



ESTIMATIVA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA EXTRAÇÃO E REFINO DO PETRÓLEO NO RIO GRANDE DO NORTE

Carla Mabel Medeiros de Albuquerque e Silva¹; Cibele Gouveia Costa Chianca²;
Israel Martins de Andrade³

¹ Universidade Federal Rural do Semi-Árido - carla_mabel12@hotmail.com ² Universidade Federal Rural do Semi-Árido - cibele.chianca@ufersa.edu.br ³ Faculdade Unida da Paraíba - israelmartinsenf@gmail.com

RESUMO

Considerado um combustível fóssil o petróleo tem grande valor comercial, mas sua exploração também pode trazer riscos à saúde humana e do meio ambiente. O refino é a parte do processo que transforma o petróleo cru em matéria prima comercializável e a partir dela são produzidos diesel, gasolina, lubrificantes e outras substâncias. Caso essas etapas não sejam realizadas de forma correta elas podem ocasionar desastres ecológicos, poluição ambiental, desmatamento, impactos sobre ecossistemas marinhos e terrestres, poluição do ar, dentre outros. O estado do Rio Grande do Norte além de grande produtor de petróleo – quarto maior do Brasil – é o único estado do país autossuficiente em relação ao refino, pois produz todos os seus derivados. Mas no estado já há indícios de degradação do meio ambiente como, por exemplo, a região do Rio Apodi – Mossoró, que sofreu desmatamento da mata ciliar e da vegetação da caatinga para a atividade de perfuração petrolífera. Adotando medidas que reduzam os impactos ambientais a exploração do petróleo, pode fornecer insumos necessários ao ser humano além de não degradar o ambiente demasiadamente. Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise teórica acerca dos impactos ambientais causados pela perfuração e refinamento do petróleo e apresentar soluções viáveis para o tratamento. Foi realizado à base de pesquisa de revisão bibliográfica e foram utilizados materiais como livros, artigos, pesquisa documental de material publicado na internet pelos próprios órgãos relacionados à economia do petróleo.

Palavras-chave: Ambientais, Impactos, Petróleo, Perfuração, Refino.

1. INTRODUÇÃO

O petróleo é um combustível fóssil produzido durante centenas de milhões de anos na história geológica da terra. Em sua composição estão presentes matéria orgânica decomposta, restos de vegetais, algas, alguns tipos de plâncton e restos de animais marinhos. A composição exata varia, dependendo do reservatório origem. É extraído da natureza na forma bruta, isto é, sem processamento algum. (Santos, 2012)

Apesar de tratar-se de um recurso natural essencial à sociedade, na sua forma bruta o petróleo é um produto bastante poluidor e isso ocasiona ao meio ambiente inúmeros problemas relacionados à fauna, flora e a própria população, por apresentar concentrações de enxofre, nitrogênio, oxigênio e metais. Para chegar aos consumidores, o petróleo bruto passa por uma série de etapas de processamento, já que no seu estado inicial possui pouquíssimas aplicações. (Santos, 2012)



No estado do Rio Grande do Norte, as primeiras pesquisas sobre o petróleo ocorreram no ano de 1943 pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Até o início da década de 1970 foram realizados, principalmente, estudos de reconhecimento da bacia, utilizando geologia de superfície, métodos geológicos e perfuração de poços. (JESIEL, 2007)

A indústria petrolífera se instalou definitivamente no estado potiguar na década de 1970, a partir da descoberta do campo marítimo de Ubarana em 1973, tendo começado a produzir em 1976. Em 1979, houve o início da produção terrestre com a perfuração do primeiro poço na cidade de Mossoró. Outras descobertas foram realizadas nos campos da Fazenda Belém, Guamaré, Alto do Rodrigues, Estreito, Macau e Canto do Amaro. Além desses, foram descobertos também campos marítimos no litoral Potiguar, como Agulha, Aratum, Pescada e Arabaiana. (JESIEL, 2007)

No ranking brasileiro de reservas totais o estado do RN até julho de 2014 era o quarto maior produtor de petróleo, produzindo 57.913 barris por dia. Em torno de 66% das reservas totais do estado são em terra. O que significa que os campos de extração de petróleo predominante na região potiguar é onshore. (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2014)

Para que o petróleo seja mercadologicamente comerciável ele é obrigado a passar pelo processo de refino.

Atualmente a Petrobrás possui distribuído no território brasileiro 13 refinarias. O parque de refino produz mais de dois milhões de barris de derivados por dia, como diesel, gasolina, nafta, querosene de aviação, gás liquefeito de petróleo, lubrificantes, entre outras substâncias que servem de matéria prima

para diversos outros produtos. (BRASIL, 2015)

O Rio Grande do Norte possui a Refinaria Potiguar Clara Camarão (RPCC), localizada no polo industrial de Guamaré, onde há produção de diesel, nafta petroquímica, querosene de aviação e gasolina automotiva. É o único estado do país autossuficiente, pois produz todos os tipos de derivados do petróleo. (BRASIL, 2015)

A exploração em demasia de petróleo é grande geradora de impactos ambientais.

O CONAMA define impacto ambiental como sendo qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente, afetam a saúde, segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais. (CONAMA, 1986)

Os impactos ambientais decorrentes da atividade petrolífera são originados de etapas que vão desde a perfuração até o refinamento do petróleo, podendo ocasionar desastre ecológico, poluição ambiental, desmatamento, impacto sobre ecossistemas marinhos e terrestres, poluição de praias, de costões rochosos, do ar, estresse ambiental, dentre outros.

Ainda em seu refino podem ocorrer liberação de elevadas quantidades de despejos líquidos nos rios e solos, diversos gases nocivos na atmosfera e produzem resíduos sólidos de difícil tratamento e disposição, além de consumirem grande quantidade de água e energia.

A partir das considerações citadas, este estudo possui como objetivo, fazer uma análise teórica acerca dos impactos ambientais causados pela perfuração e



refinamento do petróleo no Rio Grande do Norte.

2. METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho baseou-se em pesquisa bibliográfica, recorrendo-se ao uso de materiais como livros, artigos e material publicado pelos próprios órgãos relacionados à economia do petróleo, como a Agência Nacional do Petróleo – ANP e a Petrobrás.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos resultados e discussão será feita uma análise e descrição dos principais impactos causados ao ambiente, devido as operações petrolíferas de exploração e refino no estado do Rio Grande do Norte. Com base nos argumentos de alguns autores serão apresentados os principais efeitos ambientais negativos e as possíveis formas de prevenir e tratar tais impactos.

3.1. Exploração

De acordo com Santos (2013), a palavra exploração denota à fase de produção, que é o processo de perfuração do solo para a extração do petróleo. Esse processo gera uma série de impactos ao meio ambiente, seja através da extração em terra ou em mar.

Segundo Soares (2013) há evidências que no estado do Rio Grande do Norte, impactos negativos originados da atividade de perfuração petrolífera vem prejudicando por exemplo, o Rio Apodi – Mossoró, com o desmatamento da vegetação da caatinga ocasionado pela limpeza do terreno para a instalação dos equipamentos necessários à perfuração, vazamentos de óleo que pode comprometer as águas do rio como também a falta de gerenciamento dos

resíduos provenientes da perfuração, podendo os mesmos serem carreados para o rio.

Tendo em vista que forma de extração predominante no estado é em terra, grande parcela dos impactos dessa atividade é causado devido ao uso de fluidos de perfuração.

Os fluidos de perfuração possuem como objetivo remover os fragmentos da rocha, que são gerados pela broca durante a perfuração. Os mesmos podem ser aquosos ou não. (Santos, 2013)

Os fluidos de perfuração aquosos não são grandes degradadores do meio ambiente quando descartados, por seus constituintes possuírem uma boa biodegradabilidade, e além disso os cascalhos gerados são armazenados e transportados para serem depositados em aterros específicos. (Santos, 2013)

Já os fluidos não aquosos necessitam de mais cautela em relação aos impactos ambientais potenciais. Ele não pode ser descartado após o término das operações de perfuração, deve ser enviado a uma estação de fluidos para tratamento e possível reutilização em novas operações. (Santos, 2013)

3.2. Refino

A prática de refino de petróleo faz com que esse produto tenha mais valor comercial, pois, a partir desta etapa são produzidos diversos materiais que hoje são utilizados pela sociedade. Mas esse processo traz grandes prejuízos à população caso seus rejeitos não sejam tratados de forma adequada.

Santos (2013) diz que as refinarias é um dos maiores poluidores da indústria de petróleo, pois tem a capacidade de poluir a água, o solo e o ar.

3.2.1. Poluentes atmosféricos

Os poluentes atmosféricos são resultados de gases lançados na



atmosfera pela atividade de refino e queima de petróleo.

Mariano (2005), menciona que os principais poluentes atmosféricos emitidos pelas refinarias são os óxidos de enxofre e nitrogênio, o monóxido de carbono, os materiais particulados, e os hidrocarbonetos (que geralmente constituem as emissões fugitivas de compostos orgânicos voláteis, os VOC's). Esses poluentes são liberados nas áreas de armazenamento (tancagem), nas unidades de processo, nos eventuais vazamentos e nas unidades de queima de combustíveis fósseis (fornos e caldeiras) que geram calor e energia para consumo da própria refinaria.

Eles geram diversos impactos negativos, inclusive sobre a saúde humana, dentre eles, irritação nos olhos, efeitos sobre o sistema cardiovascular, efeitos sobre o sistema respiratório, efeitos sobre a visibilidade. Causam também impactos sobre os materiais, pois os poluentes atmosféricos gasosos e particulados são conhecidos pelos efeitos sobre os metais (corrosão), pedras-mármores, pinturas, tecidos, borracha, couro e papel.

Baseado no estudo de Mariano (2005), abaixo serão descritos os principais impactos ambientais e os métodos de tratamentos, respectivamente.

3.2.1.1. Impactos ambientais

Muitos são os impactos causados pela poluição atmosférica provenientes do processo de refino no petróleo, entre eles, pode-se citar:

- Chuvas ácidas;
- Modificações das características dos solos devidas à lavagem dos mesmos pelas chuvas ácidas;
- Mudanças do corpo aquático pelo aumento das concentrações de metais tóxicos;

- Mudanças climáticas, devido ao aumento das concentrações de dióxido de carbono e de outros contaminantes na atmosfera.

3.2.1.2. Métodos de tratamento

Para amenizar os efeitos negativos causados pelo refino de petróleo, destaca-se algumas técnicas que servem para controlar emissões de poluentes gasosos e outras que controlam emissões de material particulado. No controle de emissões de poluentes gasosos, são utilizadas técnicas como:

- Diluição na atmosfera através de dispersão, que consiste no uso de chaminés de alturas adequadas.
- Controle por absorção de gases, que é uma técnica de separação de gases, onde se utiliza uma fase líquida como absorvente. É baseada na solubilidade preferencial ou na reatividade química do gás poluente com a fase líquida.
- Controle por adsorção de gases, que é a reação dos gases poluentes com uma substância adsorvente sólida.
- A combustão também faz parte dessas técnicas, pois muitos compostos orgânicos liberados durante as operações de refino podem ser convertidos em CO₂ e água, a partir do processo de combustão.
- As técnicas de controlar emissões de material particulado, são realizadas através de ciclones, filtros, coletores úmidos e precipitadores eletrostáticos.

Existem outras medidas que visam a prevenção de emissões atmosféricas poluidoras, como:

- Melhoria da combustão nos fornos, aquecedores e caldeiras, pois quanto mais eficiente é a



reação de queima menor quantidade de poluentes é emitida;

- Uso de combustíveis menos poluidores para a geração de calor e energia;

- Operação e manutenção adequada dos equipamentos;

- Modificação dos processos utilizados, optando-se por processos mais “limpos”, sempre que isso for possível e viável;

- Processamento de petróleos com menores teores de enxofre, sempre que isso for possível e viável.

3.2.2. Efluentes

Hídricos

Mariano (2005) define os efluentes de processo como qualquer água ou vapor condensado que tenha contato com o óleo, na sua forma líquida ou gasosa, e que pode, portanto, conter óleo ou outros contaminantes químicos. Incluem soluções ácidas, soda exausta, águas de lavagem do petróleo cru e dos derivados, a água proveniente da etapa de dessalinização, os condensados resultantes da retificação a vapor e da destilação, assim como da limpeza ou regeneração com vapor dos catalisadores de processo. As águas de chuva também poderão ou não estar contaminadas, dependendo da região da refinaria de onde forem drenadas.

Santo (2010), reforça a ideia, mensurando que os efluentes das refinarias de petróleo incluem óleos livres e emulsionados provenientes de rupturas, derrames, descargas de reservatórios e de outras origens.

Segundo Mariano (2005), devido às refinarias consumirem elevadas quantidades de água, geram grande quantidade de despejos líquidos, que é relativamente proporcional à quantidade de óleo refinado. Alva - Argaez, Kokossis e Smith (2007), afirmam que são

utilizados em média 246 a 340 litros de água por barril de óleo cru, que de acordo com Fica – Piras (2000), gera uma quantidade de água residuária em torno de 0,4 a 1,6 vezes o volume de óleo processado.

Quase todas as operações de refino, desde a destilação primária até os tratamentos finais, necessitam de grandes volumes de água de processo e de resfriamento.

Geralmente os efluentes hídricos ao ser descartados não recebem o devido tratamento, o que ocasiona diversos efeitos negativos sobre o meio ambiente. Estas consequências podem ser de caráter sanitário, ecológico, social ou econômico.

3.2.2.1. Impactos ambientais

- Os efluentes hídricos que contêm sólidos dissolvidos e em suspensão, podem causar assoreamento dos recursos hídricos, diminuir as vazões de escoamento, soterrar animais e ovos de peixes;

- Prejuízos ao uso de água por indústrias, irrigação, pesca e recreação, devido a existência de substâncias tóxicas, o que agrava os problemas de escassez de água de boa qualidade;

- A liberação de alguns metais pesados nos efluentes, como chumbo, ferro, cádmio e cobre, podem ocasionar intoxicação dos organismos aquáticos e modificações severas na fauna e flora aquáticas;

- A ocorrência de pH's muito ácidos ou alcalinos nos efluentes, pode causar corrosão, efeitos negativos sobre a fauna e a flora e prejuízos à utilização desta água na irrigação;

- A existência de sabões nos efluentes, ao ser lançados no meio aquático, reduz a viscosidade da água,



reduz a tensão superficial, causa danos à fauna, além da formação de espumas, sabor e toxidez;

- A liberação do amoníaco nos efluentes, a partir de compostos nitrogenados presentes no petróleo, promove a eutrofização dos corpos aquáticos, o que causa prejuízo na utilização daquela água.

- A elevação da temperatura da água, causadas pelo despejo de água usadas no resfriamento, possui como consequência o aumento das reações químicas e biológicas podendo acarretar a elevação da toxidez de alguns elementos e compostos químicos, redução da quantidade de oxigênio dissolvido e diminuição da viscosidade da água, o que pode ocasionar a redução das espécies.

- A presença elevada de sais nos efluentes, causam a eliminação de algumas espécies de animais aquáticos.

- A poluição por petróleo cru, causa a redução da quantidade de luz solar disponível, devido à formação de um filme de óleo, e conseqüentemente reduz a taxa de fotossíntese, prejudicando o fitoplâncton. Há prejuízos também para os animais e à saúde humana.

3.2.2.2. Métodos de tratamento

De acordo com o estudo de Mariano (2005), as refinarias petrolíferas normalmente utilizam técnicas de separadores de esgotos para separar as águas oleosas, águas de processo, águas de chuva drenada, água de refrigeração servida e os esgotos sanitários.

Existem diversos tipos de tratamento, que geralmente são classificados como primários, secundários e terciários.

- O tratamento primário consiste no uso de separadores gravitacionais.

- O tratamento secundário conta com os processos de neutralização, coagulação química seguida por sedimentação, e os processos de filtração e flotação.

- O tratamento terciário pode ser de natureza química, física ou biológica. Incluem o uso de lodos ativados, lagoas aeradas, filtros biológicos, lagoas de estabilização, torres de oxidação, filtração, adsorção em carvão ativo e osmose reversa.

A separação gravitacional é um passo fundamental do tratamento dos efluentes hídricos das refinarias de petróleo, em alguns casos mais simples, pode atender todo o tratamento necessário.

A floculação química seguida de sedimentação consiste na adição de um reagente químico ao efluente de forma a promover a união das partículas e posterior precipitação da sujeira.

Já a flotação a ar, é um processo onde o efluente é saturado, sob pressão, com ar, com o objetivo de separar o material particulado do líquido.

De acordo com estudos, foi constatado que a presença de emulsões pode atrasar a separação por diferença de gravidade, logo, existem duas técnicas distintas para o manuseio dessas emulsões, um que consiste no uso de equipamentos de flotação e aeração e outro que emprega reagentes químicos para quebrar as emulsões e destruir os agentes emulsionantes.

Os métodos biológicos de tratamento são realizados através de três processos distintos: lagoas de oxidação, lodos ativados e filtros biológicos.

É importante fazer a remoção dos cianetos contidos nos efluentes, pois



estes além de ser venenosos, podem originar o gás cianídrico (HCN), que é altamente tóxico. Esse procedimento pode ser realizado através do tratamento com sulfato ferroso, que precipita o cianeto sob a forma de ferrocianeto, que pode ser então retirado da mistura por sedimentação.

Porém, a melhor maneira de diminuir os efluentes hídricos ainda é através da redução da quantidade de água utilizada nas refinarias, que pode ser alcançada por meio de alguns métodos, como:

- Eliminação de vazamentos;
- Fechamento das mangueiras de lavagem, quando não estiverem em uso;
- Desligamento das bombas das linhas de água de resfriamento, quando não estiverem sendo utilizadas;
- Uso de métodos de limpeza a seco;
- Uso de caminhões aspiradores para a limpeza de vazamentos de óleo.

Pode-se ainda adotar modificações nas refinarias, como:

- Adoção de catalisadores mais avançados, que requerem menos regeneração;
- Reciclagem dos efluentes nas próprias unidades de processo, com a finalidade de se reduzir a quantidade de efluentes liberados pelas mesmas.

3.2.3. Resíduos sólidos

Segundo Mariano (2005), os resíduos sólidos mais gerados na indústria de refinamento de petróleo incluem: a lama dos separadores de água e óleo (API), a lama dos flotores a ar dissolvido e a ar induzido, os sedimentos do fundo dos tanques de armazenamento

do petróleo cru e derivados, borras oleosas, as argilas de tratamento, lamas biológicas, lamas da limpeza dos trocadores de calor e das torres de refrigeração, além de sólidos emulsionados em óleo. Esses resíduos são constituídos de elementos químicos tóxicos que geram impactos negativos ao meio ambiente e ao ser humano de alguma maneira.

3.2.3.1. Impactos ambientais

Devido ao lançamento de resíduos sólidos originados pelas refinarias, o meio ambiente sofre diariamente efeitos negativos. Dentre os impactos gerados pela disposição de resíduos sólidos pode-se citar:

- Aspecto estético desagradável e desfiguração das paisagens;
- Produção de maus odores;
- Poluição da água, pelo carreamento superficial ou pela infiltração dos detritos para os corpos hídricos;
- Liberação de gases tóxicos;
- Poluição do ar;
- Alterações químicas do solo provocadas pelo descarte de resíduos e ainda impactos sobre os organismos vivos que habitam o solo;
- Restrição do uso da terra para plantação e construções;

3.2.3.2. Métodos de tratamento

O tratamento de resíduos sólidos busca minimizar ou eliminar os constituintes perigosos do resíduo. Podem ser operacionalizados através de uma ou mais das seguintes formas:

- Destruição química dos produtos indesejáveis;
- Separação da massa de resíduos, dos constituintes perigosos, com a consequente redução do volume a ser disposto;



- Alteração da estrutura química de determinados produtos, tornando mais fácil a sua assimilação por parte do meio ambiente.

Os métodos de tratamento de resíduos sólidos usados nas refinarias, são divididos em quatro categorias:

- Métodos físicos, que envolvem a separação de sólidos da fase líquida do resíduo..
- Métodos térmicos, que dependem da disponibilidade da geração de calor.
- Métodos químicos, que se baseiam nas diferenças das propriedades químicas dos diversos componentes dos resíduos e envolvem uma ou mais reações químicas, como: neutralização, precipitação, fotólise e reações de oxirredução;
- Métodos biológicos, onde os contaminantes são absorvidos e usualmente decompostos pela ação de microrganismos.

4. CONCLUSÕES

A atividade petrolífera é geradora de insumos e recursos que produzem materiais necessários ao homem nos dias atuais. Outros benefícios criados a partir da exploração do petróleo é o desenvolvimento econômico que é propiciado nas regiões produtoras. Os municípios dos estados produtores de petróleo recebem royalties que são recursos financeiros destinados a compensar possíveis degradações ambientais e podem ser investidos em áreas fundamentais para a sociedade, como educação, saúde e segurança pública.

Nesta atividade uma etapa é indispensável, o refino. É no refino que o petróleo é transformado em insumo comerciável. Porém esta atividade pode trazer prejuízos à saúde do homem e do

ambiente. No homem podem ocorrer problemas respiratórios, cardiovasculares e na visão, além de causar alteração da biota, na paisagem e no ar das regiões exploradas.

No estado do Rio Grande do Norte que tem uma das maiores reservas de petróleo do Brasil, alguns prejuízos à saúde do meio ambiente já foram diagnosticados como, por exemplo, a degradação da vegetação ciliar do rio Apodi – Mossoró e contaminação do mesmo, além de erosão nas áreas de exploração e emissão de poluentes atmosféricos causados pelo refino.

Nos dias atuais existem diversas técnicas para diminuir os impactos causados pela exploração e refino do petróleo; diluição na atmosfera através de dispersão, controle por absorção de gases e controle por adsorção de gases. Além de medidas que ajudam na prevenção de emissões atmosféricas poluidoras como, por exemplo, melhoria da combustão nos fornos, aquecedores e caldeiras, uso de combustíveis menos poluidores para a geração de calor e energia, operação e manutenção adequada dos equipamentos, modificação dos processos utilizados, processamento de petróleos com menores teores de enxofre, sempre que isso for possível e viável. Para os resíduos sólidos podem ser realizadas a destruição química dos produtos indesejáveis, além da separação da massa de resíduos e alteração da estrutura química de determinados produtos. Para os efluentes hídricos existem as técnicas de separação gravitacional, coagulação química e processos biológicos.

Essas manobras podem diminuir os efeitos agressivos da exploração e refino do petróleo, causando menos riscos à população e ao meio ambiente.

Portanto conclui-se que a exploração do petróleo traz benefícios à sociedade, produz matérias primas necessárias ao



consumo humano e fortalece a economia de países, estados e municípios produtores, mas é preciso salientar sobre os riscos da extração desacerbada, dos riscos que o refino pode causar além dos impactos ambientais e na saúde da população. Dessa forma adotando essas medidas de prevenção e diminuição de emissão de poluentes atmosféricos assim como dos rejeitos sólidos e líquidos essa fonte de energia não renovável tornaria-se mais ambientalmente viável a traria menos prejuízos à população próxima às áreas de exploração.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2014. **Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural**. Disponível em: <file:///C:/Users/Erio/Downloads/72068%20(1).pdf>. Acesso em: 15 de março de 2015.

ALVA-ARGÁEZ, A.; KOKOSSIS, A.C.; SMITH, R. **The design of waterusing systems in petroleum refining using a water-pinch decomposition**. *Chemical Engineering Journal*, v. 128, n. 1, p. 33-46, 2007.

BRASIL. **Refino**. 2015. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/refino/>>. Acesso em : 03 de março de 2015.

BRASIL. **Refinaria Potiguar Clara Camarão**. 2015. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principaisoperacoes/refinarias/refinaria-potiguar-clara-camarao.htm>>. Acesso em : 03 de março de 2015.

CONAMA (Brasil) (Org.). **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: <

<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 12 de março de 2015.

FICA-PIRAS, P. **Estudos sobre nitrificação de efluentes de refinaria em biorreatores trifásicos**. 2000. Tese de Doutorado em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ.

MARIANO, J. B. **Impactos Ambientais do Refino de Petróleo**. Interciência, 2005.

SANTO, C.M.E. **A Indústria de Refinação de Petróleo: Características e Tratamento das Águas Residuais**. *Engineering and Technology Journal*, v. 1, p. 21 – 46, 2010.

SANTOS, P.V. **Impactos Ambientais Causados pela Perfuração de Petróleo**. *Cadernos de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 1, p. 153 – 163, 2012.

SANTOS, N.F. **Estudo dos impactos ambientais causados pela exploração, exploração e refino do petróleo**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Angicos – RN.

SOARES, F.I.L. **Uma proposta de avaliação de desempenho ambiental na indústria de petróleo em Mossoró/RN com base na análise envoltória de dados (DEA)**. 2013. Dissertação de Mestrado, Universidade Potiguar, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Petróleo e Gás. Mossoró – RN.