Estudo Sobre o Impacto Social da Remoção do Enxofre no Diesel Brasileiro – O Caso de SP

Danielle Ferreira dos Santos

Rafael Veiga de Azevedo

Projeto de Final de Curso

Orientador

Luis Eduardo Duque Dutra, Doutor

Setembro de 2009

ESTUDO SOBRE O IMPACTO SOCIAL DA REMOÇÃO DO ENXOFRE NO DIESEL BRASILEIRO – O CASO DE SP

Danielle Ferreira dos Santos

Rafael Veiga de Azevedo

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovado por:

_____

Amaro Gomes Barreto Jr, Doutor

_____

Jefferson Leixas Capitâneo, Doutor

_____

Ladimir José de Carvalho, Doutor

Orientado por:

_____

Luis Eduardo Duque Dutra, Doutor

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Setembro de 2009

Santos, Danielle Ferreira dos.; Azevedo, Rafael Veiga de.
Estudo sobre a redução do enxofre no diesel brasileiro/Danielle Ferreira dos Santos, Rafael Veiga de Azevedo. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2009.
ix, 87 p .; il. (Projeto de Final de Curso) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola de Química, 2009.
Orientador: Luis Eduardo Duque Dutra.
1. Enxofre. 2. Diesel. 3. Redução. 4. Projeto de Final de Curso. (Graduação – UFRJ/EQ).
5. Luis Eduardo Duque Dutra. I. Doutor.

Dedicamos a nós mesmos.

“Se a vida fosse fácil, ninguém teria nascido chorando”.

Frase escrita na ala do Curso de Infantaria da Academia Militar das Agulhas Negras.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos.

Resumo do Projeto de Final de Curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

ESTUDO SOBRE A REDUÇÃO DE ENXOFRE NO DIESEL BRASILEIRO

Danielle Ferreira dos Santos
Rafael Veiga de Azevedo

Setembro, 2009

Orientador: Prof. Luis Eduardo Duque Dutra, doutor.

Este Projeto de Final de Curso foi concebido com o intuito de estimar o benefício líquido decorrente da redução do teor de enxofre no óleo diesel brasileiro. Para realizar tal ação foi fundamental a pesquisa bibliográfica extensa e meticulosa a respeito do tema. A cidade de São Paulo foi escolhida pelos seguintes motivos: ser a maior cidade do país, concentrar a maior frota de veículos e consequentemente os maiores índices poluidores, e também os maiores banco dados disponibilizados já que conta com uma maior mobilização no sentido social e ambiental de instituições para estudos de casos e incentivo de pesquisas.

Com tal pesquisa encontrou-se metodologias e dados de várias fontes confiáveis como a Organização Mundial de Saúde, Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Sistema Único de Saúde entre outros. Os livros também foram de grande importância.

O filtro dessa pesquisa permitiu, como mostra o capítulo II, caracterizar os principais compostos envolvidos no problema, sendo eles: o enxofre, o dióxido de enxofre e o óleo diesel. Também foi analisado o material particulado fino, de forma que se pode explicar sua formação no interior dos cilindros dos veículos movidos com motores do ciclo diesel. Fez-se também, no capítulo III, uma relação do material particulado fino, também conhecido como respirável, ou seja, aquele que possui diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5 μm, com a mortalidade de adultos acima de 30 anos.

Voltando os olhos para a saúde humana no capítulo IV, o trabalho elucidou que mesmo o corpo humano tendo um sofisticado sistema de proteção contra a entrada dessas partículas, os casos de doenças respiratórias continuam sendo registrados em grande escala.

Visto todos esses problemas, o Brasil deu início, na década de 80, a ações que visavam preservar a natureza e isso incluía preservar também o ar. Deste modo, o capítulo V faz um breve histórico internacional e nacional sobre as principais medidas de preservação da qualidade do ar. Isso envolve a redução de enxofre no óleo diesel e a conseqüente diminuição da emissão de particulado fino.

Para proporcionar tal redução do teor de enxofre, a Petrobras deve fazer um investimento de R$ 4 bilhões para adequar as suas refinarias ao novo processo. Esse processo está representado de forma sintética no capítulo VI. Esse processo é comumente conhecido como reforma do óleo diesel pelas unidades de hidrotratamento (HDT).

Como a ANP possui um programa que visa salvaguardar a qualidade dos combustíveis em nível nacional, fez o capítulo VII. O Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis Líquidos (PMQC) assegura que o comprador final não seja lesado por combustível de baixa qualidade e ainda fala sobre as sanções decorridas dessas infrações.

Já o capítulo VIII, atividade fim desse estudo, utilizou a metodologia DALY, as prescrições da OMS, as pesquisas de qualidade do ar desenvolvidas pela CETESB, as informações do LPAE/FMUSP sobre a contribuição do óleo diesel S500 para a concentração de particulado fino na atmosfera e ainda a prerrogativa das pesquisas realizadas pelo IPT, para adequar e restringir o caso analisado à Região Metropolitana de São Paulo.

Enfim, com a análise feita o capítulo IX, ficou latente que a redução do enxofre no óleo diesel brasileiro trará muito mais benefícios que custos, ou seja, a simples diminuição do teor de enxofre de 500 para 50 ppm diminuirá em aproximadamente 2000 mortes a taxa de óbitos por causas internas na Região Metropolitana de São Paulo.

É importante ressaltar que o problema é nacional e que um dos objetivos do Brasil é alcançar a excelência nos combustíveis, e com isso, propiciar um impacto ambiental positivo e uma melhora da qualidade de vida da população.

ÍNDICE

OBJETIVO 1
ESCOPO 2
JUSTIFICATIVA 3
METODOLOGIA 4

I INTRODUÇÃO 6

II CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DIESEL, DO ENXOFRE E SEUS DERIVADOS 8
II.1 O Óleo diesel 8
II.2 O Enxofre e Seus Derivados 9

III O COMBUSTÍVEL 13
III.1 A Utilização em Motores de Combustão Interna Ciclo diesel 13
III.2 Os Produtos da Combustão de Motores Ciclo diesel 13
III.3 O Material Particulado 14

IV A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR PARTICULADOS E A SAÚDE DO HOMEM 18
IV.1 A Agressão dos Particulados à Saúde Humana 18
IV.2 Mecanismo Naturais de Defesa Contra Particulados 19

V HISTÓRICO INTERNACIONAL E NACIONAL DA POLÍTICA AMBIENTAL ATMOSFÉRICA 20
V.1 O Mundo 20
V.2 O Brasil 21

VI O TRATAMENTO DO ÓLEO DIESEL 37
VI.1 O Processo de Hidrotratamento (HDT) 37

VII QUALIDADE DOS COMBUSTÍVEIS 41

VII.1 Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis Líquidos – PMQC....43

VIII O ESTADO DE SÃO PAULO....45
VIII.1 2000 a 2006, O Presente Poderia Ser Diferente....45
VIII.2 2007 a 2012, Com Os Olhos No Futuro....49

IX RESULTADO ESPERADO....55

BIBLIOGRAFIA....56

OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é fazer uma análise dos impactos sociais causados pela redução do teor de enxofre no óleo diesel brasileiro, ou seja, qual será o benefício social que a redução da concentração de 500 para 50 ppm de enxofre no óleo diesel brasileiro propiciará ao reduzir mortes decorrentes da exposição humana à concentração de material particulado fino na atmosfera e também a economia relacionada à diminuição dessas mortes.

ESCOPO

O projeto trata-se de uma análise dos impactos sociais causados pela redução do teor de enxofre no óleo diesel brasileiro onde se constatou o benefício social que a redução da concentração de 500 para 50 ppm de enxofre no óleo diesel brasileiro devido a mortes decorrentes da exposição humana à concentração de material particulado fino na atmosfera e também a economia relacionada à diminuição das mortes.

Com a hipótese de a Petrobras ter investido US$ 1,6 bilhão desde 2000, é constatado por dados e resultados lançados apenas a RMSP (Região Metropolitana de São Paulo) uma perspectiva de redução no número de mortes.

O grupo usou-se de dados estatísticos a fim de obter informações comprobatórias de que há um custo benefício a partir da redução do enxofre no óleo diesel brasileiro. Com o desenvolvimento do projeto é fato que o investimento da Petrobras seja a priori um negócio rentável a nível social e por diante econômico.

O foco prioritariamente foi a nível social, visando um beneficiamento da saúde e assim um impacto positivo no padrão de vida da população brasileira sendo proporcionado inicialmente pelo investimento da Petrobras de US$ 1,6 bilhão.

JUSTIFICATIVA

O estudo baseado em níveis de material particulado fino na atmosfera e seus impactos tem um fundamento social profundo, já que é um processo arrastado há anos, pode-se dizer desde a revolução industrial propriamente dita quando começou-se a explosão industrial e suas necessidades de expansão da distribuição de produtos, e principalmente no Brasil pelo sistema rodoviário.

Há alguns anos está havendo uma mobilização nas diretrizes no que diz a respeito ao bem estar social de forma relevante, já que se percebeu a importância da saúde da população. É interessante para o governo fazer o investimento na redução do enxofre a fim de manter a população mais saudável e assim a continuação da revitalização da economia nacional.

Sem dúvida a redução no enxofre causa um impacto muito grande na economia quando se tem uma valorização da vida humana, menos mortes e assim a prosperidade dos locais onde são investidos a tecnologia, no nosso caso, passando do enxofre 500 ppm para 50 ppm, a nível urbano, no caso do grupo, o estudo foi envolto RMSP (Região Metropolitana de São Paulo).

Perspectivas futuras serão postergadas baseadas em dados estatísticos a fim de avaliar o custo benefício social da população.

METODOLOGIA

Existem muitas metodologias passíveis de serem utilizadas para a apreciação das conseqüências à saúde humana devida a variação na concentração da poluição do ar e seus efeitos em termos econômicos. Tais ferramentas auxiliam nas decisões das políticas ambientais com informações e análises comparativas das alternativas de intervenção frente à restrição dos recursos disponíveis.

Dentre elas, uma pode ser utilizada para fazer a estimativa em termos do total de anos de vida ganhos devido à redução das concentrações de material particulado fino. Essa metodologia chamada Disability Adjusted Life Years (DALY) foi desenvolvida em conjunto pela Organização Mundial da Saúde e o Banco Mundial na Universidade de Harvard. Ela calcula o número de anos de vida perdidos devido a algum fator em função da expectativa de vida da população.

A adequação da metodologia a este trabalho, tornou-a conservadora e apresentou algumas restrições:

- avaliação das conseqüências somente como mortes: como não serão considerados os demais efeitos à saúde, as estimativas podem conter dados subestimados;
- mortalidades de adultos acima de trinta anos: os cálculos serão realizados sobre a diretriz da OMS que preconiza que um aumento 1 $\mu g/m^3$ de particulados respiráveis incrementa 0,6% nas mortalidades de adultos por causas naturais;
- os únicos poluentes considerados foram os particulados respiráveis (diâmetro aerodinâmico menor que 2,5 μm): essa diretriz da OMS é definida sobre esses poluentes;
- utilização de dados médios anuais de concentração de particulados respiráveis na atmosfera da Região Metropolitana de São Paulo entre 2000 e 2006: os dados serão provenientes do Relatório da CETESB publicado em 2008 - MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL FINO ($MP_{2,5}$) E GROSSO ($MP_{2,5\ -\ 10}$) NA ATMOSFERA DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO (2000 – 2006);
- as informações sobre a fração de material particulado fino proveniente do óleo diesel S500 que contribui para a concentração global dessas partículas na cidade

de São Paulo é fruto do relatório EMISSÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS POR FONTES MÓVEIS E ESTIMATIVA DOS EFEITOS EM SAÚDE EM 6 REGIÕES METROPOLITANAS BRASILEIRAS EMITIDO pelo LPAE – Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo;

- as estatísticas sobre o consumo de óleo diesel relativas ao Estado de São Paulo entre 2000 e 2008 são provenientes do banco de dados da ANP, porém não foi observado um perfil de consumo do combustível que possa modificar a concentração de material particulado fino na atmosfera. Isso simplificou o modelo que previu a concentração deste material na atmosfera;
- com o objetivo de conseguir valores monetários para obter-se o benefício líquido fez-se necessário definir um valor para a vida brasileira. Esse valor genérico para vida foi definido sobre a ótica de todos os prejuízos causados pela morte de uma pessoa, tais como, indenizações, pensões e até mesmo a perda da produção e arrecadação que tal pessoa propiciaria (EPA, 2007). Para o cálculo do valor da vida humana brasileira foi utilizado o valor da vida norte americana, preconizado pela Environmental Protection Agency, como uma das variáveis. Além disso, foi feita uma comparação dos PIBs per capita desses dois países com dados provenientes da Divisão de Estatísticas das Nações Unidas. Isso resultou na seguinte proposta de cálculo:

$$\text{Valor da vida brasileira} = \frac{\text{PIB per capita brasileiro} \times \text{Valor da vida norte americana}}{\text{PIB per capita norte americano}}$$

I INTRODUÇÃO

A poluição causada ao ar nacional pela queima de combustíveis fósseis levou o Brasil legislar em favor do meio ambiente e da sociedade. Com isso, a partir da década de 80, o Congresso Nacional, a Presidência da República, O Conselho Nacional do Meio Ambiente e a Agencia Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocobustíveis, no uso de suas atribuições, publicaram Leis, Medidas Provisórias, Decretos, Portarias e Resoluções. Desde então, o caminho percorrido tem como objetivo atingir a excelência da qualidade dos combustíveis.

Como o objetivo do presente estudo é fazer uma avaliação do benefício líquido da redução de enxofre no óleo diesel nacional, o foco do trabalho será sobre os materiais particulados, principalmente os respiráveis.

O óleo diesel comercializado no País deveria apresentar uma concentração máxima de 50 ppm de enxofre a partir de janeiro de 2009, como os padrões europeus atuais. Isso foi definido em 2002 na Resolução 315 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), dentro do Programa de Controle da Poluição do Ar (PROCONVE).

O enxofre é um dos principais componentes do material particulado fino, responsável pela fumaça preta que sai dos escapamentos de caminhões velhos e novos. Está diretamente relacionado ao aumento de uma série de doenças cardiovasculares e respiratórias, que atacam milhares de pessoas em zonas urbanas (Brook, *et al*., 2004).

Na Europa, a concentração permitida de enxofre no óleo diesel é de 10 a 50 partes por milhão (ppm), mas em 2009 deve ser reduzida para 10 ppm. Nos Estados Unidos já se encontra óleo diesel com 15 ppm de enxofre e no Japão, a legislação impõe que o combustível tenha no máximo 10 ppm de enxofre. Diferentemente, as concentrações de enxofre do óleo diesel brasileiro são alarmantes, variando de 500 ppm, nas regiões metropolitanas, a 2.000 ppm, nas cidades do interior e nas zonas rurais (ANP, 2009).

No Brasil, o monopólio da produção do óleo diesel é da Petrobras - apenas 10% do óleo diesel consumido é importado. Segundo a Petrobras, serão necessários 4 bilhões

de reais em investimentos para a reforma das plantas de refino que reduzirão o enxofre do combustível. Um volume expressivo de recursos, que evidentemente sairá do lucro líquido da empresa, apurado no último semestre (Câmara dos Deputados Federais, 2007).

A relação entre poluição do ar e problemas respiratórios é indiscutível e o material particulado fino é um dos principais causadores das doenças. Segundo a Organização Mundial da Saúde, um aumento de 1 $\mu m/m^3$ de material particulado respirável (diâmetro aerodinâmico menor que 2,5 μm) no ar está relacionado a um aumento de 0,6% da mortalidade em adultos maiores de trinta anos (OMS, 2006). A simples troca do óleo diesel com teor de 500 ppm de enxofre por um combustível com 50 ppm diminui em 60% as emissões de materiais particulados para a atmosfera, é o que mostram pesquisas realizadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), pela Fundação Hewllet e pela São Paulo Transportes (SPTrans) (Câmara dos Deputados Federais, 2007).

II CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DIESEL, DO ENXOFRE E SEUS DERIVADOS

II.1 O Óleo Diesel

O óleo diesel é uma mistura de hidrocarbonetos derivada da destilação do petróleo. Tal mistura pode conter cadeias carbônicas que variam de 9 a 28 átomos de carbono (Braun, *et al*., 2003). Ele é um líquido oleoso de cor marrom amarelado que possui odor de óleo combustível ou lubrificante e por ser menos denso que água, ele flutua sobre ela (CETESB, 2009). Sua composição básica é de carbono e hidrogênio, porém pode possuir enxofre, nitrogênio e oxigênio em baixas concentrações. A Ficha de Informação de Produto Químico – FIPQ do óleo diesel encontra-se no Anexo A.

Utilizado para motores a combustão interna de ciclo diesel, o óleo diesel possui limites de inflamabilidade inferior e superior, respectivamente, 1,3 e 6,0% em volume, sua taxa de queima é da ordem de 4 mm/min e o seu calor de combustão é igual a -10200 cal/g. O ponto de fusão pode variar de -18 a -34 ºC, enquanto o ponto de ebulição pode variar de 288 a 338 ºC. Da mesma forma que os pontos de fusão e ebulição variam, também variam seu ponto de fulgor, 37,8 a 51,7 ºC, e temperatura de ignição, 176,8 °C a 329,7 °C (CETESB, 2009).

Para a saúde humana, deve ser considerado que é irritante à pele e aos olhos e pode ser prejudicial caso seja ingerido, mas não possui informações ecotoxicológicas definidas (CETESB, 2009).

Ele possui pequenas concentrações de enxofre, mas por ser amplamente empregado em equipamentos movidos a motores ciclo diesel, constitui-se em um importante poluidor do ar, pois libera quantidades significativas de material particulado, sendo eles respiráveis (partículas com diâmetro aerodinâmico menor que 2,5 μm) ou inaláveis (partículas com diâmetro aerodinâmico entre 2,5 e 10 μm) (LPAE/FMUSP, 2007). De modo geral, quanto menor a partícula, maior a possibilidade de acesso dos seus compostos ao meio interno do organismo.

Após sua queima no interior dos motores ciclo diesel, ele produz também gases como o dióxido de enxofre, conhecido também como anidrido sulfuroso que pode se

combinar diretamente com a água e formar ácido sulfuroso, um ácido fraco. Alternativamente, na presença de matéria particulada e aerossóis, o dióxido de enxofre pode reagir com o oxigênio do ar para formar trióxido de enxofre, que na água forma ácido sulfúrico, um ácido forte (Atkins, *et al*., 2001).

II.2 O Enxofre e Seus Derivados

Historicamente, o enxofre é tão antigo quanto qualquer outra substância e evoluiu do amarelo-místico dos alquimistas até uma das mais úteis substâncias da civilização moderna. Foi queimado nos ritos pagãos antigos, para espantar maus espíritos, e já naquela época seus fumos eram utilizados como alvejantes para tecidos e palha (Shreve, *et al*., 1997). A Ficha de Informação de Produto Químico – FIPQ do enxofre encontra-se no Anexo B.

O enxofre é um elemento químico frequentemente encontrado no universo em meteoritos. No planeta Terra, cuja massa é de $6{,}5 \times 10^{21}$ t, o enxofre representa 0,7% de toda essa massa (Sardella, *et al*., 2004). Ele ocorre nas vizinhanças de vulcões na forma livre em duas redes cristalinas possíveis: octaedro ortorrômbico ou prisma monoclínico. Combinado, existe em uma variedade de minerais como pirita (sulfeto de ferro), galena (sulfeto de chumbo), esfalerita (sulfeto de zinco), cinábrio (sulfeto de mercúrio), gipsita (sulfato de cálcio hidratado), celestita (sulfato de estrôncio) e baritina (sulfato de bário), ou ainda, no petróleo e no gás natural principalmente nas formas de tiocompostos e ácido sulfídrico.

Nas formas de sulfatos, é amplamente empregado no tratamento de água: sulfato de cobre II (algicida), sulfato de alumínio (coagulante), sulfato ferroso hepta hidratado (coagulante), sulfato férrico (coagulante e clarificante), caparrosa clorada (floculante) etc. (Macedo, 2007). A sua aplicação mais importante é na fabricação de ácido sulfúrico, um dos reagentes químicos mais utilizados no planeta (Shreve, *et al*., 1997).

Seu símbolo químico é representado pela letra S, derivada do seu nome em latim: sulfur. Ele é formado por 16 prótons, 16 elétrons e 16, 17, 18 ou 20 nêutrons por causa da existência de 4 isótopos: 32S (95,02%), 33S (0,75%), 34S (4,21%) e 36S (0,02%) (Lide, *et al*., 2007). Na tabela periódica é classificado como ametal e está localizado no 3º

período do grupo 16. Sua massa atômica é 32,07 u, sua eletronegatividade é 2,6, seu raio atômico é 104 pm, sua configuração eletrônica é $[Ne]3s^2 3p^4$ e por consequência de tal configuração eletrônica sua valência pode variar de -2 até +6 (Atkins, *et al*., 2003).

As duas formas alotrópicas supracitadas são formadas por estruturas com oito átomos (S_8), são sólidas à temperatura ambiente, insolúveis em água, possuem odor de ovo podre, queimam com chama azul pálida difícil de ser vista durante o dia e liberam dióxido de enxofre como principal produto de combustão, um gás tóxico. São incompatíveis com metais e oxidantes. Possuem massa molar de 256,51 g e ponto de ebulição 444,6 ºC à pressão de 1 atm (CETESB, 2009).

Na forma ortorrômbica possui cristais amarelos transparentes, densidade de 2070 kg/m3 a 20 ºC e 1 atm, capacidade calorífica igual a 708 J/kg K, ponto de fusão igual a 392 K à pressão de 1 atm (Incropera, *et al*, 2003). A sua poeira pode explodir no ar atmosférico a uma concentração mínima de 30 g/m^3 (Crowl, *et al*, 2002).

Já na forma monoclínica possui cristais opacos com formato de agulhas, densidade 1960 kg/m3, capacidade calorífica praticamente constante igual a 4,38 cal/mol K entre 368 e 392 K e ponto de fusão igual a 119,0 ºC também à pressão de 1 atm (Perry, *et al*., 1963). O alótropo monoclínico é formado quando o cristal ortorrômbico é aquecido lentamente até 95,4 °C. Dessa temperatura até 119,0 °C, o enxofre monoclínico apresenta estabilidade considerável (Castellan, 2003).

O dióxido de enxofre é um gás não inflamável, sem coloração, de odor irritante e sufocante. Possui massa molar igual a 64,06 g, ponto de fusão e ebulição, respectivamente, -75,5 e -10,0 ºC. A sua viscosidade é de 0,33 cP e sua solubilidade em água é de 10 g/100 g de água à temperatura de 20 ºC e 1 atm de pressão (CETESB, 2009). As grandezas termodinâmicas críticas: temperatura (K), pressão (bar) e volume (cm^3/mol), são, respectivamente, 430,8, 78,84 e 122,0 (Smith, *et al*, 2000). A 5700 ppb pode causar mutação nos linfócitos humanos. Seus limites de exposição são 20 $\mu g/m^3$ por 24 horas e 500 $\mu g/m^3$ durante 10 minutos (WHO, 2006). A Ficha de Informação de Produto Químico – FIPQ do dióxido de enxofre encontra-se no Anexo C.

Na base macromolecular da vida, o enxofre está presente na formação de proteínas, pois a síntese protéica tem início com a metionina, um aminoácido que contém uma cadeia predominantemente alifática com um grupamento tioéter (-S-). Nas proteínas,

o enxofre também está presente na cisteína, que contém uma sulfidrila, ou um tiol (-SH). A sulfidrila é muito reativa e pares de sulfidrila podem se reunir formando pontes de dissulfeto, que são particularmente importantes na estabilização de algumas proteínas (Berg, *et al*., 2004).

Evolutivamente, seis elementos se destacaram na formação do material complexo e organizado que forma os organismos vivos. O enxofre é um dos seis elementos – carbono, enxofre, fósforo, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio - que formam 99% da massa celular (Raven, *et al*., 2001).

Ecologicamente, três processos biogeoquímicos naturais liberam enxofre para a atmosfera: a formação do composto volátil dimetilsulfeto (DMS) pela decomposição enzimática de um composto abundante no fitoplâncton – dimetilsulfonioproprianato; a respiração aeróbia por bactérias redutoras de sulfato; e a atividade vulcânica. O total de enxofre liberado para a atmosfera por atividades biológicas é estimado em 22 Tg S/ano, mais de 90% do qual sob a forma de DMS. A maior parte do restante é produzida por sulfobactérias, que liberam compostos reduzidos de enxofre, especialmente o ácido sulfídrico, de comunidades inundadas de pântanos e marismas, bem como de comunidades marinhas associadas a planícies de marés. A produção vulcânica fornece adicionalmente 7 Tg S/ano para atmosfera (Simó, 2001). Um fluxo inverso a partir da atmosfera envolve a oxidação de compostos de enxofre até sulfatos, que retornam à superfície como deposições úmidas e secas.

O intemperismo de rochas fornece aproximadamente a metade do enxofre que drena da terra para rios e lagos, e o restante provém de fontes atmosféricas. No seu caminho para o oceano, uma parte do enxofre disponível (principalmente sulfato dissovido) é absorvida pelas plantas, passa por cadeias alimentares e, mediante processos de decomposição, torna-se novamente disponível para as plantas. No entanto, em comparação com o fósforo e o nitrogênio, uma fração muito menor do fluxo do enxofre é envolvida na reciclagem nas comunidades terrícolas e aquáticas. Finalmente, existe uma perda contínua de enxofre para os sedimentos oceânicos, principalmente por meios de processos abióticos, como a conversão de ácido sulfídrico, por reação com o ferro, até sulfeto ferroso (Begon, *et al*., 2008).

A queima de combustíveis fósseis é a principal perturbação antrópica ao ciclo global do enxofre (carvão contém 1 a 5% de enxofre, e o petróleo, de 2 a 3%). O dióxido de enxofre liberado para atmosfera é oxidado e convertido a ácido sulfúrico dentro de gotas de aerossóis, a maioria com tamanho inferior a 1μm. As emissões humanas e naturais de enxofre para a atmosfera são de magnitude similar e juntas representam 7 Tg S/ano (Simó, 2001). Enquanto as entrada naturais são distribuídas uniformemente em todo o globo, as entradas de origem humana se concentram em zonas industriais no norte da Europa e no leste da América do Norte e ao redor delas podem contribuir com 90% do total (Fry, *et al.*, 1984). As concentrações declinam progressivamente à medida que nos afastamos dos locais de produção, mas elas podem ser ainda altas em distâncias de várias centenas de quilômetros. Portanto, uma nação pode exportar seu dióxido de enxofre para outros países, sendo necessários acordos políticos internacionais para mitigar os problemas que surgem.

Na atmosfera, a água em equilíbrio com o dióxido de carbono forma ácido carbônico com um pH de cerca de 5,6. No entanto, o pH da precipitação ácida (chuva ou neve) pode ter valores médios bem abaixo de 5, tendo sido registrados valores de 2,4 na Grã Bretanha, 2,8 na Escandinávia e 2,1 nos EUA. Frequentemente, a emissão de dióxido de enxofre contribui mais para a chuva ácida, embora conjuntamente os óxidos de nitrogênio e a amônia sejam responsáveis por 30 a 50% do problema (Sutton, *et al*. 1993).

III O COMBUSTÍVEL

III.1 A Utilização Em Motores De Combustão Interna Ciclo Diesel

O óleo Diesel é amplamente empregado como combustível para veículos automotores que exigem alta potência como ônibus, caminhões, tratores, máquinas de mineração, equipamentos de dragagem.

Em relação à gasolina, que é utilizada como um dos combustíveis dos motores ciclo otto, o óleo diesel utilizado em motores de combustão interna ciclo diesel pode proporcionar grande economia de combustível por apresentarem maior rendimento e de recursos financeiros, pois o preço do óleo diesel é inferior ao da gasolina.

Os motores ciclo diesel apresentam grande durabilidade. Enquanto os motores ciclo otto possuem vida útil de centenas de milhares de quilômetros, os motores ciclo diesel duram em média dez vezes mais. Tal durabilidade se deve basicamente ao processo oxidativo no interior dos cilindros: menor temperatura ótima de trabalho e injeção de ar, que ocorre somente após a admissão do combustível e de modo gradual, o que causa menor impacto mecânico nos pistões.

III.2 Os Produtos Da Combustão De Motores Ciclo Diesel

A emissão dos motores ciclo diesel é semelhante à de qualquer motor de combustão interna que utiliza combustíveis compostos basicamente de carbono e hidrogênio. Os compostos presentes nos escapamentos são aqueles oriundos das reações de oxidação ocorridas no processo e também aqueles que não sofreram qualquer modificação química.

Esses compostos podem ser classificados em dois grupos: os que não causam danos à saúde, ou seja, O_2, CO_2, H_2O e N_2, e aqueles que representam perigo como CO, HC (hidrocarbonetos), NO_x (óxidos de nitrogênio), SO_x (óxidos de enxofre), material particulado (MP), aldeídos, amônia, benzeno, cianetos, tolueno e hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA).

A operação em condições oxidantes dos motores ciclo diesel contribui para uma boa economia de combustível, resulta, comparativamente com motores ciclo otto, em

menor produção de gás carbônico, num processo de combustão operando em temperaturas mais baixas, com formação de menor quantidade de óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos. Entretanto, esse processo também gera grande quantidade de particulado e de compostos responsáveis pelo odor característico dos escapamentos de veículos movidos a óleo diesel (Braun, *et al*., 2003).

III.3 O Material Particulado

Segundo a EPA ("Environmental Protection Agency", EUA), material particulado, ou simplesmente particulado, é definido como qualquer massa que é coletada em um filtro de exaustão de veículo ou máquina específica, após um determinado ciclo de operação, colocado a uma temperatura de exaustão mantida constante a 52 °C.

O tamanho das partículas é expresso em relação ao seu tamanho aerodinâmico, definido como o diâmetro de uma esfera densa que tem a mesma velocidade de sedimentação que a partícula em questão (POPE, 1994).

Em geral, as partículas podem ser divididas em dois grupos:

- partículas grandes, com diâmetro entre 2,5 e 30 μm de diâmetro, também chamadas "tipo grosseiro" (*coarse mode*), de combustões descontroladas, dispersão mecânica do solo ou outros materiais da crosta terrestre, que apresentam características básicas, contendo silício, titânio, alumínio, ferro, sódio e cloro. Polens e esporos, materiais biológicos, também se encontram nesta faixa;
- partículas derivadas da combustão de fontes móveis e estacionárias, como automóveis, incineradores e termoelétricas, em geral, são de menor tamanho, apresentando diâmetro menor que 2,5 μm (*fine mode*) e têm maior acidez, podendo atingir as porções mais inferiores do trato respiratório, prejudicando as trocas gasosas. Entre seus principais componentes temos carbono, chumbo, vanádio, bromo e os óxidos de enxofre e nitrogênio, que na forma de aerossóis (uma estável mistura de partículas suspensas em um gás), são a maior fração das partículas finas.

O material particulado produzido por uma motor de combusta interna ciclo diesel consiste, basicamente, de aglomerados de núcleos de carbono, e de hidrocarbonetos, SO_3 ou ácido sulfúrico, e água, adsorvidos ou condensados sobre esses núcleos carbônicos.

Os núcleos carbônicos são partículas primárias, ou seja, pequenas unidades esféricas compostas basicamente de carbono e algum material inorgânico com diâmetro aproximado na faixa de 10 a 80 nm, o que equivale a, aproximadamente, um milhão de átomos desse elemento. Sobre os núcleos carbônicos se adsorvem os hidrocarbonetos resultantes da combustão incompleta do óleo diesel e do óleo lubrificante, gerando agregados. Vários agregados assim formados, por sua vez, aglomeram-se e formam as partículas secundárias, com diâmetros aerodinâmicos entre 100 e 1000 nm. Entretanto, 90% do material particulado produzido por um motor de combustão interna ciclo diesel qualquer apresenta diâmetro médio menor que 300 nm. A aglomeração dos núcleos de carbono contendo HC adsorvidos começa na câmara de combustão e continua até a exaustão, onde grandes moléculas de hidrocarbonetos podem se condensar sobre esses na temperatura que prevalece na exaustão. O conglomerado final denomina-se "material particulado", ou simplesmente "particulado".

A composição básica média do material particulado é 70% em massa de carbono, 20% de oxigênio, 3% de enxofre, 1,5% de hidrogênio, menos que 1% de nitrogênio e, aproximadamente, 1% de elementos traços. Entretanto, a composição elementar pode variar grandemente dependendo da qualidade do óleo diesel, desempenho do motor e modo de operação da máquina.

Como o óleo diesel contém, normalmente, de 0,15 a 0,3% em massa de enxofre, cerca de 98% é convertido a SO_2 e o restante a ácido sulfúrico, os quais contribuem como sulfato para a massa de particulado total, acrescentando de 0,04 a 0,05 g/bHP-h de sulfato ao particulado.

O material particulado forma-se em altas temperaturas, em regiões, ou zonas, da câmara de combustão ricas em combustível, a partir de gotículas individuais, envolvendo uma seqüência de passos elementares, que são pirólise, nucleação, crescimento e coagulação, agregação e oxidação. Nessas regiões, a reação de oxidação é limitada pela concentração de oxigênio, cujo transporte ocorre por difusão através da chama. Esses passos elementares ocorrem em diferentes intervalos de tempo, que variam desde uns

poucos microssegundos, para o processo de nucleação inicial, até alguns milissegundos, para a formação completa do particulado, oxidação e resfriamento devido à expansão do cilindro.

A pirólise é um processo no qual as moléculas de combustível em fase gasosa formam as moléculas precursoras do particulado via radicais livres. Existem dois tipos de pirólise: uma que ocorre nas zonas livres de oxigênio, e a outra, em regiões contendo oxigênio.

Em ambos os tipos, é geralmente aceito que tanto os hidrocarbonetos alifáticos quanto os aromáticos contidos no combustível serão primeiramente rompidos em moléculas de olefinas, para, então, formarem acetileno, molécula essa apontada como a principal precursora do material particulado.

A nucleação é um processo no qual as moléculas precursoras do material particulado crescem em pequenos núcleos. A oxidação do óleo diesel após a pirólise ocorre em altas temperaturas e altas concentrações de compostos reativos, como hidrocarbonetos iônicos e radicalares. Sob essas condições, a taxa de decomposição dos núcleos carbônicos é menor que a taxa de reação entre hidrocarbonetos radicalares, insaturados ou carregados, o que resulta em um aumento líquido de núcleos de carbono.

O crescimento é um processo no qual as moléculas precursoras, de tamanho inicial entre 1 a 2 nm, aumentam para diâmetros na faixa de 10 a 30 nm. A relação atômica H/C diminui durante esse processo devido a reações de desidrogenação, bem como ao resultado da adição de poliacetileno, o qual tem uma razão H/C muito menor que as moléculas dos núcleos originais. Simultaneamente ao crescimento ocorre a coagulação. Nesse processo, os núcleos carbônicos de pequeno diâmetro colidem e coalescem, formando, portanto, partículas maiores e aproximadamente esféricas.

A agregação e a coagulação com formação de cadeias explicam a formação das estruturas tipo fractais do material particulado. Esse processo ocorre fora da câmara de combustão, e os particulados, agora com diâmetros aerodinâmicos da ordem de 20 nm, colidem a uma taxa proporcional ao quadrado do número de esferas, formando estruturas tipo cadeias com dimensões finais de algumas centenas de nanômetros.

Os hidrocarbonetos de baixa pressão de vapor, os sulfatos, o ácido sulfúrico e a água, bem como o combustível e o óleo lubrificante não queimados, começam a

adsorver-se sobre o material particulado enquanto ainda estão dentro da câmara de combustão, e continuam a adsorver-se conforme os componentes da exaustão são resfriados e diluídos, devido à passagem desses pela tubulação. Essas substâncias contribuem, portanto, para aumentar a massa do material particulado produzido. Eventualmente, um grau de dessorção pode ocorrer à medida que o fluxo de exaustão vai se diluindo em direção à atmosfera. Para cada série de condições dentro dessa seqüência existe um estado de equilíbrio de adsorção correspondente. O conglomerado resultante é então chamado de material particulado.

Teoricamente, o material particulado pode ser subdividido em duas partes: a fração insolúvel (FOI), também chamada de 'porção seca' ou 'fração carbonácea sólida', que é composta basicamente por carbono, contendo, ainda, espécies inorgânicas, como sulfatos e metais, sendo os últimos derivados do desgaste do motor ou do aditivo do óleo lubrificante; e a fração orgânica, a qual pode ser subdividida em solúvel (FOS) e volátil (FOV), as quais contêm os hidrocarbonetos derivados do combustível e do óleo lubrificante. Por definição, a fração orgânica solúvel (FOS) é determinada pelo processo analítico de extração dos hidrocarbonetos mais pesados com diclorometano, enquanto que a fração orgânica volátil (FOV), pela quantidade de voláteis emitidos em elevadas temperaturas. Dependendo do processo de combustão, a fração orgânica solúvel pode contribuir com cerca de dois terços da emissão total de particulados (Braun, *et al*., 2003).

IV A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR PARTICULADOS E A SAÚDE DO HOMEM

IV.1 A Agressão Dos Particulados À Saúde Humana

O material particulado é o poluente atmosférico mais consistentemente associado a efeitos adversos à saúde humana. A toxicidade do material particulado depende de sua composição e diâmetro aerodinâmico (LPAE/FMUSP, 2007).

Estudos realizados em 2002 com dados da *American Cancer Society* (Pope, *et al.*, 2002) incluem neoplasias pulmonares como um indicador de efeitos da poluição atmosférica. Finalmente, alterações reprodutivas, tais como baixo peso ao nascer, abortamentos e alterações da relação de sexos ao nascimento também foram incorporados ao conjunto de indicadores de efeitos prejudiciais significantes da poluição do ar. Em 2004, a Sociedade Americana de Cardiologia publicou um documento reconhecendo a poluição atmosférica com um fator de risco para o agravamento de doenças cardiovasculares, notadamente infarto agudo do miocárdio, insuficiência cardíaca congestiva e desenvolvimento de arritmias (Brook, *et al.*, 2004).

Quando do aumento da poluição do ar, uma grande fração da população apresentará alterações cognitivas ou irritabilidade não específicas. Uma menor proporção dos indivíduos expostos apresentará um aumento de marcadores plasmáticos e pulmonares de inflamação, indicando a presença de inflamação subclínica. Em uma proporção menor, esta inflamação poderá acarretar alterações funcionais, como aumento da pressão arterial, discreto distúrbio do controle autonômico do coração ou queda de indicadores de função pulmonar. Em um nível de gravidade maior, indivíduos que utilizam medicação cronicamente para o controle de doenças respiratórias e cardíacas (asma e hipertensão arterial, por exemplo), necessitarão maior quantidade de medicamento para controlar a sua doença. Haverá aqueles que, incapazes de controlar as alterações por si próprios, procurarão o médico para consultas ou, nos casos mais graves, serão internados em pronto-socorros ou hospitais. Finalmente, uma parte dos afetados morrerá no dia ou em poucos dias após, em virtude dos efeitos da poluição a que foram expostos (LPAE/FMUSP, 2007).

IV.2 Mecanismo Naturais De Defesa Contra Particulados

A definição da EPA para partículas menores ou iguais a 10 μm (PM10), também chamadas de partículas inaláveis, se baseou no fato de que estas são as partículas que podem atingir as vias respiratórias inferiores, e não na sua composição química. Este material particulado inalável apresenta uma característica importante que é a de transportar gases adsorvidos em sua superfície até as porções mais distais das vias aéreas, onde ocorrem as trocas de gases no pulmão.

Segundo Paulo Saldiva, professor da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, "à medida que os particulados vão se depositando no trato respiratório, estas partículas passam a ser removidas por alguns mecanismos de defesa. O primeiro deles é o espirro, desencadeado por grandes partículas que, devido ao seu tamanho, não conseguem ir além das narinas, onde acabam se depositando. A tosse é um mecanismo semelhante que acontece quando há a invasão do trato respiratório inferior (além da laringe) por partículas. Quando as partículas se depositam na superfície das células do trato respiratório, um outro mecanismo de defesa entra em funcionamento: o aparelho muco-ciliar. Fazem parte da superfície do aparelho respiratório células com cílios e células secretoras de muco. Os cílios permanecem constantemente em movimento, no sentido do pulmão para a boca, empurrando o muco para fora do trato respiratório. As partículas que se depositam sobre o muco também são carregadas. As partículas que chegam à orofaringe podem ser deglutidas. Aquelas partículas que atingem as porções mais distais das vias aéreas são fagocitadas pelos macrófagos alveolares, sendo então removidas via aparelho muco-ciliar ou sistema linfático".

V HISTÓRICO INTERNACIONAL E NACIONAL DA POLÍTICA AMBIENTAL ATMOSFÉRICA

V.1 O Mundo

Durante a década de 60, foi criado nos Estados Unidos da América um programa federal de poluição atmosférica, ligado ao Departamento de Saúde Educação e Bem Estar Social. Esse programa delegou a responsabilidade do controle da emissão dos diversos poluentes atmosféricos aos Estados da Federação, ficando a cargo do Governo Federal somente o estabelecimento das diretrizes necessárias para efetuar e viabilizar esse controle. Com esse programa os Estados Unidos estabeleceram os primeiros padrões científicos de qualidade do ar, especificando os seis poluentes atmosféricos que seriam controlados, quais sejam: partículas totais, dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO_2), ozônio (O_3) e chumbo (Pb). A fim de efetivar esse controle, criou-se a Agência de Proteção Ambiental norte-americana (EPA).

Na Europa, o Parlamento Inglês, em 1956, atribuiu às autoridades locais o controle das áreas de maior risco da ocorrência de acúmulo de fumaça preta emitida pelas chaminés das residências, obrigando a troca do sistema a carvão por eletricidade, gás ou óleo diesel. Para tanto, o governo forneceu os subsídios necessários para a mudança dos sistemas de calefação para esses tipos de combustível. Os *Clean Air Acts* de 1956 e 1968 também ampliaram os controles de emissão de poluentes atmosféricos industriais, regulamentando as emissões de óxidos de enxofre e fumaça preta. Em 1976, uma comissão de países europeus (*Comission of the European Communities - CEC*), estabeleceu padrões de qualidade do ar para SO_2, CO, NO_2, material particulado e oxidantes foto-químicos.

Entre as décadas de 60 e 70, inúmeros países periféricos economicamente, ávidos por novas fontes de recursos e desenvolvimento, receberam indústrias multinacionais de produtos de base, principalmente na área petroquímica. Muitas dessas indústrias tinham como sede países onde a legislação ambiental determinava que altos investimentos em tecnologia fossem efetivados, principalmente para a prevenção de possíveis acidentes ambientais.

V.2 O Brasil

Por ser um país em desenvolvimento, o Brasil demora muito para vencer a inércia da política ambiental. Com isso, as leis ambientais nacionais, que até a década de 70 eram extremamente obsoletas, começaram o seu desenvolvimento mais expressivo, tendo como molde a política praticada em países desenvolvidos. A seguir são apresentados os marcos da política ambiental nacional relevantes para este estudo.

1981

Influenciado pelas medidas tomadas em países desenvolvidos no que diz respeito à poluição e a qualidade do ar, o Brasil começa a se mover para lançar projetos que tratem desta causa. Assim o Brasil legisla:

- LEI Nº. 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981 (Ministério do Meio Ambiente, 1981)

  Essa Lei dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Dessa Lei é importante ressaltar que:

  - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:
    - ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;
    - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;
    - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;
    - proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;
    - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;

- incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;
- acompanhamento do estado da qualidade ambiental;
- recuperação de áreas degradadas;
- proteção de áreas ameaçadas de degradação;
- educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

- A Política Nacional do Meio Ambiente visa:
  - à compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico;
  - à definição de áreas prioritárias de ação governamental relativa à qualidade e ao equilíbrio ecológico, atendendo aos interesses da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios;
  - ao estabelecimento de critérios e padrões de qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais;
  - ao desenvolvimento de pesquisas e de tecnologias nacionais orientadas para o uso racional de recursos ambientais;
  - à difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, à divulgação de dados e informações ambientais e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico;
  - à preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida;
  - à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

1984

Preocupado com a poluição causada por veículos automotores, o CONAMA publica:

- RESOLUÇÃO CONAMA Nº. 010, DE 26 DE SETEMBRO DE 1984 (Ministério do Meio Ambiente, 1984)

Através dessa resolução o CONAMA determina que sua secretaria executiva promova estudos sobre a poluição causada pelos veículos automotores e apresente proposta de resolução para a adoção de medidas destinadas ao Controle da Poluição por Veículos Automotores.

1986

O CONAMA cria, em caráter nacional, o PROCONVE - Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores – através da:

- RESOLUÇÃO CONAMA Nº. 18, DE 6 DE MAIO DE 1986 (Ministério do Meio Ambiente, 1986)

Essa Resolução esclarece as causas da criação PROCONVE. Uma de suas causas é que os veículos automotores do ciclo diesel são fontes relevantes de emissão de monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, fuligem e aldeídos.

Ela também estabelece como objetivo do PROCONVE: promover a melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos, postos à disposição da frota nacional de veículos automotores, visando à redução de emissões poluidoras à atmosfera. Como isso, para o óleo diesel, o CNP define um programa para reduzir o teor de enxofre total (% por peso) do valor de 1,3 máximo para 0,7 máximo.

1989

No fim do primeiro semestre de 1989, considerando o acelerado crescimento urbano e industrial brasileiro e da frota de veículos automotores, o progressivo e decorrente aumento da poluição atmosférica, principalmente nas regiões metropolitanas, os reflexos negativos sobre a sociedade, a economia e o meio ambiente, as perspectivas de continuidade destas condições e a necessidade de se estabelecer estratégias para o

controle, preservação e recuperação da qualidade do ar, válidas para todo o Território Nacional, conforme previsto na Lei no 6.938, de 31/08/81, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, o CONAMA publica a seguinte Resolução:

- RESOLUÇÃO CONAMA Nº. 5, DE 15 DE JUNHO DE 1989 (Complementada pelas Resoluções nº. 3 e 8/90) (Ministério do Meio Ambiente, 1989)

Essa Resolução institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR, como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar das populações e melhoria da qualidade de vida com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do País de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas a:

- uma melhoria na qualidade do ar;
- o atendimento aos padrões estabelecidos;
- o não comprometimento da qualidade do ar em áreas consideradas não degradadas.

Determina como estratégia básica do PRONAR: limitar, a nível nacional, as emissões por tipologia de fontes e poluentes prioritários, reservando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle. Faz também a adoção de Padrões Nacionais de Qualidade do Ar:

- Ficam estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários.
  - São padrões primários de qualidade do ar as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população, podendo ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.
  - São padrões secundários de qualidade do ar, as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e flora aos materiais e meio ambiente em geral, podendo ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

Define metas de curto, médio e longo prazo para que se dê prioridade à alocação dos recursos. Nestes termos, fica definida como seqüência de ações:

- A Curto Prazo:
  - Definição dos limites de emissão para fontes poluidoras prioritárias;
  - Definição dos padrões de qualidade do ar;
  - Enquadramento das áreas na classificação de usos pretendidos;
  - Apoio à formulação dos Programas Estaduais de Controle de Poluição do Ar;
  - Capacitação Laboratorial;
  - Capacitação de Recursos Humanos.
- A Médio Prazo:
  - Definição dos demais limites de emissão para fontes poluidoras;
  - Implementação da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar;
  - Criação do Inventário Nacional de Fontes e Emissões;
  - Capacitação Laboratorial (continuidade);
  - Capacitação de Recursos Humanos (continuidade).
- A Longo Prazo:
  - Capacitação laboratorial (continuidade):
  - Capacitação de Recursos Humanos (continuidade);
  - Avaliação e Retro-avaliação do PRONAR.

1990

Com o objetivo de complementar a Resolução CONAMA nº. 5, de 15 de junho de 1989, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar "PRONAR" e considerando a necessidade de ampliar o número de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento e controle no País, o CONAMA cria:

- RESOLUÇÃO CONAMA Nº. 3, DE 28 DE JUNHO DE 1990 (Ministério do Meio Ambiente, 1990)

Com essa Resolução o CONAMA dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR, assim ficam estabelecidos os seguintes Padrões de Qualidade do Ar associados ao enxofre do óleo diesel:

- Partículas Totais em Suspensão
  - Padrão Primário
    - concentração média geométrica anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.
    - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 240 (duzentos e quarenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
  - Padrão Secundário
    - concentração média geométrica anual de 60 (sessenta) micro gramas por metro cúbico de ar.
    - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 150 (cento e cinqüenta) micro gramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
- Fumaça
  - Padrão Primário
    - concentração média aritmética anual de 60 (sessenta) microgramas por metro cúbico de ar.
    - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 150 (cento e cinqüenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
  - Padrão Secundário
    - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.
    - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida uma de urna vez por ano.
- Partículas Inaláveis
  - Padrão Primário e Secundário

- concentração média aritmética anual de 50 (cinqüenta) microgramas por metro cúbico de ar.
- concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinqüenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

- Dióxido de Enxofre
  - Padrão Primário
    - concentração média aritmética anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.
    - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 365 (trezentos e sessenta e cinco) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
  - Padrão Secundário
    - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.
    - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

O Nível de Atenção será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

- concentração de dióxido de enxofre (SO_2), média de 24 (vinte e quatro) horas, de 800 (oitocentos) microgramas por metro cúbico;
- concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 375 (trezentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;
- produto, igual a 65x103, entre a concentração de dióxido de enxofre (SO_2) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;
- concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e cinqüenta) microgramas por metro cúbico;

- concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e cinqüenta) microgramas por metro cúbico.

O Nível de Alerta será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

- concentração de dióxido de enxofre (SO_2), média de 24 (vinte e quatro) horas, 1.600 (um mil e seiscentos) microgramas por metro cúbico;
- concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 625 (seiscentos e vinte e cinco) microgramas por metro cúbico;
- produto, igual a 261 x 103, entre a concentração de dióxido de enxofre (SO_2) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;
- concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.
- concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.

O Nível de Emergência será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

- concentração de dióxido de enxofre (SO_2); média de 24 (vinte e quatro) horas, de 2.100 (dois mil e cem) microgramas por metro cúbico;
- concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 875 (oitocentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;
- produto igual a 393 x 103, entre a concentração de dióxido de enxofre (SO_2) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;
- concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;

- concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;

1993

Em agosto de 1993, com o intuito de complementar a Resolução CONAMA nº. 18/86 estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados, o CONAMA cria:

- RESOLUÇÃO CONAMA Nº. 8, DE 31 DE AGOSTO DE 1993 (Ministério do Meio Ambiente, 1993)

Complementa a Resolução n° 18/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados.

A Resolução ainda especifica que os órgãos e entidades responsáveis pela especificação, produção e distribuição de combustíveis deverão analisar a viabilidade de produzir um óleo diesel com 0,05% de enxofre Maximo em peso, 10% Maximo de aromáticos e numero de cetano 48 min., para distribuição a todos os veículos que atenderem aos limites da Fase IV desta Resolução, cabendo ao IBAMA, em comum acordo com estes órgãos, propor ao DNC as especificações e as datas de implantação, ate 31/12/1994. A tabela 1 mostra o teor de enxofre no óleo diesel a ser utilizado nas distintas Fases do Programa:

Tabela 1 – Especificações para óleo diesel de referência para ensaios de consumo e emissões

Características	**Unidades**	**Fases**		
		I e II	**III**	**IV**
Enxofre total	% massa	0,2-0,5	Máximo 0,3	Máximo 0,05

1997

Em agosto de 1997, o CONAMA publica, com o objetivo de confirmar os limites para a Fase IV, a seguinte Resolução:

- RESOLUÇÃO Nº. 226, DE 20 DE AGOSTO DE 1997 (Ministério do Meio Ambiente, 1997)

A Resolução 226 estabelece limites máximos de emissão de fuligem de veículos automotores, as especificações para óleo diesel comercial e o cronograma de implantação do cronograma de Melhoria do Óleo Diesel. As tabelas 2 e 3 a seguir fornecem as devidas especificações para cada tipo de óleo diesel, e o Programa de melhoria do óleo diesel com seu respectivo Cronograma de implantação a seguir:

Tabela 2 – Especificações para óleo diesel comercial

Características	**Unidades**	**Especificações**				
		A	**B**	**C**	**D**	**E**
Enxofre total	% massa	1,00	0,5	0,3	1,00	0,2

Tabela 3 - Programa de melhoria do óleo diesel / Cronograma de implantação

Tipo de óleo diesel	OUT/1996	OUT/1997	JAN/1998	JAN/2000
DIESEL A (1,0% de enxofre)	Demais regiões	demais regiões	extinto	Extinto
DIESEL B (0,5% de enxofre)	Porto Alegre, Curitiba, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Recife, Fortaleza	--	demais regiões	demais regiões
DIESEL C (0,3% de enxofre)	São Paulo, Santos, Cubatão, Salvador, Aracaju	Regiões anteriores e Porto Alegre, Curitiba, São José dos Campos, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Recife, Fortaleza, Belém	Porto Alegre, Curitiba, São José dos Campos, Campinas, Belo Horizonte, Belém	Extinto
DIESEL E (0,2% de enxofre)	--	--	São Paulo, Santos, Cubatão, Rio de Janeiro, Salvador, Aracaju, Recife, Fortaleza	Regiões anteriores, Porto Alegre, Curitiba, São José dos Campos, Campinas, Belo Horizonte, Belém

1999

Com o objeto de fiscalizar as atividades relativas à indústria do petróleo e ao abastecimento nacional de combustíveis, bem como o funcionamento do Sistema Nacional de Estoques de Combustíveis e o Plano Anual de Estoques Estratégicos de Combustíveis, a Agência Nacional do Petróleo - ANP elabora o seguinte Decreto:

- DECRETO Nº. 2.953, DE 28.1.1999 (ANP, 1999)

O presente Decreto dispõe sobre o procedimento administrativo para aplicação de penalidades por infrações cometidas nas atividades relativas à indústria do petróleo e ao abastecimento nacional de combustíveis.

2001

No fim de 2001, com o intuito de estabelecer as especificações do óleo diesel automotivo destinado ao consumidor final, comercializado pelos diversos agentes econômicos em todo o território nacional a ANP publica a seguinte Portaria:

- PORTARIA ANP Nº. 310, DE 27.12.2001 (ANP, 2001)

Essa portaria estabelece as especificações para comercialização de óleo diesel e mistura óleo diesel/biodiesel - B2, automotivo em todo o território nacional e define obrigações dos agentes econômicos sobre o controle de qualidade do produto.

Ela ainda classifica o óleo diesel em:

- Óleo diesel Automotivo S500 - de uso rodoviário, para comercialização nos municípios das regiões metropolitanas.
- Óleo diesel Automotivo Metropolitano - de uso rodoviário, para comercialização nos municípios das regiões metropolitanas.
- Óleo diesel Automotivo Interior - no caso de uso rodoviário, para comercialização nos demais municípios do País e, para os demais usos, em qualquer município do País.

A tabela 4 abaixo mostra o teor de enxofre em cada classificação:

Tabela 4 – Especificações para óleo diesel segundo sua classificação

Característica	**Unidade**	**Classificação do óleo diesel**		
		S500	**Metropolitano**	**Interior**
Teor máximo de enxofre	mg/kg	500	2000	3500

2003

No fim de Janeiro de 2003, com o objetivo de alterar a Resolução nº. 226/97, o CONAMA publica:

- RESOLUÇÃO CONAMA Nº. 321, DE 29 DE JANEIRO DE 2003 (Ministério do Meio Ambiente, 2003)

A Resolução nº. 321 Dispõe sobre alteração da Resolução CONAMA nº. 226, de 20 de agosto de 1997, que trata sobre especificações do óleo diesel comercial, bem como das regiões de distribuição.

Com ela, a especificação do óleo diesel comercial, o Programa de melhoria do óleo diesel e o seu Cronograma de implantação foram alterados conforme a tabela 5:

Tabela 5 - Programa de melhoria do óleo diesel / Cronograma de implantação

Tipo de óleo diesel	JAN/2000	JAN/2002
DIESEL A (0,10% de enxofre)	--	Região metropolitana de São Paulo, Baixada Santista, São José dos Campos e Campinas
DIESEL B (0,20% de enxofre)	São Paulo, Santos, Cubatão, Rio de Janeiro, Salvador, Aracajú, Recife, Fortaleza, Porto Alegre, Curitiba, São José dos Campos, Campinas, Belo Horizonte e Belém	Região metropolitana de Rio de Janeiro, Salvador, Aracajú, Recife, Fortaleza, Porto Alegre, Curitiba, Belo Horizonte e Belém
DIESEL C (0,35% de enxofre)	--	demais regiões
DIESEL D (0,50% de enxofre)	demais regiões	extinto

2006

Em maio de 2006, considerando a necessidade de serem atendidos os padrões de qualidade do ar e demais requisitos estabelecidos na Resolução CONAMA nº. 3, de 28 de junho de 1990, o Conselho Nacional de Petróleo publica:

- RESOLUÇÃO CONAMA nº. 373, de 9 de maio de 2006 (Ministério do Meio Ambiente, 2006)

Tal Resolução define critérios de seleção de áreas para recebimento do óleo diesel com o Menor Teor de Enxofre-DMTE.

Dispõe ainda que Todo o município no qual sejam observadas violações de padrões de qualidade do ar, nos últimos três anos, relativos ao material particulado-MP, expresso em termos de partículas inaláveis - MP_{10} e/ou fumaça - FMC, conforme a Resolução CONAMA nº. 3, de 28 de junho de 1990, deverá, juntamente com a microrregião à qual pertence, receber o DMTE.

Já em julho desse mesmo ano, a ANP estabelece as especificações de óleo diesel utilizado no transporte rodoviário, comercializado pelos diversos agentes econômicos em todo o território nacional através da:

- RESOLUÇÃO ANP Nº. 15, DE 17.7.2006 (ANP, 2006)

A Resolução nº. 15 define e especifica somente dois tipos de óleo diesel em vez de três como anteriormente era definido, conforme a tabela 6 a seguir.

Tabela 6 - Especificações para óleo diesel segundo sua classificação

Característica	**Unidade**	**Classificação do óleo diesel**	
		Metropolitano	**Interior**
Teor máximo de enxofre	mg/kg	500	2000

2007

Em outubro de 2007, a Agência Nacional de Petróleo estabelece a especificação do óleo diesel automotivo (S50) para utilização em veículos automotores homologados segundo os critérios fixados para a fase P6 do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores com a:

- RESOLUÇÃO ANP Nº. 32, DE 16.10.2007 (ANP, 2007)

Essa Resolução dispõe sobre a criação de uma classe de enxofre que possui 10% do total de enxofre que o menor teor até então praticado no Brasil. A tabela 7 a seguir mostra a nova especificação do óleo diesel:

Tabela 7 - Especificação para óleo diesel S50

Característica	**Unidade**	**Classificação do óleo diesel**
		S50
Teor máximo de enxofre	Mg/kg	50

2008

Em novembro de 2008, o CONAMA estabelece, que a partir de 1° de janeiro de 2012, novos limites máximos de emissão de poluentes para os motores do ciclo diesel destinados a veículos automotores pesados novos, nacionais e importados, doravante denominada Fase P-7 do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores-PROCONVE, através da:

- RESOLUÇÃO CONAMA Nº. 403, DE 11 DE NOVEMBRO DE 2008 (Ministério do Meio Ambiente, 2008)

Ela dispõe sobre a nova fase de exigência do programa de Controle da poluição do Ar por veículos Automotores–PROCONVE para veículos pesados novos (Fase p-7) e com isso, cria a nova especificação do óleo diesel S10 com 10 ppm de enxofre.

Logo após, em dezembro de 2008, a ANP estabelece a especificação do óleo diesel de referência para ensaios de avaliação de consumo de combustível e emissões veiculares para homologação de veículos automotores, ciclo diesel, em cumprimento da fase P-7 do PROCONVE publicando a:

- RESOLUÇÃO ANP Nº. 40, DE 24 DE DEZEMBRO DE 2008 (ANP, 2008)

Essa especificação de óleo diesel como S10 é uma expectativa futura de alcançar níveis de enxofre tão baixos quanto os países desenvolvidos como Suécia, Alemanha, entre outros. A seguir está a tabela 8 que mostra o teor de enxofre presente nesse óleo diesel:

Tabela 8 - Especificação para óleo diesel S10

Característica	Unidade	Classificação do óleo diesel
		S10
Teor máximo de enxofre	Mg/kg	10

VI O TRATAMENTO DO ÓLEO DIESEL

VI.1 O Processo De Hidrotratamento (HDT)

O Hidrotratamento (HDT) é um processo de refino que consiste na inserção de gás hidrogênio nas correntes derivadas dos cortes da destilação do petróleo. O processo de hidrotratamento de uma corrente de petróleo possui, entre muitos objetivos, os seguintes citados abaixo:

- estabilização de determinados cortes de petróleo cujas características usuais seriam inviáveis para utilização direta em motores a combustão, principalmente aqueles oriundos de processos térmicos, tais como o LCO (*Light Cycle Oil*), as naftas oriundas do processo de craqueamento catalítico (FCC) e as correntes oriundas das unidades de coque;
- substituição dos heteroátomos (enxofre, nitrogênio e metais) e grupamentos químicos aromáticos existentes nas correntes de petróleo que causam principalmente o aumento das emissões de particulados;

Esse processo pode ser empregado a todos os cortes de petróleo (gases, nafta, querosene, óleo diesel, gasóleos, lubrificantes, parafinas etc.).

De modo geral, as reações que compõem o processo de HDT são:

- dessulfurização (HDS): Hidrogenação de compostos sulfurados, como mercaptans e sulfetos;
- desnitrogenação (HDN): Hidrogenação de compostos nitrogenados, como pirróis e piridinas;
- desoxigenação (HDO): Hidrogenação de compostos oxigenados, como fenóis;

A figura a seguir sintetiza o processo de tratamento do óleo diesel.

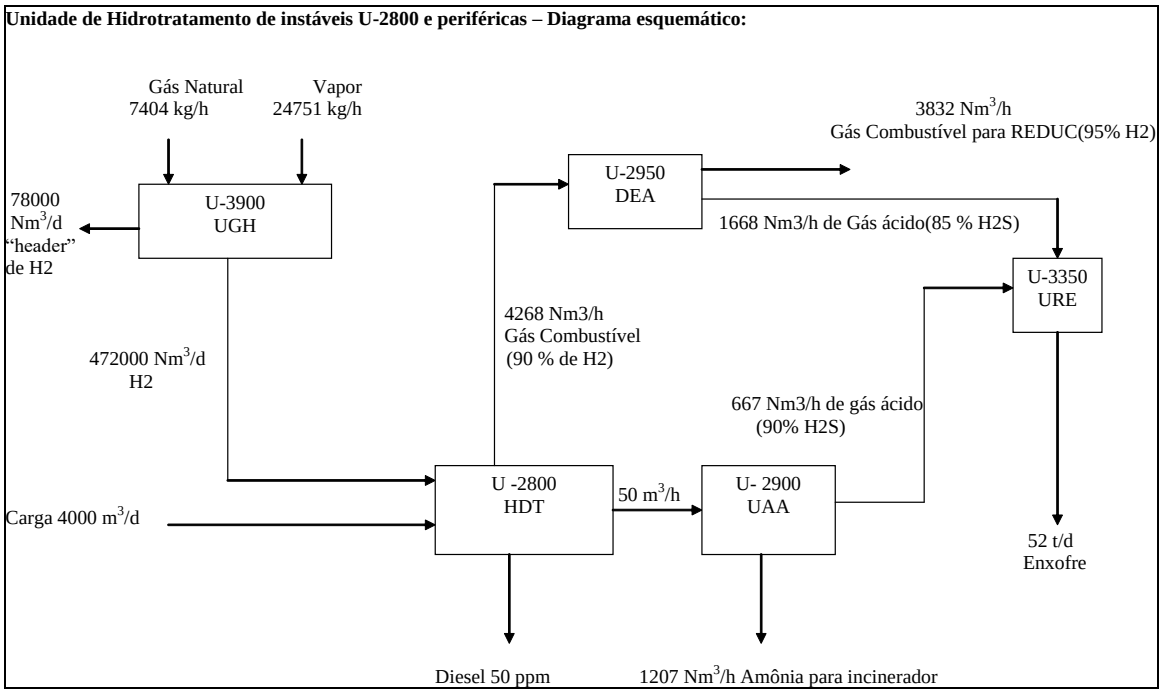


Figura 1 – Diagrama esquemático do processo de tratamento do óleo diesel

Fotógrafo André Luiz, Setor Logística, REDUC

Foto 1 - Unidade 2800 – HDT (Unidade de Hidrotratamento) – REDUC, foto retirada em dezembro de 2007.

VI.2 Descrição das Unidades:

- HDT/U-2800 (Referência Reduc) – Unidade de Hidrotratamento: A HDT tem como função transformar em diesel as correntes intermediárias. Nesse processo, a unidade utiliza hidrogênio gerado pela UGH para reduzir os teores de enxofre e de componentes instáveis presentes no combustível. Melhora a qualidade dos hidrocarbonetos utilizados na produção do óleo diesel, possibilitando a maior utilização de petróleos nacionais. Ao remover o enxofre, nitrogênio ou compostos oxigenados, através do hidrotratamento, o diesel torna-se mais estável e menos poluente e garante a especificação exigida pela legislação.
- UGH/U-3900 (Referência Reduc) - A UGH fornece hidrogênio para a Unidade de Hidrotratamento - HDT. Seu trabalho é essencial para a preservação do meio ambiente, para o fornecimento de produto de qualidade superior e para maior rentabilidade da refinaria. Com o hidrogênio gerado é possível reduzir os teores de enxofre e de componentes instáveis no combustível.
- DEA/U-2950 (Referência Reduc) – Unidade Recuperadora de Amina é onde ocorre a recuperação dos gases (H_2 e H_2S) que saem da HDT.
- UAA/U-2900 (Referência Reduc) - A Unidade de Águas ácidas tem como finalidade a remoção do gás sulfídrico (H_2S) e da amônia (NH_3) contidos nas correntes de águas ácidas provenientes.
- URE/U-3350 (Referência Reduc) - A Unidade de Recuperação de Enxofre processa o H_2S contido nos gases ácidos resultantes das Unidades Recuperadoras de Amina (DEA) e das Unidades Recuperadoras de Águas Ácidas (UAAs). Transforma esse H_2S em enxofre. Para recuperação do enxofre na unidade URE-3350, usa-se o processo Claus, a remoção do sulfeto de hidrogênio e nas refinarias de petróleo, está sendo feita de forma crescente pela dissolução em solução de carbonato de potássio, ou em etanolamina, seguida pelo aquecimento. O sulfeto de hidrogênio que assim se obtém é queimado em fornos especiais, a fim de fornecer o dióxido de enxofre para o ácido sulfúrico. Entretanto é crescente a

quantidade convertida em enxofre recuperado mediante diversas modificações do Processo Claus original, cujas reações são:

$$H_2S + 3/2\ O_2 \longrightarrow SO_2 + H_2O$$

$$SO_2 + H_2S \longrightarrow 3\ S + 2\ H_2O$$

VII. QUALIDADE DOS COMBUSTÍVEIS

A qualidade dos combustíveis é definida por um conjunto de características físicas e químicas previstas nas Normas Brasileiras (NBR) e Métodos Brasileiros (MB) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e de normas da *American Society for Testing and Materials* (ASTM). A especificação estabelecida pela ANP, conforme a Lei nº. 9.478/1997, determina valores-limites para essas características, de modo a assegurar o desempenho adequado dos combustíveis. É função da ANP regular a qualidade dos produtos derivados de petróleo por meio de regras estabelecidas em portarias, instruções normativas e resoluções, em conformidade com a legislação e com a Política Energética Nacional. O objetivo destas atividades é proteger a sociedade quanto à adequação dos combustíveis ao uso e ao meio ambiente, considerando a realidade nacional.

Desde 1999 a ANP mantém o Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis, que atinge 23 estados da federação por meio de contratos com laboratórios de universidades e institutos de pesquisa. Os resultados do programa são apresentados por região, por estado e pelo total no País. Para identificar eventuais adulterações na gasolina, a ANP também instituiu, por meio das Portarias 274/2001 e 231/2002, o Programa de Marcação de Solventes, que torna obrigatória a adição de corantes a solventes com objetivo de acusar a presença ilegal destes produtos na gasolina.

A partir das informações obtidas nesses programas, das denúncias de consumidores e de dados oriundos de outros órgãos – como Procons, Ministério Público e Polícia – a ANP direciona as ações e estabelece os roteiros da fiscalização. Se for detectada adulteração ou não-conformidade no combustível comercializado num posto revendedor, a Fiscalização da ANP toma medidas como autuação, lacre da bomba, fechamento do posto e, após a conclusão do processo administrativo, aplicação de multa, conforme a Lei nº. 9.847/1999. O valor das multas varia, conforme a irregularidade, entre R$ 20 mil e R$ 5 milhões.

A adulteração dos combustíveis se caracteriza pela adição irregular de qualquer substância, sem recolhimento de impostos, com vistas à obtenção de lucro. A vítima imediata da adulteração é o consumidor que abastece seu veículo com o combustível

adulterado. Mas cabe ressaltar que todos perdem com a adulteração já que a fraude reduz a arrecadação de impostos, o que gera prejuízo para toda a sociedade.

O combustível que não esteja de acordo com as especificações estabelecidas pelas Portarias e Resoluções da ANP pode danificar o motor e outros componentes do veículo, mesmo que o problema seja percebido em longo prazo, quando se torna impossível demonstrar quando e como o dano foi causado. Entre outros possíveis prejuízos causados ao veículo pelas adulterações estão o rendimento insatisfatório do veículo, a perda de potência do motor e o aumento do consumo. Além disso, as adulterações podem elevar o nível da contaminação ambiental por gases e partículas poluentes.

A qualidade dos combustíveis é verificada por meio de testes específicos que revelam se os produtos estão de acordo com as especificações estabelecidas pela ANP e, também se houve adição ilegal de solventes. Estes testes são de competência exclusiva da ANP e só podem ser realizados em laboratórios especializados a serviço da Agência. Entretanto, quando abastecer com gasolina, o próprio consumidor pode conferir se está correto o teor de álcool neste combustível, mediante a realização do teste de proveta, que o posto revendedor é obrigado a realizar quando solicitado.

Além de poder exigir o teste de proveta, o consumidor deve solicitar a nota fiscal do posto revendedor – que contém todos os dados do estabelecimento, inclusive o CNPJ – e verificar outras obrigações do estabelecimento, como a exposição, em local destacado e facilmente visível, do quadro de aviso da ANP. O quadro deve exibir, em caracteres legíveis, o nome e a razão social do posto revendedor; o nome completo e o endereço eletrônico www.anp.gov.br da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP; e o número de telefone do Centro de Relações com o Consumidor – CRC da ANP (0800 97 00 267). O quadro deve informar também que as queixas do consumidor não atendidas pelo posto revendedor devem ser encaminhadas ao CRC, em ligação gratuita. No caso de postos de bandeira branca (que não têm vínculo contratual com distribuidora específica), o consumidor também pode observar se o nome da distribuidora da qual o posto adquiriu os produtos está informado na bomba abastecedora.

Em suspeita de adulteração é preciso denunciar posto revendedor à ANP. Isso pode ser feito na seção Fale com a ANP no sítio da Agência na internet ou na Central de

Atendimento 0800 970 0267 (ligação gratuita). Para que a denúncia seja registrada é necessário que o consumidor informe o nome, o endereço e o CNPJ do estabelecimento, além da descrição do ocorrido.

Mesmo que não resultem em imediata fiscalização ou que não se constate adulteração no momento da fiscalização, as denúncias recebidas pela Agência ajudam a direcionar as ações e a estabelecer os roteiros da fiscalização da ANP. Estes roteiros e ações também levam em conta os dados coletados no âmbito do Programa de Monitoramento da Qualidade da ANP e informações oriundas dos Procons, do Ministério Público, da Polícia e de outros órgãos.

É possível analisar o combustível que se encontra no tanque do veículo. O consumidor pode contratar o serviço de laboratório ou instituição de pesquisa para analisar o conteúdo de seu tanque de combustível. Porém, se o proprietário do veículo tiver abastecido em postos revendedores diferentes, não será possível identificar a origem de cada combustível contido no tanque.

Uma das atribuições da ANP é proteger os interesses dos consumidores quanto à qualidade dos derivados de petróleo comercializados em todo o território brasileiro, conforme o Art. 8º da Lei nº. 9.478/1997, a Lei do Petróleo.

Com este objetivo, a ANP mantém um programa para monitorar constantemente a conformidade da gasolina, álcool e óleo diesel comercializados nos postos revendedores do Brasil: o Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis Líquidos – PMQC.

Os resultados obtidos no PMQC são importante ferramenta de orientação para a área de Fiscalização da ANP e também subsidiam ações dos Ministérios Públicos, Procons e Secretarias de Fazenda que tenham convênios com a ANP. Outro objetivo dos programas é promover a cultura da qualidade dos combustíveis junto à população.

VII.1 Programa De Monitoramento Da Qualidade Dos Combustíveis Líquidos – PMQC

Instituído em 1998, o PMQC foi ampliado até alcançar todas as unidades da Federação, em 2005. Coordenado pela Superintendência de Biocombustíveis e de

Qualidade de Produtos (SBQ), o PMQC foi regulamentado pela Resolução ANP nº. 29, de 26 de outubro de 2006.

O PMQC acompanha os indicadores gerais da qualidade dos combustíveis comercializados no País com a finalidade de detectar focos de não-conformidade, ou seja, identificar a existência de produtos que não atendem às especificações técnicas determinadas pela ANP.

A cada mês são coletadas mais de 16 mil amostras de gasolina, etanol hidratado (álcool combustível) e óleo diesel em postos revendedores escolhidos por sorteio. As amostras são analisadas em relação a diversos parâmetros técnicos no Centro de Pesquisas e Análises Tecnológicas da ANP (CPT, localizado em Brasília) e nos 20 laboratórios de universidades e instituições de pesquisa contratados pela Agência. Os laboratórios enviam os resultados das análises diretamente ao Escritório Central da Agência, no Rio de Janeiro.

Semestralmente, a ANP aciona o seu Programa Interlaboratorial de Combustíveis, do qual participam todas as instituições contratadas. Esse programa monitora a qualidade e a padronização dos serviços contratados. São verificados os procedimentos de coleta, transporte e armazenamento de amostras, bem como a realização das análises e tratamento e envio de resultados. Gradualmente, estes laboratórios vêm adotando a Norma BR ISO IEC 17025, que estabelece requisitos para acreditação de ensaios e de calibração de equipamentos.

Como resultado do PMQC, os índices de não-conformidade dos combustíveis vêm caindo nitidamente. Os resultados obtidos no PMQC são publicados no Boletim Mensal da Qualidade dos Combustíveis Líquidos Automotivos Brasileiros.

VIII O ESTADO DE SÃO PAULO

O estudo do impacto causado pelos particulados finos sobre as mortes dos cidadãos do Estado de São Paulo será restrito à Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Deste modo, serão usados somente os dados dessa Região composta de quatro Sub-regiões: Cerqueira César, Pinheiros, Ibirapuera e São Caetano do Sul.

O item **VIII.1: 2000 a 2006, O Presente Poderia Ser Diferente** analisará o passado para refletir como seria o presente. Já o item **VIII.2: 2007 a 2012, Com Os Olhos No Futuro** analisarão o passado e o presente a fim de prever o futuro.

VIII.1 2000 a 2006, O Presente Poderia Ser Diferente

Essa parte do estudo foi elaborada para reflexão de como poderia ser a realidade nos dias atuais. A hipótese sugerida é analisar o benefício líquido se o teor de enxofre no óleo diesel da RMSP fosse 50 ppm desde 2000. Para isso será considerado o caso mais conservativo, no qual a Petrobras fez toda aplicação financeira no projeto antes do ano 2000. O capital que a Petrobras vai investir até a conclusão da etapa hoje em exercício, ou seja, a adequação ao S50, é cerca de R$ 4 bilhões. Considerando que o Dólar manteve-se relativamente estável no início do século XXI, salvo alguns episódios específicos, foi adotada uma taxa média de câmbio: US$ 1,00 = R$ 2, 50; logo, o investimento da Petrobras para esse caso específico equivale a US$ 1,6 bilhão.

Pesquisa realizada pelo Sistema Único de Saúde (SUS) mostra o número de óbitos por causas internas na cidade de São Paulo e a tabela 9 esclarece esses números:

Tabela 9 – Número de óbitos por causas internas na cidade de São Paulo entre 2000 e 2008 (óbitos)

Local	Ano								
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
RMSP	49242	50490	50893	52129	53806	51588	53353	54147	54570

A tabela 10 postada a seguir mostra os dados dispostos no Relatório da CETESB - MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL FINO ($MP_{2,5}$) E GROSSO ($MP_{2,5-10}$) NA ATMOSFERA DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO (2000 – 2006) - com a inclusão da média ponderada anual para a RMSP.

Tabela 10 - Concentração média anual de material particulado fino para as quatro Sub-regiões e para RMSP (μg/m³)

Local	Ano						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Cerqueira César	24	23	23	21	22	22	21
Pinheiros		21	21	21			21
Ibirapuera				16	19		17
São Caetano do Sul		23	22	21	21	21	21
RMSP	24	22	22	20	21	22	20

Segundo o Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, para a cidade de São Paulo, uma média de 50% dos particulados finos presentes na atmosfera são provenientes das emissões dos veículos ciclo diesel movido com óleo diesel S500, logo, pode-se calcular a contribuição do óleo diesel para a concentração média anual dos particulados finos para a RMSP, conforme mostra a tabela 11 abaixo:

Tabela 11 - Contribuição do óleo diesel para a concentração média anual de material particulado fino para a RMSP (μg/m³)

Local	Ano						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
RMSP	12	11	11	10	11	11	10

É importante ressaltar que no de 2000 ainda não era comercializado o óleo diesel S500. Isso pode ser uma das justificativas para a maior média de concentração de material particulado fino para RMSP no ano 2000.

Considerando as pesquisas realizadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), pela Fundação Hewllet e pela SPTrans, que concluíram que com a substituição do óleo diesel S500 pelo S50 a emissão de particulado fino diminuirá 60%, então, pode-se estimar o decréscimo da concentração de particulado respirável e com isso saber qual a porcentagem de pessoas serão poupadas da morte. As tabelas 12, 13 e 14 expressam o decréscimo na concentração de particulados finos, na percentagem de mortes e no número de pessoas mortas, respectivamente, caso o óleo diesel S50 estivesse sendo utilizado na RMSP desde 2000. Aqui é importante ressaltar que os cálculos da tabela 13 são feitos com a sob a diretriz da OMS que preconiza que a redução de 1μg/m^3 de material particulado fino causa uma diminuição de 0,6% no número de mortes por causas internas.

Tabela 12 – Decréscimo da contribuição do óleo diesel S50 para concentração média anual de material particulado fino da RMSP (μg/m³)

Local	**Ano**						
	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**
RMSP	7,2	6,6	6,6	6,0	6,6	6,6	6,0

Tabela 13 – Decréscimo da contribuição do óleo diesel S50 em percentagem de mortes da RMSP (%)

Local	**Ano**						
	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**
RMSP	4,3	4,0	4,0	3,6	4,0	4,0	3,6

Tabela 14 – Decréscimo decorrente da redução do teor de enxofre de 500 ppm a 50 ppm para o número de pessoas mortas da RMSP (pessoas)

Local	**Ano**						
	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**
RMSP	2117	2020	2036	1877	2152	2064	2668

Com os resultados da tabela 14 pode-se ressaltar, com base na metodologia adotada, um decréscimo de cerca de 2000 mortes por ano.

Como o Brasil não possui um valor regulamentado sobre o custo de uma vida perdida, fez-se necessária uma relação do PIB per capta brasileiro com o PIB per capta norte americano através dos dados divulgados pela Divisão de Estatísticas das Nações Unidas, conforme descrito na metodologia. Com isso, o grupo de trabalho adotou que o custo de uma vida brasileira no ano em questão será diretamente proporcional ao produto entre a relação anteriormente citada e o valor de uma vida norte americana sugerida pela EPA no mesmo ano da relação.

A tabela 15 a seguir mostra o PIB per capita brasileiro e norte americano e sua relação entre os anos de 2000 e 2006:

Tabela 15 – PIB per capita brasileiro e norte americano e sua relação entre os anos de 2000 e 2006

País	**Unidade**	**Ano**						
		2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**
Brasil	US$	3702	3136	2823	3039	3601	3721	5665
EUA	US$	34280	35006	35820	37123	39132	41275	43666
Brasil/EUA	--	0,11	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	0,13

Já a tabela 16 expressa o valor da vida brasileira e norte americana de 2000 a 2006 conforme calculada pela metodologia desenvolvida pelo grupo de trabalho.

Tabela 16 – valor da vida brasileira e norte americana de 2000 a 2006.

País	**Unidade**	**Ano**						
		2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**
Brasil	US$ (milhões)	0,89	0,72	0,64	0,64	0,72	0,72	1,05
EUA	US$ (milhões)	8,04	8,04	8,04	8,04	8,04	8,04	8,04

Com redução de mortes apresentada da tabela 14 e o valor da vida brasileira expresso na tabela 16, pode-se calcular o benefício que a redução de enxofre traria à cidade de São Paulo. A tabela 17 ilustra essa situação.

Tabela 17 – Benefício social gerado pela migração do S500 para S50 para a Região Metropolitana de São Paulo

Benefício social	Unidade	Ano						
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Prevenção de mortes	US$ (milhões)	1884	1454	1302	1201	1549	1485	2801

Fazendo o benefício líquido pode-se construir a tabela 18:

Tabela 18 – Benefício líquido para RMSP de 2000 a 2006.

RMSP	Unidade	Ano						
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Benefício líquido	US$ (milhões)	284	1170	2472	3673	5132	6617	9418

VIII.2 2007 a 2012, Com Os Olhos No Futuro

Nesse item também será considerada a situação mais conservadora, ou seja, de que a Petrobras fez todo o investimento previsto para a redução do teor de enxofre antes de 2007. Com isso, pode-se calcular em quanto tempo esse investimento será recuperado em benefício social, ou seja, diminuição de óbitos por causas internas.

Com os dados que o grupo de trabalho coletou para o projeto: número de óbitos por causas internas na cidade de São Paulo entre 2000 e 2008 (DATASUS), concentração de material particulado fino na atmosfera da Região Metropolitana de São Paulo de 2000 até 2006 (CETESB) e os PIBs per capita do Brasil e dos Estados Unidos da América

entre 2000 e 2007 (UNSTATS); fez-se necessário identificar as funções que descrevem o comportamento dessas variáveis e extrapolá-las para prever seus resultados.

Todos os conjuntos de dados foram testados com nove regressões disponíveis no Microsoft Excel: Power, logarítmica, exponencial, linear, parabólica, terceiro grau, quarto grau, quinto grau e sexto grau. As funções selecionadas obedeceram a três critérios na seguinte ordem: 1º, significado físico; 2º, maior coeficiente de correlação; e 3º, modelo de regressão mais simples. Abaixo seguem os gráficos dessas variáveis com suas respectivas funções, calculados com a ferramenta Microsoft Excel:

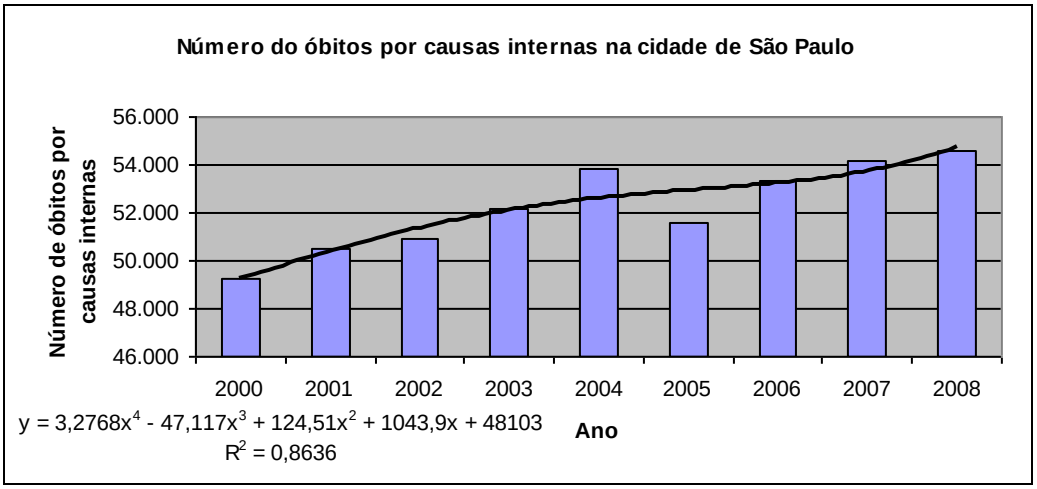


Gráfico 1 – Número de óbitos por causas internas na cidade de São Paulo e a função que descreve seu comportamento

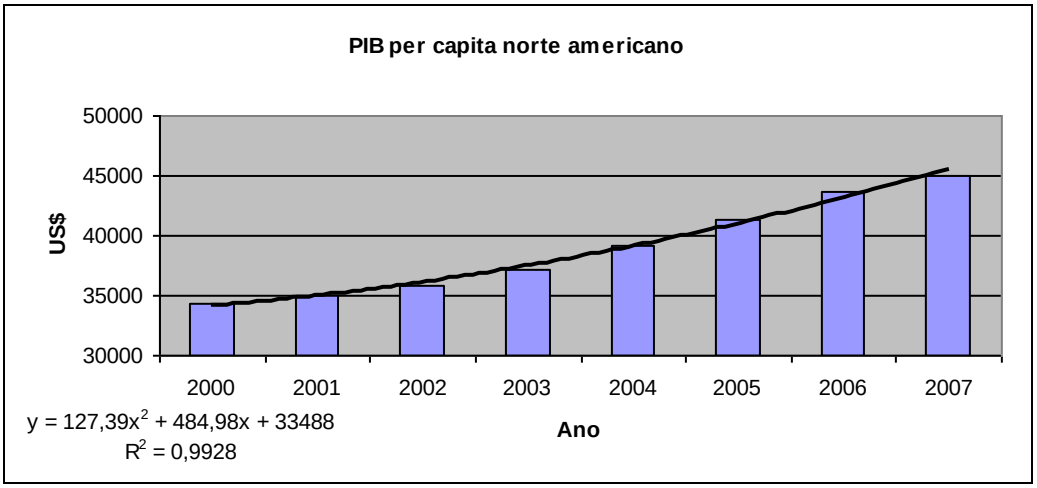


Gráfico 2 – PIB per capita norte americano e a função que descreve seu comportamento

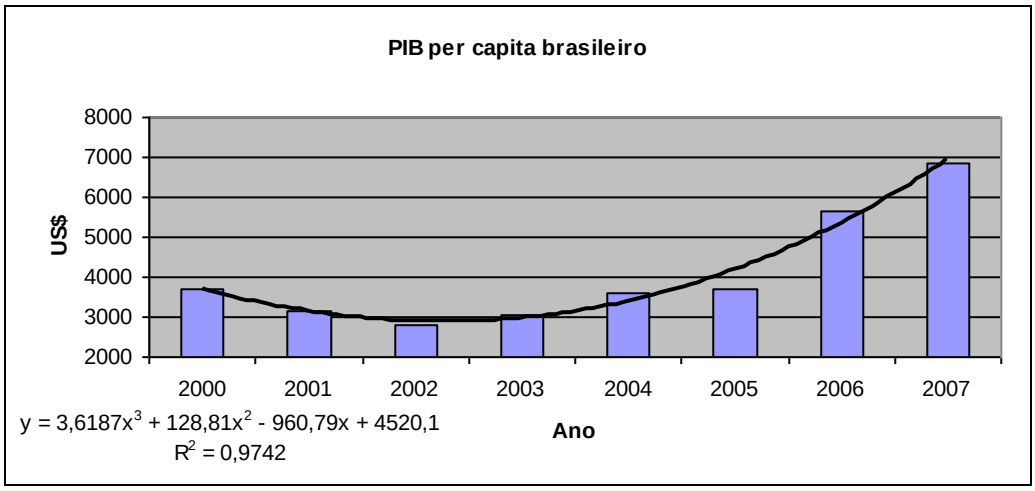


Gráfico 3 – PIB per capita brasileiro e a função que descreve seu comportamento

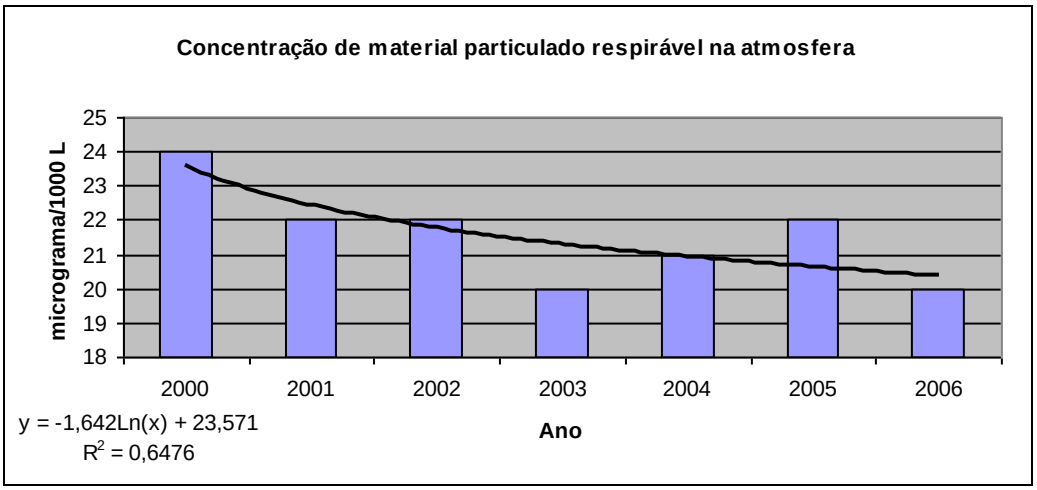


Gráfico 4 – Concentração de material particulado respirável na atmosfera da RMSP e a função que descreve seu comportamento

As análises dos dados segundo as nove regressões para o número de óbitos, para o PIB per capita americano, para o PIB per capita brasileiro, para a concentração de material particulado fino e para o consumo de óleo diesel em São Paulo constam, respectivamente, do Anexo D ao H. Aqui é importante retomar o raciocínio descrito sobre a perspectiva de estabilidade do consumo de óleo diesel em São Paulo: como o consumo de óleo diesel não tem uma perspectiva de sofrer grandes variações, logo, a

concentração de material particulado fino na RMSP não sofreria modificações significativas.

A extrapolação das funções para previsões futuras forneceu a tabela 19. É importante ressaltar que os dados em negrito da tabela 19 não são dados extrapolados, ou seja, são dados obtidos diretamente das fontes.

Tabela 19 – Dados provenientes da extrapolação das funções e das respectivas fontes

Função	**Unidade**	**Ano**					
		2007	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**
Óbitos	Mortes	**54147**	**54570**	54734	56644	59915	65089
PIB per capita norte americano	US$	**45047**	45521	48171	51077	54237	57652
PIB per capita brasileiro	US$	**6852**	6930	8945	11412	14354	17792
Concentração de particulado fino	$\mu g/m^3$	20	20	20	20	20	19

No segundo semestre de 2008, a EPA modificou o valor da vida norte americana de US$ 8,04 milhões para US$ 7,22 milhões, logo, o novo valor será utilizado para os cálculos a partir de 2009. Os valores da vida brasileira serão calculados de forma análoga ao item **VIII.1**. A seguir, a tabela 20 mostra os valores da vida brasileira e da norte americana de 2007 a 2012.

Tabela 20 – Valor das vidas brasileira e norte americana

País	**Unidade**	**Ano**					
		2007	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**
EUA	US$ (milhões)	8,04	8,04	7,22	7,22	7,22	7,22
Brasil	US$ (milhões)	1,22	1,22	1,34	1,61	1,91	2,23

Considerando a pesquisa do LPAE/FMUSP, a concentração de particulados finos na atmosfera provenientes do enxofre é expressa na tabela 21:

Tabela 21 – Concentração de material particulado fino na RMSP proveniente do óleo diesel S500

Local	Unidade	Ano					
		2007	2008	2009	2010	2011	2012
RMSP	$\mu g/m^3$	10	10	10	10	10	10

Retomando a pesquisa do consórcio IPT, Fundação Hewlett e SPTrans, o decréscimo na concentração de particulado fino devido à redução de enxofre no óleo diesel é mostrado na tabela 22:

Tabela 22 – Decréscimo da concentração de material particulado fino na RMSP devido à nova especificação do enxofre

Local	Unidade	Ano					
		2007	2008	2009	2010	2011	2012
RMSP	$\mu g/m^3$	6	6	6	6	6	6

Com esses dados e o preconizado pela OMS, teremos uma diminuição em mortes por causas internas conforme a tabela 23 colocada a seguir ilustra:

Tabela 23 – Decréscimo do número de mortes por causas internas devido à diminuição da concentração de material particulado fino na RMSP

Local	Unidade	Ano					
		2007	2008	2009	2010	2011	2012
RMSP	Mortes	1949	1965	1970	2039	2157	2343

Baseado no número de mortes evitadas e no valor da vida brasileira calculados com a extrapolação das funções pode-se calcular o benefício em termos monetários, conforme a tabela 24:

Tabela 24 – Economia propiciada pelo decréscimo de mortes

Local	**Unidade**	**Ano**					
		2007	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**
RMSP	US$ (milhões)	2378	2397	2640	3283	4120	5225

Com os resultados exibidos pela tabela 24 pode-se chegar a uma conclusão semelhante à conclusão do item anterior, porém mais motivadora, pois mais de 2000 vidas seriam poupadas por ano.

Após essas etapas, calcula-se o benefício líquido cujos resultados constam na tabela 25:

Tabela 25 – Benefício líquido para item **VIII.2**

Local	**Unidade**	**Ano**					
		2007	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**
RMSP	US$ (milhões)	778	3175	5815	9098	13218	18443

IX CRÍTICA AO RESULTADO ESPERADO

A análise dos itens VIII.1 e VIII.2 mostra que a proposta de redução do enxofre do óleo diesel brasileiro de 500 ppm para 50 ppm apontou um retorno significante em relação ao capital investido. De modo geral, o investimento é recuperado em períodos curtos de tempo: menos de um ano.

O item VIII.1 mostra que se todo o investimento da Petrobras ocorresse antes de 2000, somente a cidade de São Paulo, sem levar em consideração os outros municípios do Estado de São Paulo e qualquer outra Unidade da Federação, economizaria no primeiro ano mais que o capital investido nacionalmente pela Petrobras. Isso mostra o quão diferente poderia ser a situação atual, pois decréscimo no número de pessoas que viriam a falecer devido a causas internas seria aproximadamente 4% ao ano.

Já o item VIII.2 elucida que ainda pode-se recuperar o tempo perdido com o investimento de US$ 1,6 bilhão de dólares. Neste segundo caso, o benefício também superaria o custo antes mesmo de finalizar o primeiro ano de desfruto do óleo diesel S50 na cidade de São Paulo.

Vale ressaltar que o Brasil ganharia com tal redução, pois de acordo com os dados obtidos foi possível aferir de fato a importância destes sobre qualquer outro cálculo realizado neste trabalho. Outro fato importante é que qualquer cálculo aqui realizado, por mais que expressem valores altos, não é o retrato fiel da realidade da cidade de São Paulo, visto que não foi capaz de se realizar os cálculos dos prejuízos causados pelas doenças agudas e crônicas por material particulado fino, o que torna essa análise subestimada.

BIBLIOGRAFIA

ABNT_Associação Brasileira de Normas Técnicas //Normas de organização bibliografia. // http://www.abnt.gov.br/ /, acessado em 01 de Agosto de 2009.

ANP_ Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis // http://www.anp.gov.br/ / ,acessado em 01 de Agosto de 2009.
Companhia Ambiental do Estado de São Paulo// http://www.cetesb.sp.gov.br/ /, acessado em 01 de Agosto de 2009.

ASTM//Normas Diesel// http://www.astm.org/ /,acessado em 01 de Setembro de 2009.

ATKINS, Peter; JONES, Loretta. Princípios de Química. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2001.

BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin; HARPER, John .Ecologia.4.ª ed. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2008.

BERG, M. Jeremy; TYMOCZKO, J.; STRYER, L. .Bioquímica. 5.ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2004.

BRAGA, Alfesio. Et al. Poluição Atmosférica e seus Efeitos na saúde Humana. 1996.10 f. Artigo. LPAE (Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental), Faculdade de Medicina da USP.

BRAGA, Isabel Abreu //Por um combustível menos nocivo. //São Paulo//12 de Setembro de 2007// http://www.planetasustentavel.org.br/ // , acessado em 01 de Agosto de 2009.

BRAUN, Silvana. Et al. A Poluição Gerada de Combustão Interna Movidas à Diesel –A Questão dos Particulados_Estratégias.

BROOK, B.W.,O' Grady, J.J.,Chapman,A.P.,Burgman,M.A.,Akcakaya,H.R. & Frankham,R.Predictive accurary of population viability analysis in conservation biology.Nature,404,385-387.2000.

CAPANA, Giuliiano Humberto //Estudo do impacto do impacto presente no Diesel na emissão de poluentes e em tecnologia de pós tratamento de gases em escape. //São Paulo//10 de Março de 2009// http://www.usp.br/engmecanica / / , acessado em 01 de Agosto de 2009.

CONAMA_ Conselho Nacional do Meio Ambiente // http://www.conama.gov.br/ /, acessado em 01 de Agosto de 2009.

CRISTINA ,Ana// Petrobras investe para baixar enxofre, mas MPF investiga atraso no Proconve//Rio de Janeiro//10 de Agosto de 2009// http://www.power.inf.br/pt/index.php/ / , acessado em 01 de Agosto de 2009.

CROWL, Daniel A.; LOUVAR, Joseph F. Chemical Process Safety.2ª ed. New Jersey: Ed. Prentice Hall PTR, 2002.

DEBATE, Portal Eco //Acordo para enxofre foi o melhor possível. //São Paulo//01 de novembro de 2008// http://www.portaleco-debate.org.br/ // , acessado em 01 de Agosto de 2009.

DEPUTADOS, Requerimento de Informação Câmara dos //http://www.camara.gov.br/sileg/integras/641348.pdf , acessado em 01 de Agosto de 2009.

DIESEL, Clube do //O que é Diesel limpo. //São Paulo//12 de Março de 2009// http://www.clubeDiesel.org.br/ // , acessado em 01 de Agosto de 2009.

DIVISE, United Nations Statistics //Dados Estatísticos//Setembro de 2008// http://unstats.un.org/unsd/snaama/selectionbasicFast.asp /,acessado em 01 de Agosto de 2009.

ECONÔMICO, Valor //Europa planeja acabar com motor a Diesel. //São Paulo//04 de novembro de 2008// http://www.resan.com.br/ // , acessado em 01 de Agosto de 2009.

FELTRE, Ricardo. Química Orgânica Três. 6.ª ed. São Paulo: Ed. Moderna,2004.

FRY, G.L.A. & Cooke, A S.Acid deposition and its implications for nature conservation in Britain. Focus on Nature Conservation, N. º 7.Nature Conservancy Council, Attingham Park, Shrewsbury, and UK.1984

FUTURAS, Atuais para a redução e controle das emissões e tendências.. 2003. Vol. 27, N.º 3,p. 472-482.

IBAMA_ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis// http://www.ibama.gov.br/ / , acessado em 01 de Agosto de 2009.

INCROPERA,Frank;De Witt,David. Transferência de Calor e de Massa.5.ª ed. Rio de Janeiro:Ed.LTC,2003.

JR, Callister. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. 5.ª ed. .Rio de Janeiro: Ed. LTC,2002.

MACEDO,Jorge Antônio. Águas e Águas. 3.ª ed. Minas Gerais : Ed. CRQ Minas Gerais,2007.

MEIO AMBIENTE, Ministério do // http://www.mma.gov.br/sitio/ / ,acessado em 01 de Agosto de 2009.

MUNHOZ, Fabíola //Acordo adia redução no enxofre por quatro anos. //São Paulo//04 de novembro de 2008// http://www.eco-financas.org.br/ // , acessado em 01 de Agosto de 2009.

PERRY, John.Chemical Engineers Handbook.8.ª ed. EUA: Ed. The Mc Graw -Hill Companies, 2008.

PLANETA, Moderador do banco //Abaixo assinado pela redução no enxofre no Diesel. //São Paulo//13 de Agosto de 2008// http://www.bancodoplaneta.org.br/ // , acessado em 01 de Agosto de 2009.

POPE, S.E., Faring, L & Merrianm, HG.Landscape complementation and meta population effects on leopard frog populations.Ecology, 81, 2498-2508, 1994.

PROCONVE_ Programa de Controle da Poluição do ar por Veículos Automotores// http://www.feema.rj.gov.br/proconve/ /, acessado em 01 de Agosto de 2009.

RAVEN, Peter H.; EVERT, Ray F.; EICHHORN, Susan E. Biologia Vegetal. 6ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan S.A. 2001.

SABERTEC//Acordo adia redução no enxofre por quatro anos. //São Paulo//04 de novembro de 2008// http://www.sabertec.org/portuguese // , acessado em 01 de Agosto de 2009.

SABERTEC//Educação: Diesel. //São Paulo//15 de Julho de 2008// http://www.sabertec.org/portuguese/ // , acessado em 01 de Agosto de 2009.

SÃO PAULO, Companhia Ambiental do Estado de // http://www.cetesb.sp.gov.br/ /, acessado em 01 de Agosto de 2009.

SÃO PAULO, Estadão //Agência Ambiental dos EUA baixa o valor da vida humana //São Paulo //21 de Julho de 2008// http://noticias.ambientebrasil.com.br/noticia/?id=39540 /,acessado em 01 de Agosto de 2009.

SÃO PAULO, Movimento Nossa // Campanha pela redução da taxa de enxofre no Diesel vendido no País //São Paulo//Setembro de 2007// http://www.nossasaopaulo.org.br/portal/ / , acessado em 01 de Agosto de 2009.

SÃO PAULO, Movimento Nossa // Campanha: Quero Diesel Limpo. //São Paulo//Setembro de 2007// http://www.nossasaopaulo.org.br/portal/ / , acessado em 01 de Agosto de 2009.

SÃO PAULO, Movimento Nossa //Manifesto pela vida e pela saúde pública. //São Paulo//9 de Janeiro de 2008// http://www.nossapaulo.org.br/portal // , acessado em 01 de Agosto de 2009.

SÃO PAULO, Movimento Nossa //Manifesto pela vida e pela saúde pública. //São Paulo//9 de Janeiro de 2008// http://www.nossapaulo.org.br/portal // , acessado em 01 de Agosto de 2009.

SÃO PAULO, Nossa // Referências de Metas para São Paulo//São Paulo//01 de Março de 2009.//http://www.nossasaopaulo.org.br/portal/files/ReferenciasMetasParaSaoPaulo2009-2012Completo / /, acessado em 01 de Agosto de 2009.

SÃO PAULO, Site da Prefeitura de //Dados Mortalidade //http://ww2.prefeitura.sp.gov.br/cgi/tabcgi.exe?secretarias/saude/TABNET/SIM/obito.def //,acessado em 01 de Agosto de 2009.

SARDELLA, Antônio; FALCONE, Marly. Química Série Brasil. 1.ª ed. São Paulo: Ed. Ática ,2004.

SHREVE, Norris; Brink,Joseph . Indústrias de Processos Químicos. 4.ª ed. Rio de Janeiro :Ed. Guanabara,1997.

SIMO, R.Prodution of atmospheric by oceanic plankton: biogeochemical, ecological and evolutionary links. Trends in Ecology and Evolution, 16, 287-294, 2001.

SMITH, J.M. Van Ness, H.C. ABBOTT, M.M. Tradução por Eduardo Mach Queiroz e Fernando Luiz Pellegrini Pessoa. Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química. 5ª ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2000.

SODRÉ, Eduardo. Et al. Principais Carbonilas no Ar de Locais Públicos no Rio de Janeiro.. 2006. 5f. Artigo. Departamento de Química e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

SOLOMONS, Graham; FRYHLE, Craig. Química Orgânica Vol. um. 7.ª ed. . Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2002.

SOLOMONS, Graham; FRYHLE, Craig. Química Orgânica Vol. dois. 7.ª ed. . Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2002

SUTTON, M.A., Pitcairn, C.E.R. & Fowler, D.The exchange of ammonia between the atmosphere and plant communities. Advances in Ecological Research, 24; 302-393; 1993.

TARQUINIO, Tomás. Ministério do Meio Ambiente. Qualidade Ambiental das Cidades. 2004. Brasília. 17 p.

UNEP//Distribuições Geográfica Mundial do enxofre. //São Paulo//04 de novembro de 2008// http://www.unep.org/pcfv/main/Main.htm / / , acessado em 01 de Agosto de 2009.

WADA ,Célia //Diesel com menos enxofre //São Paulo//14 de Janeiro de 2009// http://www.cmqv.org/website/index.asp?cod=1461&idi=1/ / , acessado em 01 de Agosto de 2009.

WHO_World Health Organization.//Dados pessoas problemas respiratórios // http://www.who.org/ /,acessado em 01 de Agosto de 2009.

Anexo A

Ficha de Informação de Produto Químico – Óleo Diesel

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Secretaria de Estado do Meio Ambiente
09 · SET · 2009

Gerenciamento de Riscos | Emergências Químicas » Manual de Produtos Químicos

Ficha de Informação de Produto Químico

IDENTIFICAÇÃO	Help	
Número ONU	**Nome do produto**	**Rótulo de risco**
1202	ÓLEO DIESEL	

Número de risco 30	**Classe / Subclasse** 3
Sinônimos ÓLEO COMBUSTÍVEL 1 - D ; ÓLEO COMBUSTÍVEL 2 - D	
Aparência LÍQUIDO OLEOSO ; MARROM AMARELADO ; ODOR DE ÓLEO COMBUSTÍVEL OU LUBRIFICANTE ; FLUTUA NA ÁGUA	
Fórmula molecular NÃO PERTINENTE	**Família química** HIDROCARBONETO (MISTURA)
Fabricantes Para informações atualizadas recomenda-se a consulta às seguintes instituições ou referências: ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química: Fone 0800-118270 ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal: Fone (11) 3081-5033 Revista Química e Derivados - Guia geral de produtos químicos, Editora QD: Fone (11) 3826-6899 Programa Agrofit - Ministério da Agricultura	

MEDIDAS DE SEGURANÇA	Help
Medidas preventivas imediatas EVITAR CONTATO COM O LÍQUIDO. CHAMAR OS BOMBEIROS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL. ISOLAR E REMOVER O MATERIAL DERRAMADO.	
Equipamentos de Proteção Individual (EPI) USAR LUVAS, BOTAS E ROUPAS DE PROTEÇÃO.	

RISCOS AO FOGO	Help
Ações a serem tomadas quando o produto entra em combustão COMBUSTÍVEL. EXTINGUIR COM PÓ QUÍMICO SECO, ESPUMA OU DIÓXIDO DE CARBONO. ESFRIAR OS RECIPIENTES EXPOSTOS, COM ÁGUA.	
Comportamento do produto no fogo NÃO PERTINENTE.	
Produtos perigosos da reação de combustão NÃO PERTINENTE.	
Agentes de extinção que não podem ser usados A ÁGUA PODE SER INEFICAZ.	
Limites de inflamabilidade no ar Limite Superior: 6,0 vol % Limite Inferior: 1,3%	
Ponto de fulgor (OBS. 1)	
Temperatura de ignição (OBS. 2)	
Taxa de queima 4 mm/min	
Taxa de evaporação (éter=1) DADO NÃO DISPONÍVEL	
NFPA (National Fire Protection Association) Perigo de Saúde (Azul): 0 Inflamabilidade (Vermelho): 2	

Reatividade (Amarelo): 0

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E AMBIENTAIS

Help

Peso molecular NÃO PERTINENTE	**Ponto de ebulição (°C)** 288 A 338	**Ponto de fusão (°C)** - 18 A - 34
Temperatura crítica (°C) NÃO PERTINENTE	**Pressão crítica (atm)** NÃO PERTINENTE	**Densidade relativa do vapor** NÃO PERTINENTE
Densidade relativa do líquido (ou sólido) 0,841 A 16 °C (LÍQUIDO)	**Pressão de vapor** 2,17 mm Hg A 21,1 °C	**Calor latente de vaporização (cal/g)** NÃO PERTINENTE
Calor de combustão (cal/g) - 10.200	**Viscosidade (cP)** DADO NÃO DISPONÍVEL	
Solubilidade na água INSOLÚVEL	**pH** NÃO PERT.	

Reatividade química com água
NÃO REAGE.

Reatividade química com materiais comuns
NÃO REAGE.

Polimerização
NÃO OCORRE.

Reatividade química com outros materiais
DADO NÃO DISPONÍVEL.

Degradabilidade
DADO NÃO DISPONÍVEL.

Potencial de concentração na cadeia alimentar
NENHUM.

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)
DADO NÃO DISPONÍVEL.

Neutralização e disposição final
DADO NÃO DISPONÍVEL.

INFORMAÇÕES ECOTOXICOLÓGICAS

Help

Toxicidade - limites e padrões
L.P.O.: DADO NÃO DISPONÍVEL
P.P.: NÃO ESTABELECIDO
IDLH: DADO NÃO DISPONÍVEL
LT: Brasil - Valor Médio 48h: DADO NÃO DISPONÍVEL
LT: Brasil - Valor Teto: DADO NÃO DISPONÍVEL
LT: EUA - TWA: 100 mg/m³
LT: EUA - STEL: NÃO ESTABELECIDO

Toxicidade ao homem e animais superiores (vertebrados)
M.D.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL
M.C.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL

Toxicidade: Espécie: RATO

Toxicidade: Espécie: CAMUNDONGO

Toxicidade: Espécie: OUTROS

Toxicidade aos organismos aquáticos: PEIXES : Espécie

Toxicidade aos organismos aquáticos: CRUSTÁCEOS : Espécie

Toxicidade aos organismos aquáticos: ALGAS : Espécie

Toxicidade a outros organismos: BACTÉRIAS

Toxicidade a outros organismos: MUTAGENICIDADE

Toxicidade a outros organismos: OUTROS

Informações sobre intoxicação humana
EVITAR CONTATO COM O LÍQUIDO. CHAMAR OS BOMBEIROS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL. ISOLAR E REMOVER O MATERIAL DERRAMADO.

Tipo de contato	Síndrome tóxica	Tratamento
Tipo de contato LÍQUIDO	**Síndrome tóxica** IRRITANTE PARA A PELE. IRRITANTE PARA OS OLHOS. PREJUDICIAL, SE INGERIDO.	**Tratamento** REMOVER ROUPAS E SAPATOS CONTAMINADOS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. MANTER AS PÁLPEBRAS ABERTAS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. NÃO PROVOCAR O VÔMITO.

DADOS GERAIS

Help

Temperatura e armazenamento
AMBIENTE.

Ventilação para transporte
ABERTA.

Estabilidade durante o transporte
ESTÁVEL.

Usos

COMBUSTÍVEL PARA MOTORES DIESEL E INSTALAÇÃO DE AQUECIMENTO EM PEQUENO PORTE.

Grau de pureza
DE ACORDO COM NORMA "ASTM".

Radioatividade
NÃO TEM.

Método de coleta
MÉTODO 12.

Código NAS (National Academy of Sciences)
NÃO LISTADO

OBSERVAÇÕES **Help**

1) PONTO DE FULGOR : 1- D = 37,8 °C (VASO FECHADO) 2- D = 51,7 °C (VASO FECHADO) 2) TEMPERATURA DE IGNIÇÃO : 1- D = 176,8 °C A 329,7 °C 2 -D = 254,6 °C A 285,2 °C POTENCIAL DE IONIZAÇÃO (PI) = DADO NÃO DISPONÍVEL

Anexo B

Ficha de Informação de Produto Químico – Enxofre

CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Secretaria de Estado do Meio Ambiente
09 · SET · 2009

Gerenciamento de Riscos

Emergências Químicas » Manual de Produtos Químicos

Ficha de Informação de Produto Químico

IDENTIFICAÇÃO	Help	
Número ONU	**Nome do produto**	**Rótulo de risco**
1350	ENXOFRE	

Número de risco 44	**Classe / Subclasse** 4.1
Sinônimos	
Aparência SÓLIDO; AMARELO, LARANJA, CASTANHO, MARROM OU CINZA; ODOR DE OVO PODRE; ADENSA E AFUNDA NA ÁGUA	
Fórmula molecular S8	**Família química** NÃO PERTINENTE
Fabricantes Para informações atualizadas recomenda-se a consulta às seguintes instituições ou referências: ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química: Fone 0800-118270 ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal: Fone (11) 3081-5033 Revista Química e Derivados - Guia geral de produtos químicos, Editora QD: Fone (11) 3826-6899 Programa Agrofit - Ministério da Agricultura	

MEDIDAS DE SEGURANÇA	Help
Medidas preventivas imediatas EVITAR CONTATO COM O LÍQUIDO E O SÓLIDO. MANTER AS PESSOAS AFASTADAS. CHAMAR OS BOMBEIROS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL. ISOLAR E REMOVER O MATERIAL DERRAMADO.	
Equipamentos de Proteção Individual (EPI) USAR LUVAS, BOTAS E ROUPAS DE PROTEÇÃO TÉRMICA E MÁSCARA FACIAL PANORAMA COM FILTRO CONTRA GASES ÁCIDOS.	

RISCOS AO FOGO	Help
Ações a serem tomadas quando o produto entra em combustão COMBUSTÍVEL. EXTINGUIR COM ÁGUA OU AREIA.	
Comportamento do produto no fogo QUEIMA COM UMA CHAMA AZUL PÁLIDA DIFÍCIL DE SER VISTA DURANTE O DIA.	
Produtos perigosos da reação de combustão PRODUZ GÁS TÓXICO DE DIÓXIDO DE ENXOFRE.	
Agentes de extinção que não podem ser usados NÃO PERTINENTE.	
Limites de inflamabilidade no ar Limite Superior: NÃO PERTINENTE Limite Inferior: NÃO PERTINENTE	
Ponto de fulgor 207,4 °C (VASO FECHADO)	
Temperatura de ignição 232,4 °C	
Taxa de queima NÃO PERTINENTE	
Taxa de evaporação (éter=1) DADO NÃO DISPONÍVEL	
NFPA (National Fire Protection Association) Perigo de Saúde (Azul): 2 Inflamabilidade (Vermelho): 1	

Reatividade (Amarelo): 0

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E AMBIENTAIS

Help

Peso molecular 256,51	**Ponto de ebulição (°C)** 444,6	**Ponto de fusão (°C)** 121,7
Temperatura crítica (°C) NÃO PERTINENTE	**Pressão crítica (atm)** NÃO PERTINENTE	**Densidade relativa do vapor** NÃO PERTINENTE
Densidade relativa do líquido (ou sólido) 1,80 A 120 °C (LÍQUIDO)	**Pressão de vapor** 1 mm Hg A 183,8 °C	**Calor latente de vaporização (cal/g)** 69
Calor de combustão (cal/g) -2.634	**Viscosidade (cP)** DADO NÃO DISPONÍVEL	
Solubilidade na água INSOLÚVEL	**pH** NÃO PERT.	

Reatividade química com água
NÃO REAGE.

Reatividade química com materiais comuns
NENHUMA REAÇÃO PERIGOSA.

Polimerização
NÃO OCORRE.

Reatividade química com outros materiais
INCOMPATÍVEL COM METAIS E OXIDANTES.

Degradabilidade
PRODUTO INORGÂNICO.

Potencial de concentração na cadeia alimentar
NENHUM.

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)
DADO NÃO DISPONÍVEL.

Neutralização e disposição final
ESTE MATERIAL É COMBUSTÍVEL E DEVE SER QUEIMADO EM UM INCINERADOR QUÍMICO, EQUIPADO COM PÓS-QUEIMADOR E LAVADOR DE GASES. RECOMENDA-SE O ACOMPANHAMENTO POR UM ESPECIALISTA DO ÓRGÃO AMBIENTAL.

INFORMAÇÕES ECOTOXICOLÓGICAS

Help

Toxicidade - limites e padrões
L.P.O.: 0,0047 ppm (COMO SULFETO DE HIDROGÊNIO)
P.P.: NÃO ESTABELECIDO
IDLH: DADO NÃO DISPONÍVEL
LT: Brasil - Valor Médio 48h: DADO NÃO DISPONÍVEL
LT: Brasil - Valor Teto: DADO NÃO DISPONÍVEL
LT: EUA - TWA: NÃO ESTABELECIDO
LT: EUA - STEL: NÃO ESTABELECIDO

Toxicidade ao homem e animais superiores (vertebrados)
M.D.T.: IRRITAÇÃO AO OLHO HUMANO: 8 ppm
M.C.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL

Toxicidade: Espécie: RATO

Toxicidade: Espécie: CAMUNDONGO

Toxicidade: Espécie: OUTROS

Toxicidade aos organismos aquáticos: PEIXES : Espécie
GAMBUSIA AFFINIS: TLm (96 h) = 10.000 ppm - ÁGUA CONTINENTAL

Toxicidade aos organismos aquáticos: CRUSTÁCEOS : Espécie

Toxicidade aos organismos aquáticos: ALGAS : Espécie

Toxicidade a outros organismos: BACTÉRIAS

Toxicidade a outros organismos: MUTAGENICIDADE

Toxicidade a outros organismos: OUTROS

Informações sobre intoxicação humana
EVITAR CONTATO COM O LÍQUIDO E O SÓLIDO. MANTER AS PESSOAS AFASTADAS. CHAMAR OS BOMBEIROS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL. ISOLAR E REMOVER O MATERIAL DERRAMADO.

Tipo de contato VAPOR	**Síndrome tóxica**	**Tratamento**
Tipo de contato LÍQUIDO	**Síndrome tóxica** QUEIMARÁ A PELE. QUEIMARÁ OS OLHOS. PREJUDICIAL, SE INGERIDO.	**Tratamento** ENXAGUAR AS ÁREAS AFETADAS COM MUITA ÁGUA. MANTER AS PÁLPEBRAS ABERTAS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA.

DADOS GERAIS

Help

Temperatura e armazenamento
132,3 °C.

Ventilação para transporte
ABERTA.

Estabilidade durante o transporte
ESTÁVEL.

Usos

FABRICAÇÃO DE ÁCIDO SULFÚRICO; DE PAPEL E CELULOSE; NA VULCANIZAÇÃO DA BORRACHA; NA FABRICAÇÃO DE DISSULFETO DE CARBONO; EM PRODUTOS FARMACÊUTICOS; EM PRODUTOS QUÍMICOS E TINTAS; COMO INSETICIDA E FUNGICIDA; FERTILIZANTE.

Grau de pureza
ENXOFRE FUNDIDO: 99,8 %; ENXOFRE SÓLIDO É VENDIDO EM VÁRIOS GRAUS.

Radioatividade
NÃO TEM.

Método de coleta
DADO NÃO DISPONÍVEL.

Código NAS (National Academy of Sciences)

FOGO	SAÚDE	POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	REATIVIDADE
Fogo: *	Vapor Irritante: 1 Líquido/Sólido Irritante: 1 Venenos: 1	Toxicidade humana: 0 Toxicidade aquática: 1 Efeito estético: 1	Outros Produtos Químicos: 4 Água: 0 Auto reação: 0

OBSERVAÇÕES Help

1) Nº ONU - 2448 - (FUNDIDO). Nº ONU - 1350 - (SÓLIDO) E NÚMERO DE RISCO - 40. 2) CÓDIGO NAS - FOGO: 1 - 3 TAXA DE TOXICIDADE AOS ORGANISMOS AQUÁTICOS:TLm (96h) = ACIMA DE 1.000 ppm POTENCIAL DE IONIZAÇÃO (PI) = DADO NÃO DISPONÍVEL

Anexo C

Ficha de Informação de Produto Químico – Dióxido de Enxofre

CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Secretaria de Estado do Meio Ambiente
09 · SET · 2009

Gerenciamento de Riscos | Emergências Químicas » Manual de Produtos Químicos

Ficha de Informação de Produto Químico

IDENTIFICAÇÃO	Help	
Número ONU	**Nome do produto**	**Rótulo de risco**
1079	DIÓXIDO DE ENXOFRE	

Número de risco 26	**Classe / Subclasse** 2.3
Sinônimos BIÓXIDO DE ENXOFRE ; ANIDRIDO SULFUROSO ; ÓXIDO SULFUROSO	
Aparência GÁS COMPRIMIDO LIQÜEFEITO; SEM COLORAÇÃO; ODOR IRRITANTE SUFOCANTE; LÍQUIDO AFUNDA E FERVE NA ÁGUA; PRODUZ NUVEM DE VAPOR VISÍVEL E TÓXICO.	
Fórmula molecular SO2	**Família química** ÓXIDO
Fabricantes Para informações atualizadas recomenda-se a consulta às seguintes instituições ou referências: ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química: Fone 0800-118270 ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal: Fone (11) 3081-5033 Revista Química e Derivados - Guia geral de produtos químicos, Editora QD: Fone (11) 3826-6899 Programa Agrofit - Ministério da Agricultura	

MEDIDAS DE SEGURANÇA	Help
Medidas preventivas imediatas EVITAR CONTATO COM O LÍQUIDO E O VAPOR. MANTER AS PESSOAS AFASTADAS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL.	
Equipamentos de Proteção Individual (EPI) USAR ROUPA DE ENCAPSULAMENTO DE VITON E MÁSCARA DE RESPIRAÇÃO AUTÔNOMA.	

RISCOS AO FOGO	Help
Ações a serem tomadas quando o produto entra em combustão NÃO É INFLAMÁVEL. ESFRIAR OS RECIPIENTES EXPOSTOS, COM ÁGUA.	
Comportamento do produto no fogo OS RECIPIENTES PODEM ROMPER E LIBERAR GAS TÓXICO IRRITANTE DE DIÓXIDO DE ENXOFRE.	
Produtos perigosos da reação de combustão NÃO PERTINENTE.	
Agentes de extinção que não podem ser usados NÃO PERTINENTE.	
Limites de inflamabilidade no ar Limite Superior: NÃO É INFLAMÁVEL Limite Inferior: NÃO É INFLAMÁVEL	
Ponto de fulgor NÃO É INFLAMÁVEL	
Temperatura de ignição NÃO É INFLAMÁVEL	
Taxa de queima NÃO É INFLAMÁVEL	
Taxa de evaporação (éter=1) DADO NÃO DISPONÍVEL	
NFPA (National Fire Protection Association) Perigo de Saúde (Azul): 3 Inflamabilidade (Vermelho): 0	

Reatividade (Amarelo): 0

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E AMBIENTAIS

Help

Peso molecular 64,06	**Ponto de ebulição (°C)** -10,0	**Ponto de fusão (°C)** -75,5
Temperatura crítica (°C) 157	**Pressão crítica (atm)** 77,69	**Densidade relativa do vapor** 2,2
Densidade relativa do líquido (ou sólido) 1,45 A -10 °C (LÍQUIDO)	**Pressão de vapor** 760 mmHg A -10,0 °C	**Calor latente de vaporização (cal/g)** 94,8
Calor de combustão (cal/g) NÃO PERTINENTE	**Viscosidade (cP)** 0,33	
Solubilidade na água 10,0 g/100mL DE ÁGUA A 20 °C	**pH** DND	

Reatividade química com água
REAGE COM ÁGUA PARA FORMAR ÁCIDO CORROSIVO. A REAÇÃO NÃO É PERIGOSA.

Reatividade química com materiais comuns
CORRÓI O ALUMÍNIO.

Polimerização
NÃO OCORRE.

Reatividade química com outros materiais
INCOMPATÍVEL COM METAIS ALCALINOS E EM PÓ, COMO SÓDIO E POTÁSSIO.

Degradabilidade
PRODUTO INORGÂNICO E VOLÁTIL.

Potencial de concentração na cadeia alimentar
NENHUM.

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)
DADO NÃO DISPONÍVEL.

Neutralização e disposição final
TRANSFERIR O GÁS DIRETAMENTE PARA UM RECIPIENTE LARGO COM SOLUÇÃO DE CARBONATO DE SÓDIO. ADICIONAR HIPOCLORITO DE CÁLCIO COM CUIDADO. DILUIR E NEUTRALIZAR COM HCl 6M OU NaOH 6M. DRENAR PARA O ESGOTO COM MUITA ÁGUA OU SELAR O CILINDRO E RETORNAR AO FORNECEDOR. RECOMENDA-SE O ACOMPANHAMENTO POR UM ESPECIALISTA DO ÓRGÃO AMBIENTAL.

INFORMAÇÕES ECOTOXICOLÓGICAS

Help

Toxicidade - limites e padrões
L.P.O.: 3 ppm
P.P.: NÃO PERTNENTE
IDLH: 100 ppm
LT: Brasil - Valor Médio 48h: 4 ppm
LT: Brasil - Valor Teto: 8 ppm
LT: EUA - TWA: 2 ppm
LT: EUA - STEL: 5 ppm

Toxicidade ao homem e animais superiores (vertebrados)
M.D.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL
M.C.T.: (OBS.1)

Toxicidade: Espécie: RATO
Via Respiração (CL50): LCLo = 1.000 ppm; LCLo (5 h) = 611 ppm

Toxicidade: Espécie: CAMUNDONGO
Via Respiração (CL50): LCLo (5 h) = 6.000 ppm; LCLo (20 min) = 764 ppm

Toxicidade: Espécie: OUTROS
Via Respiração (CL50): MAMÍFEROS: LCLo (5 min) = 3.000 ppm

Toxicidade aos organismos aquáticos: PEIXES : Espécie
TRUTA: LETAL = 5 ppm/1 h - ÁGUA CONTINENTAL

Toxicidade aos organismos aquáticos: CRUSTÁCEOS : Espécie

Toxicidade aos organismos aquáticos: ALGAS : Espécie

Toxicidade a outros organismos: BACTÉRIAS

Toxicidade a outros organismos: MUTAGENICIDADE
SER HUMANO: "dnd" E "oms" = 5.700 ppb (LINFÓCITO); DROSOPHILA MELANOGASTER: "sln" = 200 umol/L (ORAL); SACCHAROMYCES CEREVISAE: "mmo" = 5 umol/L (CÉLULA NÃO ESP.)

Toxicidade a outros organismos: OUTROS

Informações sobre intoxicação humana
EVITAR CONTATO COM O LÍQUIDO E O VAPOR. MANTER AS PESSOAS AFASTADAS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL.

Tipo de contato VAPOR	**Síndrome tóxica** VENENOSO, SE INALADO.	**Tratamento** MOVER PARA O AR FRESCO. SE A RESPIRAÇÃO FOR DIFICULTADA OU PARAR, DAR OXIGÊNIO OU FAZER RESPIRAÇÃO ARTIFICIAL.
Tipo de contato LÍQUIDO	**Síndrome tóxica** CAUSARÁ ENREGELAMENTO. NOS OLHOS	**Tratamento** ENXAGUAR AS ÁREAS AFETADAS COM MUITA ÁGUA. NÃO ESFREGAR AS ÁREAS AFETADAS. MANTER AS PÁLPEBRAS ABERTAS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA.

DADOS GERAIS

Help

Temperatura e armazenamento
MENOR QUE 54,5 °C.

Ventilação para transporte
VÁLVULA DE ALÍVIO.

Estabilidade durante o transporte

ESTÁVEL.

Usos
PRODUTOS QUÍMICOS (ÁCIDO SULFÚRICO, SULFITOS, HIDROSSULFITOS DE POTÁSSIO E SÓDIO, TIOSSULFATOS, RECUPERAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS VOLÁTEIS); POLPA DE PAPEL SULFITE; REFINAÇÃO DE MINÉRIOS E METAIS; PROTEÍNAS DE SOJA; (OBS.2)

Grau de pureza
GRAU DE REFRIGERAÇÃO: 99,98%; COMERCIAL: 99.90% .

Radioatividade
NÃO TEM.

Método de coleta
DADO NÃO DISPONÍVEL.

Código NAS (National Academy of Sciences)

FOGO	SAÚDE	POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	REATIVIDADE
Fogo: 0	Vapor Irritante: 4 Líquido/Sólido Irritante: 1 Venenos: 4	Toxicidade humana: 0 Toxicidade aquática: 3 Efeito estético: 1	Outros Produtos Químicos: 1 Água: 1 Auto reação: 0

OBSERVAÇÕES Help

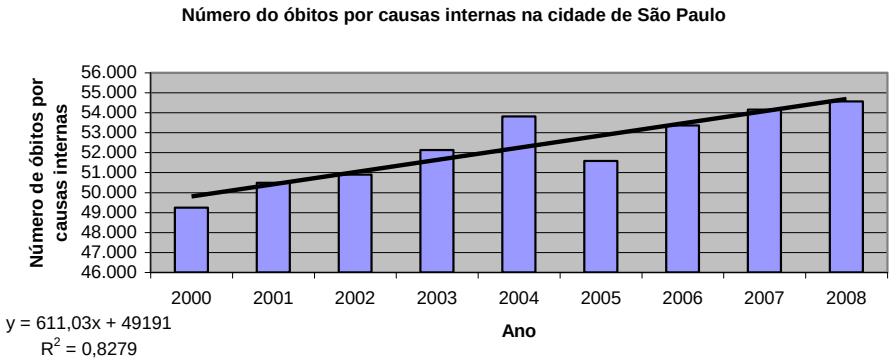
1) SER HUMANO: LCLo (10 min) = 1.000 ppm E TCLo (5 DIAS) = 3 ppm; HOMEM: TCLo (1 min) = 4 ppm; SER HUMANO: TCLo = 3 ppm (INALAÇÃO) - EFEITO TÓXICO PULMONAR 2) EXTRAÇÃO POR SOLVENTE DE ÓLEOS LUBRIFICANTES; AGENTE DE BRANQUEAMENTO DE ÓLEOS ALIMENTÍCIOS; SULFONAÇÃO DE ÓLEOS; USOS: PRESERVATIVOS PARA VINHOS E CERVEJAS; DESINFETANTE E FUMIGANTE; REFRIGERAÇÃO. POTENCIAL DE IONIZACÃO (PI) = 12,3 eV

Anexo D

Regressões/extrapolações do número de mortes por causa internas - São Paulo

Regressões e extrapolações para número de óbitos

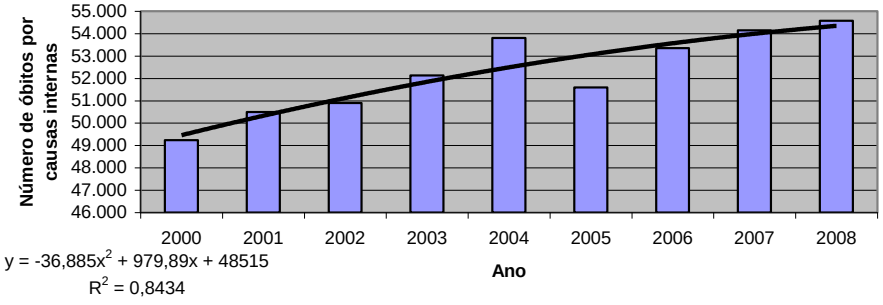
Linear



Significado físico

x	f(x)
0	49191
1	49802
2	50413
3	51024
4	51635
5	52246
6	52857
7	53468
8	54079
9	54690
10	55301
11	55912
12	56523

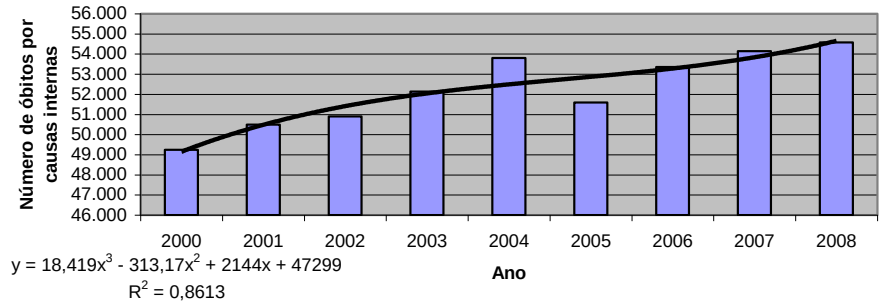
Parabólica



Significado físico

x	f(x)
0	48515
1	49458
2	50327
3	51123
4	51844
5	52492
6	53066
7	53567
8	53993
9	54346
10	54625
11	54831
12	54962

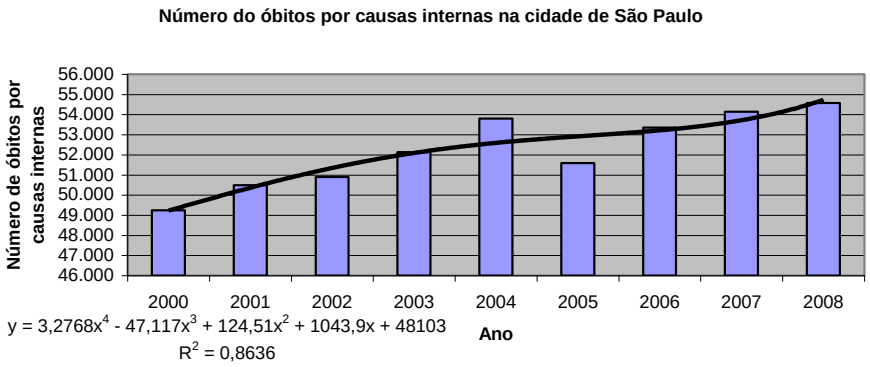
Terceiro grau



Significado físico

x	f(x)
0	47299
1	49148
2	50482
3	51410
4	52043
5	52492
6	52867
7	53279
8	53839
9	54656
10	55841
11	57505
12	59759

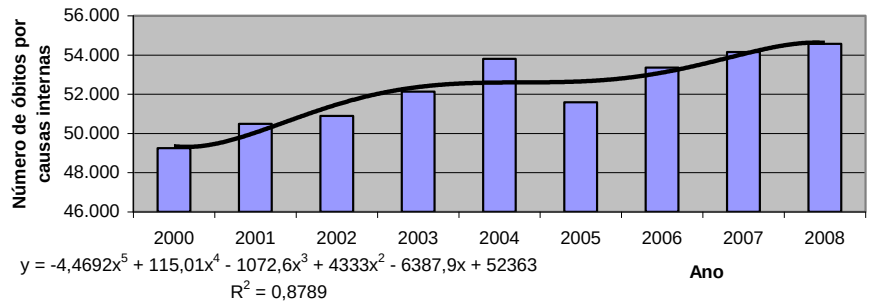
Quarto grau



Significado físico
Maior R^2

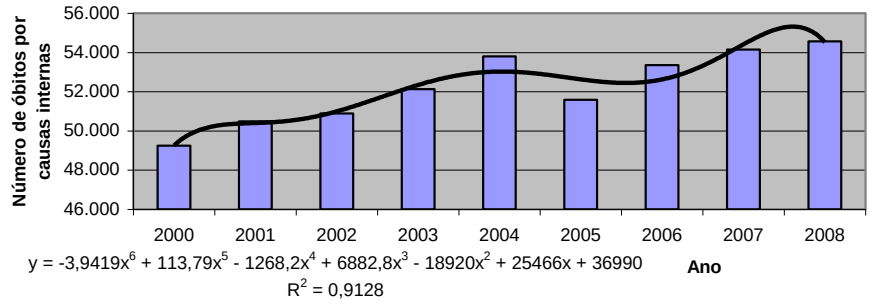
x	f(x)
0	48103
1	49228
2	50364
3	51349
4	52094
5	52594
6	52918
7	53218
8	53721
9	54734
10	56644
11	59915
12	65089

Quinto grau



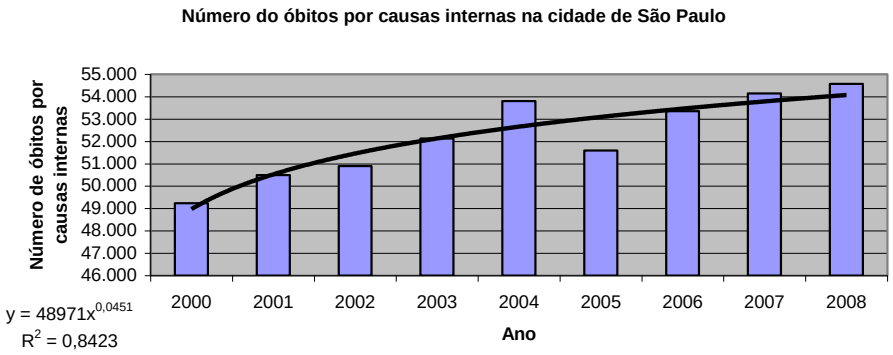
x	f(x)
0	52363
1	49346
2	50036
3	51466
4	52359
5	52589
6	52642
7	53088
8	54035
9	54598
10	52364
11	42851
12	18975

Sexto grau



x	f(x)
0	36990
1	49260
2	50402
3	50997
4	52349
5	53047
6	52681
7	52732
8	54610
9	54863
10	37550
11	-36236
12	-241672

Power



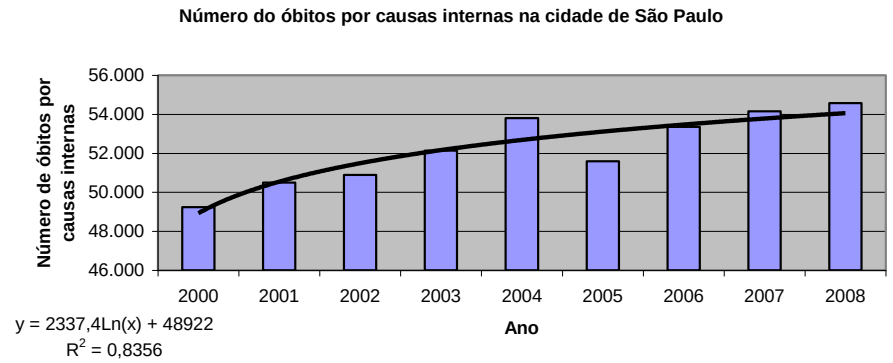
$y = 48971x^{0,0451}$

$R^2 = 0,8423$

Significado físico

x	f(x)
0	0
1	48971
2	50526
3	51459
4	52130
5	52658
6	53093
7	53463
8	53786
9	54072
10	54330
11	54564
12	54778

Logarítmica



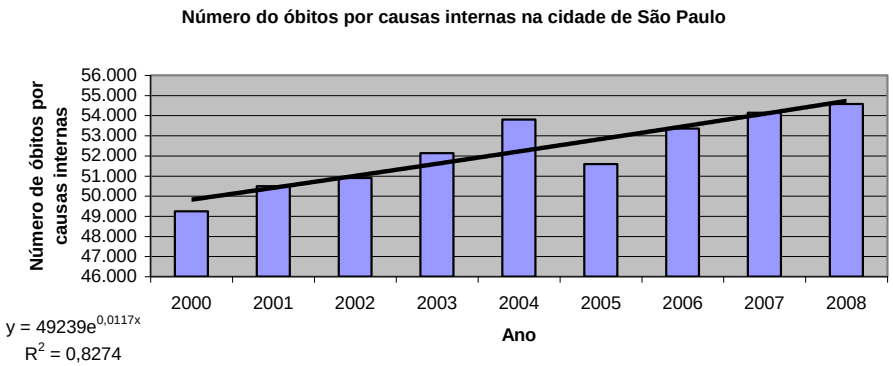
$y = 2337,4\ln(x) + 48922$

$R^2 = 0,8356$

Significado físico

x	f(x)
0	#NUM!
1	48922
2	50542
3	51490
4	52162
5	52684
6	53110
7	53470
8	53782
9	54058
10	54304
11	54527
12	54730

Exponencial



$y = 49239e^{0,0117x}$

$R^2 = 0,8274$

Significado físico

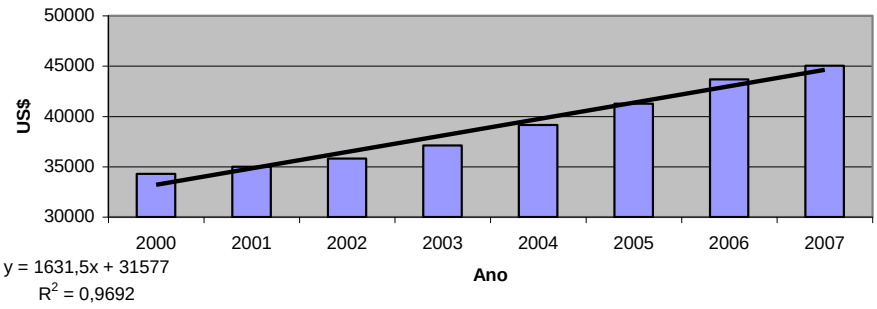
x	f(x)
0	49239
1	49819
2	50406
3	50999
4	51600
5	52207
6	52822
7	53444
8	54074
9	54710
10	55355
11	56006
12	56666

Anexo E

Regressões/extrapolações do PIB per capita norte americano

Regressões e extrapolações para o PIB per capita norte americano

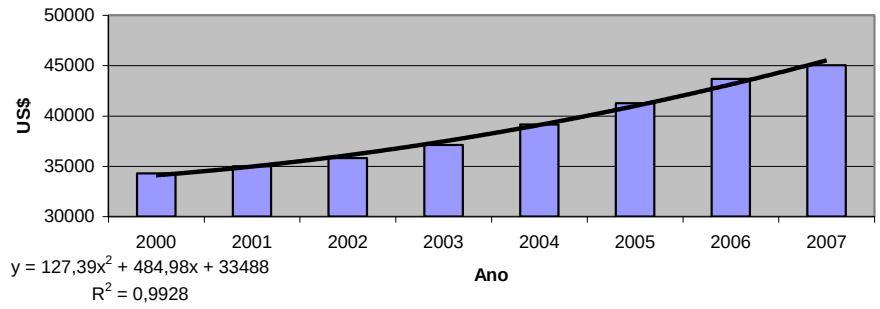
Linear



Significado físico

x	f(x)
0	31577
1	33209
2	34840
3	36472
4	38103
5	39735
6	41366
7	42998
8	44629
9	46261
10	47892
11	49524
12	51155

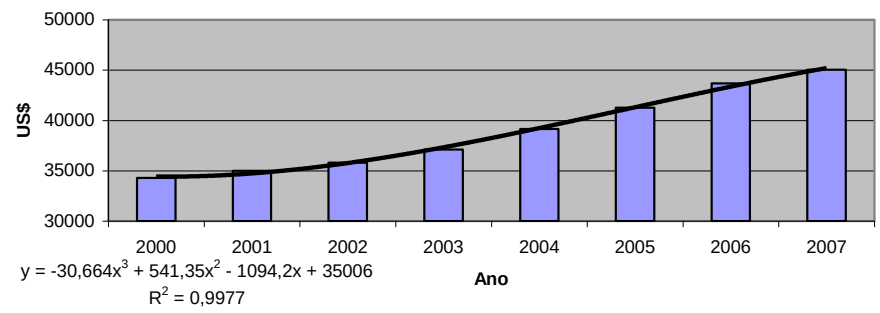
Parabólica



Significado físico
Maior R²

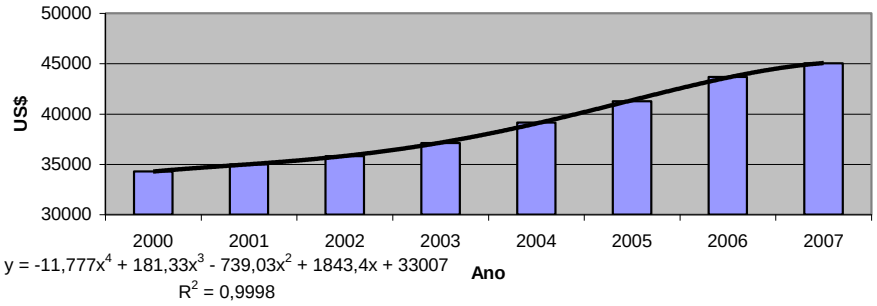
x	f(x)
0	33488
1	34100
2	34968
3	36089
4	37466
5	39098
6	40984
7	43125
8	45521
9	48171
10	51077
11	54237
12	57652

Terceiro grau



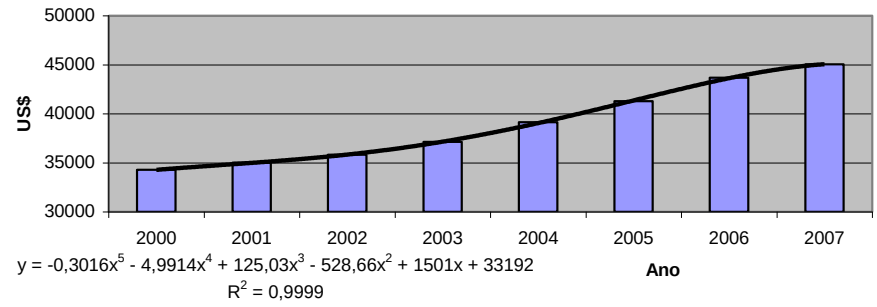
x	f(x)
0	35006
1	34422
2	34738
3	35768
4	37328
5	39236
6	41306
7	43355
8	45199
9	46653
10	47535
11	47659
12	46843

Quarto grau



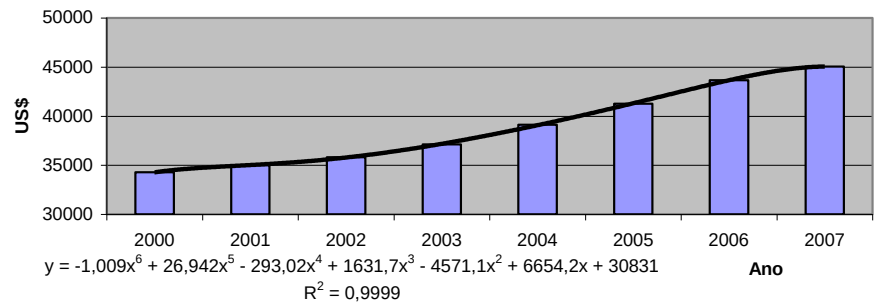
x	f(x)
0	33007
1	34281
2	35000
3	35828
4	37146
5	39054
6	41367
7	43618
8	45059
9	44657
10	41098
11	32785
12	17838

Quinto grau



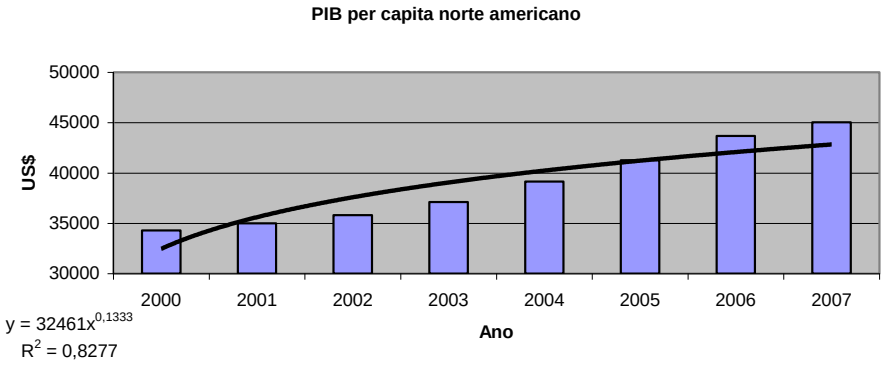
x	f(x)
0	33192
1	34284
2	34990
3	35835
4	37153
5	39047
6	41359
7	43627
8	45054
9	44469
10	40292
11	30498
12	12579

Sexto grau



x	f(x)
0	30831
1	34279
2	35018
3	35786
4	37182
5	39078
6	41315
7	43665
8	45067
9	42139
10	26963
11	-15858
12	-112868

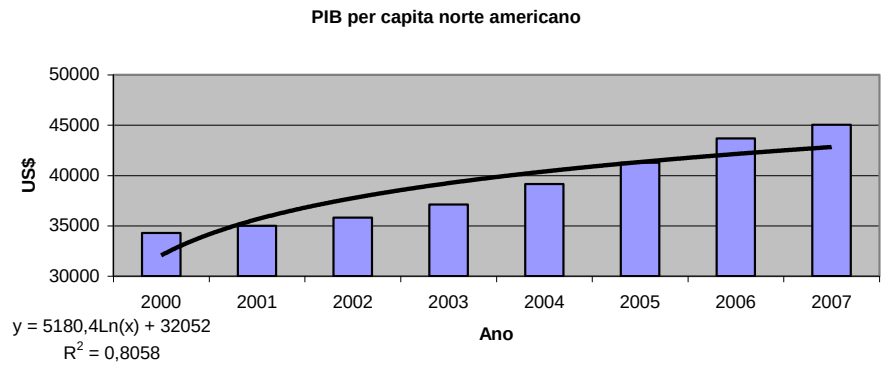
Power



Significado físico

x	f(x)
0	0
1	32461
2	35603
3	37580
4	39050
5	40229
6	41218
7	42074
8	42830
9	43507
10	44123
11	44687
12	45208

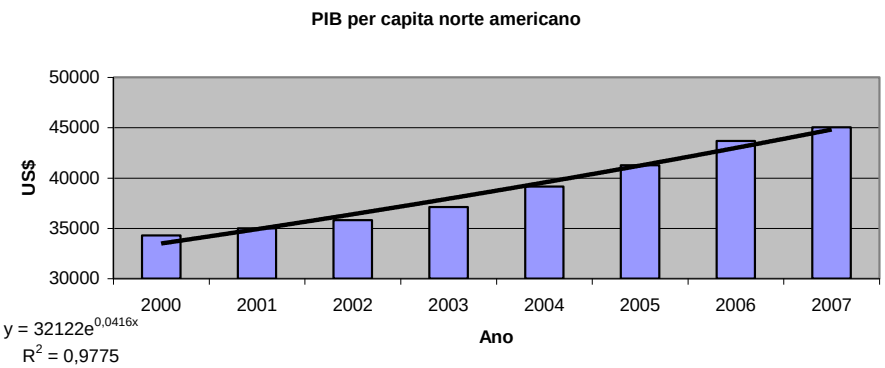
Logarítmica



Significado físico

x	f(x)
0	#NUM!
1	32052
2	35643
3	37743
4	39234
5	40390
6	41334
7	42133
8	42824
9	43435
10	43980
11	44474
12	44925

Exponencial



Significado físico

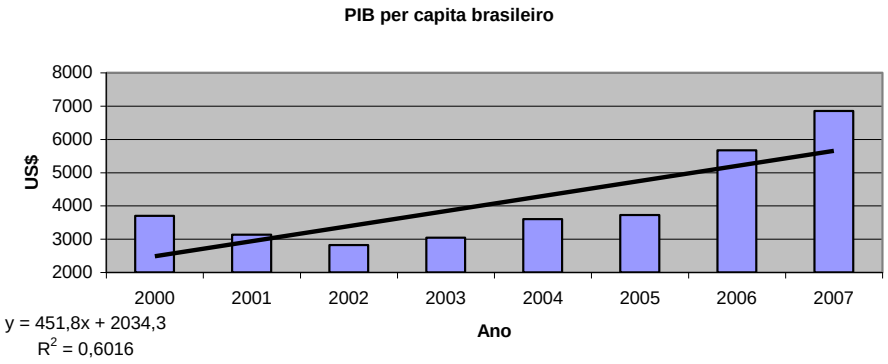
x	f(x)
0	32122
1	33487
2	34911
3	36395
4	37942
5	39554
6	41235
7	42988
8	44815
9	46720
10	48706
11	50776
12	52935

Anexo F

Regressões/extrapolações do PIB per capita brasileiro

Regressões e extrapolações para o PIB per capita brasileiro

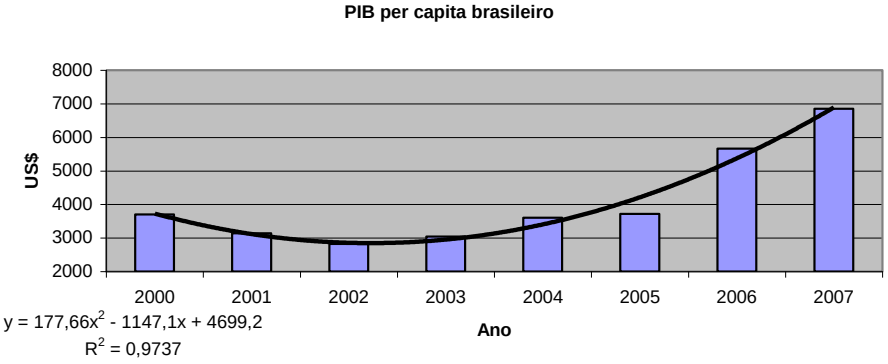
Linear



Significado físico

x	f(x)
0	2034
1	2486
2	2938
3	3390
4	3842
5	4293
6	4745
7	5197
8	5649
9	6101
10	6552
11	7004
12	7456

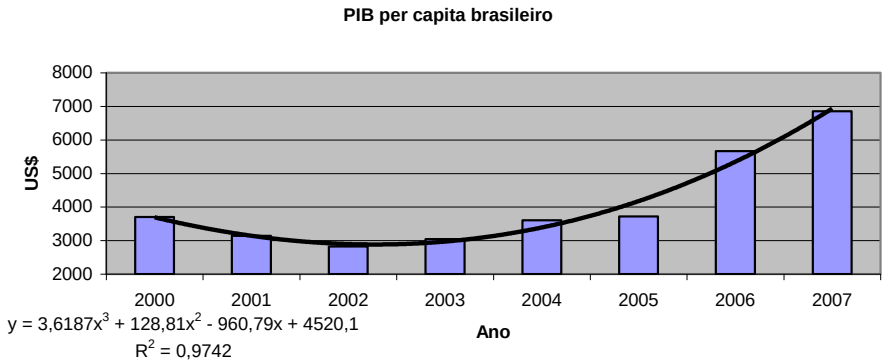
Parabólico



Significado físico

x	f(x)
0	4699
1	3730
2	3116
3	2857
4	2953
5	3405
6	4212
7	5375
8	6893
9	8766
10	10994
11	13578
12	16517

Terceiro grau

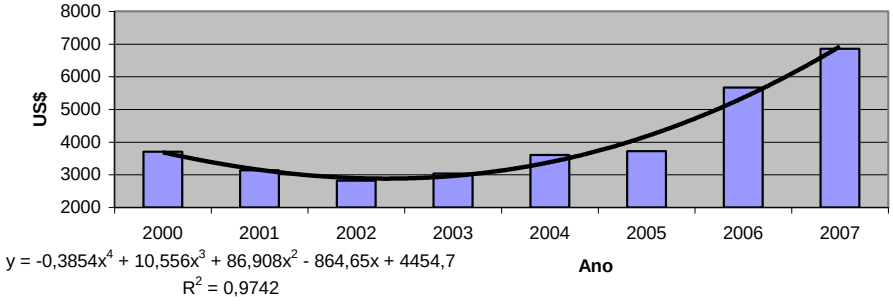


Significado físico
Maior R²

x	f(x)
0	4520
1	3692
2	3143
3	2895
4	2969
5	3389
6	4174
7	5347
8	6930
9	8945
10	11412
11	14354
12	17792

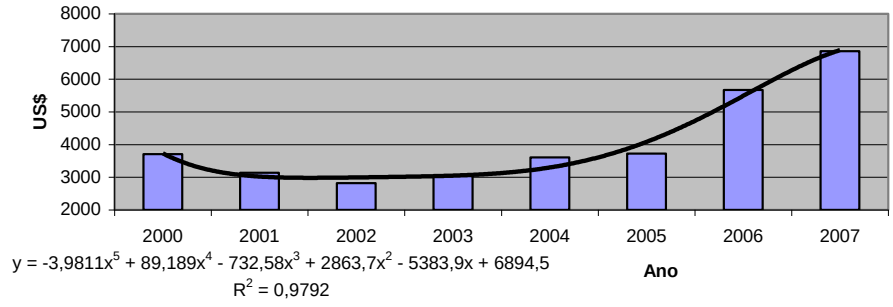
Quarto grau

Significado físico



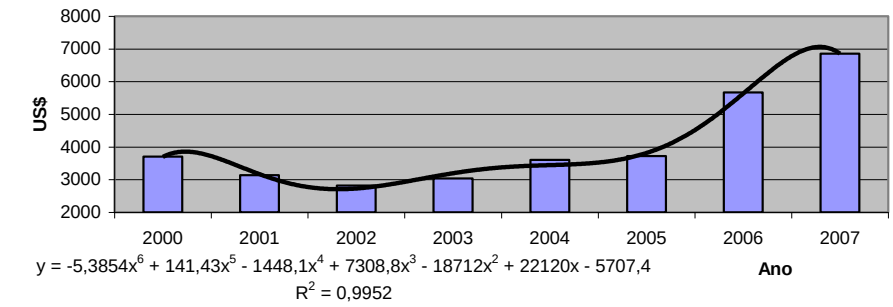
x	f(x)
0	4455
1	3687
2	3151
3	2897
4	2964
5	3383
6	4176
7	5356
8	6926
9	8879
10	11201
11	13867
12	16843

Quinto grau



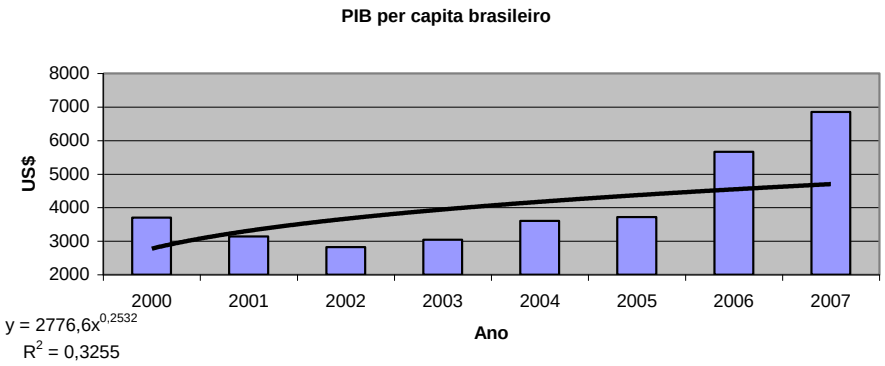
x	f(x)
0	6895
1	3727
2	3020
3	2993
4	3049
5	3297
6	4079
7	5486
8	6885
9	6437
10	625
11	-16229
12	-52440

Sexto grau



x	f(x)
0	-5707
1	3697
2	3166
3	2728
4	3196
5	3452
6	3842
7	5702
8	7001
9	-5891
10	-70307
11	-263280
12	-721399

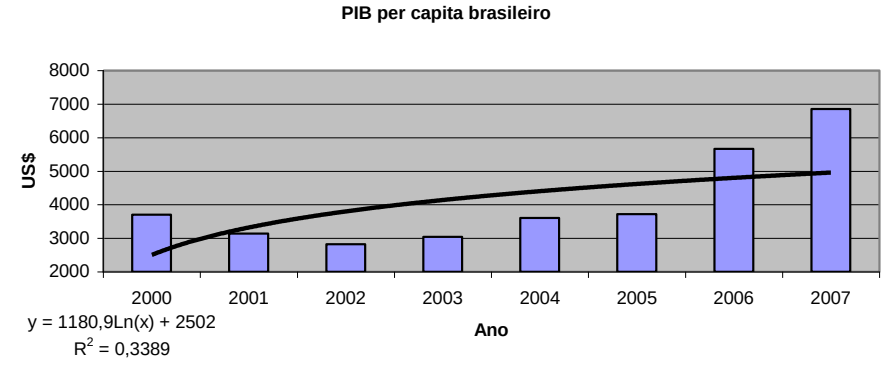
Power



Significado físico

x	f(x)
0	0
1	2777
2	3309
3	3667
4	3944
5	4173
6	4371
7	4545
8	4701
9	4843
10	4974
11	5096
12	5209

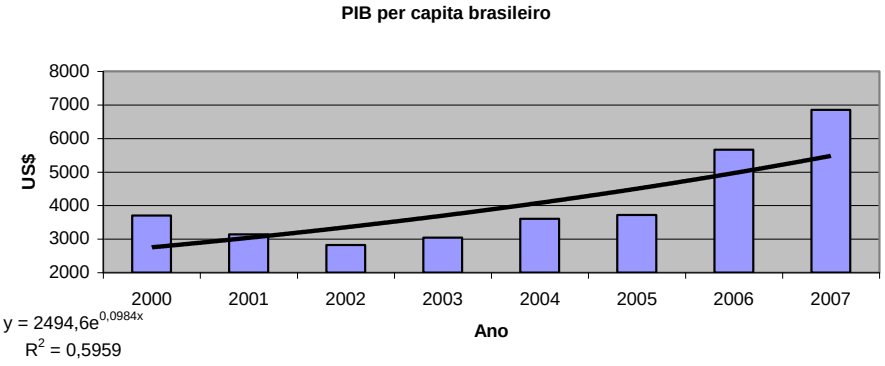
Logarítmica



Significado físico

x	f(x)
0	#NUM!
1	2502
2	3321
3	3799
4	4139
5	4403
6	4618
7	4800
8	4958
9	5097
10	5221
11	5334
12	5436

Exponencial



Significado físico

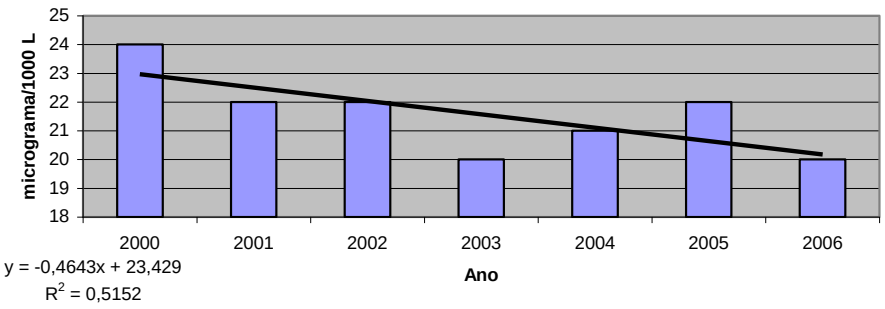
x	f(x)
0	2495
1	2753
2	3038
3	3352
4	3699
5	4081
6	4504
7	4970
8	5484
9	6051
10	6678
11	7368
12	8131

Anexo G

Regressões/extrapolações da concentração de material particulado fino – São Paulo

Regressões e extrapolações para a concentração de material particulado respirável

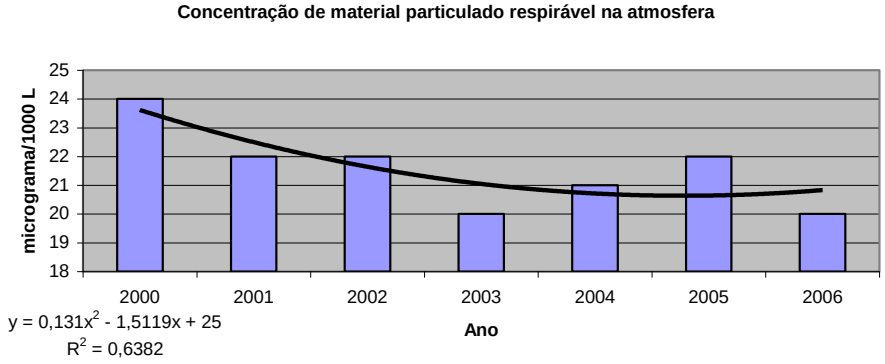
Linear



Significado físico

x	f(x)
0	23
1	23
2	23
3	22
4	22
5	21
6	21
7	20
8	20
9	19
10	19
11	18
12	18

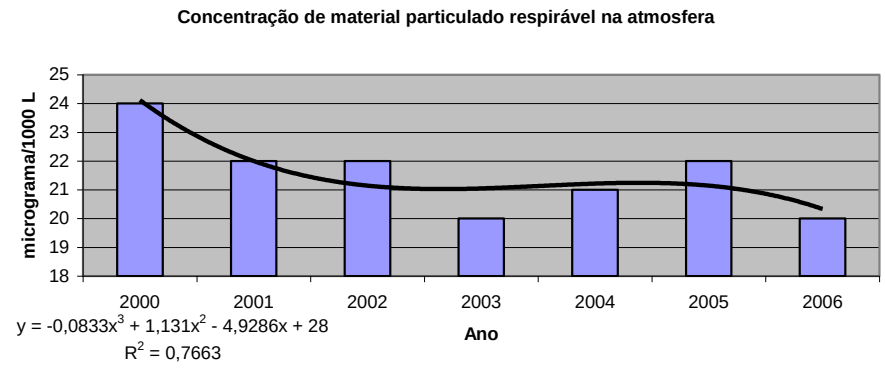
Parabólica



Significado físico

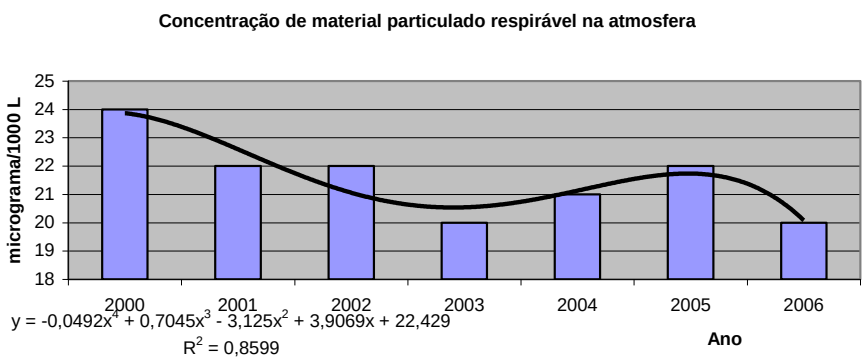
x	f(x)
0	25
1	24
2	23
3	22
4	21
5	21
6	21
7	21
8	21
9	22
10	23
11	24
12	26

Terceiro grau



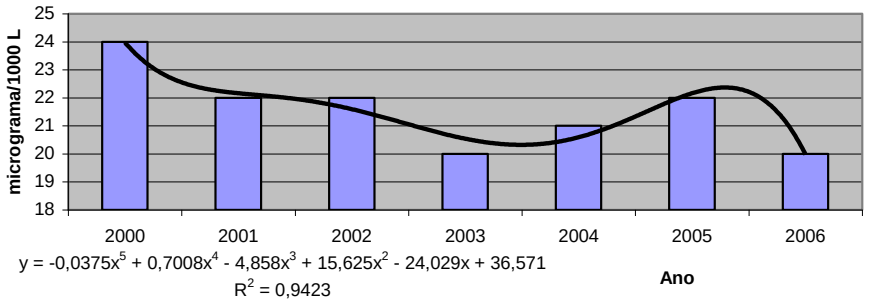
x	f(x)
0	28
1	24
2	22
3	21
4	21
5	21
6	21
7	20
8	18
9	15
10	9
11	0
12	-12

Quarto grau



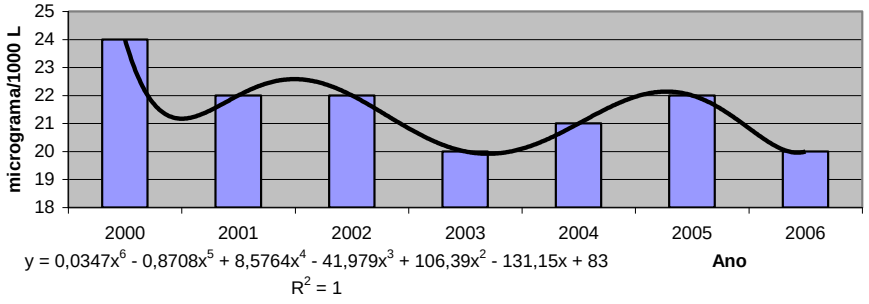
x	f(x)
0	22
1	24
2	23
3	21
4	21
5	21
6	22
7	20
8	13
9	-5
10	-39
11	-95
12	-184

Quinto grau



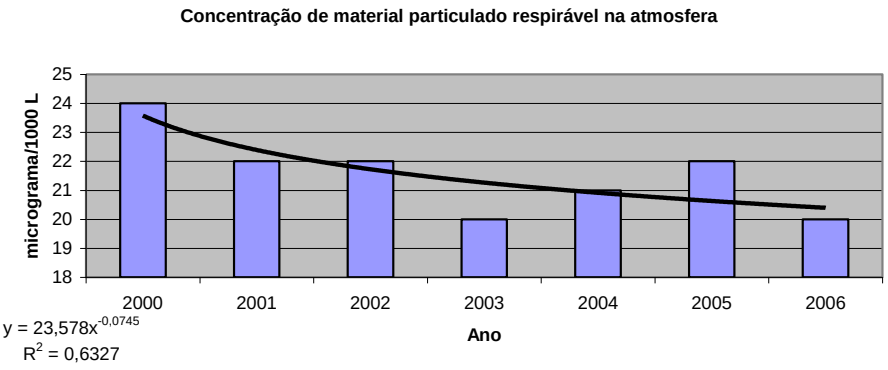
x	f(x)
0	37
1	24
2	22
3	22
4	21
5	21
6	22
7	20
8	-1
9	-72
10	-241
11	-582
12	-1196

Sexto grau



x	f(x)
0	83
1	24
2	22
3	22
4	20
5	21
6	21
7	18
8	40
9	208
10	816
11	2437
12	6061

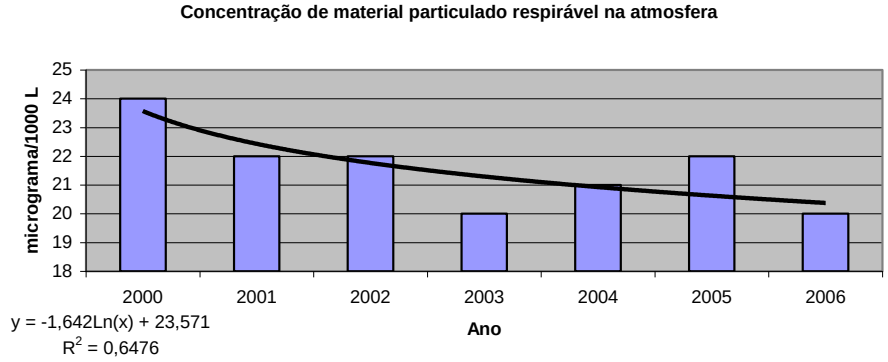
Power



Significado físico

x	f(x)
0	#DIV/0!
1	24
2	22
3	22
4	21
5	21
6	21
7	20
8	20
9	20
10	20
11	20
12	20

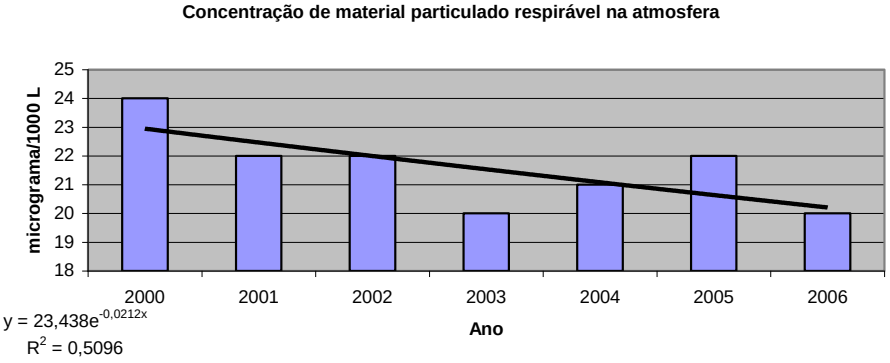
Logarítmica



Significado físico
Maior R^2

x	f(x)
0	#NUM!
1	24
2	22
3	22
4	21
5	21
6	21
7	20
8	20
9	20
10	20
11	20
12	19

Exponencial



Significado físico

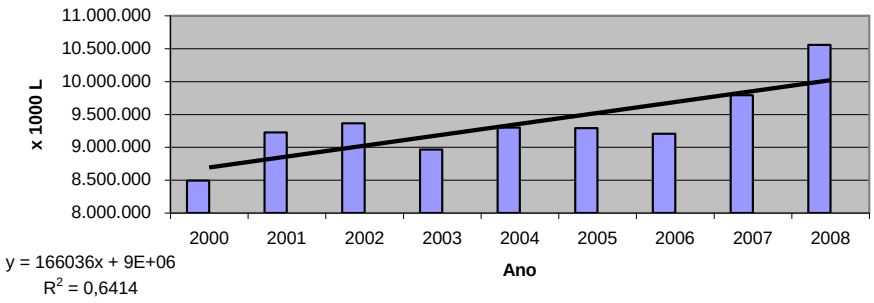
x	f(x)
0	23
1	23
2	22
3	22
4	22
5	21
6	21
7	20
8	20
9	19
10	19
11	19
12	18

Anexo H

Regressões/extrapolações do consumo de óleo diesel – São Paulo

Regressões e extrapolações para consumo de Diesel no estado de São Paulo

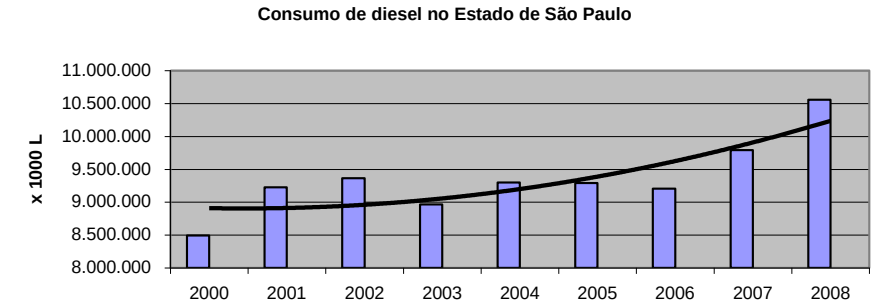
Linear



Significado físico

x	f(x)
0	9,00E+06
1	9,17E+06
2	9,33E+06
3	9,50E+06
4	9,66E+06
5	9,83E+06
6	1,00E+07
7	1,02E+07
8	1,03E+07
9	1,05E+07
10	1,07E+07
11	1,08E+07
12	1,10E+07

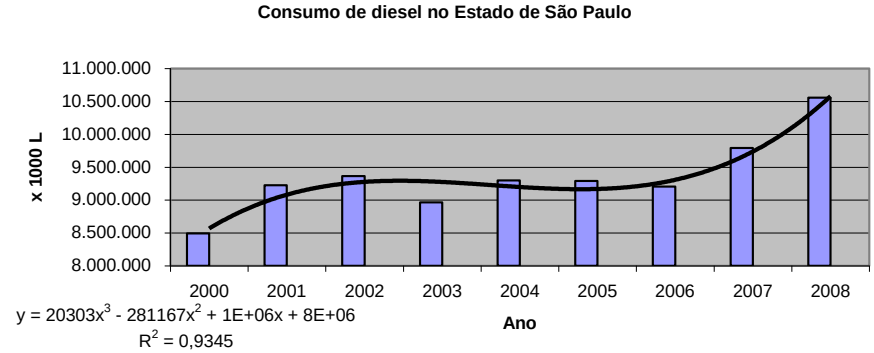
Parabólica



Significado físico
Maior R²

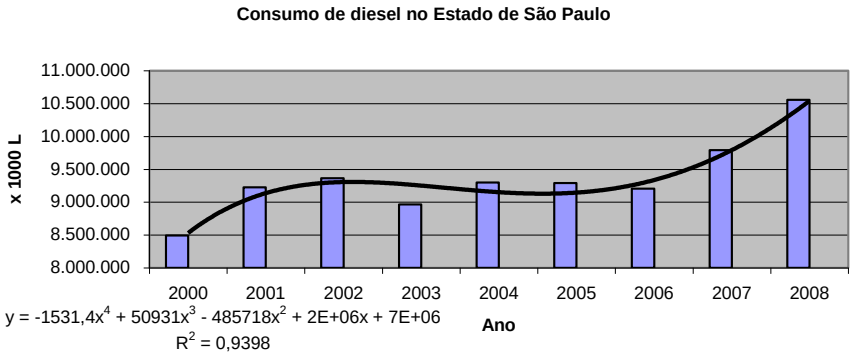
x	f(x)
0	9,00E+06
1	8,96E+06
2	8,96E+06
3	9,01E+06
4	9,10E+06
5	9,25E+06
6	9,44E+06
7	9,67E+06
8	9,95E+06
9	1,03E+07
10	1,07E+07
11	1,11E+07
12	1,16E+07

Terceiro grau



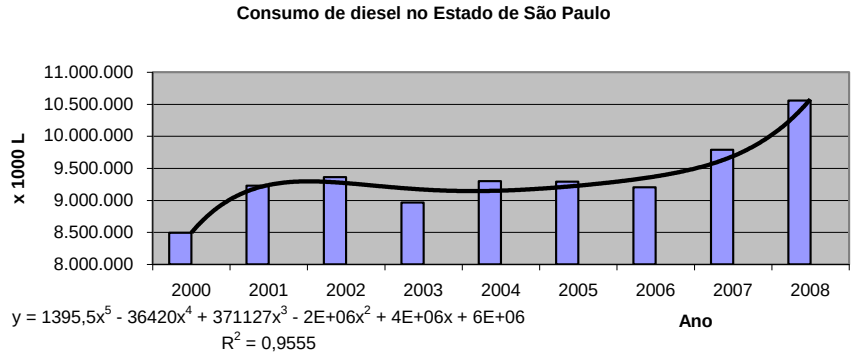
x	f(x)
0	8,00E+06
1	8,74E+06
2	9,04E+06
3	9,02E+06
4	8,80E+06
5	8,51E+06
6	8,26E+06
7	8,19E+06
8	8,40E+06
9	9,03E+06
10	1,02E+07
11	1,20E+07
12	1,46E+07

Quarto grau



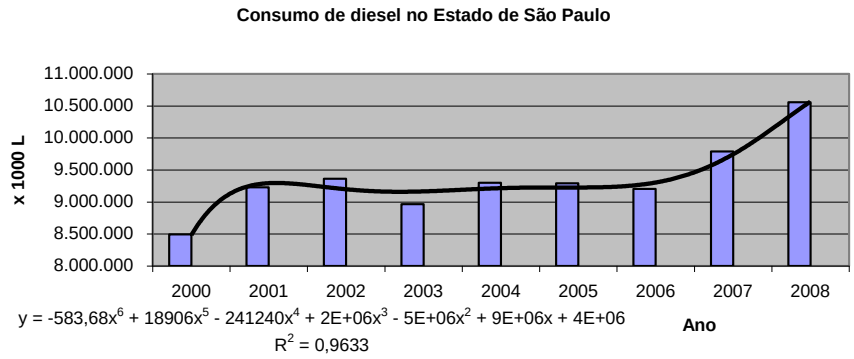
x	f(x)
0	7,00E+06
1	8,56E+06
2	9,44E+06
3	9,88E+06
4	1,01E+07
5	1,03E+07
6	1,05E+07
7	1,10E+07
8	1,17E+07
9	1,27E+07
10	1,40E+07
11	1,56E+07
12	1,73E+07

Quinto grau



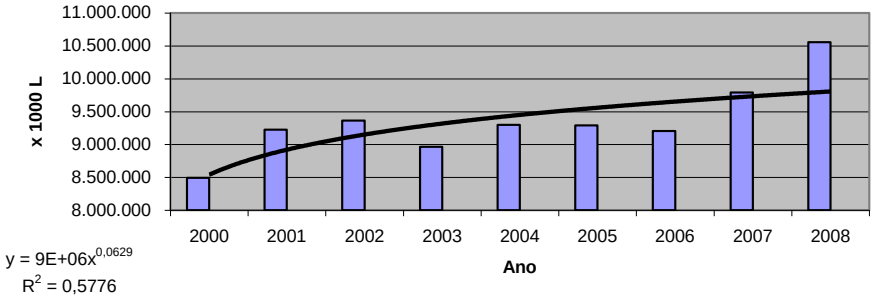
x	f(x)
0	6,00E+06
1	8,34E+06
2	8,43E+06
3	7,41E+06
4	5,86E+06
5	3,99E+06
6	1,81E+06
7	-6,94E+05
8	-3,43E+06
9	-6,00E+06
10	-7,52E+06
11	-6,51E+06
12	-6,53E+05

Sexto grau



x	f(x)
0	4,00E+06
1	1,48E+07
2	3,47E+07
3	6,96E+07
4	1,23E+08
5	1,98E+08
6	2,97E+08
7	4,23E+08
8	5,78E+08
9	7,66E+08
10	9,89E+08
11	1,24E+09
12	1,53E+09

Power



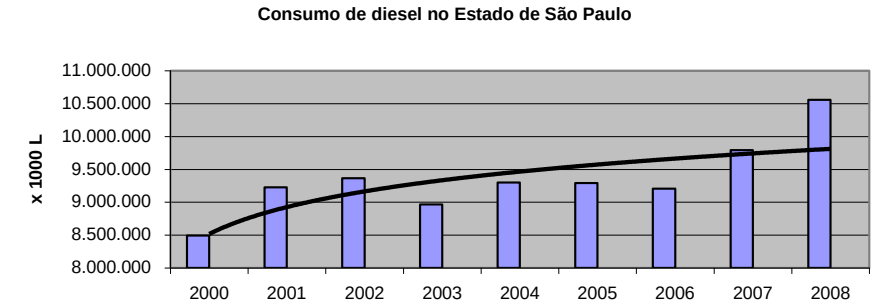
$y = 9E+06x^{0,0629}$

$R^2 = 0,5776$

Significado físico

x	f(x)
0	0,00E+00
1	9,00E+06
2	9,40E+06
3	9,64E+06
4	9,82E+06
5	9,96E+06
6	1,01E+07
7	1,02E+07
8	1,03E+07
9	1,03E+07
10	1,04E+07
11	1,05E+07
12	1,05E+07

Logarítmica



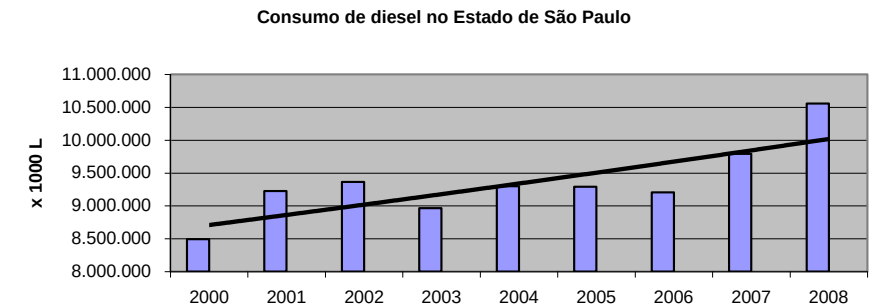
$y = 589082Ln(x) + 9E+06$

$R^2 = 0,5569$

Significado físico

x	f(x)
0	#NUM!
1	9,00E+06
2	9,41E+06
3	9,65E+06
4	9,82E+06
5	9,95E+06
6	1,01E+07
7	1,01E+07
8	1,02E+07
9	1,03E+07
10	1,04E+07
11	1,04E+07
12	1,05E+07

Exponencial



$y = 9E+06e^{0,0175x}$

$R^2 = 0,6477$

Significado físico

x	f(x)
0	9,00E+06
1	9,16E+06
2	9,32E+06
3	9,49E+06
4	9,65E+06
5	9,82E+06
6	1,00E+07
7	1,02E+07
8	1,04E+07
9	1,05E+07
10	1,07E+07
11	1,09E+07
12	1,11E+07