a população do entorno do empreendimento e os trabalhadores.

A vigilância da saúde em contextos de desenvolvimento baseados em cadeias produtivas potencialmente poluidoras e geradoras de nocividade para a saúde requer a utilização de indicadores com base na identificação de situações de risco e de grupos populacionais vulneráveis. Nesse sentido, trata-se de um estudo inovador (inédito), uma vez que não há no Brasil estudos que relacionem a exposição a coque verde de petróleo e a produção de indicadores para a vigilância da saúde.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o contexto sócio-ambiental e produtivo da utilização do coque verde de petróleo como matriz energética em Pernambuco e construir um modelo preditivo de vulnerabilidades e nocividades frente a produção local de coque verde de petróleo pela Refinaria de Petróleo em Suape – RENEST.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Caracterizar o mercado atual de consumo de coque verde de petróleo no Estado de Pernambuco;
- b) Caracterizar o manejo do coque verde de petróleo importado na atividade portuária e retroportuária;
- c) Construir indicadores para a vigilância em saúde frente às situações de exposição atuais existentes no Estado de Pernambuco.

6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

6.1 Desenho do estudo

Trata-se de um estudo de caso observacional com presença de observador participante e de modelagem de cenários de risco frente aos processos produtivos que utilizam o coque verde de petróleo como matriz energética no Estado de Pernambuco. Para este estudo considera-se ainda a ampliação da produção e do consumo deste subproduto do refino a partir da instalação de uma refinaria e de uma coqueria no território analisado.

A observação participante parte da denúncia do armazenamento incorreto do coque verde de petróleo e da posterior ação do Ministério Público do Trabalho, com envolvimento da pesquisadora em todo o processo, apoiando as ações para mudança das situações de risco apresentadas em Suape.

A modelagem dos cenários de risco dar-se-á a partir da situação atual do coque verde de petróleo no Estado de Pernambuco e frente à instalação de uma refinaria de petróleo e de uma planta de beneficiamento de coque no polo petroquímico de Suape, além de outros empreendimentos estruturadores da cadeia produtiva do petróleo, tais como um estaleiro, três plantas da petroquímica (PET, POY, PTA), uma siderúrgica, uma metalúrgica, além da construção de um gasoduto.

6.2 Área do estudo

O estudo terá dois níveis de observação: um contextual e um de ancoragem.

O nível contextual será o Estado de Pernambuco, que desempenha um importante papel na estruturação da cadeia produtiva da indústria do petróleo no Brasil a partir da instalação das indústrias naval, siderúrgica, metalúrgica, química, petroquímica, entre outras (AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE PERNAMBUCO).

O nível de ancoragem do caso será o Complexo Industrial Portuário de Suape (CIPS), localizado na Região Metropolitana do Recife, entre os municípios de Cabo de Santo

Agostinho e Ipojuca. O CIPS representa uma área estratégica para o Estado, onde vários empreendimentos que apresentam um perfil vocacional voltado para projetos estruturadores de desenvolvimento econômico estão instalados ou estão em fase de implantação. Atualmente o Porto se destaca pela grande movimentação de cargas como os derivados de petróleo (AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO, 2006), além de armazenar grandes quantidades de um subproduto do processo do refino, o coque verde de petróleo.

6.3 Período do estudo

O estudo foi realizado no período de dezembro de 2008 a julho de 2010.

6.4 Coleta e análise dos dados

Os dados foram coletados a partir de fontes primárias e secundárias. Foram realizadas pesquisas bibliográficas, documentais e de campo.

Para a coleta dos dados secundários foram utilizadas as fontes disponibilizadas pela ANVISA, AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, CONDEPE/FIDEM, EPA, FIEPE, IBAMA, IBGE, PETROBRAS, SECTMA, SEPLAN-PE, IARC, IPCS, EXTOXNET, periódicos indexados (PUBMED, LILACS, SCIELO); livros, dissertações, teses, jornais, revistas de difusão. Com os dados secundários será realizada uma análise documental. Também foram examinados os processos do Inquérito Civil Público nº 717/2008, instaurado na Procuradoria Regional do Trabalho da 6ª Região/PE.

Os dados secundários foram utilizados para descrever a área onde ocorreu o evento e elaborar o quadro das vulnerabilidades sociais, institucionais e ambientais relacionadas com o uso do coque verde de petróleo como matriz energética no Estado de Pernambuco, bem como para apresentação das situações de risco (atual e perspectivas com a consolidação do polo petroquímico em Suape) que devem mobilizar ações de Saúde Pública integradas a outras políticas.

Os dados primários foram obtidos a partir da observação participante a partir do acompanhamento da denúncia do armazenamento incorreto do coque verde de petróleo no CIPS junto ao Ministério Público do Trabalho (MPT) – 6ª Região. Acompanhou-se a instauração do Inquérito após a denúncia, a análise técnica, as audiências no MPT e as reuniões de assessoria ao MPT até o encerramento do processo.

As atividades econômicas das empresas compradoras do coque verde de petróleo foram obtidas após consulta da situação cadastral do número do CNPJ das empresas no sítio da Receita Federal.

O registro das observações de campo contou com as análises observacionais realizadas durante as visitas realizadas para acompanhar o processo, além do registro fotográfico das operações de armazenamento, manejo, descarregamento e transporte do coque e da sua dispersão ambiental.

Para a análise do processo foram considerados ainda os antecedentes do caso de Suape, referentes ao armazenamento do coque verde de petróleo no Porto de Cabedelo-PB. O problema do coque verde de petróleo em Cabedelo será incluso devido à transferência do problema da poluição ambiental para o porto de Suape em decorrência do processo instaurado junto ao Ministério do Trabalho da Paraíba.

6.5 Plano de Análise

Após a coleta dos dados houve a sistematização das informações de modo a permitir uma abordagem inicial descritiva. Para a análise do inquérito os volumes do processo foram organizados em categorias segundo os objetivos específicos propostos. Foram criados quadros e tabelas para a análise dos dados. As anotações de campo e o registro fotográfico serviram para subsidiar as categorias de análise propostas.

Os dados foram sistematizados a partir da construção da matriz “FPEEEA” (força motriz, pressão, estado, exposição, efeito, ação), proposta pela OMS. Esse modelo permite a estruturação dos determinantes sociais do processo saúde doença, levando a uma compreensão sobre como o crescimento econômico e o ambiente vão interferir na saúde. A sequência causal demonstra a conectividade e complexidade existente entre ambiente e a

saúde, permitindo organizar, identificar e propor ações estratégicas para seus enfrentamentos (CORVALAN, 1996; AUGUSTO, 2009c).

As forças motrizes consistem na origem mais contextual do problema observado; as pressões sobre o ambiente ocasionam sua alteração, ou mesmo sua deterioração; o estado consiste na situação verificada em que a população está inserida; a exposição é consequência do estado e revela o que essa população sofre, gerando efeitos e afetando o desenvolvimento local, trazendo ônus muitas vezes incalculáveis para o serviço de saúde, para a comunidade em geral, para a economia, com o adoecimento da população e redução da capacidade de desenvolvimento local (AUGUSTO, 2009c).

Os indicadores para vigilância em saúde foram obtidos a partir da construção da matriz “FPEEEA”. Os indicadores são a expressão do modelo explicativo dos problemas de saúde e/ou ambientais. Neste sentido, a proposta da OMS sistematiza a idéia da complexidade dos problemas de saúde ambiental e hierarquização dos elementos dos sistemas que os contêm (BRASIL, 2004a).

7. CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

O presente estudo faz parte do Projeto “Estudo de cenários de risco na cadeia produtiva do petróleo em Pernambuco e proposição de indicadores para vigilância da saúde e comunicação de risco”, desenvolvido no Laboratório de Saúde Ambiente e Trabalho (LASAT) do Departamento de Saúde Coletiva (NESC) do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães (CPqAM)/Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) sob a coordenação da Profa. Dra. Lia Giraldo da Silva Augusto, já aprovado pelo Comitê de Ética do CPqAM CAAE nº 0111.0.095.000-08.

Trata-se de estudo baseado em dados secundários de caráter público e no registro das observações de campo, que contará com as análises observacionais realizadas durante o acompanhamento do processo, além do registro fotográfico. Haverá devolutiva dos resultados das análises para todos os sujeitos participantes da pesquisa, para órgãos públicos e privados com interesse nos resultados do estudo, além da divulgação da pesquisa através de publicações nos meios técnico, científicos e de difusão.

O principal risco relacionado à pesquisa seria devido a algum possível constrangimento perante pessoas e instituições, caso informações confidenciais coletadas venham a público. Todavia, os dados coletados foram utilizados no estudo de forma ética e responsável, conservando a privacidade dos participantes. Também não foram revelados dados relativos a pessoas físicas e jurídicas envolvidas nas operações comerciais do coque verde de petróleo no Estado de Pernambuco.

Apesar dos riscos, os benefícios serão inúmeros, pois possibilitarão intervir nos impactos negativos sobre a saúde e o ambiente decorrentes dos efeitos tóxicos do coque verde de petróleo, justificando o presente estudo.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

“It is difficult to understand how a threshold – any of them, all of them! – is dangerous. You absolutely cannot conceive at which point your life could be completely devastated by the simple fact of crossing a limit, by chance, at the wrong moment. It can happen to anyone. It happens to everyone. It happens to the insensitive without their even noticing it and is manifested in the mysterious change of attitude of those around them...”¹

Nancy Wilson-Pajic

8.1 Caracterização da área do estudo

O Estudo de caso foi realizado no Complexo Industrial Portuário de Suape, sito em Pernambuco. A descrição e caracterização do local estão detalhadas ao longo do texto.

8.1.1 Localização

8.1.1.1 Caracterização das regiões de desenvolvimento de Pernambuco

Pernambuco está dividido em 12 Regiões de Desenvolvimento, de acordo com suas características socioeconômicas e geográficas (Figura 2). Esta divisão é estratégica para as políticas públicas, uma vez que as ações dos Planos Plurianuais do Estado de Pernambuco são feitas respeitando-se a divisão do Estado em Regiões de Desenvolvimento (PERNAMBUCO, 2003b).

¹ É difícil entender como limiares – qualquer um, todos eles! – são perigosos. Você simplesmente não consegue determinar em que ponto a vida pode ser completamente devastada pelo simples fato de se cruzar um limite, casualmente, no momento errado. Pode acontecer com qualquer um. Acontece com todos. Acontece para os insensíveis sem que eles sequer percebam e se manifesta na misteriosa mudança de atitude daqueles em sua volta...

país. Também é importante nesta região o setor ceramista (AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2010).

A Região de Desenvolvimento da Mata Norte, apesar de possuir uma economia predominantemente agrícola, se destaca no setor cimenteiro, sendo o município de Goiana o maior produtor de cimento do Estado (AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE PERNAMBUCO, 2011).

As regiões das Mata Norte, Mata Sul, Metropolitana, Agreste Setentrional, Agreste Central e Sertão Central (município de Salgueiro) destacam-se na produção de cerâmica. Em Pernambuco, a maior concentração das indústrias ceramistas ocorre nos vales dos rios Capibaribe (municípios de Camaragibe, São Lourenço, Paudalho, Carpina e Limoeiro) e Ipojuca (municípios de Vitória, Bezerros, Gravatá, Caruaru, São Caetano, Tacaimbó e Belo Jardim). Os dois maiores polos de produção ceramista são os municípios de Caruaru (Agreste) e Paudalho (Mata Norte), sendo este último responsável por 70% da produção de cerâmica vermelha do Estado (AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2010).

A economia no Sertão do Araripe é caracterizada pela exploração da gipsita para a produção de gesso. Esta região concentra 40% das reservas de gipsita do mundo e possui a maior jazida do Brasil, situada em Araripina/PE (AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE PERNAMBUCO, 2011; ESTUDO..., 2004).

8.1.1.2 Complexo Industrial Portuário de Suape

O Complexo Industrial Portuário de Suape – CIPS – está localizado no Estado de Pernambuco, 40 km ao sul de Recife. Possui 16.600 hectares, abrangendo parte do território dos municípios do Cabo de Santo Agostinho e de Ipojuca, com acesso a partir da BR-101 e PE-60. A sua implantação se deu a partir da desapropriação de áreas rurais, historicamente dominadas pela produção de cana-de-açúcar (FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE, 2006a). A elaboração do projeto de implantação do CIPS foi realizada na década de 1970 e em 1977 iniciaram-se as obras do porto, que entrou em funcionamento em 1984 (PIRES, 2000a).

A posição geográfica de Pernambuco transforma o CIPS em um centro concentrador e distribuidor de cargas e o conecta às principais rotas comerciais nacionais e internacionais (Figuras 3 e 4) (COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUARIO DE SUAPE, 2006). A razão disso é a posição estratégica do porto em relação ao Nordeste, à Europa e aos Estados Unidos, aliada às suas altas profundidades, permitindo a operação com os maiores navios de contêineres do mundo. Além da estrutura portuária, Suape dispõe de rodovias e ferrovias, bem como toda uma infra-estrutura de água, energia elétrica, telecomunicações e gás natural, direcionada exclusivamente para atender as necessidades do Complexo (PIRES, 2006b; SUAPE, 2006).



Figura 3 – Localização do Complexo Industrial Portuário de Suape (CIPS) em relação às principais rotas comerciais do mundo.

Fonte: Complexo Industrial Portuário de Suape (2006).

O CIPS adota um modelo de auto-suficiência organizacional não compartilhada com os municípios de Cabo e Ipojuca, onde alguns indicadores sociais e econômicos são reveladores da desigualdade social e da vulnerabilidade dessa população frente à transformação promovida pela industrialização desse território, onde não existem investimentos adequados para melhoria da qualidade de vida nos municípios (PIRES, 2006b) (Tabela 1).

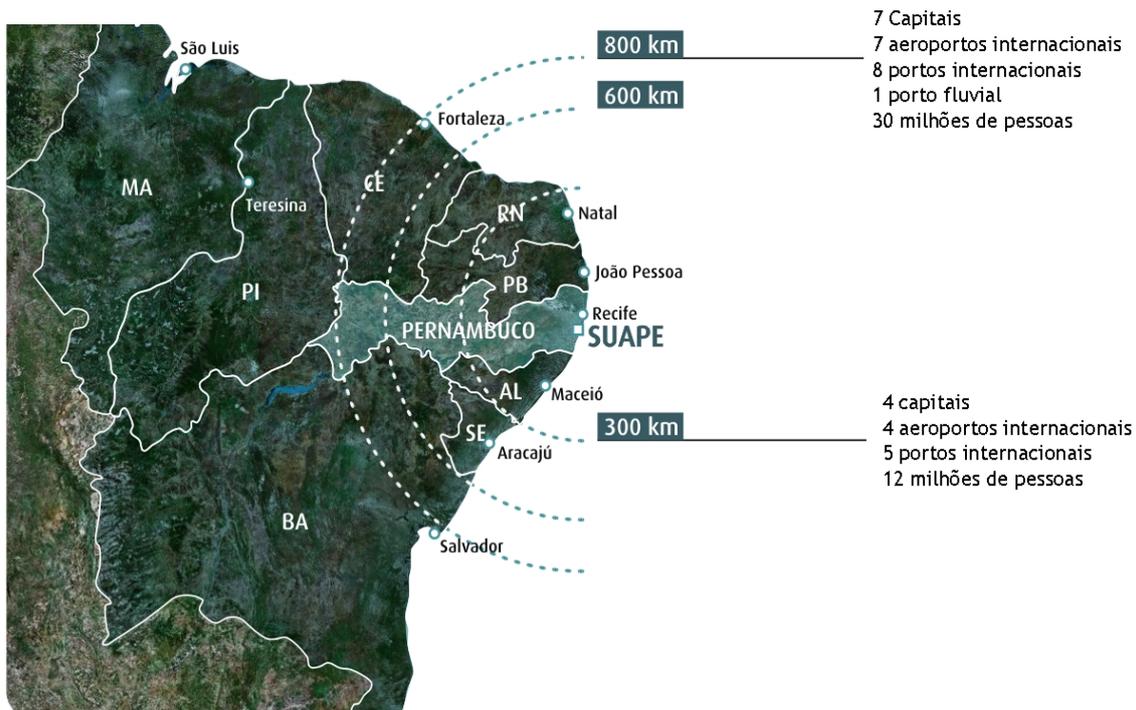


Figura 4 – Localização do Complexo Industrial Portuário de Suape (CIPS) em relação às principais rotas comerciais no Nordeste.

Fonte: Kuo (2008).

Para evitar o que já foi observado em outros complexos industriais do Brasil, onde houve degradação social e ambiental, políticas devem ser direcionadas à nova conjuntura de desenvolvimento trazida pelo complexo para garantia da sustentabilidade do desenvolvimento humano.

Tabela 1 – Indicadores socioeconômicos nos municípios de Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca, 2000.

Indicador	Município	
	Cabo	Ipojuca
Chefes de domicílios ganhando até 1 salário mínimo	48,70%	55,50%
Pessoas com menos de 1 ano de estudo	13,10%	20,60%
Taxa de analfabetismo	23,40%	34,20%

Fonte: IBGE, 2000.

A exclusão dos municípios diante da autonomia de gestão do CIPS se reflete no conflito em relação ao uso dos recursos hídricos da região, onde existe uma disparidade em relação ao abastecimento de água para a população e para o Complexo. Enquanto o abastecimento de água de 82,48% dos domicílios do Cabo de Santo Agostinho e 52,44% dos domicílios de Ipojuca é feito através da rede geral (IBGE, 2000), a refinaria, um dos muitos empreendimentos instalado em Suape, irá consumir sozinha um volume de água tratada

equivalente a uma cidade com população de cerca de 150 mil habitantes. Essa água será ofertada pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), executora da política de saneamento e concessionária dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no âmbito do Estado de Pernambuco. Atrás da refinaria, o segundo maior cliente da COMPESA é o Estaleiro Atlântico Sul, com um consumo de 45 litros por segundo (GUARDA, 2009; REFINARIA..., 2009). No discurso oficial esse fato é apresentado como algo positivo, onde as empresas são os maiores clientes em termos de mercado para a COMPESA, quando esta deveria priorizar o abastecimento de água para consumo humano sobre qualquer outro setor usuário dos recursos hídricos, como prevê a legislação (BRASIL, 1997b).

As principais atividades estão concentradas em derivados do petróleo; gás liquefeito de petróleo – GLP; álcool hidratado; produtos químicos; óleos vegetais e açúcar (PIRES, 2000a). O CIPS recentemente vem recebendo grandes investimentos governamentais e privados, com destaque para a instalação da refinaria, do polo de poliéster e do estaleiro. Segundo a Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM) (2006) hoje já são insuficientes os recursos de infraestrutura local para atender a demanda atual, podendo comprometer a qualidade de vida na região e tornar o seu desenvolvimento insustentável.

8.1.1.3 A área de armazenamento do coque

Em Suape o armazenamento do coque verde de petróleo, na ocasião do estudo, era de responsabilidade de uma empresa mineradora localizada na gleba leste, lote N1 da ZIP (Zona Industrial Portuária) de Suape (Figura 5). O armazenamento do coque verde era feito em uma área adjacente à empresa (Figura 6) (BRASIL, 2008c, v. III, fl. 588).



Figura 5 – Localização da área de armazenamento do coque no Complexo Industrial Portuário de Suape. Fonte: Adaptado de Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da UFPE (2006c). Engef oto, 1:30.000.

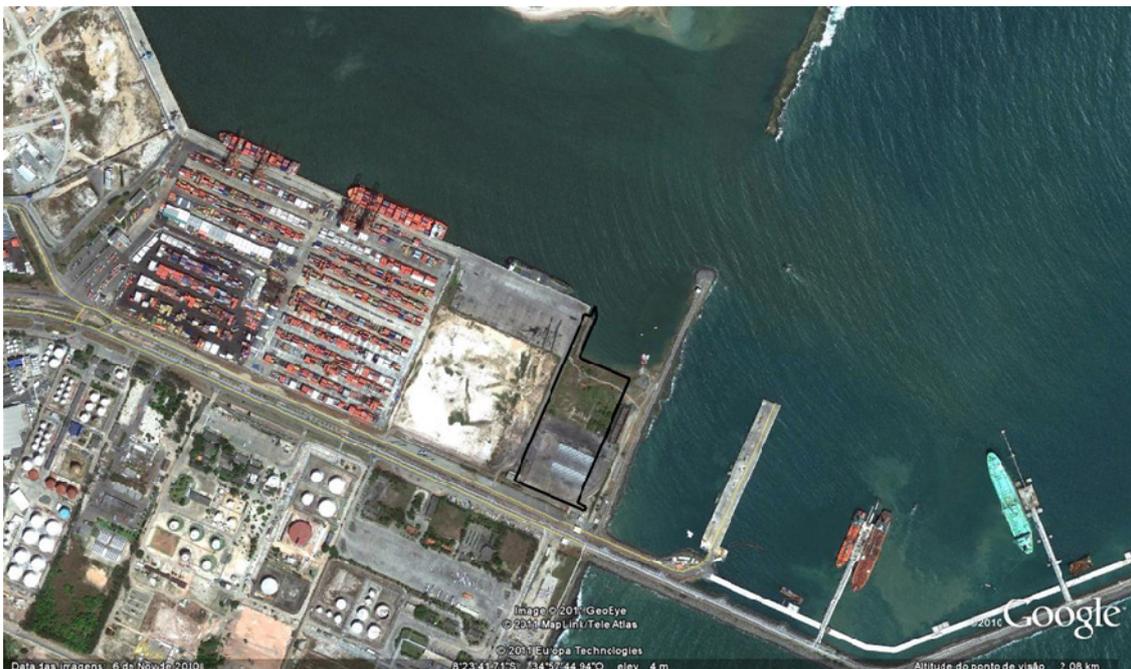


Figura 6 – Localização da empresa no CIPS segundo memorial descritivo e área de armazenamento do coque verde de petróleo. Fonte: Adaptado de Google Earth (2011).

A empresa responsável pelo armazenamento do coque verde de petróleo no CIPS tem sua data de abertura registrada em 21/10/2005 e é uma das 04 (quatro) filiais de uma Companhia com sede na cidade de Natal, Estado do Rio Grande do Norte. Segundo o contrato social da empresa, esta tem por objeto social: a) extração e beneficiamento de mineral

industrial; b) extração, produção, beneficiamento e industrialização de minério de ferro; c) serviços de pesquisa e solo; d) comercialização por atacado de minério de ferro e industrial; e) importação e exportação relacionadas aos ramos de atividade; f) participação no capital social de outras sociedades, nacionais ou estrangeiras, como acionista ou quotista; e g) execução de operação portuária, de terminal de cargas próprias e de terceiros, movimentação e armazenagem de mercadorias, movimentação de cargas e descargas de embarcações e serviços relacionados com a atividade portuária (BRASIL, 2008a, v. I).

8.1.2 Dados geográficos

8.1.2.1 Clima e condições meteorológicas

Segundo a classificação geográfica climática do IBGE, o município do Cabo de Santo Agostinho se situa na faixa climática “Tropical Zona Equatorial”, estando também inserido na Zona Fisiográfica do Litoral do Nordeste do Brasil, com clima quente e úmido. A precipitação total anual é de 2110 mm (Estação Pluviométrica do Cabo). O quadrimestre mais chuvoso vai de abril a julho e o trimestre mais seco vai de outubro a dezembro (FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE, 2006b).

A temperatura do ar na região é típica de regiões tropicais, com temperaturas médias mensais variando entre 24,6°C em julho e agosto e 27,6°C em dezembro em Porto de Galinhas. A taxa de evaporação e umidade relativa do ar são elevadas, com média de 1323,4mm anuais e 80% ano em Recife (FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE, 2006b).

Tais condições climáticas favorecem a evaporação de substâncias voláteis, tais como os HAP, e a lixiviação de compostos, com possibilidade de contaminação de diversos compartimentos ambientais e consequente exposição da população.

Em Nota Técnica de Meio Ambiente, a Transpetro afirma que se não houver um sistema de tratamento de efluentes as águas pluviais podem lixiviar o produto, causando danos ao ambiente (BRASIL, 2008a).

Os ventos mais intensos e frequentes são de SE durante cerca de 09 meses do ano (março a novembro), com velocidade média de $9,3\text{m/s}^{-1}$, segundo dados da estação de monitoramento de Porto de Galinhas. Nos outros meses a predominância é de ventos Nordeste (FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE, 2006b). Isso significa que emissões atmosféricas e vapores emitidos em Suape seguem na direção do continente (Noroeste) durante quase todo o ano, atingindo a população e o ambiente na área portuária, retroportuária e no entorno do Complexo.

A precipitação total média anual em Suape fica em torno de 1400mm, chegando a 2400mm no período chuvoso (FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE, 2006b). Existe, portanto, a possibilidade de migração superficial desse contaminante através do arraste pelas águas da chuva para as áreas de menor relevo.

8.1.2.2 Geologia/Solo

O tipo de solo na região de Suape é variado, indo desde sedimentos de mangue, ricos em biodetritos, até solos argilosos e com afloramentos rochosos. A área onde o coque verde é descarregado e armazenado corresponde a um aterro, compostos em grande parte por areias quartzosas marinhas compactadas mecanicamente (Figura 7) (FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE, 2006b). As areias quartzosas marinhas caracterizam-se pelo baixo conteúdo de argila, sempre inferior a 15%, sendo tecnicamente caracterizados como solos não hidromórficos de fertilidade natural muito baixa. A sua estrutura apresenta-se sob a forma de grãos simples, possuindo muitos poros pequenos e médios e composição não plástica e não pedregosa (GEOCONSULT, 2003).

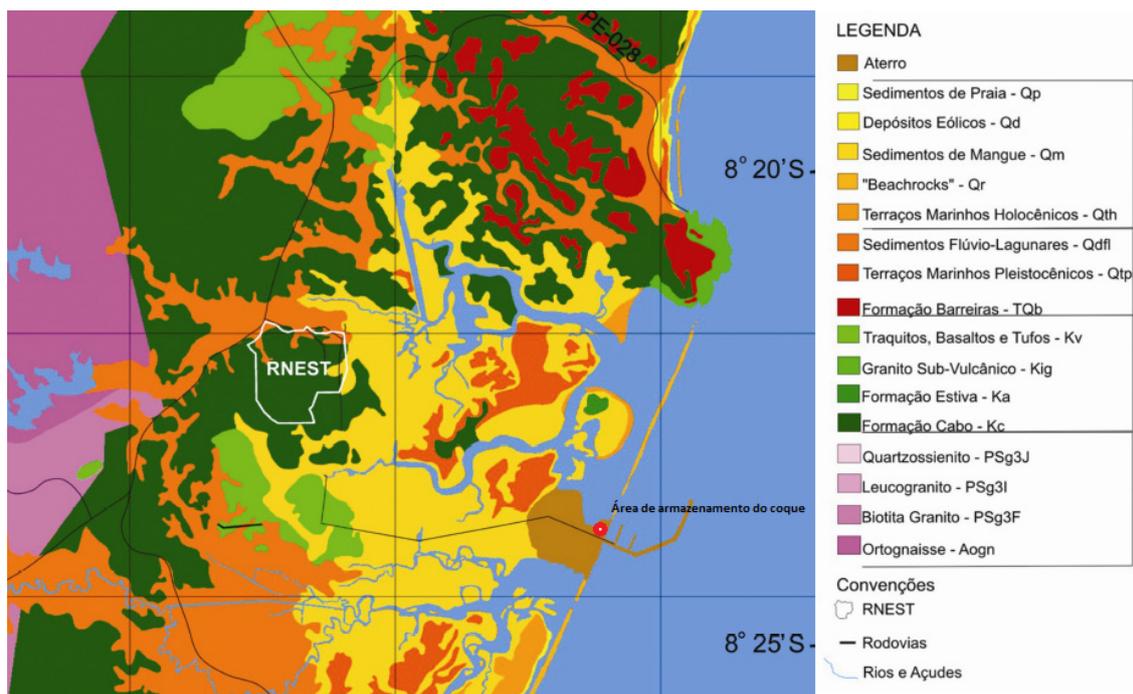


Figura 7 – Mapa geológico da área do Complexo Industrial Portuário de Suape com localização da empresa responsável pelo armazenamento do coque.

Fonte: Adaptado de Guerra (1998).

Em decorrência da declividade do solo, as condições de infiltração na área onde o coque era armazenado na ocasião do estudo são muito altas e, considerando a favorabilidade da geologia e da pedologia no local, as condições de infiltração são moderadas (GUERRA, 1998). Existe, portanto, a possibilidade de migração desse contaminante através do arraste das águas subterrâneas na direção de seus fluxos.

8.1.2.3 Recursos hídricos superficiais

A rede hidrográfica da área inclui os rios Massangana, Tatuoca e Ipojuca. Os dois primeiros são rios litorâneos, uma vez que nascem e deságuam na região litorânea, e o último é um rio translitorâneo que nasce no agreste pernambucano (FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE, 2006b).

O rio Ipojuca recebe cargas das cidades da sua bacia, apresentando a qualidade da água comprometida devido ao lançamento de esgoto de origem doméstica (67,3%), aos despejos industriais (6%) e pela contaminação com fertilizantes e agrotóxicos após cruzar a zona canvieira (26,7%) (AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS

HÍDRICOS, 1991). O rio Massangana nasce no município de Ipojuca e serve de limite entre os municípios do Cabo e de Ipojuca, desaguando no município do Cabo, onde encontra o rio Tatuoca. O rio Tatuoca não ultrapassa os limites do CIPS, se originando a partir de descargas subsuperficiais que afloram durante o período chuvoso. Este rio, ao se misturar com as águas marinhas, forma um manguezal que tem sofrido intervenções de dragagens, diminuindo sua fertilidade natural (FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE, 2006b).

Em um estudo realizado no ano de 2009 foi realizada uma análise sedimentar do rio Tatuoca que evidenciou contaminação por chumbo (MORAES, 2009). Considerando que este rio dá origem a uma área de mangue, cuja biota aquática é um importante segmento concentrador de metais pesados, e que existe atividade de pesca na região, pode-se afirmar que existe risco para o ambiente e para a saúde da população diante da contaminação comprovada dos sedimentos por ao menos um metal pesado.

Na área pertencente ao CIPS estão localizados ainda dois açudes, Bitá e Utinga, destinados ao abastecimento do Complexo (FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE, 2006b).

A insolubilidade do coque de petróleo em água, aliada a outras propriedades como a não biodegradabilidade, prolongam a permanência desse composto no ambiente, aumentando o tempo de exposição a produtos perigosos presentes em sua composição.

8.1.2.4 Hidrogeologia

Na área do CIPS existem aquíferos livres, muito permeáveis, com nível do freático a menos de 10 metros; aquíferos livres, de média permeabilidade, com nível de freático a menos de 10 metros; material de baixa permeabilidade, com produção reduzida e localizada de água subterrânea; e material não aquífero (MIRANDA et al., 1999). Em alguns locais, no contato dos terraços marinhos e os sedimentos de mangue, o nível do lençol freático é pouco profundo, havendo condições de contaminação das águas salobras dos mangues. Os aquíferos da área industrial do Porto de Suape apresentam alto risco de contaminação, estando situados em uma região de vulnerabilidade elevada (FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE, 2006b).

O coque verde de petróleo encontrava-se armazenado sobre um aquífero de baixa permeabilidade em área correspondente à bacia hidrográfica de Tatuoca (Figura 8). Como a bacia de Tatuoca localiza-se totalmente dentro dos limites do CIPS, sua contaminação é indicativa de ação antrópica na área do Complexo, sendo importante a sua avaliação diante da potencial contaminação por HAP e metais pesados em decorrência da disposição inadequada do coque verde de petróleo na área portuária.

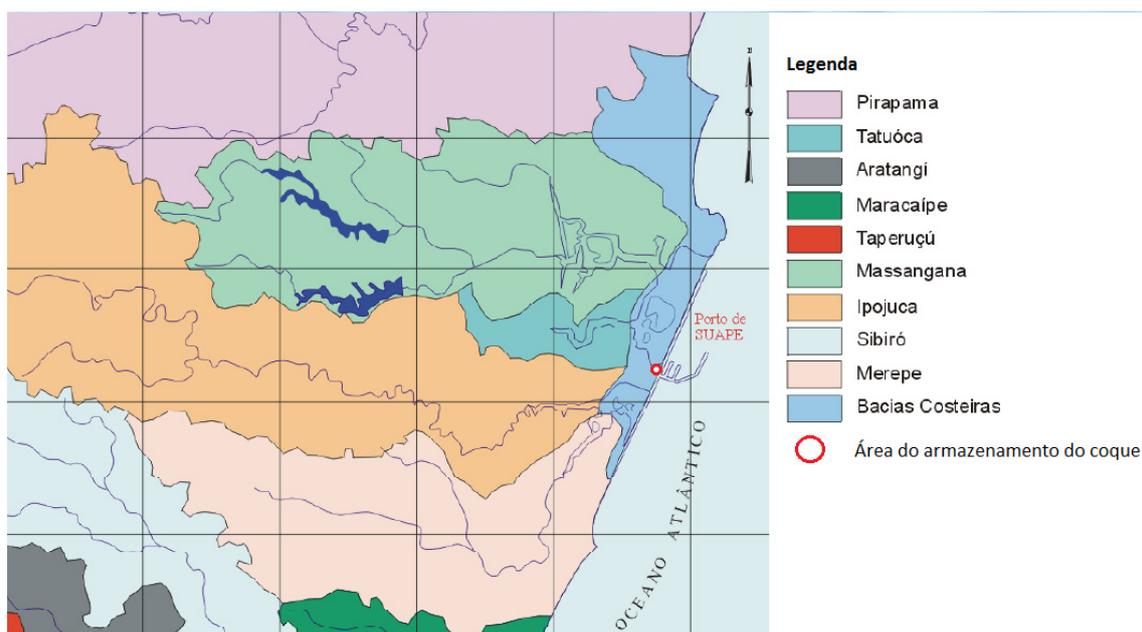


Figura 8 – Distribuição das bacias hidrográficas na área do Complexo Industrial Portuário de Suape com localização da área de armazenamento do coque.

Fonte: Adaptado de Guerra (1998).

8.1.2.5 Qualidade do ar

Não existem estudos disponíveis sobre a qualidade do ar no CIPS. Apesar de estarem se instalando no território indústrias altamente poluentes, com impactos na qualidade do ar, não havia até a finalização desse estudo nenhuma estação de monitoramento da qualidade do ar no Complexo (FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE, 2006b).

8.1.3 Populações Vulneráveis/Expostas

Para todos os possíveis efeitos observados destaca-se a exposição de populações vulneráveis. Essas populações exibem respostas mais acentuadas a um determinado composto do que a maioria das pessoas expostas ao mesmo nível da substância no ambiente. Entre as razões para a susceptibilidade estão: herança genética, mecanismos imunológicos de defesa ou mecanismos enzimáticos ainda não totalmente ativos ou já em processo de desgaste, estado nutricional e de saúde, fatores de exposição ambiental. Estes fatores contribuem para a diminuição da capacidade do organismo de detoxificar ou excretar as substâncias químicas, aumentando o potencial tóxico. Entre os grupos populacionais particularmente susceptíveis aos contaminantes estão crianças, idosos, mulheres, trabalhadores, pessoas com doenças genéticas ou disfunções renais ou hepáticas, alcoólatras e fumantes (AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS, 2004).

Pode também haver diferenças na capacidade de excreção, em particular em recém-nascidos que têm menor capacidade de filtração glomerular e reabsorção tubular. Crianças e adultos podem também diferir na sua capacidade de reparar danos teciduais. As crianças têm também maior tempo de vida para expressar o dano ocorrido, sendo esta característica particularmente relevante para câncer (AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS, 2004).

Há no CIPS uma dinâmica populacional intensa em decorrência da movimentação nas empresas instaladas e em fase de implantação no Complexo, com grande fluxo de veículos pesados. Por se tratar de área industrial portuária, a população exposta aos contaminantes no caso do coque é composta fundamentalmente pelos trabalhadores do Complexo.

Até o início de 2011 havia 97 empresas implantadas no Complexo, além de dezenas de novos empreendimentos em fase de implantação no território de Suape devido aos significativos investimentos estruturadores para a economia do país que vem sendo feitos no território. Para os próximos anos está previsto até o momento um aporte adicional de 32 bilhões de reais em investimentos para o Estado, voltados para o financiamento de projetos como a instalação de uma refinaria, de um polo petroquímico e de um estaleiro, todos em Suape (AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE PERNAMBUCO, 2010).

Destaca-se que a atividade laborativa propicia formas e níveis de intensidade de exposição diferentes daquela que ocorre quando somente da habitação na área contaminada. A atividade física decorrente do trabalho aumenta a frequência respiratória e, conseqüentemente,

a inalação de gases ou poeiras. Facilita também o contato próximo com produtos, caracterizando os trabalhadores como um grupo vulnerável (AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS, 2004).

No contexto observado, os trabalhadores mais atingidos são os contratados da própria empresa responsável pelo armazenamento do coque, os que trabalham nas operações portuárias de descarregamento e transporte do coque, bem como os das empresas localizadas nos arredores do empreendimento, a exemplo dos demandantes do processo, que denunciaram a contaminação da área de empresa vizinha, com exposição dos trabalhadores. Na ocasião desta investigação, a empresa responsável pelo armazenamento do coque contava com 16 (dezesesseis) funcionários, sendo 15 homens e 01 mulher (assistente administrativo), todos em regime de 44 horas semanais (Quadro 11) (SECURITY MEDICINA E SEGURANCA DO TRABALHO, 2009).

O número de empregados que trabalham nas operações de descarregamento do coque não foi identificado nos autos do processo. No entanto, essa informação é fundamental para a avaliação de risco.

FUNÇÃO	NÚMERO DE EMPREGADOS
Operador de equipamento	10
Auxiliar de serviços gerais	02
Supervisor de logística	01
Auxiliar administrativo	01
Supervisor de manutenção	01
Assistente administrativo	01

Quadro 11 – Distribuição dos funcionários da empresa responsável pelo armazenamento do coque em Suape nos anos de 2008/2009.

Fonte: Security Medicina e Segurança do Trabalho (2009).

Existe ainda em Suape uma população não visibilizada que reside dentro dos limites do complexo, geralmente habitando pequenos sítios com produção agrícola, tanto de subsistência quanto comerciais, inclusive com cultivo de cana-de-açúcar (FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE, 2006b). Para estes de modo geral não é ofertado qualquer tipo de ação de promoção e proteção da saúde, existindo o risco de exposição pelo fato de a poeira de coque verde de petróleo se dispersar a distâncias razoáveis do local de armazenamento.

8.2 Caracterização do armazenamento irregular de coque verde de petróleo em Suape

8.2.1 Antecedentes do problema: o caso do coque verde de petróleo na Paraíba

Antes de ser desembarcado no Porto de Suape, o coque verde de petróleo importado era armazenado no Porto de Cabedelo, Estado da Paraíba. As operações do Terminal de estocagem e unidade industrial de processamento de coque verde de petróleo (petcoke) e carvão mineral na área retroportuária do município de Cabedelo-PB tiveram início em 2001. O terminal foi construído com o objetivo de expandir a área do Porto de Cabedelo, que na ocasião não comportava a quantidade crescente de coque descarregado, que era estocado em pilhas a céu aberto (Tabela 02).

Tabela 2 – Demanda de petcoke e carvão mineral no Porto de Cabedelo de 2000 a 2004.

ANO	TON	% EM RELAÇÃO AOS ANOS ANTERIORES
2000	201.083	9,2
2001	273.883	36,2
2002	330.072	20,5
2003	284.628	-13,8
2004 (previsão)	350.000	23

Fonte: Companhia Docas da Paraíba, 2003 apud Estudo de Impacto Ambiental TECOP, 2004.

Os principais mercados consumidores do coque são os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, através das indústrias de cimento, cerâmica vermelha e a de gesso. A estrutura do Terminal foi projetada para absorver em torno de 200 a 300 mil toneladas ano (ESTUDO..., 2004).

A instalação do terminal sustentou-se no discurso economicista, que defendeu o projeto como sendo “de grande importância para o desenvolvimento econômico da região, com geração de empregos e arrecadação fiscal para os municípios envolvidos”, “com novas oportunidades de emprego e aumento na arrecadação tributária” (ESTUDO..., 2004).

No ano de 2004 a Procuradoria da República na Paraíba implementou diversas medidas preventivas envolvendo atividades relacionadas ao coque verde de petróleo no Porto de Cabedelo - PB através de Termo de compromisso de ajustamento de conduta (TCAC). O documento foi elaborado com o objetivo de “contribuir para viabilizar a gestão

ambientalmente adequada do produto residual derivado da refinação do petróleo, coque de petróleo – petcoke, no porto de Cabedelo e adjacências” (BRASIL, 2004b).

A análise do termo de compromisso de ajustamento de conduta permitiu identificar uma série de situações de vulnerabilidades institucionais e ambientais nas atividades envolvendo o coque verde de petróleo na Paraíba, conforme o Quadro 12.

Vulnerabilidades institucionais	<p>Ausência de licenciamento ambiental das áreas utilizadas para o depósito e manuseio do coque, e de licença de operação para o transporte rodoviário do produto</p> <p>Descumprimento da legislação ambiental</p> <p>Ausência de equipamento de proteção individual (EPI) para os trabalhadores que manuseiam o coque verde de petróleo</p> <p>Ausência de monitoramento da saúde dos trabalhadores que manuseiam o coque verde de petróleo</p>
Vulnerabilidades ambientais	<p>Ausência de sistemas de contenção de dispersão do coque verde de petróleo (inexistência de muro de proteção, sistema de umectação das pilhas, sistema de recuperação do pó, anteparo de proteção eólica, sistema de drenagem e tratamento das águas efluentes, sistema de recuperação dos produtos gerados, bacias de contenção, cinturão verde)</p> <p>Proximidade das áreas de manuseio do coque verde de petróleo de área residencial e do Estuário do Rio Paraíba</p> <p>Localização das pilhas de coque verde de petróleo às margens do mar e do rio Paraíba, próximas a vários tanques de combustíveis</p> <p>Transporte inadequado do coque de petróleo do local dos depósitos para as indústrias consumidoras, através de caminhões caçamba sem lona ou indevidamente lonadas, provocando a dispersão do produto ao longo do trajeto</p> <p>Poluição visual com possibilidade de prejuízo para as atividades turísticas locais</p> <p>Poluição ambiental</p> <p>Danos para população residente nas proximidades dos depósitos e das vias de tráfego</p> <p>Danos à saúde dos trabalhadores</p>

Quadro 12 – Vulnerabilidades institucionais e ambientais identificadas nas operações de armazenamento, manuseio e transporte do coque verde de petróleo no Porto de Cabedelo – PB.

Fonte: Elaboração própria.

A Procuradoria da República da Paraíba determinou uma série de medidas visando solucionar os problemas ambientais decorrentes do depósito, manuseio e transporte do coque verde de petróleo no porto de Cabedelo – PB. A análise do termo de compromisso de ajustamento de conduta revelou as principais medidas corretivas recomendadas pela Procuradoria da República da Paraíba nas operações de armazenamento, manuseio e

transporte do coque verde de petróleo no Porto de Cabedelo – PB visando a proteção do ambiente e da saúde da população, em especial a dos trabalhadores, conforme indica o Quadro 13:

Proibição das operações de descarga, transbordo, depósito, manuseio, processamento e transporte de coque verde no âmbito do Porto de Cabedelo, na sua área principal ou em área de extensão, sem que toda a atividade desenvolvida com o coque verde esteja devidamente licenciada pelo Órgão Estadual do Meio Ambiente
Apresentação pelo empreendedor de EIA/RIMA ao Órgão Estadual do Meio Ambiente como condição para o licenciamento, com realização obrigatória de audiência pública
Reavaliação pelo órgão ambiental competente de todos os processos de licenciamento existentes que estejam relacionados – direta ou indiretamente – ao coque verde
Análise e monitoramento do lençol freático
Estudo das características geológicas do solo
Construção de piso impermeável
Implantação de sistema de proteção eólica
Implantação de bacia de contenção
Implantação de projeto paisagístico, com cinturão verde
Implantação de sistema de umectação das pilhas de coque
Implantação de sistema de drenagem
Implantação de sistema de lavagem das rodas dos veículos que saem do pátio de armazenamento do coque
Implantação de sistema de controle do material particulado no setor operacional
Implantação de sistema de coleta, tratamento e disposição final dos efluentes gerados no empreendimento
Implantação de equipamentos contra incêndio e outros sistemas que garantam a segurança das instalações
Disponibilização de EPI adequados e treinamento de todos os que trabalham com o coque verde de petróleo
Implantação e execução de Plano de Gerenciamento de Emergências e Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
Implantação e execução de Programa de Educação Ambiental para a população localizada no entorno do empreendimento
Implantação e execução de Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos gerados no empreendimento
Sinalização de segurança ambiental, pessoal, de trânsito e sanitária conforme normas técnicas específicas

Quadro 13 – Medidas corretivas recomendadas pela Procuradoria da República da Paraíba nas operações de armazenamento, manuseio e transporte do coque verde de petróleo no Porto de Cabedelo – PB.

Fonte: Elaboração própria.

O EIA/RIMA do terminal localizado em Cabedelo foi elaborado em 2004, após a contaminação ambiental e exposição dos trabalhadores da área retroportuária e da população

no entorno do empreendimento, e mesmo assim os problemas e perigos para a saúde e o ambiente foram fracamente abordados no projeto, como se observa em diversos EIA/RIMA. Esses documentos são elaborados para atender a exigência do órgão ambiental apenas para cumprir uma etapa de um protocolo burocrático respondido de maneira pouco responsável, quando deveria ser de fato utilizado como instrumento importante para prevenir danos e proteger a saúde e o ambiente.

Ao final desse processo esse conjunto de recomendações de um modo geral não foi cumprido, e como solução houve a transferência do problema para o Porto de Suape-PE, onde os problemas relacionados ao descarregamento, armazenamento e transporte, reproduzindo quase na íntegra as irregularidades observadas no Estado da Paraíba.

8.2.2 Trabalhadores em Suape reclamam do pó de coque verde de petróleo em seu ambiente de trabalho

Em novembro de 2008 chegou ao Ministério Público do Trabalho da 6ª Região a denúncia de exposição a pó de coque verde de petróleo decorrente da estocagem inadequada do produto em área do Complexo Industrial Portuário de Suape:

O tal produto, encontra-se armazenado, se é que podemos chamar de 'armazenagem', pois o mesmo está exposto ao ar livre, próximo ao CMU – Cais de Múltiplo Uso, no Porto de SUAPE (DOC-1), sujeito a chuvas, ventos [...] e estando diretamente em contato com os empregados que o manuseiam, sem EPI'S (Equipamento de Proteção Individual), bem como todos os demais trabalhadores no entorno do Porto de SUAPE (DOC-1) (BRASIL, 2008a, v. I, fl. 02).

A denúncia foi feita pelo Sindicato dos Trabalhadores da Indústria de petróleo dos Estados de PE e PB através do Ofício nº 101/2008, em 17 de novembro de 2008. Os autos do processo foram convertidos no Inquérito Civil Público nº717/2008 (ICP 717/08) em 28 de novembro de 2008 para a viabilização da melhor tutela dos interesses difusos, coletivos e individuais homogêneos no campo das relações de trabalho.

O Inquérito Civil Público é procedimento do Estado, sob a direção do Ministério Público, que visa apurar, investigar, colher dados a respeito de fatos que envolvam interesses difusos, coletivos e individuais homogêneos referentes a direitos sociais ligados às relações de trabalho conforme disposto nos artigos 1º e 2º da Resolução MPT nº 24/97. No ICP existe a

possibilidade de resolução ou composição do conflito, como previsto na Lei 7.347/85, mediante Compromisso de Ajustamento de Conduta, representando uma forma alternativa de resolução dos conflitos (ROCHA, 2000).

A conversão em ICP baseou-se na poluição ambiental com conseqüente exposição dos trabalhadores e em caso semelhante de armazenamento inadequado do produto em área portuária, com conseqüente dispersão ambiental e exposição da população em Cabedelo-PB, que motivou a atuação do Ministério Público Federal na Paraíba. O armazenamento do coque verde em Suape deu-se após a proibição da carga, descarga, transbordo, depósito, manuseio, processamento e transporte de coque no âmbito do porto de Cabedelo – PB sem que houvesse o devido licenciamento ambiental.

Os denunciantes relataram problemas respiratórios decorrentes da exposição ao coque verde de petróleo, que era chamado de “pó da morte” pelos trabalhadores (Figura 9).



Figura 9 – Trabalhadores em manifestação exigindo providências quanto à dispersão do coque verde de petróleo no CIPS 20/11/2008.

Fonte: Bernardo (2008).

A reclamação feita pelo Sindicato dos Trabalhadores da Indústria de petróleo dos estados de PE e PB desvelou uma situação de risco para os trabalhadores em Suape, independente da função que executam, a partir da dispersão do pó de coque na área portuária:

[...] tem se verificado o acúmulo de resíduo do “PÓ DE COKE”, dentro das instalações do Terminal Aquaviário da Petrobras Transportes S.A. – TRANSPETRO (DOC-1), independente da limpeza diária. Salientando que inúmeros trabalhadores preocupados, têm procurado os diretores desta entidade, relatando que ao “cuspirem” observam uma secreção com cor preta (BRASIL, 2008a, v. 1, fl. 03).

O demandante exige, ao fim do documento, providências da direção Porto de Suape:

[...] [que o Porto de Suape] seja notificado imediatamente para que estoque de forma adequada o produto mencionado, bem como realizar exames médicos em ‘todos’ os trabalhadores que ali laboram dentro das instalações do Porto de SUAPE, para avaliação do grau de contaminação dos trabalhadores expostos desde o ano passado (BRASIL, 2008a, v. 1, fl. 03).

A dispersão do pó de coque para além das áreas de armazenamento também foi observada por um membro do Conselho de Autoridade do Porto de Suape, conforme registro em ata da 125ª Reunião Ordinária do Conselho de Autoridade Porto de Suape – Pernambuco, realizada em 06 de agosto de 2008, às 09h30, em 2ª. Convocação, no Centro Administrativo da Empresa SUAPE – Ipojuca – PE:

O Conselheiro [...] informa que o pó oriundo do estoque de coque está chegando na área da Transpetro, pelo que solicita medidas por parte da administração do Porto para resolver tal problema. A direção do Complexo ficou de analisar e sanar este problema.

Os trabalhadores denunciantes informam à Procuradoria Regional do Trabalho – PRT6 que o problema com o pó de coque ocorre pelo menos desde 2007, e que nada havia sido feito para sanar a situação. Em outro documento enviado pelo demandante à PRT6 novamente é evidenciada a preocupação com a saúde dos trabalhadores e com os danos ao ambiente frente à contaminação:

[...] consta em ata de reunião CAP (Conselho de Autoridade Portuária), datada 06/08/08 que a Petrobras Transporte S.A – TRANSPETRO, já havia informado a direção do Porto de Suape sobre os problemas oriundo Pó de Coke [...], evidenciando assim total desrespeito com a saúde dos trabalhadores que ali laboram, bem como ao meio ambiente (BRASIL, 2008a, v. 1, fl.. 231).

8.3 Caracterização do mercado de consumo de coque verde de petróleo no Estado de Pernambuco

Em Pernambuco o coque verde de petróleo é importado pelas empresas que o consomem como matriz energética principalmente nas cimenteiras, nas gesseiras e na produção de cerâmica vermelha. Em Suape a empresa responsável pelo seu armazenamento era contratada pelas três empresas responsáveis pela importação e transporte do volume descarregado (importadoras 1, 2 e 3). A cada dois meses de 8 a 10 mil toneladas de coque verde de petróleo eram armazenadas na empresa (BRASIL, 2008a, v. I, fl. 73; v. III, fl. 588).

A Importadora 1 é uma multinacional brasileira que concentra suas operações em setores de base da economia que demandam capital intensivo e alta escala de produção, como mineração e metalurgia, siderurgia, celulose e papel, autogeração de energia, suco de laranja concentrado e cimento. Sendo uma das dez maiores produtoras mundiais de cimento, concreto e agregados, esta empresa tem capacidade de produção de 32,5 milhões de toneladas de cimento por ano. Possui 11,7 mil funcionários distribuídos em unidades mantidas no Brasil, nos Estados Unidos, no Canadá, na Bolívia, no Chile, na Argentina, no Paraguai, no Uruguai e em Portugal, tendo investimentos dirigidos para ampliar a capacidade de produção e a oferta de produtos e serviços para atender a crescente demanda impulsionada principalmente pelo PAC. Em 2010 sua receita líquida foi 14% superior a 2009, sendo o setor de cimento o principal componente da renda da empresa (29%). Em 2010 foi anunciada nova onda de investimentos no Brasil para os próximos três anos, ampliando a capacidade anual em 10 milhões de toneladas de cimento, o que representa acréscimo de 43% sobre a produção de 2010 (VOTORANTIM, 2011).

A Importadora 2 é especializada no beneficiamento, seleção, transformação de coque de petróleo, na pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias de uso e acondicionamento em embalagens de coque de petróleo, biocombustíveis, combustíveis de navegação, automotivos e industriais, carvão ou outros combustíveis sólidos e líquidos. Atua ainda na importação, exportação, comércio, distribuição e transporte de enxofre, prestação de serviços de representação comercial no território nacional e no exterior, consultoria no território nacional e no exterior, bem como a atividade de operador portuário (GARCEZ, 2008).

Sediada em Pernambuco, a Importadora 2 possui capital social declarado de 200.000,00 reais divididos entre dois sócios. Foi a primeira empresa nacional a importar o

coque verde de petróleo para comercialização em todo o país. Suas operações de importação, armazenagem, beneficiamento, comercialização e distribuição do coque iniciaram-se em 2002 na cidade de Recife-PE. O coque verde de petróleo comprado por esta empresa é vendido principalmente para cimenteiras, termoeletricas, indústria de cerâmica vermelha e de pisos, fundições, calcinadoras de gesso, siderúrgicas, produtoras de papel e celulose, indústrias químicas e indústrias em geral que utilizam caldeiras a vapor tais como: laticínios, açúcar, confecções, abatedouros de animais, panificadoras, aviárias, entre outras, atendendo também pequenos consumidores no mercado local (Região Nordeste). A parceria com o Sindicato da Indústria do Gesso de Pernambuco faz com que as gesseiras respondam por boa parte dos negócios de coque desta empresa, juntamente com as indústrias de cerâmica vermelha. Outro segmento em que o combustível vem registrando boa aceitação é o de padarias (BRASIL, 2008d, v. IV, fls. 747-48).

Este achado mostra amplitude do uso do coque verde de petróleo a enorme possibilidade de exposição humana a gases oriundos de sua queima. Pode-se dizer que a matriz energética com base no coque verde de petróleo produz um tipo de exposição ampliada, que pode gerar uma situação de saúde dentro de um quadro epidemiológico complexo e amplo. O seu uso em padarias evidencia uma grave situação sanitária por ser ambiente de produção de alimento.

A Importadora 3 é uma empresa brasileira sediada na Paraíba que tem por objeto o beneficiamento, armazenamento, comercialização, importação e exportação de coque verde de petróleo, coque metalúrgico, carvão mineral, combustíveis sólidos e gesso, fornecendo combustível sólido para a Região Nordeste. O principal nicho de mercado em que esta empresa atua é o cimenteiro, tendo sido esta empresa a responsável pelo coque armazenado irregularmente no Porto de Cabedelo-PB. Destaca-se que a Oxbow Carbon Minerals LLC, a maior revendedora mundial de coque, com remessas anuais de quase 11 milhões de toneladas, é sócia majoritária desta empresa, detendo 3.035.183 quotas no valor de R\$ 3.035.183,00 de um capital social total equivalente a R\$ 3.372.425,00 (BRASIL, 2008d, v. IV, fls. 655-56).

É importante salientar que a Oxbow é a empresa que vai instalar uma planta para o beneficiamento de coque no CIPS. Ainda, a Oxbow é a maior distribuidora de gesso para o oeste dos Estados Unidos e Canadá e disponibiliza gesso do Canadá, Espanha e México para clientes no leste dos Estados Unidos e América Latina, e a empresa Pernambucana da qual a Oxbow é acionista majoritária comercializa gesso no mercado nacional e internacional (BRASIL, 2008c; PLANTA..., 2010). Em resumo, essa empresa beneficia, vende e importa o

coque, além de comercializar produtos que fazem parte de sua cadeia produtiva, mostrando o domínio que uma única empresa tem sobre esse mercado.

O sócio minoritário da Importadora 3 detém 99% do capital social de outra empresa no valor de 9.900,00 reais, cujo objeto social é a exportação e importação de coque verde de petróleo, coque metalúrgico, combustíveis sólidos, aço, cereais, carvão, pedras naturais, produtos manufaturados, cereais, frutas, frutas secas, frutas e verduras liofilizadas, concentrados de frutas, sucos de frutas, polpa de frutas, produtos de agricultura como carnes, aves, peixe, leite, derivados de leite, leite em pó e queijo (BRASIL, 2008d, v. IV, fl. 661). A diversificação de negócios parece ser característica nessas empresas.

Com o objetivo de conhecer os consumidores, o volume consumido e os responsáveis pelo transporte do coque verde de petróleo armazenado no Porto de Suape a Coordenadoria da Defesa dos Interesses Difusos e Coletivos do MPT requereu às importadoras as seguintes informações: (1) a relação de empresas consumidoras de coque verde de petróleo, contratantes no período de janeiro/2008 a março/2009, com indicação do volume comprado no referido período, do número de inscrição no CNPJ e do endereço comercial respectivos; (2) a relação de empresas contratadas, no período de janeiro/2008 a março/2009, para transporte de coque verde de petróleo, com indicação do número de inscrição no CNPJ e do endereço comercial.

A Importadora 1 não informou nenhum desses dados, mas como a mesma é uma grande produtora de cimento, possivelmente o coque verde de petróleo é destinado a produção de cimento em sua planta industrial, onde provavelmente um significativo número de trabalhadores estão expostos não só ao pó, mas aos produtos tóxicos oriundos de sua queima. Esta é outra situação sanitária gravíssima que está oculta e que afeta tanto dos trabalhadores como da população do entorno dessas fábricas de cimento que utilizam em sua matriz energética o coque verde de petróleo.

Houve uma diversidade de atividades econômicas identificadas como consumidoras de coque verde de petróleo. O Quadro 14 apresenta os volumes de coque verde de petróleo consumidos segundo atividade econômica dos principais dos compradores da Importadora 2. O período de referência foi de 01/01/2008 a 31/03/2009.

As empresas analisadas consumiram um total de 66.462.371 quilos de coque verde de petróleo no período analisado, dando uma idéia da extensão do problema ambiental e de saúde pública. A fabricação de cimento foi a atividade que consumiu a maior quantidade do produto importado pela Importadora 2 (77,04%). As atividades relacionadas ao gesso representaram 9,24% do volume total importado no período e a produção de cerâmica correspondeu a menos

de 2% do total. Destaca-se que a produção do gesso tem uma matriz energética bastante diversificada (AUGUSTO, 2009c).

Chama atenção o consumo de coque na fabricação de produtos químicos inorgânicos (5,76%), na metalurgia de metais não ferrosos (2,97%) e na tecelagem (1,47%) indicando a expansão de processos produtivos que fazem o uso do coque verde de petróleo como matriz energética. Sabe-se que a atividade de tecelagem está intimamente ligada à do setor de confecções, que tem o seu segundo maior polo localizado na Região do Agreste Meridional, indicando a relação entre duas cadeias produtivas distintas e altamente poluentes (SANTOS; CARNEIRO; AUGUSTO, 2009c).

ATIVIDADE ECONÔMICA PRINCIPAL	QUANTIDADE CONSUMIDA (kg)	%
Fabricação de cimento	51.199.602	77,04
Fabricação de cal e gesso/extração de gipsita	6.143.890	9,24
Fabricação de artefatos de cerâmica e barro cozido para uso na construção	1.255.833	1,89
Fabricação de produtos cerâmicos não-refratários	11.271	0,02
Recuperação de materiais metálicos, exceto alumínio	2.410	0,00
Extração e britamento de pedras e outros materiais para construção e beneficiamento	796.980	1,20
Fabricação de produtos químicos inorgânicos	3.830.740	5,76
Metalurgia de outros metais não-ferrosos e suas ligas	1.973.900	2,97
Representantes comerciais	5.090	0,01
Fabricação de artefatos de tapeçaria	2.700	0,00
Tecelagem de fios de algodão	977.360	1,47
Atividade econômica não especificada	262.595	0,40
Total	66.462.371	100

Quadro 14 – Volume de coque verde de petróleo consumido pelos compradores da Importadora 2 segundo atividade econômica principal no período de janeiro de 2008 a março de 2009.

Fonte: Brasil (2008d).

A Importadora 3 informou apenas alguns dados exigindo condição de sigilo à Procuradoria:

[...] uma vez que dizem respeito à própria estratégia de mercado por ela adotada, como, por exemplo, a informação sobre a quantidade comprada por cada um de seus clientes e até mesmo sobre os nomes de alguns clientes, que, embora não sejam os principais, são também considerados estratégicos. [...] no caso de [a Procuradoria] ainda considerar tais informações imprescindíveis ao andamento do Inquérito, decrete, desde já, o sigilo de tais dados, para que, só assim, possa a empresa fornecê-los com a devida segurança que o procedimento requer, devendo manter o caráter sigiloso da informação até o final do inquérito e eventuais desdobramentos [...] (BRASIL, 2008d, v. IV, fl. 634-35).

A Importadora 3 listou somente algumas transportadoras e uma lista incompleta de clientes, sem informar os volumes comercializados (Tabela 3), impedindo uma caracterização adequada das principais atividades econômicas que fazem uso do coque verde desembarcado em Suape. A indústria do cimento foi a principal consumidora do produto comercializado pelas Importadoras 2 e 3.

Tabela 3 – Número de empresas consumidoras do coque verde de petróleo vendido pela Importadora 3 segundo atividade econômica principal no período de janeiro de 2008 a março de 2009.

ATIVIDADE ECONÔMICA PRINCIPAL	Nº EMPRESAS
Fabricação de cimento	12
Comércio atacadista de cimento	01
Total	13

Fonte: Brasil (2008d).

O coque verde de petróleo comercializado pelas Importadoras 2 e 3 é utilizado para abastecer o mercado de Pernambuco, bem como para atender a demandas de Estados localizados nas regiões Nordeste, Norte, Sudeste e Centro-Oeste. A localização das empresas consumidoras do coque segundo Regiões de Desenvolvimento do Estado e atividade econômica principal pode ser observada no Quadro 15.

ATIVIDADE ECONÔMICA PRINCIPAL	NÚMERO DE EMPRESAS						
	Metropolitana	Mata Norte	Mata Sul	Agreste Setentrional	Agreste Central	Sertão do Araripe	Total
Fabricação de cimento	0	1	0	0	0	0	1
Fabricação de cal e gesso/extração de gipsita	0	0	0	0	0	7	7
Metalurgia de metais não-ferrosos e suas ligas	0	0	0	0	2	0	2
Fabricação de artefatos de tapeçaria	0	1	0	0	0	0	1
Representantes comerciais (construção)	1	0	0	0	0	0	1
Fabricação de artefatos de cerâmica e barro cozido para uso na construção/fabricação de produtos cerâmicos	0	10	1	1	0	0	12
Total	1	12	1	1	2	7	24

Quadro 15. Distribuição das empresas consumidoras de coque verde de Petróleo segundo atividade econômica de acordo com a Região de Desenvolvimento no Estado de Pernambuco. Recife, janeiro de 2008 a março de 2009.

Fonte: BRASIL (2008d).

Além de Pernambuco, outros 12 Estados são abastecidos pelo coque descarregado em Suape. O coque era transportado para 02 municípios na Região Norte, 08 municípios na Região Nordeste (excetuando-se Pernambuco), 01 município na Região Sudeste e 01 na Região Centro-Oeste. A distribuição do coque verde de petróleo comercializado para outros Estados segundo atividade econômica está demonstrada no Quadro 16.

ATIVIDADE ECONÔMICA PRINCIPAL	NÚMERO DE EMPRESAS												
	Alagoas	Amazonas	Bahia	Ceará	Espírito Santo	Maranhão	Minas Gerais	Pará	Paraíba	Piauí	Rio G. do Norte	Segipe	Total
Fabricação de cimento	0	1	0	1	1	1	3	1	3	1	1	0	13
Fabricação de artefatos de cerâmica e barro cozido para construção	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Tecelagem de fios de algodão	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Fabricação de produtos químicos inorgânicos	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Recuperação de materiais metálicos, exceto alumínio	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Metalurgia de metais não-ferrosos e suas ligas	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Extração e britamento de pedras e outros materiais para construção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Total	2	1	1	4	1	1	3	1	5	1	1	2	23

Quadro 16. Distribuição das empresas consumidoras de coque verde de Petróleo segundo atividade econômica e Estado*. Recife, janeiro de 2008 a março de 2009.

Fonte: Brasil (2008d).

* Exceto Pernambuco.

A análise dos dados confirmou que, em Pernambuco, as principais atividades econômicas que fazem o uso do coque verde de petróleo como matriz energética são a calcinação de gesso (29,16%) e o fabrico de cerâmica vermelha (50%). Em menor escala também as indústrias metalúrgica e de tapeçaria fazem uso do coque verde de petróleo como matriz energética no Estado. Fora de Pernambuco o setor cimenteiro foi o que mais se destacou no consumo de coque verde de petróleo, concentrando 56,52% do total de empresas consumidoras do produto. Os Estados da Paraíba e Minas Gerais concentraram em seus territórios quase metade das cimenteiras consumidoras de coque verde de petróleo

desembarcado em Pernambuco (23,07% cada). Nas indústrias cimenteiras o uso do coque tanto como combustível quanto no co-processamento junto a outros resíduos tem crescido exponencialmente nos últimos anos (VOTORANTIM, 2011).

Observou-se maior presença do setor ceramista na Região de Desenvolvimento da Mata Norte, particularmente em Paudalho (7/12), ratificando a informação de que o município é um polo de produção ceramista responsável por grande parte da produção de cerâmica vermelha no Estado (AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2010). Fora de Pernambuco os estados de Alagoas e Ceará compraram coque para fabricação de artefatos de cerâmica para construção.

O coque verde de petróleo utilizado na fabricação de gesso foi comercializado integralmente para o Sertão do Araripe, distribuído entre os municípios de Trindade e Araripina, conforme vocação econômica da região.

O coque utilizado no setor cimenteiro foi distribuído entre os Estados de Pernambuco (1) Amazonas (1), Ceará (1), Espírito Santo (1), Maranhão (1), Pará (1), Piauí (1), Rio Grande do Norte (1), Paraíba (3) e Minas Gerais (3). Provavelmente o setor cimenteiro não se destacou em Pernambuco porque a Importadora 1, cuja maior fonte de renda líquida é a produção de cimento, não forneceu os dados à PRT.

Ainda há que se considerar que o Porto de Suape não é a única porta de entrada do coque verde de petróleo em Pernambuco, então outras rotas devem ser consideradas para se ter a real estimativa do volume comercializado e de outras atividades produtivas relacionadas ao seu consumo.

O coque verde de petróleo importado também é descarregado no Porto de Recife, onde existe um terminal próprio para desembarque do produto. Uma das principais compradoras do coque verde de Petróleo no Estado para a produção de cimento, que atualmente encontra-se instalada no município de Goiana, é responsável por grande parte do volume de coque descarregado no Porto de Recife, demonstrando que esta é uma das principais aplicações do produto em Pernambuco.

Nos anos de 2007 e 2008 os volumes de coque verde movimentados no Porto de Recife foram respectivamente de 276.904 e 100.791 toneladas/ano. No Porto do Recife o processo de importação, armazenamento e revenda é semelhante ao de Suape, onde a Importadora 2 também atua (PORTO DO RECIFE; 2010).

Sintetizando o exposto acima, a Figura 10 apresenta os principais componentes da cadeia produtiva do coque verde de petróleo em Pernambuco e sua repercussão em outras

regiões do país, revelando as múltiplas possibilidades do uso de uma matriz energética suja e sem controle sanitário, ambiental e de segurança no trabalho.

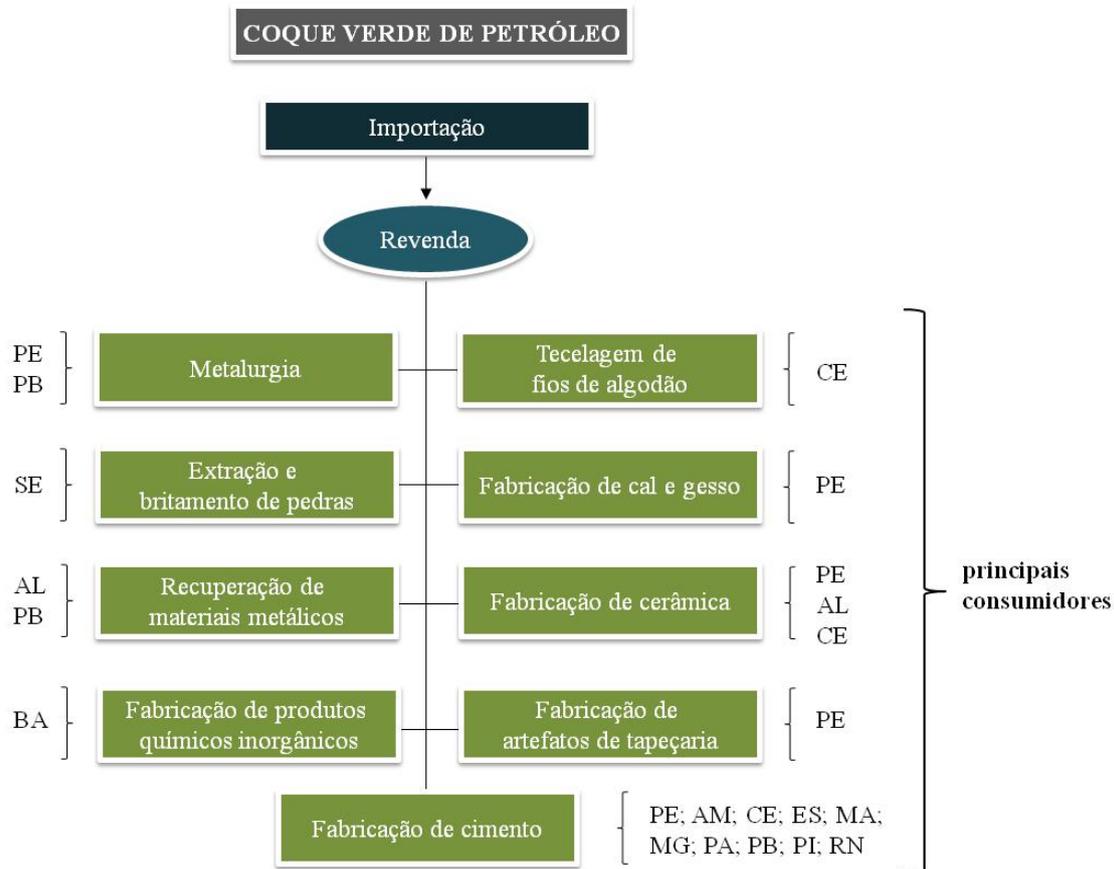


Figura 10. Esquema simplificado da cadeia produtiva do coque verde de petróleo em Pernambuco. Fonte: Elaboração própria.

Em Pernambuco, a perspectiva de produção local de coque e do beneficiamento do produto em Suape com ampliação do consumo revela uma problemática de saúde pública ainda intocada no Estado de Pernambuco. Alguns elementos nocivos como o seu potencial carcinogênico reconhecido pela IARC (1997) colocam a necessidade de uma atuação integrada dos órgãos públicos e a consciência da sociedade dos riscos para evitar o uso descontrolado e os efeitos dessa exposição. A queima do coque verde de petróleo libera para a atmosfera óxidos de enxofre, nitrogênio, monóxido de carbono, hidrocarbonetos aromáticos e outros compostos perigosos, sendo as emissões oriundas da queima do coque consideradas carcinogênicas para o homem (COOPERATIVE EXTENSION UNIVERSITY OF CALIFORNIA, 1984; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1994, 2011). Quando se lida com exposições a substâncias carcinogênicas e hiperssensibilizantes, para as quais há diferentes susceptibilidades individuais e onde não há uma relação direta dose-efeito, não se

pode admitir uma exposição segura ou então se considerar que todas as pessoas se comportem como um “ser médio”, não sendo aceitáveis limites seguros de exposição (AUGUSTO, 2009c).

A compreensão da cadeia produtiva permite verificar diversos aspectos que não são observados quando se investiga diretamente apenas a relação substância química e seus efeitos na saúde, desconsiderando-se o contexto socioambiental no qual estão inseridos (AUGUSTO, 2009c).

8.4 Caracterização do manejo do coque verde de petróleo importado na atividade portuária e retroportuária

Após o atracamento dos navios carregados com o coque verde de petróleo no Porto de Suape ocorrem as operações de desestiva, armazenamento, carregamento de caminhões que transportam o produto para as empresas consumidoras. Diferentes sujeitos sociais estão envolvidos em toda essa rede.

8.4.1 Operações de desestiva

No Porto de Suape, a desestiva da carga dos navios carregados com coque verde de petróleo entre o cais e o terminal era realizada por operadores portuários (BRASIL, 2008c, v. III, fl. 588). Os operadores portuários executam as operações na área do porto organizado, tais como a movimentação de cargas destinadas ou provenientes de transporte aquaviário (BRASIL, 1993b). Por trabalharem por concessão da administração portuária, a Entidade Portuária e o Operador portuário respondem solidariamente por danos causados pelas atividades dos operadores (SILVA JUNIOR, 2009).

A administração do porto é responsável pelas mercadorias desde a sua entrada nos armazéns, pátios ou locais outros designados para depósito e somente cessa após a entrega efetiva ao navio ou ao consignatário. Uma vez que o operador portuário opera por concessão

da Administração do Porto, esta é responsável pelos danos por ele causados, seja por falha mecânica ou humana (SILVA JUNIOR, 2009).

Detectou-se que no caso quatro pessoas jurídicas (operadoras portuárias) compartilhavam com a administração portuária a responsabilidade pela operação portuária nas operações envolvendo o coque verde de petróleo no CIPS (BRASIL, 2008a, v. I, p. 73).

Em relação aos impactos ambientais, durante todo o processo de descarregamento dos navios ocorre dispersão intensa do coque, poluindo toda a área do entorno e expondo os trabalhadores das operadoras. A transferência do coque é realizada através de esteiras aéreas desprovidas de enclausuramento, sendo essa a principal razão de dispersão nessa atividade. Esse tipo de desconformidade permite o arraste dos finos de coque pela ação dos ventos, contaminando toda a área de operação e a comunidade do entorno (Figura 11) (ECEL AMBIENTAL, 2008).



Figura 11 – Sistema de desestiva do coque verde de petróleo de navio em sistema aberto, com dispersão do pó no entorno. Porto de Suape, Cais 1, 14/12/2008.
Fonte: Gondim (2008a).

Como se sabe, o controle da poeira no ar inclui enclausuramento das fontes de poeira, que também pode ser controlada por meio do uso de métodos úmidos, quando possível, e da aplicação de ventilação e exaustão (PINTO; SILVA, 2005). Como não foram adotadas as devidas precauções para evitar a dispersão do coque, foi possível observar a intensa dispersão

do pó na área portuária, com contaminação ambiental e exposição dos trabalhadores (Figura 11). A granulometria do particulado do coque é variada, mas aqueles que mais sofrem a ação dos ventos, atingindo maiores distâncias ou penetrando mais profundamente no sistema respiratório dos trabalhadores expostos possuem dimensões inferiores a 10μ (ECEL AMBIENTAL, 2008).

Essa dispersão aérea do coque verde de petróleo leva à deposição do pó na superfície de construções próximas, como a parede de empresas, postes e muros nas áreas do porto e retroporto. Além do ar, ocorre também a poluição do solo, da vegetação próxima, das fontes de água superficiais e das águas do mar devido à ação eólica. A direção dos ventos em Suape carrega o coque para áreas localizadas fora do porto. O particulado depositado sobre superfícies no Complexo é resuspensionado pela ação dos ventos, expondo continuamente os trabalhadores portuários e dos diversos empreendimentos instalados na região.



Figura 12 – Cones de sinalização totalmente cobertos com pó de coque em decorrência da dispersão atmosférica. Fonte: Santos (2008a).

O piso sextavado, inapropriado para operações com produtos petroquímicos, compõe toda a área de manuseio do coque, permitindo que os poluentes lixiviados atinjam o solo e as águas subterrâneas (Figura 13).



Figura 13 – Detalhe de piso sextavado na área do Cais 1. Porto de Suape, 16/12/2008.
Foto: Santos (2008b).



Figura 14 – Transferência do coque dos navios para a área portuária com utilização de lonas improvisadas na tentativa de reduzir o espalhamento do produto. Porto de Suape, Cais 1, 14/12/2008.
Fonte: Gondim (2008b).

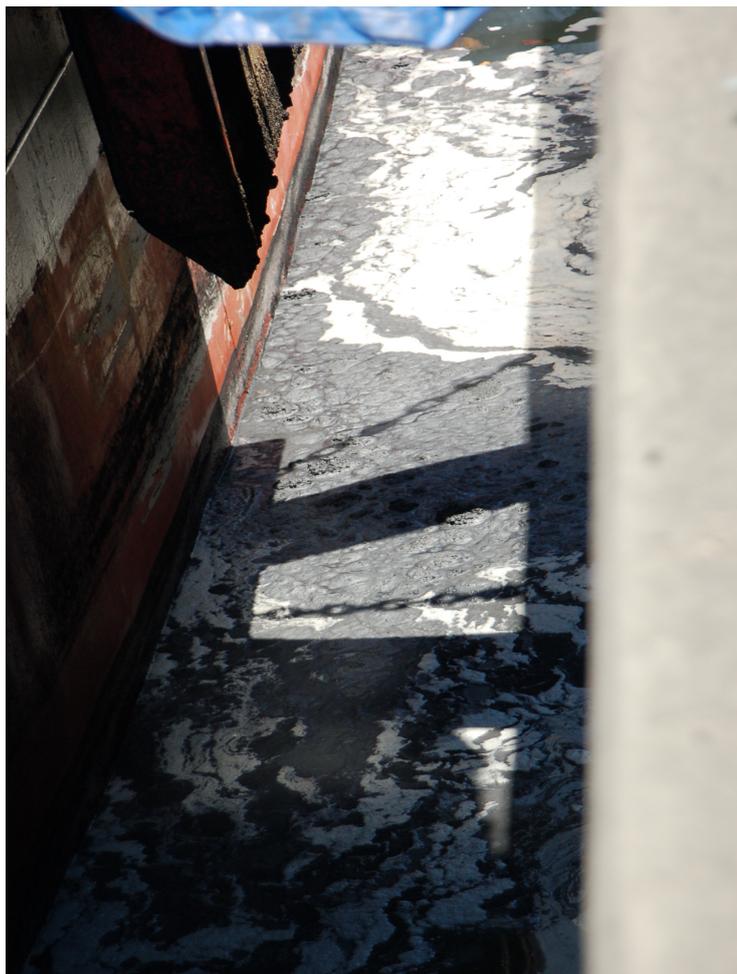


Figura 15 – Poluição da água do mar em decorrência da dispersão do coque verde de petróleo durante o descarregamento de navio. Porto de Suape, Cais 1, 14/12/2008.
Fonte: Gondim (2008c).

A ausência dos devidos sistemas de controle de poluentes no sistema de transferência do coque dos navios para a área portuária permite a queda de material e conseqüente poluição da água do mar (Figuras 14, 15).

Devido à sua composição, a contaminação de diferentes compartimentos ambientais representa risco para a saúde e para o ambiente. Muitos dos componentes do coque bioacumulam e possuem efeitos tóxicos crônicos como carcinogenicidade, genotoxicidade e mutagenicidade. Dentre os hidrocarbonetos aromáticos considerados pela IARC carcinogênicos e mutagênicos que podem ser encontrados no coque destacam-se o benzo(a)antraceno, o benzo(a)pireno, o benzo(b)fluoranteno. Os dois primeiros também são considerados genotóxicos (PEDROZO et al., 2002). Alguns dos metais presentes no coque verde de petróleo, tais como o Arsênico, o Cádmiio e o Berílio, são considerados carcinogênicos para os seres humanos (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2010, 2011). Outros como o Cobalto, o Chumbo e o Vanádio são considerados

possíveis carcinógenos humanos (2B) (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2010, 2011).

Alguns desses elementos tóxicos tais como o cádmio e o chumbo bioacumulam na cadeia trófica, representando risco de insegurança alimentar na região, uma vez que ocorre a pesca no próprio porto e suas áreas adjacentes, onde o consumo de peixes e crustáceos é habitual. O consumo de peixes e crustáceos oriundos dessa região deveria ser alvo de investigação toxicológica e proibição de seu consumo, questão complexa pela situação social daqueles que culturalmente vivem da pesca nessa área. Considerando-se a presença de mangue em área adjacente ao cais onde ocorre o descarregamento e armazenamento do coque verde de petróleo, o risco é ainda maior, uma vez que em áreas de maior desenvolvimento biótico, como os manguezais, os moluscos representam um importante segmento concentrador de metais pesados na biota marinha comestível (COIMBRA, 2003).

Os peixes também bioacumulam os metais devido à habilidade que apresentam de captar e acumular estes compostos principalmente nas guelras, fígado, rins e paredes intestinais, onde as concentrações freqüentemente ultrapassam as do meio. O cádmio, por exemplo, é captado e retido em plantas aquáticas, concentrando-se no fígado e rins dos animais que se alimentam dessas plantas (CARDOSO; CHASIN, 2001 apud LIMA; LOPES, 2005). Mesmo quando a concentração de metais pesados na água encontra-se em níveis não detectáveis, a bioacumulação em peixes deve ser considerada na análise de risco (MACHADO, 2002 apud LIMA; LOPES, 2005). Devido às suas propriedades físico-químicas, os hidrocarbonetos de um modo geral também sofrem bioacumulação, potencializando os riscos para a população exposta.

Na área do porto de Suape, por ocasião destas observações constatou-se que a pesca era a principal atividade econômica dos moradores da Ilha de Tatuoca (Ipojuca-PE). Esta ilha está localizada em área próxima ao cais onde ocorrem as operações de descarregamento do coque em Suape. Com a contaminação das águas existe o risco de exposição dos ilhéus através da ingestão de alimentos contaminados, bem como daqueles que consomem o pescado vendido nas áreas próximas. Vale ressaltar que o pescado é comercializado principalmente para restaurantes e hotéis localizados nas imediações do Complexo, onde há intensa atividade turística devido às praias (Figura 16).

A contaminação freqüente da água durante as operações de descarregamento de coque verde de petróleo e devido a ação eólica na área de armazenamento se soma a outras fontes de poluição presentes na área portuária e retroportuária, aumentando a concentração de

compostos perigosos nos diferentes compartimentos ambientais da região. Assim há um contexto tanto de exposição aguda como crônica dos trabalhadores e da população no entorno.



Figura 16 – Atividade de pesca na ilha de Tatuoca, em área de mangue. Ipojuca-PE, 19/12/2009.
Foto: Gurgel (2009c).

Além da falta de medidas coletivas de controle ambiental, em geral os trabalhadores que realizam o descarregamento do coque verde de petróleo não fazem uso de EPI e não conhecem os riscos da exposição e da contaminação ambiental, gerando situações de nocividade para a saúde. Sem esclarecimento, alertas, educação em saúde e condições sanitárias e de trabalho muitos fumam e ou fazem suas refeições durante as operações de descarregamento do produto, conforme registro das observações de campo (Figuras 17, 18, 19).

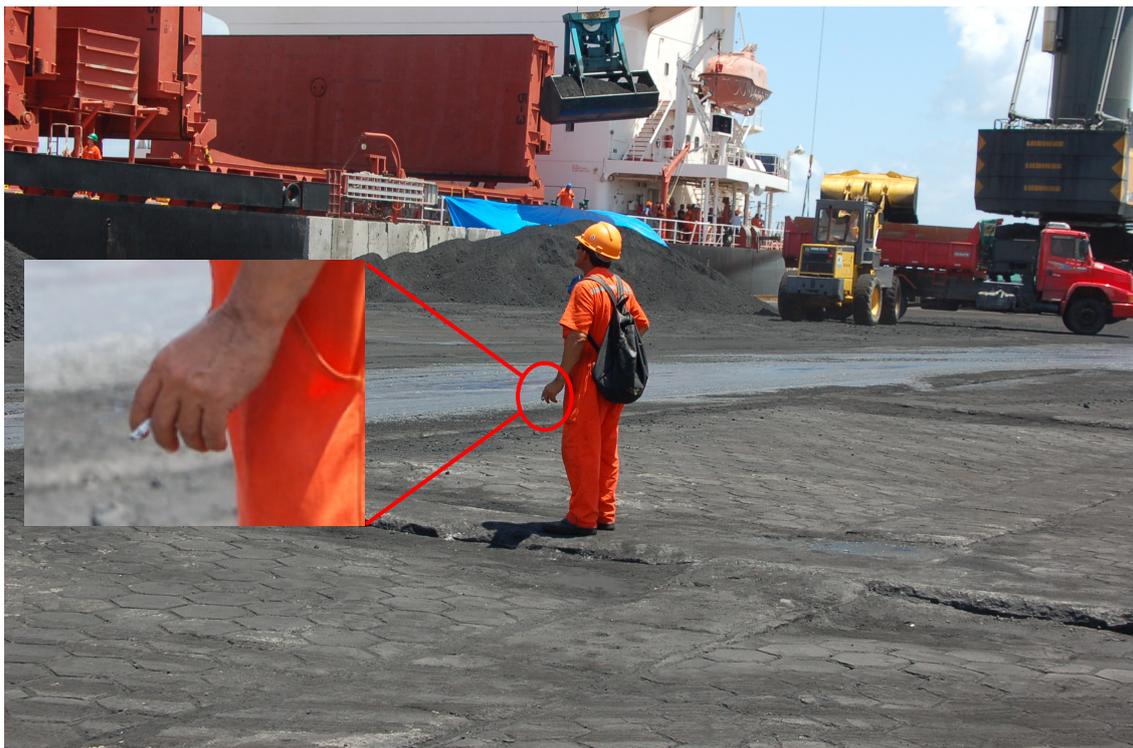


Figura 17 – Trabalhador na área de descarregamento do coque sem EPI adequados. Detalhe para cigarro na mão esquerda. Porto de Suape, 14/12/2008.
Fonte: Gondim (2008d).

Outro aspecto a ser considerado é o potencial explosivo e a presença de compostos inflamáveis na composição do coque, que não deve ser submetido a fontes de calor (CANADIAN CENTRE FOR OCCUPATIONAL HEALTH SAFETY, 1984; EUROPEAN COMMISSION, 2000; PETROBAS, 2009) Partículas de pó, quando em contato com fontes de ignição (até mesmo uma centelha), podem apresentar condições tanto para iniciar incêndios, quando acumuladas em camadas, quanto para iniciar explosões, quando postas em suspensão. A pequena dimensão das partículas carregadas pela ação eólica aumenta o risco de incêndio e/ou explosão no porto, uma vez que a ignição do material ocorre mais facilmente em decorrência da maior superfície exposta por unidade de peso da matéria (RANGEL JUNIOR, 2008). Esse contexto requer que nas áreas de estocagem de coque haja sinalização de advertência indicando a proibição de fumar no local devido ao perigo de explosão (ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL TECOP, 2004).

Agrava a situação o fato da empresa não ter técnico de segurança no local de trabalho, nem brigada de incêndio, tendo apenas um engenheiro do trabalho que atende, em semanas alternadas, a sede da empresa (RN) e a filial de Suape (BRASIL, 2008a, v. I, fl. 73).



Figura 18 – Trabalhador fazendo refeição no cais 1 durante desestiva de navio carregado com coque verde de petróleo. Porto de Suape, 14/12/2008.
Fonte: Gondim (2008e).



Figura 19 – Trabalhadores fazendo refeição em área improvisada do cais 1 durante desestiva de navio carregado com coque verde de petróleo. Porto de Suape, 14/12/2008.
Fonte: Gondim (2008f).

Foi observado que as refeições eram realizadas em área improvisada, dentro da área do cais e durante as operações de descarregamento do coque verde de petróleo, não apresentando condições mínimas de higiene e salubridade. Nesse contexto a via digestiva foi considerada relevante para a ingestão de pó de coque verde de petróleo, ampliando a contaminação trabalhadores e os riscos para a saúde.

Segundo a NR 29, que regulamenta a Segurança e Saúde no Trabalho Portuário, o refeitório deve ser mantido pela administração do porto organizado de acordo com o disposto na NR 24, que trata das condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho. Para estabelecimentos em que trabalhem mais de 300 (trezentos) operários, é obrigatória a existência de refeitório, não sendo permitido aos trabalhadores tomarem suas refeições em outro local do estabelecimento. Nos estabelecimentos em que trabalhem mais de 30 (trinta) até 300 (trezentos) empregados, embora não seja exigido o refeitório, deverão ser asseguradas aos trabalhadores condições suficientes de conforto para a ocasião das refeições. Nos estabelecimentos e frentes de trabalho com menos de 30 (trinta) trabalhadores deverão ser asseguradas aos trabalhadores condições suficientes de conforto para as refeições em local que atenda aos requisitos de limpeza, arejamento, iluminação e fornecimento de água potável (BRASIL, 1993c, 1997c).

Entretanto o que se observou em Suape foi que as condições mínimas de saúde e segurança exigidas pelas Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego, não são respeitadas, expondo os trabalhadores a situações de risco durante as operações de descarregamento dos navios.

Na questão dos EPI observa-se que esta não deveria ser a melhor alternativa de proteção, uma vez que para evitar a exposição dos trabalhadores aos riscos no ambiente de trabalho deve-se priorizar procedimentos e equipamentos coletivos de proteção. Apenas quando estes meios são inexistentes ou tecnicamente inviáveis e na iminência do perigo à saúde os EPI se impõem.

A partir das observações em campo, constatou-se que os EPI não eram adequados ou simplesmente não estavam em uso pela mão-de-obra dessas empresas, sendo evidenciada a exposição desses trabalhadores ao coque verde de petróleo durante as operações de manuseio do produto através de diferentes vias de exposição (Figura 20). Constatou-se que a Entidade Portuária, o Operador portuário e a empresa responsável pelo seu armazenamento não forneceram os EPI necessários à neutralização da poeira, tampouco protegeram os trabalhadores dos outros compostos que fazem parte da constituição do coque verde.

Percebeu-se ainda que os EPI que foram fornecidos a alguns trabalhadores não eram utilizados apropriadamente, indicando que as empresas não promoveram o treinamento obrigatório previsto pela NR 06 quanto ao uso correto dos EPI (BRASIL, 1978b).

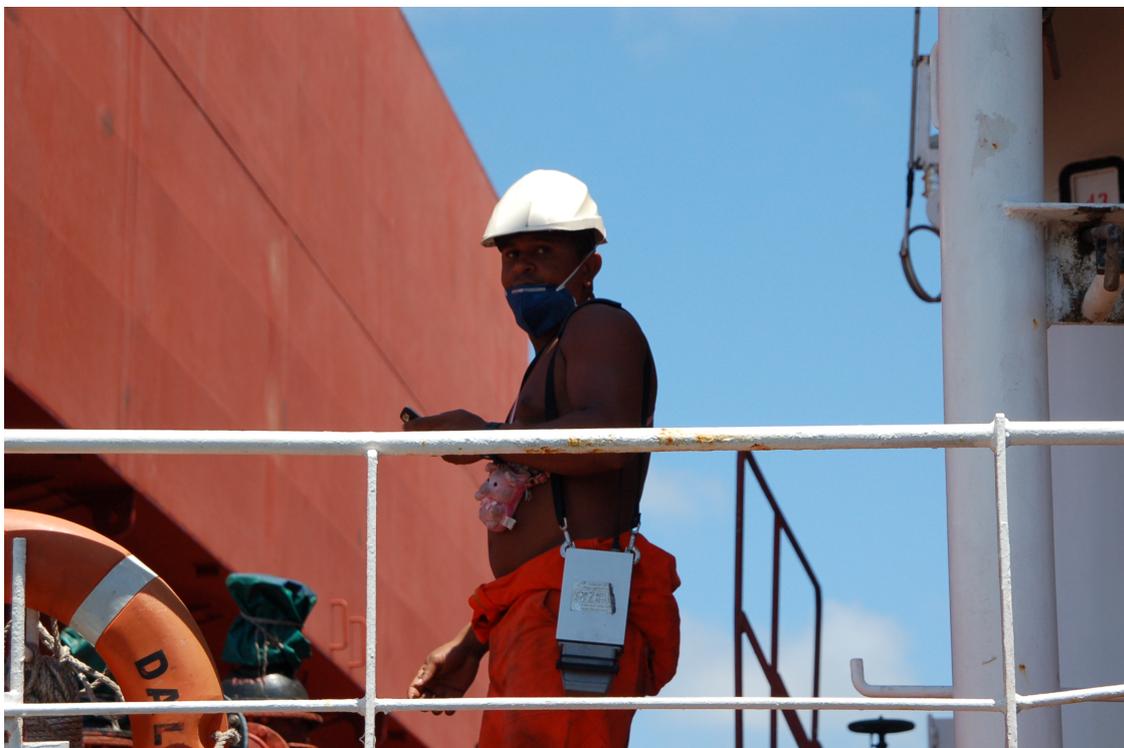


Figura 20 – Trabalhador portuário usando inapropriadamente EPI inadequados para exposição ao coque verde de petróleo nas operações de desestiva. Cais 1, 14/12/2008.
Fonte: Gondim (2008g).

No caso de exposição ao pó de coque, recomenda-se para proteção respiratória o uso de equipamento respiratório onde há geração de poeiras, o uso de respirador com filtro químico para vapores orgânicos em baixas concentrações e, em altas concentrações, deve-se usar equipamento de respiração autônomo ou conjunto de ar mandado (CONCAWE, 1993; PETROBRAS, 2009).

No caso, além de não haver medidas protetoras coletivas, os EPI observados se mostraram insuficientes para proteger os trabalhadores da exposição ao pó de coque, uma vez que quando necessário estes para serem eficazes devem ser adequadamente prescritos, usados, limpos e mantidos.

A pele e corpo devem estar protegidos através de roupas de proteção e por luvas de PVC nas situações de contato direto com o produto. Para proteção dos olhos recomenda-se o uso de óculos de segurança ou protetor facial nas operações onde possam ocorrer projeções ou respingos (CONCAWE, 1993; PETROBRAS, 2009).

Como medidas de precaução adicionais deve-se manter chuveiros de emergência e lavador de olhos disponíveis nos locais onde haja manipulação do produto. Todos os trabalhadores expostos ao coque verde de petróleo devem tomar banho no final da jornada e as roupas de trabalho não devem ser levadas para casa (PETROBRAS, 2009).

Para evitar a exposição dos trabalhadores e contaminação ambiental é imprescindível evitar a dispersão do coque, adotando medidas tais como o enclausuramento do processo e a umidificação do coque. Aos trabalhadores deveriam ser fornecidos EPI adequados para proteção da saúde, bem como condições adequadas para higiene e refeitório.

Como estão presentes na composição do coque compostos genotóxicos ratifica-se a não existência de limiares de segurança, uma vez que é possível que uma única molécula é suficiente para desencadear alterações que dão origem aos cânceres, impondo-se o Princípio da Precaução.

Os limites de exposição ambiental são mais rígidos que os limites de exposição ocupacional. A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 3 estabelece de modo geral para as partículas totais em suspensão e para as partículas inaláveis (<10 micra) os seguintes valores:

I - Partículas Totais em Suspensão:

a) Padrão Primário de $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar para a concentração média anual e $240\mu\text{g}/\text{m}^3$ para concentração média de 24 horas, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário de $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar para a concentração média anual e de $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ para concentração de 24 horas, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

II - Partículas Inaláveis:

Padrões Primário e Secundário de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar para a concentração média anual e $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar para concentração média de 24 horas.

Sendo o padrão primário de qualidade do ar as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população e o padrão secundário as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral (BRASIL, 1990).

Considerando os valores para partículas totais em suspensão e para as partículas inaláveis definidos pelo CONAMA, tem-se que a poeira de coque ultrapassou todos os limites estabelecidos para os padrões de qualidade do ar.

8.4.2 Operações na área de armazenamento

Após o descarregamento dos navios o coque verde de petróleo é transportado pela empresa contratada para realizar seu armazenamento para a área de armazenamento, que possui capacidade de estocagem de 20.000 toneladas (BRASIL, 2008c, v. III, fl. 588). Para o manuseio da carga a empresa contratada para armazenar o produto utiliza pás carregadeiras e para as operações de umectação do coque são utilizados caminhões pipa, que aspergem água sobre as pilhas, que atingem alturas superiores a 6 metros (Figura 21) (BRASIL, 2008c, v. III, fl. 561).

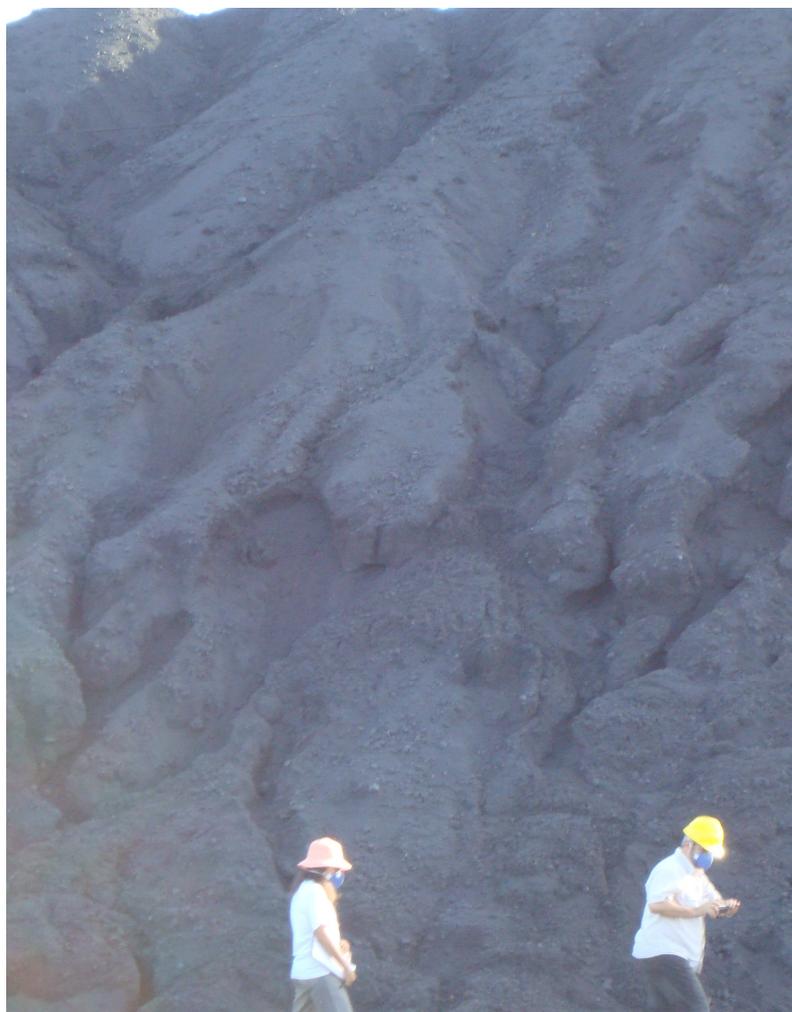


Figura 21 – Pilha de coque verde de petróleo de aproximadamente 9 metros de altura sofrendo efeitos da lixiviação.

Fonte: Gondim (2008h).

A temperatura no centro de pilhas de 300 toneladas de coque verde de petróleo pode chegar a 200°C (AUGOOD; HILDEBRANDT, 1988 apud HEINTZ, 1996), atingindo o ponto de combustão do composto e aumentando o risco de explosão (PETROBRAS, 2009). Existe risco de incêndio ou explosão caso qualquer forma coque seja exposto a calor ou chama, sendo esse risco maior para o coque verde devido ao elevado teor de voláteis (CONCAWE, 1993).

Para diminuir a dispersão do coque no ar é aplicada uma camada de um supressor de poeira fabricado a partir de polímero sintético, que forma uma película protetora sobre as pilhas, reduzindo a ação eólica (BRASIL, 2008c, v. III, fl. 561).

As medidas adotadas para evitar a dispersão do coque revelaram-se ineficientes, uma vez que houve intensa dissipação do pó no entorno da área de armazenamento, atingindo empresas vizinhas. A disposição do coque ao ar livre permite o arraste das poeiras fugitivas pela ação dos ventos. O fato de não existirem barreiras de contenção física para evitar o espalhamento do material particulado contribui para sua distribuição no CIPS, deixando as vias de acesso próximas totalmente cobertas pelo pó (Figura 22).



Figura 22 – Ausência de barreira de contenção de particulados e contaminação do solo pelo lixiviado e pela ação eólica. CIPS, 09/12/2008.
Fonte: Gurgel (2008b).

As operações de umectação, realizadas por caminhões pipa, bem como as chuvas, acabam lixiviando o coque. Devido às características geológicas da área, o lixiviado penetra no solo não impermeabilizado, podendo atingir corpos d'água subterrâneos. A ausência de pisos adequados, sistema de drenagem apropriado, contenção e tratamento de efluentes contribuem para a contaminação do solo, das águas superficiais e das subterrâneas (Figuras 23, 24) (ECEL AMBIENTAL, 2008).



Figura 23 – Lixiviação do coque armazenado em pilhas devido às operações de umectação. CIPS, 16/12/2008. Fonte: Santos (2008c).

Em virtude da ausência de um sistema adequado de tratamento de efluentes líquidos, a água utilizada na umectação das pilhas e na lavagem dos pátios é submetida a um tratamento físico-químico para remoção dos metais pesados e depois reutilizada na aspersão das pilhas ou lançada ao mar. Entretanto, detalhes sobre o processo de remoção de metais do coque verde de petróleo não foram informados pela empresa responsável pelo seu armazenamento (BRASIL, 2008a, v. I, fls. 83-84). Além desse sistema não ser adequado para remoção dos HAP ou do enxofre presentes no coque verde de petróleo, o lançamento das águas no mar não é um método adequado de descarte de efluentes líquidos que trazem em sua composição produtos perigosos. A própria Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

reconhece que esse método polui as águas do mar, sendo necessária a readequação do sistema (BRASIL, 2008a, v. I, fls. 84). A presença de HAP na água é especialmente importante porque esses compostos bioacumulam em tecidos animais, e existe o hábito de consumo de peixes e crustáceos pescados nos arredores do Complexo, a exemplo dos pescadores da Ilha de Tatuoca.



Figura 24 – Contaminação do solo com coque verde de petróleo devido à ação eólica e a lixiviação. CIPS, 09/12/2008.

Fonte: Gurgel (2008c).

A contaminação do solo deve-se tanto à deposição do produto diretamente no solo quanto à dispersão atmosférica do pó e a contaminação em decorrência do lixiviado. Ocorre a contaminação da vegetação e, devido às características do solo, pode haver contaminação do lençol freático.

O coque verde de petróleo, assim como os HAP presentes em sua composição, é resistente à degradação ambiental, sendo a persistência no ambiente possivelmente relacionada à sua baixa solubilidade em água (MESQUITA, 2004 apud COSTA, 2006). Essa persistência no ambiente aumenta o tempo de exposição da população aos contaminantes, favorecendo a intoxicação dos expostos.

Em detrimento dos procedimentos e equipamentos coletivos de proteção pode-se observar a priorização dos EPI. Assim como nas operações de desativação do coque verde de petróleo, as observações em campo permitiram constatar que os EPI fornecidos não eram adequados ou não estavam em uso pelos trabalhadores da empresa, sendo evidenciada a exposição destes ao coque verde de petróleo durante as operações de manuseio do produto através de diferentes vias de exposição, indo de encontro ao preconizado pela NR 6 (BRASIL, 1978b).

Segundo o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) da empresa responsável pelo armazenamento do produto, os EPI fornecidos aos funcionários que trabalham no terminal eram máscara descartável, protetor auricular tipo concha, protetor auricular tipo plug, óculos escuro/incolor, bota com biqueira de aço, luva de vaqueta, luva de algodão e touca, equipamentos esses insuficientes para proteger os trabalhadores da exposição aos HAP (SECURITY MEDICINA E SEGURANCA DO TRABALHO, 2008).

O transporte do coque verde de petróleo para seu destino final, onde o produto será utilizado como matriz energética, é de responsabilidade das empresas importadoras, que contratam transportadoras para este fim. Todavia, o carregamento dos veículos responsáveis pelo transporte do coque é de responsabilidade da empresa responsável pelo seu armazenamento (BRASIL, 2008c, v. III, fl. 562).

O carregamento dos veículos é feito pelos trabalhadores da empresa contratada para o armazenamento do coque, que não fazem uso dos EPI adequados. O coque é transportado em caminhões de caçamba basculante coberta com lona. Na saída da empresa não há sistema de lavagem de pneus, permitindo o carreamento do coque para além da área do porto e retroporto (Figura 25). Várias empresas transportadoras foram listadas pelas importadoras como responsáveis pelo transporte do coque verde até seu destino final. Para realizar o transporte do coque verde de petróleo eram contratadas respectivamente seis e sete empresas pelas importadoras 2 e 3. A importadora 1 não informou quantas transportadoras foram contratadas para realizar o serviço (BRASIL, 2008c, v. III, fl. 588).



Figura 25 – Saída dos caminhões carregados com coque verde de petróleo das dependências da empresa responsável pelo seu armazenamento, onde não há sistema de lavagem de pneus. CIPS, 14/12/2008. Fonte: Gondim (2008i).

Constatou-se que as operações de manuseio do coque no descarregamento dos navios e na área de armazenamento envolveram uma série de irregularidades indicativas de violação de direitos, onde os responsáveis, mesmo cientes da exposição dos trabalhadores e da contaminação ambiental, foram omissos ou adotaram medidas ineficazes para proteção da saúde e do ambiente.

8.5 Indicadores para a vigilância em saúde frente às situações de exposição atuais existentes no Estado de Pernambuco

8.5.1 Sistematização dos dados

A matriz FPEEEA busca sistematizar as principais etapas do processo de geração, exposição e efeitos dos riscos ambientais a partir da estruturação dos determinantes sociais que ocorrem entre o ambiente e a saúde, permitindo uma compreensão sobre como o

crescimento econômico e o ambiente interferem na saúde no caso da exposição ao coque verde de petróleo. A Figura 26 traz a matriz da determinação de efeitos do coque verde de petróleo ao ambiente e à saúde no Estado de Pernambuco.

A matriz foi constituída tomando como base o uso de matrizes energéticas perigosas como força motriz. O modelo de desenvolvimento econômico adotado por Pernambuco, baseado em um crescimento econômico indiscriminado, leva à instalação de processos produtivos perigosos no território, com demanda por matrizes energéticas perigosas. Há um grande número de indústrias “suja” se instalando no território, tais como estaleiros, refinaria de petróleo, uma unidade de beneficiamento de coque, um polo petroquímico, diversas empresas nacionais e multinacionais dos ramos alimentício, automobilístico, farmacêutico e outros empreendimentos de grande potencial poluidor.

A atividade do refino é importante porque no entorno das refinarias localizam-se complexos petroquímicos e químicos que são estreitamente ligados pois utilizam elementos comuns, como manutenção e segurança industrial, utilidades como vapor, água e energia elétrica, etc. Assim sendo, as refinarias funcionam como polos de desenvolvimento industrial.

Esses processos produtivos geram pressões sobre o ambiente, que produzem desigualdades e iniquidades. Grande parte dos empreendimentos instalados ou em fase de implantação no território produz ou baseia-se em matrizes energéticas perigosas, e o modelo de desenvolvimento econômico adotado pelo Estado é gerador de vulnerabilidades institucionais, onde os órgãos e agências governamentais experenciam uma desorganização dos serviços básicos prestados à população. Essas vulnerabilidades relacionam-se ao funcionamento da sociedade em termos das políticas públicas, processos decisórios e das instituições que atuam nos condicionantes estruturais ou pressões dinâmicas que propiciam ou agravam as situações e eventos de riscos (FREITAS et al., 2002).

Tais pressões levam a situações de contaminação dos diversos compartimentos ambientais e à precarização do trabalho, com exposição aos fatores de risco. A contaminação ambiental e precarização do trabalho levam a situações de exposição da população, em especial dos trabalhadores, e do ambiente aos compostos perigosos presentes no coque verde de petróleo, tais como metais pesados, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e material particulado, com ocorrência de desastres e acidentes, inclusive ampliados.

As situações de exposição causam danos à saúde e ao ambiente, com ocorrência de intoxicações agudas e crônicas, tais como carcinogênese, mutagênese, teratogênese, genotoxicidade, neurotoxicidade e ocorrência de lesões, casos de invalidez e mortalidade.

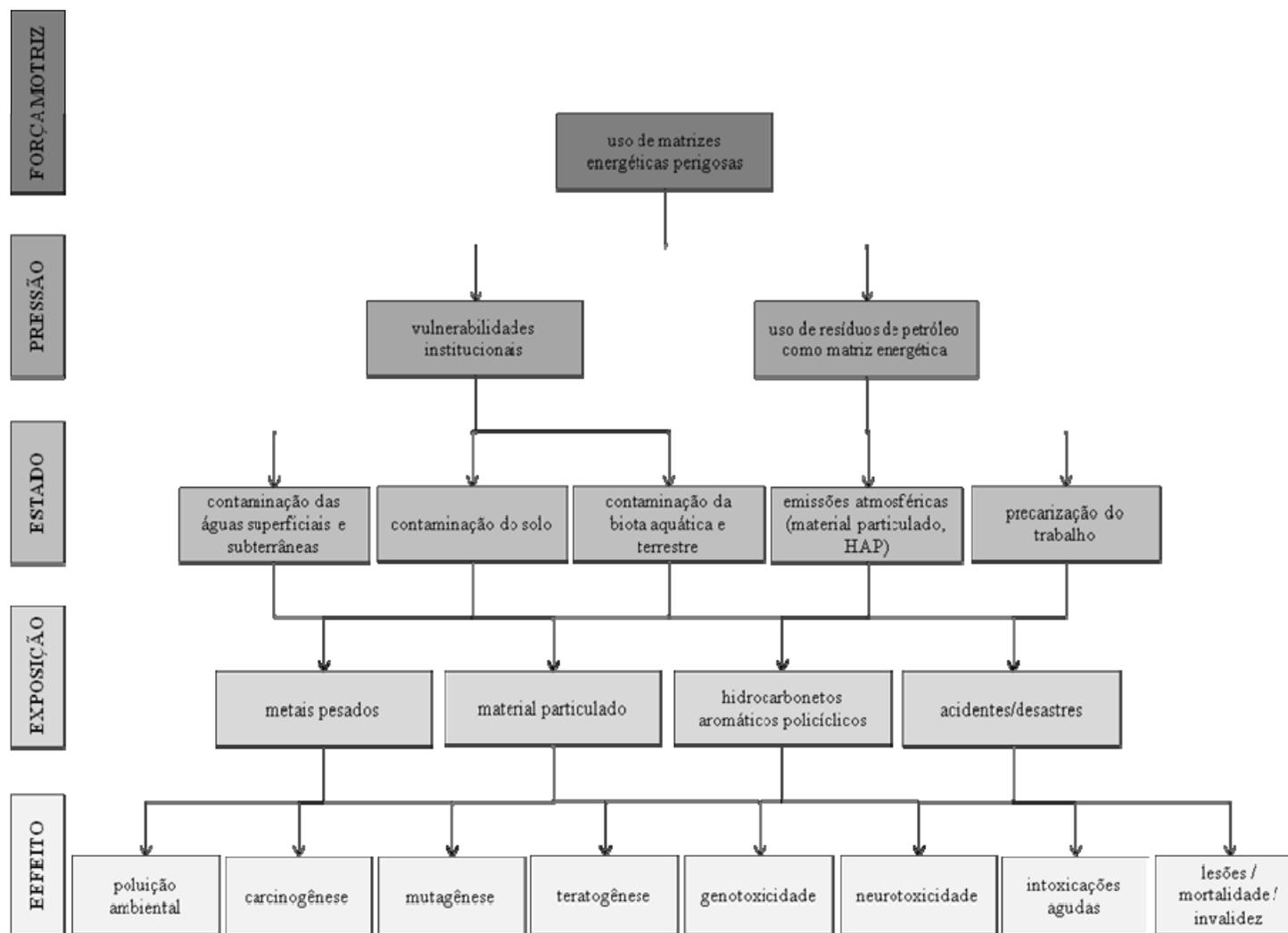


Figura 26 – Matriz FPEEEA da determinação de efeitos do coque verde de petróleo ao ambiente e à saúde no Estado de Pernambuco.
Fonte: Elaboração própria.

Diante da contaminação ambiental e os danos à saúde da população, em especial a dos trabalhadores, tornam-se necessárias estratégias de monitoramento da qualidade ambiental a partir de indicadores de saúde ambiental para evitar o aumento da ocorrência de acidentes e doenças relacionadas ao trabalho. Importam também indicadores biológicos de exposição e de efeito precoces para monitorar a saúde dos trabalhadores expostos (AUGUSTO; FREITAS, 1998; AUGUSTO, 2001, 2002, 2008).

O monitoramento torna-se especialmente importante ao se considerar que foram detectados na área portuária e retroportuária níveis elevados partículas de poeira de coque verde de petróleo por ocasião do caso deste estudo. Destaca-se que não há limites nacionais estabelecidos para a exposição ocupacional ao coque verde de petróleo. Internacionalmente estão estabelecidos limites de exposição ao pó de coque verde de petróleo esperados para qualquer poeira contendo material particulado, não considerando a presença de HAP. Todavia, devido à presença de HAP em sua composição, recomenda-se que sejam adotadas para sua exposição as Normas de Exposição a Materiais Voláteis do Piche de alcatrão de Hulha (CONCAWE, 1993). O limite de exposição atual da OSHA para materiais voláteis de piche de alcatrão de hulha é de $0,2\text{mg}/\text{m}^3$. Para o coque calcinado, em vista do baixo teor de HAP, são adotados os valores de $10\text{mg}/\text{m}^3$ e $5\text{mg}/\text{m}^3$ respectivamente para as frações de poeira inalável e respirável total (CONCAWE, 1993).

O que se observa, entretanto, é que para o coque verde de petróleo são adotados os valores de exposição do coque calcinado, que são muito superiores em virtude do seu baixo teor de HAP contrariando a recomendação de se adotar valores mais restritivos para a exposição ocupacional considerando-se a presença de HAP em sua composição.

Em Suape, ainda que se considerem os valores de exposição para o pó de coque calcinado estabelecidos por diferentes Agências ($10\text{mg}/\text{m}^3$), os limites de ação e tolerância foram ultrapassados. Na área entre contêineres, próxima ao desembarque, a concentração do coque no ar foi de $29,4\text{mg}/\text{m}^3$ e na área do cais e a bordo do navio o nível de ação (NR 9) foi ultrapassado considerando-se o limite de tolerância para exposição ocupacional estabelecido pela American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH). Em razão das elevadas concentrações é provável que as empresas próximas à operação estejam sendo afetadas pelo poluente (FM OCUPACIONAL, 2008).

Com a perspectiva de produção local de coque verde de petróleo o cenário observado é um prenúncio do que virá, uma vez que o projeto de instalação da Refinaria

em Suape prevê a instalação de duas (02) unidades de coqueamento retardado (FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE, 2006c).

8.5.2 Construção de Indicadores

Para cada nível da matriz foram obtidos indicadores capazes de oportunizar de modo simples a geração de informações para a adoção de ações preventivas e de promoção para a vigilância em saúde. É importante destacar que a construção de um sistema de vigilância em saúde requer a aplicação de um modelo que considere os contextos socioambientais em que se localizam os fatores de risco, do monitoramento a partir das bases de dados, a construção de indicadores e da introdução de abordagens qualitativas (AUGUSTO; FLORENCIO; PONTES, 2005).

- Força motriz

No nível das forças motrizes os indicadores tiveram o objetivo de identificar aspectos da adoção de um modelo de crescimento econômico desenvolvimentista, que opta pelo uso de matrizes energéticas perigosas para produção de energia devido ao seu menor custo. Essa força motriz é agregada a um nível de força motriz mais ampla, uma vez que está diretamente relacionada ao modelo de desenvolvimento econômico, e incorpora os indicadores listados no Quadro 17.

Força motriz	Indicador	Fonte
uso de matrizes energéticas perigosas	montante de recursos governamentais destinados para subsidiar o uso de energias limpas	SEPLAN (PPA – orçamento, etc)
	regulação para uso de matrizes energéticas poluidoras	legislação vigente
	montante de recursos governamentais destinados a pesquisas de desenvolvimento de tecnologias para produção de energia limpa	CNPQ, FINEPE, FAP, Fundos setoriais
	preço de mercado	relatórios financeiros

Quadro 17. Indicadores relacionados à força motriz “uso de matrizes energéticas perigosas”.

Fonte: Elaboração própria.

O conjunto de indicadores elencados para este nível da matriz demonstra os incentivos, subsídios governamentais destinados ao custeio de fontes limpas de energia como alternativa às matrizes energéticas perigosas. Sabe-se que esses valores não são elevados, pois há uma tendência mundial de uso de matrizes poluidoras, mais baratas, tecnicamente disponíveis, uma vez que a opção pelo modelo de crescimento econômico favorece o uso dessas matrizes. Soma-se a esse fato a fragilidade do arcabouço jurídico-político nacional e internacional, que favorece o uso de matrizes energéticas perigosas por não regular devidamente seu uso ou mesmo por facilitar a instalação de empreendimentos produtores ou consumidores dessas fontes de energia nos territórios, a exemplo das frágeis Avaliações de Impacto Ambiental (AIA) presentes nos Estudos de Impacto Ambiental (EIA), que fundamentam o licenciamento ambiental no Brasil (BRASIL, 1986, 1997b).

O armazenamento de coque verde de petróleo, por ser uma atividade considerada potencialmente causadora de significativa degradação do meio, depende de prévio estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto sobre o meio ambiente (EIA/RIMA). Por ser um resíduo do processo de refino do petróleo, as atividades envolvendo o coque verde também são passíveis de elaboração de EIA/RIMA (BRASIL, 1986, 1997b). Compete ao órgão ambiental estadual a exigência e aprovação dos estudos ambientais.

- Pressão

Os indicadores elencados para as pressões identificadas podem ser observados nos Quadros 18 e 19. Os indicadores para a pressão “uso de resíduos de petróleo como matriz energética” estão descritos no Quadro 18.

Pressão	Indicador	Fonte
uso de resíduos de petróleo como matriz energética	Volume de coque verde de petróleo importado pelo estado (ton/mês)	administração portuária
	Volume de coque verde de petróleo comercializado segundo tipologia da empresa (ton/mês)	cadastro das empresas importadoras
	Composição do coque verde de petróleo importado (mg/kg para metais pesados e %massa/massa para outros compostos)	CPRH

Quadro 18. Indicadores relacionados à pressão “uso de resíduos de petróleo como matriz energética”.
Fonte: Elaboração própria.

O uso de resíduos de petróleo como o coque como matriz energética está relacionado ao seu baixo preço aliado à sua grande disponibilidade mundial em decorrência da queda da qualidade do petróleo refinado.

Devido aos perigos inerentes à composição do coque verde de petróleo, o seu consumo como matriz energética pode levar à contaminação dos diversos compartimentos ambientais, gerando situações de exposição. Como pode haver a presença de compostos extremamente tóxicos em sua composição, sendo alguns destes carcinogênicos, faz-se necessário monitorar sua composição através de análises do produto consumido no estado, bem como monitorar os volumes importados e quais processos produtivos estão consumindo o coque verde de petróleo como matriz energética, viabilizando a promoção da saúde e a prevenção de agravos.

A realização de análises físico-químicas nas amostras de coque verde de petróleo importado por Pernambuco revelou que o coque importado traz em sua composição, além dos HAP, metais pesados considerados carcinogênicos para humanos, tais como níquel, bem como prováveis carcinógenos para humanos tais como o cromo, além de outros metais não carcinogênicos que causam danos à saúde e ao ambiente. Também estavam acima dos valores de referência metais pesados como o Ferro (5073,5mg/kg, amostra 1), cujos valores normais variam entre 50 e 2000mg/kg e o Boro (938 mg/kg na amostra 1; 1054,9 mg/kg na amostra 2 e 404,88 mg/kg na amostra 3), com valores normais variando entre 0,1 e 5,0 mg/kg. Destaca-se que metais como chumbo, arsênio e mercúrio são extremamente tóxicos, e que para compostos carcinogênicos por exemplo não existe linearidade dose-resposta. Deve ainda considerar a exposição crônica dos trabalhadores aos compostos presentes na composição do coque, bem como a bioacumulação dos metais pesados e HAP (Quadro 19).

Pode-se observar a partir dos dados apresentados nas três amostras analisadas um teor médio de enxofre, o que acarreta em um aumento na formação de gases tóxicos. Também foi evidenciado um percentual elevado de cinzas, muito acima dos valores típicos estabelecidos na literatura. A Norma Técnica da Agência Ambiental Pernambucana estabelece um percentual de cinzas variável entre 0,1-0,8% da composição típica do coque (AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HIDRICOS, 2004), enquanto que em Suape, na amostra do navio 3, esse valor foi de 58,07%. Um elevado teor de cinzas é prejudicial no processo de queima do coque, pois as cinzas consomem calor e ocupam espaço dentro dos fornos.

Normalmente o teor de cinzas é inversamente proporcional ao índice de combustão (ASSIS, 2008).

Deve-se considerar ainda que indivíduos susceptíveis exibem respostas diferentes ou mais acentuadas a uma determinada substância química do que a maioria das pessoas expostas ao mesmo nível da substância no meio ambiente (AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS, 2004).

Ensaio	Resultado			Unidade
	Navio 1	Navio 2	Navio3	
Carbono (C)	90,43	90,55	88,12	% massa/massa
Hidrogênio (H)	3,41	3,61	3,75	% massa/massa
Enxofre (S)	3,83	3,84	4,42	% massa/massa
Umidade	9,1	8,67	7,3	% massa/massa
Cinzas	12,3	34,05	58,07	% massa/massa
Ferro Total (Fe)	5073,5	< 173,6	58,07	mg/kg
Boro Total (B)	938	1054,9	404,88	mg/kg
Vanádio (V)	733,09	531,07	463,58	mg/kg
Níquel Total (Ni)	136,88	207,76	178,61	mg/kg
Mercúrio Total (Hg)	< 0,034	< 173,6	< 0,032	mg/kg
Chumbo Total (Pb)	240,53	202,24	46,3	mg/kg
Cromo Total (Cr)	506,93	432,29	432,29	mg/kg
Cobalto (Co)	< 176,53	< 190,08	< 179,58	mg/kg
Arsênio Total (As)	< 1,01	< 0,95	< 0,97	mg/kg
Selênio Total (Se)	< 1,01	< 0,95	< 0,97	mg/kg
Cádmio (Cd)	< 3,53	< 3,47	< 3,59	mg/kg
Manganês Total (Mn)	93,6	31,74	53,86	mg/kg

Quadro 19 – Composição de três amostras distintas de coque verde de petróleo descarregado no CIPS-PE. Fonte: Brasil (2008a), v. I, fls. 21-26.

Em relação às vulnerabilidades institucionais, as deficiências na atuação dos órgãos e instituições envolvidas nas questões ambientais e de saúde no caso do armazenamento irregular de coque verde de petróleo no CIPS evidenciaram as fragilidades das instituições públicas e privadas responsáveis pelas operações envolvendo o coque verde de petróleo (Quadro 18).

Os indicadores selecionados para este nível permitem analisar, dentre outros aspectos, compromisso das autoridades com o enfrentamento do problema; as ações efetivamente propostas e implantadas, a integração dos programas e ações desenvolvidos nos diferentes setores e a sintonia entre programas implantados e as aspirações da sociedade a partir do planejamento e gerenciamento de ações integradas,

da realização de ações de monitoramento/vigilância, da proposição de ações/exigências e do monitoramento do cumprimento das proposições/exigências.

Pressão	Indicador	Fonte
vulnerabilidades institucionais	liberação anual de licenças ambientais para atividades envolvendo o coque verde de petróleo	CPRH
	monitoramento periódico da qualidade do ar, da água e do solo	CPRH
	realização de fiscalizações periódicas	termo de inspeção - Órgãos públicos
	número de fiscais	gestão de Pessoas - Órgãos públicos
	monitoramento do cumprimento das exigências	relatórios/termos de inspeção
	incluir nos instrumentos de planejamento, gestão e avaliação ações de promoção, proteção e cuidado da saúde das populações vulneráveis	instrumentos de gestão
	realização de ações intersetoriais e integradas entre os Órgãos, administração portuária e empresas envolvidas, com participação do controle social	atas de reunião/relatórios

Quadro 20 – Indicadores relacionados à pressão “vulnerabilidades institucionais”.

Fonte: Elaboração própria.

Atualmente são realizadas no Estado atividades envolvendo o coque verde de petróleo que não possuem a licença de operação (LO) emitida pelo órgão Ambiental, exigência para empreendimentos utilizadores dos recursos naturais considerados efetiva ou potencialmente poluidores, ou que possam causar, sob qualquer forma, degradação ambiental, como exemplifica o caso do armazenamento irregular do coque verde de petróleo no CIPS (PERNAMBUCO, 2003a). Apesar de a situação ser de conhecimento do Órgão Ambiental Estadual, responsável pela Gestão ambiental e de recursos hídricos no Estado, a LO não foi emitida pela Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH). No caso em tela, a LO nº 160/2007 emitida pelo órgão fiscalizador ambiental foi concedida apenas para operar no armazenamento e embarque de minério de ferro, sem haver qualquer menção a operações envolvendo o coque. No ano de 2007, na solicitação de Renovação de Licença Ambiental, processo nº 11925/2007, a Agência Ambiental Estadual constatou que “a empresa estava operando também no armazenamento de coque de petróleo sem comunicar à CPRH”. A LO 371/2007 foi liberada com as exigências necessárias para operar com o coque de petróleo, mas segundo o órgão

ambiental “a empresa não cumpriu com as exigências contidas na mesma” (BRASIL, 2008a, v. I, fl. 83). Portanto, a empresa operava irregularmente no CIPS desde o ano de 2007, uma vez que não tinha autorização ambiental para armazenar o coque de petróleo, situação que era de conhecimento do órgão ambiental estadual.

Essa informação, presente em Relatório de Vistoria da CPRH, vai de encontro à afirmação da empresa junto à PRT de que o armazenamento do coque em suas dependências teve início somente em fevereiro de 2008 (BRASIL, 2008a, v. I, fl. 73). Também contradiz a declaração da própria representante do Órgão Ambiental durante audiência realizada em 04 de dezembro de 2008, que informou que a CPRH só tomou conhecimento do armazenamento do coque de petróleo em fiscalização promovida no mês de fevereiro de 2008 (BRASIL, 2008a, v. I, fl. 72).

Após constatação da irregularidade no armazenamento o órgão ambiental exigiu à empresa adequações necessárias para emitir a licença de operação definitiva, porém a CPRH constatou em vistoria realizada em junho de 2008 que as exigências feitas no ano anterior não foram cumpridas. Não houve exigência de elaboração de EIA/RIMA, apesar da natureza da atividade realizada com o coque verde de petróleo no CIPS exigir tal medida de acordo com a legislação ambiental.

Também não é realizado o monitoramento periódico da qualidade do ar, da água e do solo em Suape, apesar da grande quantidade de empreendimentos potencialmente poluidores instalados ou em fase de instalação no território. Uma empresa no entorno do empreendimento somente analisou a qualidade do ar em relação à dispersão do pó de coque verde de petróleo mediante a pressão imposta pelo sindicato dos trabalhadores da categoria que vinham sofrendo com problemas respiratórios em decorrência da inalação de poeiras fugitivas, não sendo uma ação rotineira dos empreendimentos instalados no Complexo. Em relação às fiscalizações, a falta de estrutura e profissionais para realização destas atividades, bem como a ausência de ações interinstitucionais se apresentaram como grandes dificultadores da atuação das instituições envolvidas.

Essas fragilidades favoreceram o descumprimento de diversas leis, desde a Constituição Federal às Normas Regulamentadoras do Trabalho – NR. Não foi assegurado aos expostos o “direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida” nem a “defesa do ambiente” ou o “direito à saúde”, garantidos na Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988). O artigo 225, V, da Constituição Federal; o artigo 10 da Lei Federal nº 6.938/81; Decreto nº 99.274/90 e as Resoluções CONAMA nº 001/86, 009/87 e 237/97 não foram

cumpridas, pois não houve “a prévia concessão de licenciamento ambiental pelo órgão competente, sendo indispensáveis para o licenciamento a elaboração, apresentação e aprovação de estudo prévio de impacto ambiental e do relatório correspondente” para a “construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais considerados potencialmente poluidores, bem como capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental”.

As condições de trabalho impediram a garantia da saúde segundo definição constante na Lei nº 8.080, no seu Art. 3º que dispõe que “a saúde tem como fatores determinantes e condicionantes, entre outros, a alimentação, a moradia, o saneamento básico, o meio ambiente, o trabalho, a renda, a educação, o transporte, o lazer e o acesso aos bens e serviços essenciais: os níveis de saúde da população expressam a organização social e econômica do país” (BRASIL, 1990b).

Considerando que o coque verde de petróleo possui componentes tóxicos, perigosos e inflamáveis que o enquadram na categoria de resíduos perigosos de que trata a Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos e Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito, ratificada pelo Brasil através do Decreto nº 875, de 19 de julho de 1993 tampouco foi considerada, uma vez que: não foi obedecido o princípio estabelecido de que “os movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos do Estado gerador para qualquer outro Estado devem ser permitidos apenas quando realizados em condições que não ameacem a saúde humana e o meio ambiente”, nem foram exigidas pelo Estado informações que definissem claramente “os efeitos desse movimento sobre a saúde humana e o meio ambiente”, bem como impedissem “a importação de resíduos perigosos se tiver razões para crer que os resíduos em questão não serão administrados de forma ambientalmente saudável”.

Em relação às NR do Ministério do Trabalho pode-se perceber que vários itens não foram cumpridos. O conteúdo da NR 1 – Disposições Gerais não foi obedecido por todos os envolvidos nas operações de manuseio do coque verde de petróleo em Suape. Quanto ao item 1.7.b, as empresas deveriam emitir Ordens de Serviço aos trabalhadores, orientando-os quanto aos riscos aos quais estão expostos, a partir de sua presença em ambiente reconhecido como insalubre. Em relação ao item 1.7.b.VI, as empresas deveriam adotar medidas para eliminar ou neutralizar os riscos. Quanto ao item 1.7.c, incisos I e II, os trabalhadores deveriam ser informados pelas contratantes quanto aos riscos aos quais os mesmos se encontram expostos e os meios para prevenir e limitar tais riscos (BRASIL, 1978a).

Para NR 6, que trata do Equipamento de Proteção Individual – EPI, constatou-se que a Entidade Portuária, o Operador portuário e a empresa responsável pelo seu armazenamento não forneceram os EPI necessários à neutralização da poeira, tampouco protegeram os trabalhadores dos outros compostos que fazem parte da constituição do coque verde. Percebeu-se ainda que os EPI que foram fornecidos a alguns trabalhadores não eram utilizados apropriadamente, indicando que as empresas não promoveram o treinamento obrigatório previsto pela NR 06 quanto ao uso correto dos EPI (BRASIL, 1978b).

No que se refere a NR 09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, igualmente observa-se para todos os envolvidos que não foram cumpridos diversos itens. Entre eles destacam-se: 1. O reconhecimento de riscos ambientais, conforme item 9.3.3 e subitens “a” (identificação do risco), “b” (determinação e localização de sua fonte geradora), “c” (identificação de possíveis trajetórias e dos meios de propagação do agente no ambiente), “d” (identificação dos trabalhadores expostos), “e” (a caracterização do tipo de atividade e do tipo de exposição) e “g” (possíveis danos à saúde relacionados aos riscos identificados) e; 2. A adoção de medidas de controle, dentre elas, aquelas previstas no item 9.3.5.4.b (utilização de equipamento de proteção individual) e no item 9.3.5.5, que abrange: “a” (seleção de EPI adequado tecnicamente ao risco a que o trabalhador está exposto); “c” (estabelecimento de normas ou procedimentos internos para promover o fornecimento, uso, guarda, higienização, conservação, manutenção e reposição dos EPI) e finalmente “d” (caracterização das funções ou atividades dos trabalhadores com a respectiva identificação dos EPI utilizados frente aos riscos ambientais) (BRASIL, 1978c; ECEL AMBIENTAL, 2008).

No que diz respeito à caracterização de insalubridade, o coque verde de petróleo apresenta em sua composição Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos, alguns destes enquadrados no Anexo 13 da NR 15 – Atividades e Operações Insalubres, tais como o antraceno e o benzo(a)pireno. As operações envolvendo ambos os compostos são enquadradas como insalubres em grau máximo em virtude do potencial carcinogênico (BRASIL, 1978c; ECEL AMBIENTAL, 2008).

No que se refere à NR 24, não houve a garantia de 01 (um) chuveiro para cada 10 (dez) trabalhadores nas condições especificadas no item 24.1.12 da NR-24, a garantia aos trabalhadores da contratada de condições de conforto e higiene por ocasião das refeições segundo item 24.6.1.1, nem foram providos locais apropriados para

vestiário com armários individuais, observada a separação por sexo. Segundo item 24.2.1 (BRASIL, 2008b, v. II, fls. 283-85).

Em relação a NR 29 – Segurança e Saúde no Trabalho Portuário, a administração do porto organizado não assegurou aos trabalhadores condições suficientes de conforto para as refeições em local que atenda aos requisitos de limpeza, arejamento, iluminação e fornecimento de água potável de acordo com o disposto na NR 24 – Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho. (BRASIL, 1993c).

Todo esse contexto de vulnerabilidade institucional levou inclusive a que o 1º Juizado Especial da cidade do Cabo de Santo Agostinho, emitisse uma liminar deferindo o atracamento e descarregamento de um navio carregado de coque verde de petróleo, após o Ministério Público do Trabalho da 6ª Região ter recomendado o não descarregamento da carga. O mandado de segurança alega que:

A empresa impetrante não teve qualquer tempo hábil para a modificação de sua rota ou contratação de outra empresa em outro Porto para receber e armazenar a sua carga. Percebe-se pela documentação apresentada que a empresa responsável pela descarga do coque tem licença ambiental expedida pelo CPRH ainda válida e que noticia que seus funcionários utilizam-se dos EPI's no momento do manuseio do produto (BRASIL, 2008b, v. II, fl. 357).

Isto posto, DEFIRO A SEGURANÇA requerida pela autora 1) determinando a suspensão do Of. Gab DP nº 893/08 para autorizar a atracação e descarga de 20.000 (vinte mil) toneladas de coque devendo ser armazenado junto à empresa [...]; 2) Intimem-se as autoridades coatoras para prestarem as devidas informações; 3) Oficie-se ao Complexo Industrial Portuário Gov. Eraldo Gueiros da presente decisão a fim de cumpri-la em sua íntegra; 4) após, expeça-se notificação as autoridades coatoras para cumprir determinado e prestarem as informações no prazo legal (BRASIL, 2008b, v. II, fl. 358).

- Estado

Os quadros 21 e 22 trazem os indicadores relacionados ao nível “estado da matriz.

O quadro 21 aponta os indicadores relacionados à contaminação dos compartimentos ambientais. A contaminação do ar, das águas, do solo e da biota aquática e terrestre decorre das pressões geradas pelo uso de matrizes energéticas perigosas. Os indicadores propostos tem o objetivo de monitorar a emissão dos poluentes na fonte geradora, uma vez que o monitoramento ambiental da poluição no CIPS não seria específico para o coque verde de petróleo, dada a gama de atividades implementadas no território que produzem os mesmos compostos que fazem parte da composição do coque verde de petróleo.

Estado	Indicador	Fonte
contaminação dos compartimentos ambientais	existência de medidas de engenharia para controle da poluição	CPRH/ANVISA/empresa
	monitorar as fontes emissoras	CPRH/ANVISA/empresa
	monitorar os processos produtivos	CPRH/ANVISA/empresa

Quadro 21 – Indicadores relacionados à contaminação dos compartimentos ambientais.
Fonte: Elaboração própria.

O quadro 22 traz os indicadores relacionados ao estado “precarização do trabalho”. Além dos trabalhadores da empresa responsável pelo armazenamento do coque verde de petróleo em Suape, os operadores portuários e aqueles que trabalham no transporte do produto para seu destino final estão expostos ao coque durante suas atividades laborais, além daqueles que trabalham em outras atividades mas estão expostos ao coque verde de petróleo devido à dispersão ambiental do produto.

Estado	Indicador	Fonte
Precarização do trabalho	existência de trabalhadores terceirizados para execução de trabalhos perigosos	SRTE/MPT/empresa contratante
	contratação de mão de obra sem qualificação técnica	SRTE/MPT
	existência de treinamentos, capacitações para os trabalhadores	Instituições/Órgãos Públicos
	baixos salários	SRTE/MPT/empresa
	quantidade de horas extra trabalhadas	SRTE/MPT
	condições de higiene (refeitório, sanitários, uniformes, armários)	SRTE/MPT/ANVISA/empresa
	existência de controle médico para os riscos específicos	SRTE/MPT/ANVISA/empresa
	existência de programa de controle ambiental para os riscos específicos	SRTE/MPT/ANVISA/empresa

Quadro 22 – Indicadores relacionados ao estado “precarização do trabalho”
Fonte: Elaboração própria.

Por apresentar em sua composição compostos perigosos, as operações envolvendo o coque verde de petróleo não devem ser realizadas por trabalhadores pouco qualificados, em situações de vínculo precárias. A legislação trabalhista deve ser cumprida e a saúde e o ambiente devem ser permanentemente monitorados para evitar a contaminação ambiental e prejuízos à saúde dos trabalhadores.

- Exposição

A dispersão do coque verde de petróleo leva à contaminação dos compartimentos ambientais e conseqüente exposição dos trabalhadores e população do entorno. Dada a composição do coque verde de petróleo, os maiores problemas estão relacionados aos HAP e metais pesados, além do risco da ocorrência de acidentes e desastres ampliados devido principalmente às propriedades explosivas do produto (Quadro 23).

Exposição	Indicadores	Fonte
Exposição a particulados/ HAP/ metais pesados/ acidentes e desastres	concentração de poeira	CPRH/ empresas
	tamanho dos particulados	CPRH/empresas
	composição do coque	CPRH/empresas
	existência de medidas de controle da dispersão do coque	CPRH/ empresas

Quadro 23 – Indicadores relacionados à exposição aos materiais particulados, HAP, metais pesados e ocorrência de acidentes/desastres

Fonte: Elaboração própria.

Nesse caso deve-se verificar a composição do coque verde de petróleo em decorrência de suas propriedades tóxicas, bem como a concentração da poeira no ar em decorrência da sua ação mecânica, especialmente nos pulmões. Também é importante avaliar o tamanho do material particulado para avaliar a inalação e a respiração da poeira. Para evitar danos ao ambiente e à saúde é fundamental a existência de medidas de controle da dispersão do coque verde de petróleo.

Ainda, existem vários indicadores biológicos de exposição que podem ser determinados no caso de exposição ao coque verde de petróleo. Segundo a NR-7 e a Portaria nº 34, de 20 de dezembro de 2001, existem indicadores para monitorar a exposição ao benzeno, arsênico, cádmio, chumbo, cromo, mercúrio e níquel. Estes também podem ser utilizados para fins de fiscalização para monitorar os expostos (BRASIL, 1978d, 2001).

- Efeito

A exposição ao coque verde de petróleo leva a uma série de efeitos negativos sobre o ambiente e, conseqüentemente, sobre a saúde (Quadro 24).

Efeito	Indicador	Fonte
Efeitos à saúde	distribuição das consultas agendadas para pneumologia no período de 01 ano (sexo, faixa etária e ocupação)	SIAB, SIA
	taxa de internação por doenças do aparelho respiratório	SIH
	distribuição da mortalidade por problemas respiratórios em trabalhadores no período de 01 ano (ocupação)	SIM
	distribuição das consultas agendadas para dermatologia no período de 01 ano (sexo, faixa etária e ocupação)	SIAB, SIA
	taxa de atendimento ambulatorial de doenças dermatológicas	SIH
	taxa de incidência de acidentes graves de trabalho notificados no SINAN e ou Previdência (segundo CID, ocupação, sexo e faixa etária)	SINAN NET, MTE
	distribuição das consultas agendadas para oftalmologia no período de 01 ano (sexo, faixa etária e ocupação)	SIAB, SIA
	prevalência de câncer (de acordo com sítio)	SINAN NET, MTE
	número de abortos/malformações congênicas	SIH

Quadro 24 – Indicadores relacionados os efeitos à saúde em decorrência da exposição ao coque verde de petróleo.

Fonte: Elaboração própria.

Em relação às intoxicações agudas, os indicadores propostos objetivam levantar os problemas relacionados aos problemas respiratórios, irritações dérmicas e oculares entre os expostos. Em relação à toxicidade crônica, destaca-se o monitoramento da ocorrência de cânceres devido à presença de HAP e metais pesados na composição do coque verde de petróleo. Destaca-se que, como existe a exposição potencial a carcinógenos, a exposição ao coque verde e outros coques deve ser evitada (CONCAWE, 1993). A produção de coque também é carcinogênica para o homem (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 1984, 1987).

Exames para detectar alterações precoces, ao nível de DNA, bem como utilizar indicadores ambientais, mais restritivos, são também importantes estratégias para detectar efeitos precoces à saúde. A limitação dos estudos para detecção de alterações precoces geralmente está relacionada à difícil aplicação em estudos de massa, à dificuldade de sua execução e aos valores elevados. Em caso de exposição a carcinógenos/mutagênicos podem ser realizadas a análise citogenética, estudos de mutagenicidade (micronúcleo) (GIRALDO, 1991).

É importante não descaracterizar situação de risco mediante a exposição a baixas concentrações dos compostos presentes no coque, visto a não existência de linearidade dose-resposta para carcinógenos. Segundo a Fundacentro (apud GIRALDO, 1991), o monitoramento ambiental de hidrocarbonetos presta para avaliar a eficiência das medidas de higiene adotadas, não servindo isoladamente para garantir a inexistência de risco à saúde, devendo a vigilância corresponder a um conjunto de ações integradas.

Portanto, a construção de indicadores para a vigilância em saúde é dinâmica, e pode mudar à medida que novas exigências vão surgindo.

8.6 Conclusões do processo

Ao final do processo a diretoria de Suape reconheceu os danos ambientais causados pelo coque e determinou que o produto não poderia mais ser armazenado no Porto e nem ser descarregado diretamente na plataforma dos cais:

A diretoria da empresa Suape [...] decidiu não mais autorizar, a partir de 01 de janeiro de 2009, a armazenagem de coque de petróleo em seu pátio público situado na retro área do Cais 1 do porto interno, tendo em vista os problemas ambientais gerados por esse produto em sua operação portuária. [...] não sendo mais permitida a descarga de qualquer granel sólido diretamente na plataforma dos cais públicos do porto (BRASIL, 2008c, v. III, fls. 558; 566).

Igualmente, o Ministério Público do Trabalho recomendou a Suape que não fosse admitida a descarga, o transbordo, o depósito, o manuseio, o processamento e o transporte de coque de petróleo no âmbito do Porto de Suape, na sua área principal ou em área de extensão, sem que toda a atividade desenvolvida com coque de petróleo esteja devidamente licenciada pelo Órgão Estadual do Meio Ambiente mediante estudo prévio de impacto ambiental, onde tenham sido considerados, dentre os demais fatores indispensáveis, medidas de contenção da dispersão do coque, armazenamento adequado, impactos à saúde e ao ambiente, a proteção dos trabalhadores, o transporte adequado do produto do depósito para os consumidores e a observância da legislação vigente.

Diante dessas questões, a empresa responsável pelo armazenamento do coque verde de petróleo decidiu encerrar as operações envolvendo o produto a partir de janeiro de 2009 (BRASIL, 2008a, v. I, fl. 73). Todavia, nenhuma medida para avaliar a

contaminação ambiental ou visando o monitoramento da saúde dos expostos foi adotada por parte dos envolvidos. Muitos dos compostos em questão são persistentes, bioacumulam e possuem efeitos crônicos de longo prazo, sendo necessário o acompanhamento dos expostos, o que não foi o caso. A empresa responsável pelo armazenamento do coque verde de petróleo argumentou que:

[...] mostra-se impossível a realização de exames médicos os trabalhadores do porto de Suape, pois os mesmos laboram em diversas atividades para outras companhias, inclusive com derivados de petróleo, o que impossibilita eventual identificação dos produtos e empresas responsáveis pelo alegado problemas.

Deve-se levar em consideração, ainda, que por se tratar de conseqüências provenientes de combinações complexas de hidrocarbonetos, impossível qualquer análise sem o criterioso exame das propriedades físico-químicas de todas as substâncias manipuladas diretamente pelos trabalhadores, e por outros próximos, bem como as diversas variantes em que todos esses produtos são submetidos.

Adite-se a estas questões que referidos trabalhadores podem ter em seu histórico, por pouco ou por muito tempo, o manuseio e contato com diversos contaminantes presentes no produto em análise, coque verde de petróleo, o que é bastante lógico pela atividade que desempenham (BRASIL, 2008a, v. I, fl. 533).

Desse modo a empresa eximiu-se de responsabilidade diante do problema, tentando descaracterizar o nexos causal e não tomando qualquer iniciativa para prevenção de agravos por parte dos seus trabalhadores ou de quaisquer expostos, finalizando sua argumentação com a afirmativa de que mesmo eventual indicação positiva nos exames não poderia, por si só, responsabilizar a empresa e que a realização de exames nos trabalhadores por parte da empresa seria “medida extremamente injusta e inconclusiva”.

Com esses argumentos o Inquérito foi encerrado, sem que houvesse qualquer medida corretiva, de promoção da saúde, prevenção de agravos ou mesmo penalidades aplicadas aos responsáveis pela contaminação ambiental e exposição dos trabalhadores no Complexo Industrial Portuário de Suape.

9. CONCLUSÕES

O coque verde de petróleo é um resíduo perigoso que vem sendo rotineiramente utilizado com matriz energética em todo o mundo devido ao seu baixo preço e grande disponibilidade. Demonstrando que é uma matriz energética em expansão, outras atividades econômicas têm substituído suas fontes de combustível pelo coque verde de petróleo. Como exemplos de atividades que fazem uso do coque de petróleo descarregado em Suape tem-se a fabricação de artefatos de tapeçaria, a tecelagem de fios de algodão e a fabricação de produtos químicos inorgânicos, além da produção de cimento, cerâmica e gesso.

No Brasil o Estado vem sendo continuamente desestruturado, tornando-se incapaz de controlar e prevenir os problemas de origem química, caracterizando uma vulnerabilidade institucional. Este quadro é agravado pelo fato de determinados grupos sociais estarem sendo expostos a substâncias químicas em situações sociais e ambientais precárias, caracterizando uma vulnerabilidade populacional.

Em Pernambuco o uso do coque verde de petróleo é feito em um contexto sócio-ambiental e produtivo de vulnerabilidades sociais e institucionais, com grande potencial de causar danos à saúde dos trabalhadores e da população devido ao seu consumo em diversas cadeias produtivas no Estado, bem como diante da perspectiva de produção local do produto frente à instalação de uma refinaria de petróleo e uma unidade de beneficiamento de coque em Suape.

Destaca-se que atualmente não há nenhuma ação de vigilância da saúde dos trabalhadores e da população no entorno das empresas que se utilizam dessa matriz energética tóxica no Estado. Existe a necessidade de avaliar o impacto na saúde em decorrência dos vapores gerados pela queima do coque em Pernambuco, acionando a Vigilância em função dos agravos decorrentes da exposição a esse produto.

Em Suape, as atividades envolvendo o coque verde de petróleo vinham operando sem qualquer equipamento ou sistema de controle de poluentes, cujas emissões vêm causando prejuízos aos diversos compartimentos ambientais (ar, água e solo), do local de operação e seu entorno, justificando a necessidade de estudos hidrogeológico e hidrogeoquímico completos, bem como estudo das águas e sedimentos do terminal marítimo. No tocante à poluição atmosférica, há a necessidade de monitoramento

contínuo, através de estações medidoras da qualidade do ar, em especial para o parâmetro de poeiras inaláveis.

As instalações do terminal provocam poluição e riscos ao ambiente e à saúde, ensejando o surgimento de problemas à população de entorno e urbanísticos ao município, uma vez que o coque de petróleo é material sólido, em pequenos grãos, gerador de poeira fina, de modo que sua dispersão é intensa, não se limitando ao terreno da empresa responsável pelo seu armazenamento.

Na área do cais de atracação de navios, a movimentação do coque de petróleo é feita de forma que permite a queda do material no estuário, contaminando a área e, por consequência, a fauna e flora, gerando o risco de contaminação da população que venha a pescar no local, por consumo de peixes e outros animais contaminados.

No entorno do terminal não há cinturão verde, facilitando a dispersão das poeiras. O terminal não conta com sistema de drenagem, bacia de contenção da área de armazenamento do coque de petróleo, nem estação de tratamento de efluentes líquidos, sistema de recuperação de poeiras, permitindo a infiltração de poeiras e efluentes no solo (ECEL AMBIENTAL, 2008).

Para expressar relações entre ambiente e saúde no contexto do armazenamento irregular do coque verde de petróleo em Suape, de modo a subsidiar os processos de definição de estratégias de prevenção e controle de riscos, bem como de promoção da saúde, com base em resultados de estudos epidemiológicos que demonstram os efeitos dos danos ambientais à saúde humana, foram propostos indicadores a partir da construção da Matriz FPEEEA ou Matriz de Corvalán (AUGUSTO; BRANCO, 2003; CORVALÁN, 1996; OLIVEIRA, 2010; OLIVEIRA; FARIA, 2008; SAMAJA, 2000).

A Matriz buscou sistematizar as principais etapas do processo de geração, exposição e efeitos dos riscos ambientais, tornando possível elencar os principais problemas de saúde que envolvem o trabalhador envolvido nas operações com o coque verde de petróleo em Suape e identificando o conjunto de condicionantes de situações de risco. Foram propostos indicadores em todos os níveis da Matriz, oferecendo uma visão global que permite aos gestores públicos conhecer as relações que perpassam a saúde e o ambiente, dando suporte para implementação de processos decisórios, políticas públicas e práticas de gerenciamento de riscos que beneficiem a saúde do trabalhador.

No caso em questão ficou evidenciada a contaminação ambiental por coque verde de petróleo no Complexo Industrial Portuário de Suape, com exposição dos

trabalhadores envolvidos nas operações de desestiva, armazenamento e transporte do produto, além dos trabalhadores de empresas vizinhas ao local de armazenamento do coque verde.

Os estudos disponíveis na literatura científica sobre o coque verde de petróleo exploram fundamentalmente os danos à saúde provocados pela emissão de vapores oriundos da queima do produto. Ao se tratar da exposição ao composto in natura há uma tendência de considerar apenas a ação mecânica do pó, impondo-se limites de exposição comuns a poeiras, independente de sua composição. Todavia, fazem parte da composição do coque compostos tais como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e metais pesados, que causam prejuízos ao ambiente e à saúde humana, causando efeitos de curto e longo prazo.

Importa saber que muitos dos estudos experimentais aportados nas agências regulatórias internacionais constataram problemas nos olhos, pele e pulmões em decorrência da exposição ao coque verde de petróleo em estado sólido, tais como cromodacriorréia, aumentos na n-acetilglicosaminidase, proteína total, contagem total de células, de neutrófilos e de linfócitos, descoloração dos pulmões e dos linfonodos parabrônquiais, inflamação, aumentos estatisticamente significantes nos pesos absolutos e relativos de pulmões e traquéia, nódulos, esclerose pulmonar, metaplasia escamosa alveolar, cistos de queratina, acumulações leves a moderadas, contendo coque, nos macrófagos alveolares, linfonodos torácicos e no tecido linfóide paratraqueal, queda de pelo, incidência de acantose e hiperqueratose e ocorrência de tumores mamários (HUNTINGDON LIFE SCIENCES, 1999 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000; INTERNATIONAL RESEARCH AND DEVELOPMENT CORPORATION 1985, apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000; KLONNE; BURNS; HALDER; HOLDSWORTH; ULRICH, 1987 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000; WINGATE; HEPLER, 1982 apud AMERICAN PETOLEUM INSTITUTE, 2000).

Vários estudos experimentais disponíveis revelaram a ocorrência de aberrações cromossômicas, clastogênese, ocorrência de colônias mutantes e mutações após a exposição ao coque verde de petróleo (CONCAWE, 1993; HAZLETON LABORATORIES OF AMERICA, INC., 1981 apud AMERICAN PETOLEUM INSTITUTE, 2000; GULF RESEARCH & DEVELOPMENT CO., 1980 apud AMERICAN PETOLEUM INSTITUTE, 2000). Entretanto, a maioria dos estudos experimentais que relataram a ocorrência de efeitos crônicos ao nível de DNA tais como

mutagênese, bem como carcinogênese, em geral foram descartados sob diferentes alegações.

No estudo realizado para avaliar a ocorrência de mutações, as frequências de mutação espontânea e induzida foram consideradas dentro dos limites aceitáveis (GULF RESEARCH & DEVELOPMENT CO., 1980 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000; HAZLETON LABORATORIES OF AMERICA, INC., 1981 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000). Um estudo foi considerado inválido para avaliação do potencial clastogênico, apesar da observação de mutações, sob a alegação de que as lâminas foram inconsistentemente lidas. Entretanto, o estudo foi considerado válido pela American Petroleum Institute para outros parâmetros onde não houve diferenças estatisticamente significantes entre os grupos teste e controle (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000). Outro estudo foi considerado não mutagênico apesar da presença de colônias mutantes (HAZLETON LABORATORIES OF AMERICA, INC., 1981 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000; GULF RESEARCH & DEVELOPMENT CO., 1980 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000).

Ainda, para a genotoxicidade, deve-se considerar que ensaios bacterianos padrão são insensíveis para petroderivados, o que pode justificar os resultados negativos em estudos padrão (BLACKBURN et al., 1984; 1986). Em ensaios modificados de mutagenicidade, o coque teve resultado positivo para mutagenicidade (DALBEY et al., 1998 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000; JONGENELEN et al., 1989 apud AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000).

Em relação à carcinogenicidade, deve-se considerar que quando uma substância é considerada carcinogênica ou potencialmente carcinogênica, uma única molécula pode induzir o câncer. Como não existe dose de exposição segura, considera-se que toda a população está potencialmente exposta ao risco de câncer. Assim, para toda substância carcinogênica há risco de desenvolver câncer para toda dose diferente de zero. Como não há linearidade na relação dose-resposta, uma vez que é possível que uma única exposição seja suficiente para desencadear alterações que dão origem aos cânceres, impõe-se o Princípio da Precaução (AUGUSTO, 2009a).

Deve-se ressaltar também que o cálculo da dose de exposição constitui apenas mais um parâmetro para a tomada de decisões, não devendo ser o fator primordial determinante destas últimas. A escuta da comunidade, a análise da toxicidade do composto químico, em especial seu potencial genotóxico, a consideração em relação às

variabilidades individuais e aos grupos populacionais susceptíveis, a análise das condições de vulnerabilidade socioambiental devem ser fatores discutidos para a decisão final.

Segundo Tarlau (1990 apud GIRALDO, 1991) existem poucos dados epidemiológicos de toxicidade crônica para a maioria dos produtos químicos, e mesmo quando o dado existe, geralmente não se sabe os efeitos químicos em uma série de sistemas do organismo humano, tais como o sistema endócrino, imunológico, nervoso, reprodutor e outros. Sem tais informações não se pode garantir a proteção do trabalhador, ao que se propõe o fim da utilização dos limites de exposição ocupacional em função de que nenhum limite é confiável e a adoção de novos procedimentos na prática do controle da exposição ocupacional através da observação dos próprios trabalhadores (TARLAU, 1990 apud GIRALDO, 1991).

Diante da possibilidade de danos irreversíveis à saúde e ao ambiente, mesmo na ausência de provas científicas suficientes quanto aos danos potenciais, ao invés de continuar produzindo e manipulando o produto até que se prove que ele é danoso, como ocorre na atualidade, a aplicação do Princípio da Precaução coloca a necessidade de parar a produção e o manuseio até que se desenvolvam conhecimentos suficientes sobre a inocuidade do produto (AUGUSTO; FREITAS, 1998).

A aplicação do Princípio da Precaução envolve não só o reconhecimento e a exposição das inerentes incertezas no que diz respeito aos eventuais efeitos das substâncias químicas sobre os seres humanos e o ambiente, mas também a admissão de nossa ignorância em relação ao problema e à indeterminância. A complexidade e uma série de limites e incertezas quanto às avaliações técnicas de riscos ampliam-se quando levamos em conta que os processos saúde-doença ligados à exposição a substâncias químicas envolvem interações não-lineares de aspectos biológicos, psicológicos e sociais que são altamente acoplados, possibilitando múltiplas e inesperadas interações, as quais se tornam, muitas vezes, incompreensíveis e invisíveis aos seres humanos a curto prazo. Junto a isto temos ainda que considerar o número e a diversidade de espécies de seres vivos que, por vezes, apresentam grande variabilidade genética, além das diferenças entre as composições químicas de solos, águas e atmosferas em ambientes específicos, que contribuem para aumentar a complexidade do problema e as incertezas a seu respeito (WYNNE, 1992 apud AUGUSTO; FREITAS, 1998).

Finalmente, o novo cenário industrial do Estado vai exigir um sistema de vigilância à saúde articulado intersetorialmente, com participação e fortalecimento das

organizações sociais, capaz de atuar sobre os riscos e evitar o adoecimento dos trabalhadores e das populações vulneráveis. Essas ações de vigilância devem ser guiadas pelo Princípio da Precaução, entendido como o reconhecimento antecipado dos riscos e contextos nocivos à saúde, ou seja, a intervenção deve ocorrer antes do acontecimento de eventos nocivos e não apenas agir sobre esses, enfatizando a promoção da saúde e a prevenção de riscos, evitando assim a exposição dos trabalhadores e da população em geral a compostos perigosos (AUGUSTO; FREITAS, 1998; GURGEL et al., 2009; LIEBER, 2008).

A partir do conhecimento das cadeias produtivas que utilizam o coque verde de petróleo no Estado e dos contextos em que estas se inserem é possível superar as vulnerabilidades existentes como estratégia para a promoção da saúde, prevenção de agravos e vigilância em saúde do trabalhador do SUS.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE PERNAMBUCO. **Projetos estruturadores**. Recife, 2010. Disponível em: <http://www.addiper.pe.gov.br/projetos_estruturadoresPE.php#poloPetro>. Acesso em: 23 jun. 2010.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE PERNAMBUCO. **Regiões de Desenvolvimento de Pernambuco**. Recife, 2011. Disponível em: <http://www.addiper.pe.gov.br/site/page.php?page_id=26>. Acesso em: 21 mar. 2011.

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (Pernambuco). **Norma CPRH nº 1.007**. Condições para utilização de Coque Verde de Petróleo - CVP como Combustível em Fornos e Caldeiras. 7 p. 2004. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/norma-CPRH-N-1-007.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2009.

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (Pernambuco). **O setor ceramista e o meio ambiente: guia prático para o licenciamento ambiental**. Recife: CPRH, 2010, 17p. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/cartilha%20caramistas;0419;20101123.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2011.

AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO. **Território Estratégico de Suape** – Diretrizes para uma ocupação sustentável. Recife, 2006. 65 p.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (França). **Key world energy statistics: from the IEA**. Paris, 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2. ed. Brasília, 2005. 243 p. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf>. Acesso em: 28 maio 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Rio de Janeiro, 2009. 218 p. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?dw=14162>>. Acesso em: 12 jun. 2010.

AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS (Rio de Janeiro). **Avaliação de risco à saúde humana por metais pesados no município de Santo Amaro da Purificação**,

Bahia. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em:
<http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/resumo_executivo_sto_amaro.pdf>.
Acesso em: 23 mar. 2011.

AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS. **Estudos de avaliação de risco por resíduos perigosos no condomínio Barão de Mauá** - Município de Mauá - São Paulo. Relatório. I – Introdução. 141 p. 2004. Disponível em:
<http://www.acpo.org.br/barao_de_maua/cgvam_%20barao_maua/parte1_maua.pdf>.
Acesso em: 23 mar. 2011.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (Estados Unidos). **Petroleum coke category analysis and hazard characterization.** Washington, DC, EU, 2007.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (Estados Unidos). **Petroleum coke.** Washington, DC, EU, 2000.

AMORIM, L. et al. Saúde Ambiental nas Cidades. In: GT SAUDE E AMBIENTE DA ABRASCO (Coord.) **Caderno de Texto: 1ª Conferência Nacional de Saúde Ambiental.** Rio de Janeiro: ABRASCO, 2009, p. 30-34.

AUGUSTO, L. G. S. (Org.) **Saúde do trabalhador e sustentabilidade do desenvolvimento humano local.** Recife: Editora Universitária da UFPE, 2009c, 354 p.

AUGUSTO, L. G. S. **Estudo longitudinal e morfológico (medula óssea) em pacientes com neutropenia secundária à exposição ocupacional crônica ao benzeno.** 1991. Dissertação (Mestrado em Medicina Interna) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

AUGUSTO, L. G. S. et al. (Org.). **Pesquisa (ação) em saúde ambiental: contexto, complexidade – compromisso social.** 2 ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. 170 p.

AUGUSTO, L. G. S. et al. Abordagens Integradas para Vigilância em Saúde Ambiental: a experiência da chapada do Araripe. In: BARCELLOS, B. (Org.). **Território, Ambiente e Saúde.** Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz, 2008. p. 23-42.

AUGUSTO, L. G. S. Exposição a solventes clorados e o princípio da precaução. In: AUGUSTO, L. G. S. (Org.) **Saúde do trabalhador e sustentabilidade do desenvolvimento humano local.** 1. ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2009d, p. 47-75.

AUGUSTO, L. G. S. Exposição ao benzeno em misturas aromáticas: uma história modelo. In: Augusto, L. G. S. (Org.). **Saúde do trabalhador e sustentabilidade do**

desenvolvimento humano local. 1. ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2009a, p. 25-46.

AUGUSTO, L. G. S. Inter-relações entre a Saúde Ambiental, a Saúde do Trabalhador e a Atenção Básica de Saúde no SUS. In: GT SAUDE E AMBIENTE DA ABRASCO (Coord.) **Caderno de Texto: 1ª Conferência Nacional de Saúde Ambiental.** Rio de Janeiro: ABRASCO, 2009, p. 105-108.

AUGUSTO, L. G. S.; BRANCO, A. Política de informação em saúde ambiental. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 150-157, 2003.

AUGUSTO, L. G. S.; FLORÊNCIO, L.; PONTES, C. A. A. Uma nova compreensão da causalidade e dos métodos de investigação em Saúde Ambiental. In: Augusto, L. G. S.; Florêncio, L.; Carneiro, R. M. (Org.). **Pesquisa(ação) em Saúde Ambiental: Contexto, Complexidade, Compromisso Social.** 2 ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005, p. 19 - 27.

AUGUSTO, L. G. S.; FREITAS, C. M. O Princípio da Precaução no uso de indicadores de riscos químicos ambientais em saúde do trabalhador. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 85-95, 1998.

AUGUSTO, L. G. S.; MOISES, M. Conceito de Ambiente e suas Implicações para a Saúde. In: GT Saúde e Ambiente da ABRASCO (Coord.) **Caderno de Texto: 1ª Conferência Nacional de Saúde Ambiental.** Brasília: ABRASCO, 2009, p. 20-24.

AUGUSTO, L. G. S. A construção de indicadores em saúde ambiental: desafios conceituais. In: MINAYO, M. C.; MIRANDA, A. C.; (Org.). **Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós.** Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz, 2002. p. 291-312.

BARNETT, J. M.; MCGOWAN, J. J.; GENTRY, G. A. Arabinosylthymine: suppressor of hamster immunoglobulin M formation during primary immune response. **Infection and Immunity**, Washington, v. 28, n. 1 p. 160-162, 1980.

BERNARDO, S. **Trabalhadores em manifestação exigindo providências quanto à dispersão do coque verde de petróleo no CIPS.** Ipojuca, 2008. 1 fotografia color.

BLACKBURN, G. R., DEITCH, R. A., SCHREINER, C. A., MACKERER, C. R. Predicting carcinogenicity of petroleum distillation fractions using a modified *Salmonella* mutagenicity assay. **Cell Biology and Toxicology**, Princeton, NJ, v. 2, n.1, p. 63-84, 1986.

BLACKBURN, G. R.; DEITCH, R. A.; SCHREINER, C. A.; MEHLMAN, M. A.; MACKERER, C. R. Estimation of the dermal carcinogenic activity of petroleum

fractions using a modified Ames assay. **Cell Biology and Toxicology**, Princeton, NJ, v. 1 n. 1, p. 67-80, 1984.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constitui%0E7ao.htm>. Acesso em: 24 jul. 2008.

BRASIL. Decreto nº 875, de 19 de julho de 1993. Promulga o texto da Convenção sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 jul. 1993a, p. 10050. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/rodoviarior/Basileia.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2010.

BRASIL. Lei nº 8630, de 25 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias e dá outras providências. (LEI DOS PORTOS). **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 26 fev. 1993b, p. 2351. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L8630.htm>>. Acesso em: 21 mar. 2011.

BRASIL. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.). **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 09 jan. 1997a, p. 470. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 15 mar. 2011.

BRASIL. Lei nº 8080, de 19 de setembro de 1990. Lei Orgânica da Saúde. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 set. 1990b. Disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/42/1990/8080.htm>>. Acesso em: 21 mar. 2011

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância Ambiental em Saúde: Textos de Epidemiologia**. Brasília: Ministério da Saúde, 2004a. 132 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos). Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/editora/produtos/livros/pdf/04_0177_M.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2011.

BRASIL. MINISTERIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 29** – Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho Portuário. Portaria SSST nº 53, de 17 de dezembro de 1997. Brasília, 1997c. Disponível em:

<http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_29.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2011.

BRASIL. MINISTERIO DO TRABALHO E EMPREGO. Secretaria de Inspeção do Trabalho. Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho. **Portaria nº 34, de 20 de dezembro de 2001**. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/portaria-n-34-de-20-12-2001.htm>>. Acesso em 18 mar. 2011.

BRASIL. MINISTERIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR-07** – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. 1978. Brasília, 1978d. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_07_at.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2011.

BRASIL. MINISTERIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR -01** – Disposições gerais, de 8 de junho de 1978. Brasília, 1978a. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_01_at.pdf>. Acesso: 20 mar. 2011.

BRASIL. MINISTERIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR-06** – Equipamentos de proteção individual – EPI, de 8 de junho de 1978. Brasília, 1978b. <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_06.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2011.

BRASIL. MINISTERIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR-09** – Programa de prevenção de riscos ambientais, de 8 de maio de 1978. Brasília, 1978c. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/portarias/1994/p_19941229_25.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. Procuradoria da República na Paraíba. **Termo de compromisso de ajustamento de conduta (TCAC) visando contribuir para viabilizar a gestão ambientalmente adequada do produto residual derivado da refinação do petróleo, coque de petróleo – petcoke, no Porto de Cabedelo e adjacências**. Paraíba, 30 mar. 2004. 2004b. 12 p. Disponível em: <http://4ccr.pgr.mpf.gov.br/atuacao-do-mpf/tac-procedimentos/docs_tacs/integra_tacs/TAC%20POLUICaO%20-%20PETCOKE.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2010

BRASIL. **Portaria SSST nº 13, de 17 de setembro de 1993**. Brasília, 1993c. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/Empregador/PAT/Legislacao/Conteudo/PORTARIA_SSST_N_13_DE_17_DE_SETEMBRO_DE_1993.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2011.

BRASIL. PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO DA 6ª REGIÃO – PRT6. **Inquérito Civil Público n 717/2008**. Recife, v. I, 2008a.

BRASIL. PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO DA 6ª REGIÃO – PRT6. **Inquérito Civil Público n 717/2008**. Recife, v. II, 2008b.

BRASIL. PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO DA 6ª REGIÃO – PRT6. **Inquérito Civil Público n 717/2008**. Recife, v. III, 2008c.

BRASIL. PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO DA 6ª REGIÃO – PRT6. **Inquérito Civil Público n 717/2008**. Recife, v. IV, 2008d.

BRASIL. PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO DA 6ª REGIÃO – PRT6. **Inquérito Civil Público n 717/2008**. Recife, v. V, 2008e.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990**. Brasília, 1990.
<<http://www.ibram.df.gov.br/sites/400/406/00002049.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2011.

CABRAL, S. N. S. **Construção de uma linha de base para leucemia linfocítica aguda nos municípios estratégicos para a refinaria de Suape**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Faculdade de Ciências Médicas, Recife, 2010.

CAMARGO, M.; KOBAYOSHI, M.; CARVALHO, M. F. H. Produção de coque de petróleo e sua estratégia de negociação. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru. **Anais...** Disponível em:
<http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/288.pdf>. Acesso em: 30 maio 2010.

CANADIAN CENTRE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY. **Dangerous Properties of Industrial Materials**. Toronto, CA: Van Nostrand Reinold, 6. ed. 1984.

CARVALHO, R. L.; ASSIS, P. C. L. **Coque verde de petróleo: uma visão geral sobre qualidade, produção no Brasil e exterior e suas aplicações**. 2007. Disponível em:
<<http://www2.petrobras.com.br/minisite/premiotecnologia/pdf/carbono2007.pdf>>. Acesso em: 30 de maio 2010.

CASALE, G. P.; VENNERTSTROM, J. L.; BAVARI, S.; WANG, T. L. Inhibition of Interleukin 2 Driven Proliferation of Mouse CTLL2 Cells, By Selected Carbamate and Organophosphate Insecticides and Conengers of Carbaryl. **Immunopharmacology and Immunotoxicology**, New York, v. 15, n. 2-3, p. 199-215, 1993.

CHAKRADEO, P. P. et al. Effect of benzo(a)pireno and methyl(acetoxymethyl)nitrosamine on thymidine uptake and induction of aryl hydrocarbon hydroxylase activity in human fetal esophageal cells in culture. **Cellular Biology International**, Amsterdã, v. 17, n. 7, p. 671-676, 1993.

COIMBRA, A. G. **Distribuição de metais pesados em moluscos e sedimentos nos manguezais de Coroa Grande e da Enseada das Garças, Baía de Sepetiba – RJ.** 2003. 71 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <http://www.bdt.dndc.uff.br/tde_arquivos/8/TDE-2005-01-20T15:23:53Z-57/Publico/Andrea%20Gracio%20Coimbra%20%20Dissertacao%20UFF.pdf>. Acesso em: 12 jun 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Poluentes.** 2001. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp#hidro>. Acesso em: 29 abr. 2010.

COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUARIO DE SUAPE: **Plano de desenvolvimento e zoneamento: Aprovado pela deliberação nº16/94b.** 2006. Disponível em: <http://www.suape.pe.gov.br/complexo_suape.asp>. Acesso em: 15 fev. 2008.

CONCAWE. **Dossiê de produto nº 93/105.** Bruxelas, out. 1993.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986.** Brasília, 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 21 mar. 2011.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução CONAMA nº 237 de 19 de dezembro de 1997.** Brasília, 1997b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução CONAMA nº 313 de 30 de fevereiro de 2002** – Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Disponível em: <www.sisleg.com.br>. Acesso em: 18 mar. 2011.

COOPERATIVE EXTENSION UNIVERSITY OF CALIFORNIA. **Environmental Toxicology Newsletter**, New York, v. 4, n. 3, 1984. Disponível em: <http://extoxnet.orst.edu/newsletters/n43_84.htm>. Acesso em: 11 abr. 2010.

CORVALÁN, C. et al. Development of Environmental Health Indicators. In: **Linkage methods for environment and health analysis.** General guidelines. Genebra: UNEP: USEPA: OMS, 1996.

COSTA, M. J. C. **Tratamento biológico de efluentes de lava-jato.** 2006. 100 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2006. Disponível em:

<http://bdtd.uepb.edu.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=72>. Acesso em: 18 mar. 2011.

DIAS, E. C. As Relações Produção/Consumo, Saúde e Ambiente na Atenção Primária à Saúde do SUS. In: GT SAUDE E AMBIENTE DA ABRASCO (Coord.) **Caderno de Texto**: 1ª Conferência Nacional de Saúde Ambiental. Rio de Janeiro: ABRASCO, 2009, p. 109-115.

ECEL AMBIENTAL. **Laudo Técnico** – MHAG Mineração – Suape. Santos, dez. 2008. 16p.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **U.S. refinery and blender net production of petroleum coke**. EIA, 2009. Disponível em: <<http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=MCKRPUS1&f=A>>. Acesso em: 13 jun. 2010.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Estados Unidos). **Acid rain**. Washington, DC, 2007a. Disponível em: <<http://www.epa.gov/acidrain/what/index.html>>. Acesso em: 12 jun. 2010.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Estados Unidos). **Acid rain**. Washington, DC, 2007b. Disponível em: <<http://www.epa.gov/acidrain/effects/index.html>>. Acesso em: 12 jun. 2010.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Estados Unidos). **Integrated Risk Information System (IRIS) on Coke Oven Emissions**. Washington, DC, 1994. Disponível em: <<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~FqlCI:1>>. Acesso em: 12 jun. 2010.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Estados Unidos). **Integrated Risk Information System**. Washington, DC, 2011. Disponível em: <<http://www.epa.gov/iris/>>. Acesso em: 12 mar. 2011.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Estados Unidos). **Petroleum coke test plan**. Washington, DC, 2000, 13 p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/chemrtk/pubs/summaries/ptrlcoke/c12563tp.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2010.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Estados Unidos). **Risk Assessment for Carcinogens**. Washington, DC, 2007c. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ttn/atw/toxsource/carcinogens.html>>. Acesso em: 12 jun. 2010.

ESTUDO de Impacto Ambiental do Terminal de Combustíveis da Paraíba. Cabedelo, 2004. Disponível em: <http://www.sudema.pb.gov.br/arq/estudos_ambientais/tecop_-_3602-03/Rima/Cap_2.doc>. Acesso em: 18 fev. 2011.

EUROPEAN COMMISSION. **IUCLID Datasheet – Coke (petroleum)**. 2000. Disponível em: <http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/existing-chemicals/IUCLID/data_sheets/71432.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2011..

FARIA, A. E. **Sistema pneumático de secagem de grãos com gerenciamento termodinâmico do processo**. 2009. 124 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.

FILHO, S. J. Q. **Minimização de resíduos de pós de carbono na UCAR Produtos de carbono S.A., em Candeias – BA**. 2005. 138 p. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

FM OCUPACIONAL. Relatório de Avaliação de Exposição Ocupacional a Poeiras. Nov. 2008. In: **BRASIL**. PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO DA 6ª REGIÃO – PRT6. Inquérito Civil Publico n 717/2008. Recife, 2008a. V. I.

FRANÇA, J. M. **Reflexão sobre os cenários de risco do coque verde de petróleo: perspectivas para a vigilância em Suape**. 2010. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Saúde Pública) – Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Recife, 2010.

FREITAS, C. M. et al . Segurança química, saúde e ambiente: perspectivas para a governança no contexto brasileiro. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, Feb. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2002000100025&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 17 maio 2011.

FREITAS, C. M.; PORTO, M. F. S.; MACHADO, J. M. H. **Acidentes Industriais ampliados: Desafios e perspectivas para o controle e a prevenção**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2000, 316 p.

FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE. **Estudo de Impacto Ambiental Refinaria do Nordeste** – Abreu e Lima, Recife, 2006a. V. IV.

FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE. **Estudo de Impacto Ambiental Refinaria do Nordeste** – Abreu e Lima, Recife, 2006b. V. II.

FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE. **Estudo de Impacto Ambiental Refinaria do Nordeste** – Abreu e Lima,, Recife, 2006c. V. I.

GALINDO, E.; MACEDO, N. Transporte e Saúde Ambiental. In: GT SAUDE E AMBIENTE DA ABRASCO (Coord.) **Caderno de Texto**: 1ª Conferência Nacional de Saúde Ambiental., Rio de Janeiro, 2009, p. 59-62.

GAMA GASES. **Dióxido de enxofre**. Revisão 3, 07 de jul. de 2005. Disponível em: <<http://www.higieneocupacional.com.br/download/dioxido-gama.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2010.

GARCEZ, N. **TECOP atende mercado nordestino**. 2007. Disponível em: <http://www.tecop.com.br/produtos/revista_fisco_pb.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2011.

GEOCONSULT (Fortaleza). **Estudo de Impacto Ambiental**: Projeto Grande Moinho Tambaú (Porto de Cabedelo, Cabedelo – Paraíba). Fortaleza, nov. 2003. Disponível em: <http://www.sudema.pb.gov.br/arq/estudos_ambientais/moinho_dias_branco_-_3505-03/1_Eia/Vol._1_-_Tomo_B/00_Sum_Vol_1_-_Tomo_B.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2010.

GODOI, M. **Petrobras destinará R\$ 50 bi por ano a indústrias do País**. DCI - Comércio, Indústria & Serviços, 2010. Disponível em: <http://www.dci.com.br/noticia.asp?id_editoria=1&id_noticia=331494>. Acesso em: 23 jun. 2010.

GONDIM, A. F. E. **Pilha de coque verde de petróleo de aproximadamente 9 metros de altura sofrendo efeitos da lixiviação**. Ipojuca, 2008h. 1 fotografica color.

GONDIM, A. F. E. **Poluição da água do mar em decorrência da dispersão do coque verde de petróleo durante o descarregamento de navio**. Ipojuca, 2008c. 1 fotografica color.

GONDIM, A. F. E. **Saída dos caminhões carregados com coque verde de petróleo das dependências da empresa responsável pelo seu armazenamento, onde não há sistema de lavagem de pneus**. Ipojuca, 2008i. 1 fotografica color.

GONDIM, A. F. E. **Sistema de desestiva do coque verde de petróleo de navio em sistema aberto, com dispersão do pó no entorno**. Ipojuca, 2008a. 1 fotografica color.

GONDIM, A. F. E. **Trabalhador fazendo refeição no cais 1 durante desestiva de navio carregado com coque verde de petróleo**. Ipojuca, 2008e. 1 fotografica color.

GONDIM, A. F. E. **Trabalhador na área de descarregamento do coque sem EPI adequados. Detalhe para cigarro na mão esquerda**. Ipojuca, 2008d. 1 fotografica color.

GONDIM, A. F. E. **Trabalhador portuário usando inapropriadamente EPI inadequados para exposição ao coque verde de petróleo nas operações de desestiva.** Ipojuca, 2008g. 1 fotografica color.

GONDIM, A. F. E. **Trabalhadores fazendo refeição em área improvisada do cais 1 durante desestiva de navio carregado com coque verde de petróleo.** Ipojuca, 2008f. 1 fotografica color.

GONDIM, A. F. E. **Transferência do coque dos navios para a área portuária com utilização de lonas improvisadas na tentativa de reduzir o espalhamento do produto.** Ipojuca, 2008b. 1 fotografica color.

GREAT LAKES CARBON CORPORATION (Estados Unidos). **Annual Report.** Washington, DC, 1997. Disponível em: <http://google.brand.edgar-online.com/EFX_dll/EDGARpro.dll?FetchFilingHTML1?ID=1390734&SessionID=ADoWHCg1k6TEkA7>. Acesso em: 16 fev. 2011.

GUARDA, A. Refinaria reforçará o caixa da Compesa. **Jornal do Comercio**, Recife, 24 set. 2009. Caderno Infraestrutura.

GUERRA, S. M. S. **Cartografia geológico-geotécnica de áreas costeiras: o exemplo de Suape – PE.** 1998. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 1998.

GURGEL, A. M. **Atividade de pesca na ilha de Tatuoca, em área de mangue.** Ipojuca, 2009c. 1 fotografia color.

GURGEL, A. M. **Ausência de barreira de contenção de particulados e contaminação do solo pelo lixiviado e pela ação eólica.** Ipojuca, 2008b. 1 fotografia color.

GURGEL, A. M. **Contaminação do solo com coque verde de petróleo devido à ação eólica e a lixiviação.** Ipojuca, 2008c. 1 fotografia color.

GURGEL, A. M. **Coque verde de petróleo.** Ipojuca, 2008a. 1 fotografia color.

GURGEL, A. M. et al. Framework dos cenários de risco no contexto da implantação de uma refinaria de petróleo em Pernambuco. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 14, p. 2027-2038, 2009a. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232009000600010&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 11 abr. 2010.

GURGEL, A. M. Framework dos cenários de risco no contexto da implantação de uma refinaria de petróleo em Pernambuco. 2009. Monografia (Residência Multiprofissional em Saúde Coletiva) – Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Recife, 2009b.

HEINTZ, E. A. The characterization of petroleum coke. **Carbon**, v. 34, n. 6, p. 699-709, 1996.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (Estados Unidos). **Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–100**. Última atualização 13 abr. 2011. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2011.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (Estados Unidos). **Coke production**, sup. 7, 1987. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/iarc/suppl7/cokeproduction.html>>. Acesso em: 15 abr. 2010.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (Estados Unidos). **Coke production**, v. 34, 1984. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/iarc/vol34/cokeproduction.html>>. Acesso em: 15 abr. 2010.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (Estados Unidos). **Monographs: Coke Production**, v. 34, p. 101-131, 1998. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol34/volume34.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2010.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (Estados Unidos). **Monographs: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**. Lion, Drance, 2006. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Preamble/CurrentPreamble.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2010. 25 p.

JACQUES, R. J. S.; BENTO, F. M.; CAMARGO, F. A. O. Biodegradação de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. **Ciência e Natura**, Cascavel, v. 29, n. 1, p. 7-24, 2007.

JOHNSEN, A. R. et al. Principles of microbial PAH-degradation in soil. **Environmental Pollution**, Oxford, v. 133, n. 1, p. 71-84, 2005.

KIM, S. Y. et al. Chromosomal aberrations in workers exposed to low levels of benzene: association with genetic polymorphisms. **Pharmacogenetics**, London, v. 14, n. 7, p. 453-463, 2004.

KUO, T. **Oportunidade de negócios**: Suape: Complexo Industrial Portuário Gov. Eraldo Gueiros. Secretaria de Desenvolvimento Econômico Pernambuco. 2008. Powerpoint.

LEE, J. M. et al. 214th ACS National Meeting, Las Vegas, **Preprints of Symposia, Division of Fuel Chemistry**, v. 42, n. 3, p. 844-853, 1997.

LEE, J. M. et al. Characterization of green and calcined coke properties used for aluminum anode-grade carbon. **Runners**, v. 43, n. 2, p. 271-277, 1998. Disponível em: <http://www.anl.gov/PCS/acsfuel/preprint%20archive/Files/43_2_DALLAS_03-98_0271.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2011.

LEFF, H. **Saber Ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade e poder. Rio de Janeiro: Vozes/PNUMA, 2001. 343 p.

LIEBER, R. R. **Teoria e Metateoria na Investigação da Causalidade**. 1998. 328 p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

LIMA, E. L. R.; LOPES, J. P. Avaliação dos níveis de cádmio em material aquático do complexo hidrelétrico de Paulo Afonso. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, São Luís, v. 2, n. 2, p. 30-36, 2005. Disponível em: <<http://www.engenhariadepesca.uema.br/docs/2.2.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2011.

LUNA, D. **ANP anuncia megacampo de petróleo no pré-sal da bacia de Santos**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://g1.globo.com/politica/noticia/2010/05/anp-anuncia-megacampo-de-petroleo-no-pre-sal-da-bacia-de-santos.html>>. Acesso em: 23 jun. 2010.

MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELLA, W.; BOLLMANN, H. A. (Org). **Indicadores ambientais**: conceitos e aplicações. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2001. 285 p.

MARIANO, J. B. **Impactos ambientais do refino de petróleo**. 216 p. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MESKO, M. F. **Determinação de halogênios em carvão, coque petroquímico e alimentos após combustão iniciada por microondas**. 2008. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maira, 2008.

MIRANDA et al. **Estudo do meio físico do município de Ipojuca – PE – Hidrogeologia**. Recife: Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região

Metropolitana do Recife – Projeto SINGRE. Recife, v. 2, 1999. 34 p. Série Recursos Hídricos.

MONTEIRO, R. T. R. **Principais processos poluidores** - ecossistemas terrestres, aquáticos e atmosféricos . São Paulo: Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP, 2005. Mimeografado.

MORAES, A. S. Geoestatística aplicada a geoquímica ambiental no estudo da qualidade dos sedimentos do Rio Tatuoca, Complexo Industrial Portuário de Suape. In: **Coleção Teses e Dissertações**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2009. 122 p.

MOREIRA, H. M.; GIOMETTI, A. B. R. Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de projetos em energia limpa. **Contexto Internacional**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-85292008000100001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 jun. 2010.

NASCIMENTO, L. F. C.; MOREIRA, D. A. Are environmental pollutants risk factors for low birth weight? **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 8, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2009000800015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 03 jun. 2010.

NETTO, G. F. et al. Por um Movimento Nacional Ecosanitário. In: GT SAUDE E AMBIENTE DA ABRASCO (Coord.) **Caderno de Texto: 1ª Conferência Nacional de Saúde Ambiental**. Rio de Janeiro: ABRASCO, 2009, p. 7-19.

OLIVEIRA, M.L.C.; FARIA, S. C. Indicadores de saúde ambiental na formulação e avaliação de políticas de desenvolvimento sustentável. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo, v. 1, n. 11, p. 16-22, 2008.

OLIVEIRA, S. Meio ambiente, saneamento e saúde: alguns indicadores. In: ZHOURI, A.; LASCHEFSKI, K.; (Org.). **Desenvolvimento e conflitos ambientais**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2010. p.329-350.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAUDE. **621. Sulfur dioxide and sulfites**. 2008. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v21je15.htm>>. Acesso em: 03 jun. 2010.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAUDE. **Environmental health criteria 202: Selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons**. Geneva, 1998. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc202.htm>>. Acesso em: 30 maio 2010. 403 p.

PEDROZO, M. F. M.; BARBOSA, E. M.; CORSEUIL, H. X. SCHNEIDER, M. R.; LINHARES, M. M. **Ecotoxicologia e avaliação de risco do petróleo. Salvador : Centro de Recursos Ambientais, 2002. 246 p. Cadernos de referência ambiental ; v. 12.**

PEREIRA, J. S. F. **Determinação de cloreto por cromatografia de íons em petróleo extrapesado, coque e resíduo de vácuo após decomposição em sistema fechado por combustão iniciada por microondas.** 2007. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

PERNAMBUCO. **Lei complementar nº 49, de 31 de janeiro de 2003a.** Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/LC%20049-2003;2101;20100811.pdf> . Acesso em: 21 mar.2011.

PERNAMBUCO. **Lei nº 12427 de 25 de setembro de 2003.** 2003b. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/internet/interacao/orcamento/ppa/ppa_2004_2007_pernambuco.pdf> . Acesso em: 20 de mar. 2011.

PETROBRAS. **[Coque verde de petróleo].** 2009. Disponível em: <http://www.br.com.br/wps/portal/!ut/p/c0/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N_P293QwP_sABXAYO_UPcgf-MgYwMLI_2CbEdFAPSWpx0!/?PC_7_9O1ONKG10OVPE02NUGRO3R3000_WCM_CONTEXT=/wps/wcm/connect/portal+de+conteudo/Produtos/Para+Industrias+e+termetricas/CoqueVerdedePetroleo/>. Acesso em: 30 maio 2010.

PETROBRAS. **Ficha de informação de segurança de produto químico (FISPQ): coque verde de petróleo.** Brasil, 2004. 05 p. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/be234180433865848aa2be5c087026f5/fispq-comb-solidos-coque-verde.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=be234180433865848aa2be5c087026f5>>. Acesso em: 14 jun. 2010

PETROBRAS. **Planejamento de investimentos estratégicos:** Petroquímica. Rio de Janeiro, 2003.

PETROBRAS. **Plano de Negócios 2010-2014.** 2010b. Disponível em: <http://www2.petrobras.com.br/ri/pdf/webcast-plano-negocios-2010-2014_port.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2010.

PETROBRAS. **Pré-sal:** Perguntas e respostas. 2010a. Disponível em: <<http://www2.petrobras.com.br/presal/perguntas-respostas/>>. Acesso em: 23 de jun. 2010.

PINTO, T. C. N. O.; SILVA, M. C. E. S. P. **Riscos à saúde dos trabalhadores nos processos brasileiros de reciclagem de resíduos de construção e demolição**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2005. 10 p. Disponível em: <www.segurancaetrabalho.com.br/download/saude-residuos.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2011.

PIRES ADVOGADOS & CONSULTORES S/C. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) de SUAPE/CIPS**. Recife: CPRH, Janeiro 2006a. Vol I

PIRES ADVOGADOS & CONSULTORES S/C. **Relatório de Impacto Ambiental da RNEST (RIMA)**. Recife: FADURPE, 2006b. 115 p.

PLANTA de beneficiamento de coque vai gerar 300 empregos em Suape. **Diário de Pernambuco**, 05 maio 2010. Caderno de Investimentos. Disponível em: <<http://www.diariodepernambuco.com.br/economia/nota.asp?materia=20100405184315>>. Acesso em: 11 abr. 2010.

PORTO DO RECIFE. **Principais produtos**: Comparativo anual. 2010. Disponível em: <<http://www.portodorecife.pe.gov.br/doc/COMPPROD.pdf>>. Acesso em: 13 de abr. 2011.

PORTO, M. F. S. **Uma ecologia política dos riscos**: princípios para integrarmos o local e o local na promoção da saúde e da justiça ambiental. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2007. 248 p.

PORTO, M. F. Saúde do trabalhador e o desafio ambiental: contribuições do enfoque ecossocial, da ecologia política e do movimento pela justiça ambiental. **Ciência e saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232005000400008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 jun. 2010.

RANGEL-JR., E. **Atmosfera explosiva**. 2008 8 p. Disponível em: <<http://www.internex.eti.br/estellitopremioabracopel2009.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2011.

REDMOND, C. K. Cancer mortality among coke oven workers. **Environmental Health Perspectives**, Research Triangle Park, v. 52, p. 67-73, 1983. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1569361/pdf/envhper00458-0072.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2010.

REFINARIA é o maior cliente da Compesa. **Diário de Pernambuco**, Recife, 24 set. 2009. Caderno Economia.

RIBEIRO, L. R.; SALVADORI, D. M. F.; MARQUES, E. K. Genética do Câncer Humano. In: RIBEIRO, L. R.; SALVADORI, D. M. F.; MARQUES, E. K. (Org.). **Mutagênese ambiental**. Canoas: Ed. ULBRA, 2003. Cap. 2.

RIGOTTO, R. M. **Desenvolvimento, ambiente e saúde**: implicações da (des)localização industrial. Rio de Janeiro: Ed. FIOCRUZ, 2008. 426 p.

RIGOTTO, R. M. Produção e consumo, saúde e ambiente: em busca de fontes e caminhos. In: MINAYO, M. C. S.; MIRANDA, A. C. (Orgs.). **Saúde e ambiente sustentável**: estreitando nós. Rio de Janeiro: Ed. FIOCRUZ, 2002. Pt. IV.

ROCHA, I. J. M. Natureza jurídica do Inquérito Civil Público: breve estudo do seu ocaso e o Ministério Público do Trabalho. **Jus Navigandi**, Teresina, ano 5, n. 43, 1 jul. 2000. Disponível em: <<http://jus.uol.com.br/revista/texto/1268>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

RODVALL, Y., DICH, J., WIKLUND, K. Cancer risk in offspring of male pesticide applicators in agriculture in Sweden. **Occupational Environment Medicine**, Helsinki, v. 60, n. 10, p. 798-801, 2003.

SAMAJA, J. A. **A reprodução social e a saúde**: elementos teóricos e metodológicos sobre a questão das relações entre saúde e condições de vida. Salvador: Ed. ISCUFBA: Casa da Saúde, 2000.

SANTOS, A. R. **A geração de coque de petróleo devido ao refino de petróleos pesados e o seu uso na produção de clínquer de cimento Portland**. 2007. 278 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

SANTOS, A. R.; SILVA, R. J. Análisis del consumo de coque de petróleo en algunos sectores industriales. **Información tecnológica**, La Serena, v. 19, n. 2, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642008000200011&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 13 jun. 2010.

SANTOS, F. A. S.; CARNEIRO, R. M.; AUGUSTO, L. G. S. A saúde do trabalhador no polo de confecções. In: AUGUSTO, L. G. S. (Org.) **Saúde do trabalhador e sustentabilidade do desenvolvimento humano local**. 1 ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2009, p. 195-218.

SANTOS, H. L. **Cones de sinalização totalmente cobertos com pó de coque em decorrência da dispersão atmosférica**. Ipojuca, 2008a. 1 fotografia color.

SANTOS, H. L. **Detalhe de piso sextavado na área do Cais 1**. Ipojuca, 2008b. 1 fotografia color.

SANTOS, H. L. **Lixiviação do coque armazenado em pilhas devido às operações de umectação**. Ipojuca, 2008c. 1 fotografia color.

SANTOS, M. O. S. **Análise crítica do discurso da mídia impressa sobre a saúde e o ambiente no contexto da instalação da refinaria de petróleo em Suape-PE**. 2011. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Recife, 2011.

SARTOR, S. G. et al. Occupational risks for laryngeal cancer: a case-control study. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 6, p. 1473-1481, 2007. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/csp/v23n6/21.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2010.

SECURITY MEDICINA E SEGURANCA DO TRABALHO. Programa de Prevenção de Risco Ambiental (PPRA) – MHAG. Porto de Suape, 2009. In: BRASIL. **Inquérito Civil Publico n 717/2008**. Recife, v. I, 2008a.

SELGRADE, M. K. et al. Increased Susceptibility to Parathion Poisoning Following Immune Cytomegalovirus Infection. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 76, p. 356-364, 1984.

SEVÁ FILHO, A. O.; SANTI, A. M. M. **Os Princípios da Prevenção e da Segurança Química diante de novos riscos : uso de resíduos industriais na fabricação de cimento**. In: Encontro Nac. de Eng. de Produção, 23. 2003, Ouro Preto. **Anais...** Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0802_1036.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2010.

SILVA JUNIOR, A. P. A responsabilidade civil do operador portuário no transporte marítimo. **Jus Navigandi**, Teresina, ano 14, n. 2081, 13 mar. 2009. Disponível em: <<http://jus.uol.com.br/revista/texto/12430>>. Acesso em: 23 mar. 2011.

SILVA, J. M. **A perspectiva da saúde nos Estudos de Impacto Ambiental de Refinarias de Petróleo no Brasil: análise crítica**. 2011. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Recife, 2011.

SILVA, J. M. **Análise da inter-relação Saúde, Trabalho e Ambiente no Estudo e Relatório de Impacto Ambiental da Refinaria do Nordeste - RNEST**. 2009. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Saúde Pública). Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Recife, 2009.

TAMBELINI, A. T.; CÂMARA, V. M. A temática saúde e ambiente no processo de desenvolvimento do campo da saúde coletiva: aspectos históricos, conceituais e metodológicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 47-59, 1998.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos estudos - CEBRAP**, São Paulo, n. 79, nov. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000300003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 24 jun. 2010.

TORRES, M. R. P. **Acidentes de trânsito no contexto do território estratégico de Suape**: formação de uma linha de base para a vigilância de saúde. 2010. Trabalho de conclusão de curso (Especialização). Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Recife, 2010.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM. **Global trends in generation and transboundary movements of hazardous wastes and other wastes**. Châtelaine, Switzerland: Secretariat of the Basel Convention, 2002. Disponível em: <<http://worldcat.org/isbn/9211586143>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

VEIGA, M. M.; VEIGA, M. B. E. Análise Socioeconômica dos Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Sólidos. In: Encontro Nac. de Eng. de Produção, 25. 2005, Porto Alegre. **Anais...**, p. 1936-1943. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2005_Enegep0301_0832.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2011.

VOCCIA, I.; BLAKLEY, B.; BROUSSEAU, P.; FOURNIER, M. Immunotoxicity of pesticides: a review. **Toxicology Industrial Health**, Princeton, NJ, v. 15, n. 1-2, p. 119-132, 1999.

VOTORANTIM. **Demonstrações Financeiras**. 2011. Disponível em: <http://www.votorantim.com.br/Demonstraes%20Financeiras%20anuais/RA2010_port.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2011.

WESTPHALEN, A. L. **BG Group confirma óleo leve em reservatórios do pré-sal em Tupi**. Valor Online, 2010. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/economia/mat/2010/06/24/bg-group-confirma-oleo-leve-em-reservatorios-do-pre-sal-em-tupi-916965871.asp>>. Acesso em: 23 jun. 2010.