

Ar limpo é
o nosso negócio

Umicore Brasil Ltda.
Unidade Catalisadores Automotivos
Av. São Jerônimo, 5000
Americana, SP 13470-310
Tel.: +55 (19) 3471.4000

www.umicore.com.br


umicore
Automotive Catalysts


umicore
Automotive Catalysts

25 anos do
Catalisador Automotivo
e 30 anos do PROCONVE:
Uma estratégia de sucesso



25 anos do Catalisador Automotivo e 30 anos do PROCONVE:

Uma estratégia de sucesso



Gabriel Murgel Branco
Fábio Cardinale Branco
Stephan Blumrich

Americana, Outubro de 2016

Prefácio

Caro leitor,

Este livro foi criado para comemorar dois aniversários significativos para nosso país.

Há 30 anos, em 1986, o PROCONVE (Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores) foi instituído com o objetivo de dotar os veículos de tecnologias limpas que permitissem recuperar a qualidade do ar nas grandes cidades, independentemente da imposição de alternativas de transporte, de fontes de energia e do tipo de tecnologia. Este livro vai contar a história desta conquista dos brasileiros ao longo dos seus 30 anos. Antecipando: uma história de muito sucesso para a qualidade do ar e, portanto, para a saúde da população.

Há 25 anos, em 1991, o País recebeu sua primeira fábrica de catalisadores automotivos - em Americana - no interior de São Paulo. Catalisadores automotivos são componentes chave para melhorar a qualidade do ar: através de reações químicas conseguem transformar os três principais poluentes CO (Monóxido de Carbono), HC (Hidrocarbonetos não queimados - incluindo os aldeídos) e NO_x (Óxidos de Nitrogênio) em CO₂ (Dióxido de Carbono, contido em todas as águas com gás, cervejas, refrigerantes etc.), N₂ (Nitrogênio - 79 % do ar que respiramos são Nitrogênio) e H₂O (água), reduzindo assim em até 98% as emissões dos poluentes.

A fábrica, construída pela multinacional química alemã Degussa (atual Evonik), não só gerou muitos empregos, como trouxe tecnologias de ponta para controlar as emissões. O investimento também incluiu um completo laboratório de emissões com bancadas de motores e dinamômetro de chassis, permitindo assim desenvolver soluções perfeitas para as condições especiais do Brasil, já que o Brasil era e é o único país do mundo com a oferta de etanol puro como combustível. Este livro conta em poucas palavras e imagens a transformação e expansão desta fábrica ao longo dos anos, hoje fazendo parte da Umicore, uma empresa multinacional belga, que tem o foco na sustentabilidade ambiental de seu portfólio de produtos. O catalisador automotivo é um excelente exemplo porque é um componente que reduz poluentes e é totalmente reciclável, seus componentes principais, os metais nobres, são 100 % reutilizados.

Boa leitura!

Stephan Heinz Blumrich

Diretor da Umicore Brasil Ltda.
Unidade Catalisadores Automotivos

PROCONVE 30 ANOS: UMA ESTRATÉGIA DE SUCESSO

1. Percebendo a verdadeira ordem de grandeza dos problemas que criamos

A modernidade vem trazendo inovações, atualmente imprescindíveis ao ser humano pelo conforto e eficiência que lhe proporcionam, mas que se baseiam em altíssimo consumo (e conseqüente dissipação) de energia. A maior parte, consumida pelo planeta, provém do petróleo, do carvão mineral e do gás “natural”, todos extraídos do subsolo, trazendo para a atmosfera o carbono que levou milhões de anos para se concentrar fora dela.

É por estas razões que o controle de emissões, o desenvolvimento de combustíveis renováveis e a busca por maior eficiência no uso da energia são tão importantes para que o planeta continue habitável e saudável. É preciso que o leitor se dê conta de que os transportes têm um dos maiores consumos de energia entre as atividades humanas e que esse setor está fortemente deformado em termos energéticos. Isso porque o agravamento desta situação pelo seu crescimento se trata de uma tendência “natural”, tendo em vista que o trânsito por automóvel apresenta o mais alto consumo por passageiro transportado. Ao se privilegiar o transporte individual, torna-se necessária uma estratégia tecnológica mais agressiva para conter o crescimento do impacto ambiental induzido pelos veículos e maior ênfase à sua otimização.

Por isso, o PROCONVE - Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - foi instituído em 1986 para dotar os veículos de soluções limpas que permitissem recuperar a qualidade do ar nas grandes cidades, independentemente da imposição de alternativas de transporte, de fontes de energia e do tipo de tecnologia. Posteriormente este programa foi estendido por novas fases, com exigências progressivamente mais restritivas para os veículos leves e pesados, bem como mediante outros dois programas dedicados aos motocicletas e às máquinas rodoviárias.

2. Considerações sobre os aspectos regulatórios

O PROCONVE foi estabelecido pelo CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente em 1986 com os seguintes objetivos fundamentais, incluindo o envolvimento da sociedade com o tema:

- reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores, visando o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar, especialmente nos centros urbanos;
- promover o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automobilística, como em métodos e equipamentos para ensaios e medições da emissão de poluentes;

- criar programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso;

- promover a conscientização da população com relação à questão da poluição do ar por veículos automotores;

- estabelecer condições de avaliação dos resultados alcançados;

- promover a melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos à disposição da frota nacional de veículos automotores, visando a redução de emissões de poluentes à atmosfera;

A estratégia de ação do PROCONVE consiste das seguintes ações:

a) Certificação de Protótipo:

Com o objetivo de certificar o projeto do automóvel quanto ao atendimento das exigências ambientais, o fabricante deve demonstrar que o protótipo, ou o veículo de pré-produção, atende aos limites de emissões estabelecidos, detalhando-se as suas especificações técnicas para um futuro confronto com modelos de produção e da frota circulante. Este processo inclui a demonstração de durabilidade das emissões por um período significativo da vida útil do veículo, em condições representativas de condução normal (não abusiva) e respeitando o plano de manutenção periódica recomendado pelo fabricante ao usuário. Neste caso, as emissões são determinadas em laboratório em condições

simuladas da condução normal, cuja representatividade deve ser comprovada em relação ao comportamento veículo em campo. O ciclo de velocidades é padronizado para melhor reprodutibilidade dos resultados e representa os hábitos médios da sociedade ao utilizar a frota circulante. Porém, o veículo deve produzir resultados semelhantes quando conduzido normalmente em situações médias e normais de tráfego e de carga.

b) Controle da Produção:

Consiste de levantamento estatístico de veículos novos na linha de produção que comprovem a sua conformidade com as especificações e níveis de emissão, ambos certificados pelo IBAMA, demonstrando que a dispersão de valores seja aceitável.

c) Requisitos de Manutenção:

Os requisitos de manutenção apresentados pelo fabricante e aceitos no processo de certificação de protótipo passam a ser incorporados e divulgados ao público, sendo de responsabilidade do usuário a sua observação, de acordo com as recomendações do fabricante. O usuário também se torna responsável pela conformidade do seu veículo ao realizar modificações de projeto, adaptações e adulterações do automóvel, sejam quais forem as suas justificativas, devendo responder também pela re-certificação do mesmo quando alterar itens constantes, direta ou indiretamente, do processo de certificação original.

d) Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso:

Consiste da inspeção periódica dos veículos em circulação para a verificação da conformidade com as especificações originalmente homologadas. Nesse estágio, o auto é submetido a medições de emissão e de ruído para uma avaliação rápida e de baixo custo do estado de manutenção e da regulagem do motor, bem como para a identificação de possíveis alterações feitas no carro e que venham a interferir nesses níveis. Os padrões desta verificação são apenas valores de referência para uma comparação relativa entre veículos semelhantes nas mesmas condições de funcionamento e devem refletir indiretamente nos índices de emissão de poluentes atmosféricos e ruído, estatisticamente representativos para veículos em condições normais de operação. Tais padrões de referência respeitam as limitações tecnológicas de cada tipo e ano-modelo de veículo, além do desgaste normal de seus componentes, tanto para aqueles produzidos anteriormente à vigência do PROCONVE, como para os certificados no âmbito desse programa.

O programa não se presta ao aprimoramento tecnológico dos veículos em uso, mas visa identificar os que apresentam emissões acima do normal para o seu ano-modelo em razão de manutenção inadequada ou, também, de alterações de suas especificações originais, promovendo a correção do problema.

O objetivo primordial do Programa I/M é gerar e

consolidar uma cultura de manutenção preventiva e, quando necessário, corretiva dos veículos por seus proprietários e usuários, de modo a evitar que os esforços na redução da emissão de poluentes atmosféricos e de ruído por parte dos fabricantes sejam comprometidos. Por isso há essa divisão, com os usuários, do compromisso de reduzir as emissões dos automóveis em uso.

Desta forma, o I/M também é uma importante fonte de retroalimentação de informações aos fabricantes acerca do funcionamento dos seus produtos quando em uso normal pela população, permitindo a revisão e correção de procedimentos de manutenção, ou mesmo alteração de detalhes de projeto e substituição de peças, quando for o caso.

e) Controle de pós-Venda:

A partir dos resultados estatísticos do Programa I/M, ou de medições das emissões realizadas em campo sob critérios representativos das condições de uso normal dos veículos, o Órgão Ambiental poderá comprovar a desconformidade de certos modelos baseado nas exigências do PROCONVE e as especificações certificadas, especialmente se for evidenciada a existência de itens de ação indesejável, isto é, dispositivos que reduzam ou eliminem a eficácia dos sistemas de controle de emissão de forma viciada nas condições de utilização normal.

f) Regulamentações ambientais:

Todas as exigências relativas ao controle ambiental dos

veículos estão estabelecidas em cerca de 40 Resoluções do CONAMA e 20 Portarias e Instruções Normativas do IBAMA, em consonância com as Leis Federais e o Código Nacional de Trânsito.

Observa-se, portanto, que o controle da poluição veicular é um encadeamento de ações que se inicia com a produção de veículos novos, cada vez mais atualizados tecnologicamente e menos poluentes, passando pela exigência de uso e manutenção adequados, e que se encerra com o sucateamento controlado e reciclagem de componentes e materiais.

Nota-se que estas ações do Programa não impõem aos fabricantes a adoção de uma tecnologia em particular para o controle das emissões dos veículos; ao contrário, as tecnologias foram definidas e adotadas pelos fabricantes em função de suas estratégias de custo, mercado e de planejamento da evolução dos seus produtos. Dentre as estratégias escolhidas, adotadas por todos os fabricantes de veículos leves, destacam-se a injeção eletrônica e a utilização de catalisadores, complementadas por recursos de menor impacto que, em conjunto, permitiram o atendimento aos limites de todas as fases do PROCONVE.

3. Limites de emissão exigidos

O PROCONVE estabeleceu limites de emissão para CO, HC, NO_x, MP e aldeídos, conforme o tipo de veículo e de combustível, de forma progressivamente mais restritiva

para induzir o desenvolvimento tecnológico e viabilizar os investimentos e a aquisição de conhecimentos necessários.

Os limites especificados devem ser assegurados pelo fabricante, o qual pode escolher a tecnologia que julgar mais aplicável, porém prevendo a tolerância e a manutenção necessárias para esta segurança por toda a vida útil do veículo.

As figuras (1 e 2) a seguir indicam as evoluções dos limites de emissão do PROCONVE para veículos leves, superpostas às curvas dos valores médios certificados pelo IBAMA. Além destas, estão apresentadas as curvas dos valores médios das emissões avaliadas antes do conversor catalítico, isto é, os valores resultantes da evolução tecnológica dos sistemas de combustão dos motores isoladamente.

No caso do HC, aumentando-se a escala do gráfico (figura 2), pode-se observar que esta emissão não vai a zero, mas, ainda assim, cai a níveis muito baixos (0,03 g/km de emissão certificada e 0,36 g/km sem catalisador). Entretanto, o “desconto do etanol”, permitido a partir de 2005, abaixa artificialmente esses dois níveis, o que não corresponde a uma melhoria dos sistemas de injeção e ignição¹.

¹ Com a introdução de veículos flex no mercado a partir de 2005, a emissão de “HC” passou a ser considerada como apenas os hidrocarbonetos não metânicos, isto é, descontando-se as massas de etanol e de metano das determinações de hidrocarbonetos totais – THC.

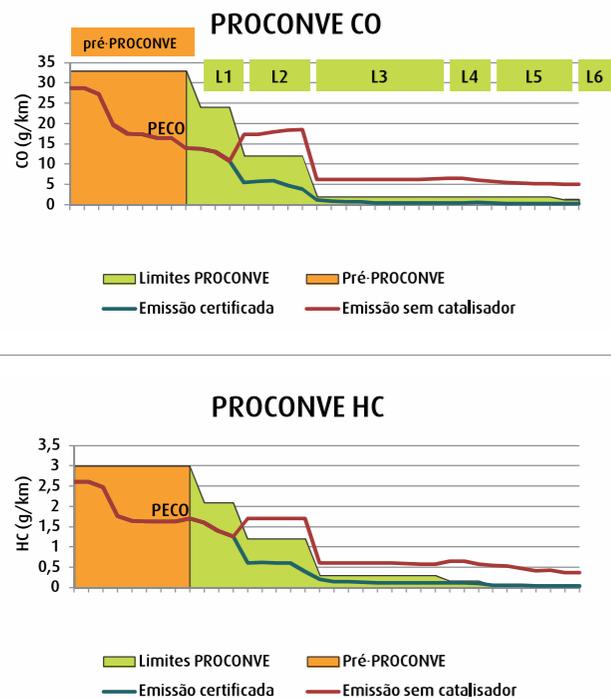


Figura 1 – Limites estabelecidos pelo PROCONVE, resultados atingidos na prática e estimativa dos fatores de emissão sem catalisador.

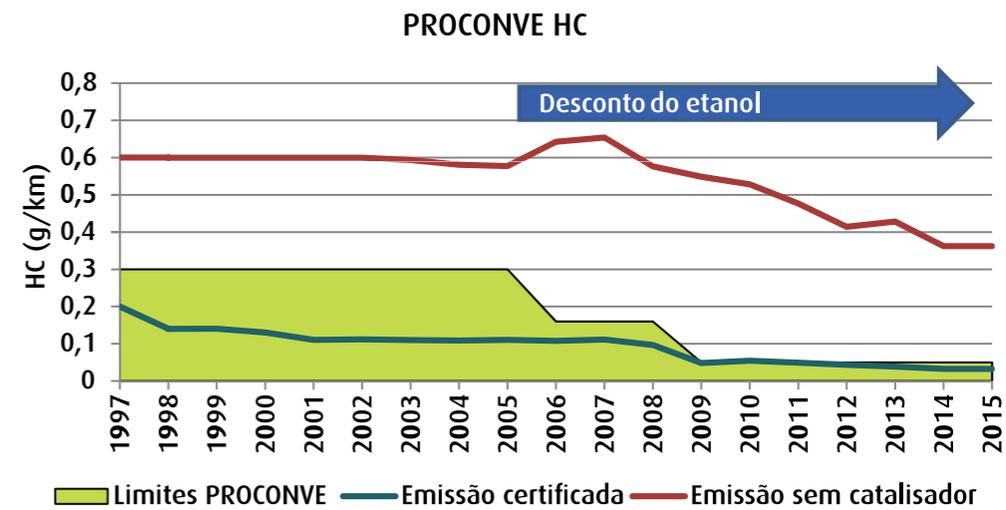
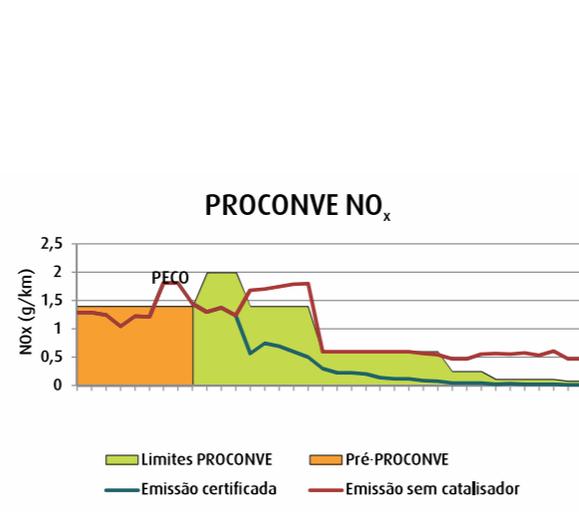


Figura 2 – Limites de HC estabelecidos pelo PROCONVE, resultados atingidos na prática e estimativa dos fatores de emissão sem catalisador

Observa-se que o catalisador desempenhou um papel de extrema importância na compatibilização das exigências ambientais com os requisitos de desempenho e economia de combustível, sendo o principal responsável pelos baixos índices de emissão atingidos nos últimos 20 anos. Os valores obtidos sem catalisador evidenciam as importantes etapas que fazem parte do histórico da evolução tecnológica dos motores e suas calibrações no Brasil, destacando-se as seguintes fases principais voltadas aos veículos leves:

- pré-PROCONVE (até 1988): caracterizada pelos veículos calibrados com privilégio da potência, com elevadas emissões de CO e HC, cujos índices atmosféricos já eram preocupantes na década de 70;
- PECO: reflete o Programa de Economia de Combustível que vigorou entre 1982 e 1987, otimizando a calibração para o melhor consumo e maior eficiência que resultou em aumento das emissões de NOx e redução das de CO e HC;
- Fase 1 do PROCONVE (1989 a 1991): implantada para eliminar os excessos de emissão. Caracterizou-se por limitá-la pelas médias já praticadas na época, inclusive tolerando um aumento da emissão de NOx. Foi a fase de aprendizado da indústria nacional, montagem de laboratórios, treinamento técnico e ajustes dos procedi-

mentos de ensaio e certificação. Nesta fase também foi iniciado o aprimoramento das especificações dos combustíveis para viabilizar a aplicação de tecnologias limpas, como a dos catalisadores, implantada em 1992;

- Fase 2 do PROCONVE (1992 a 1996): balizada pelos melhores resultados da fase “PECO”, os limites de emissão foram reduzidos tipicamente em 50% e induziram os fabricantes a optarem pela introdução de catalisadores de oxidação, voltados principalmente à redução de CO e HC, ou pela injeção eletrônica de combustível para melhor controle da combustão. Ambas as opções levaram a resultados com grande folga em relação aos limites estabelecidos;
- Fase 3 do PROCONVE (1997 a 2005): ambas as tecnologias foram combinadas, incluindo um gerenciamento eletrônico geral do motor em “closed loop”, referido à concentração de oxigênio medida no escapamento. Esta fase foi decisiva, atingindo as metas iniciais do PROCONVE com cerca de 90% de redução nas emissões de escapamento dos veículos leves.
- Fases 4, 5 e 6 do PROCONVE: a partir de 2005, o aumento da capacidade de processamento dos sistemas eletrônicos de gerenciamento dos veículos propiciou o aprimoramento dos motores, permitindo a inclusão de funções nunca

antes imaginadas. A mais importante é a capacidade do sistema de reconhecer desvios sistemáticos da concentração de oxigênio no escapamento e utilizá-la para decidir pela substituição da calibração completa do motor por outra mais adequada ao combustível do momento: é o princípio do motor flex. Associada a esta qualidade, outras decisões são tomadas pelo motor para se adequar aos hábitos do motorista e a outras situações peculiares que permitem otimizar as emissões, o desempenho ou o consumo. Tais evoluções também permitiram reduções de emissão ainda maiores, quando associadas a técnicas mais sofisticadas de fabricação de conversores catalíticos, como as exibidas nas certificações para as fases 4, 5 e 6 do PROCONVE, uma vez que os parâmetros do motor podem ser otimizados para qualquer objetivo em praticamente qualquer situação. Entretanto, aprimoramentos correspondentes nos procedimentos de ensaio serão necessários para assegurar-lhes que o veículo em teste mantenha a sua própria representatividade em relação ao uso em campo, ou para verificar a existência de bias no comportamento do sistema de gerenciamento do motor.

No caso dos veículos pesados, a estratégia do PROCONVE foi um pouco diferente. Para viabilizar as mudanças tecnológicas em prazos maiores, visto que correspondem a custos mais altos a serem amortizados em produções

menores, foi priorizada a implantação das medidas nos ônibus urbanos. Nas fases iniciais apenas o controle de fumaça foi enfatizado.

A partir de 1996, limites de emissão de CO, HC, NOx e MP foram exigidos de forma gradativa, a qualidade do óleo diesel foi melhorada em paralelo e a partir da fase P7, em 2012, os catalisadores SCR passaram a equipar cerca de 70% dos caminhões e ônibus novos. Esta tecnologia associada ao gerenciamento eletrônico do motor permitiu atingir cerca de 80% de redução nas emissões em geral. Entretanto, medidas adicionais ainda são necessárias para evitar a implantação de dispositivos que adulteram os veículos fraudulentamente.

4. Influência das diversas classes de veículos no impacto ambiental

Uma das medidas mais objetivas da influência dos veículos na qualidade do ar é a estimativa de emissão das frotas durante um ano. Para isso, tomam-se como parâmetros característicos o número de veículos por idade, seus fatores de emissão e a quilometragem média anual de cada classe. Multiplicados entre si, resultam no “inventário anual de fontes móveis”, isto é, das cargas poluidoras de cada categoria de veículo para serem definidas as estratégias de controle.

Um inventário dos mais completos, detalhados e que reduz todas as emissões de compostos orgânicos à base comum das suas capacidades de formação de ozônio, foi realizado pela EnvironMentality em 2013 para a Secretaria de Logística e Transportes do Estado de São Paulo, o qual indicou as seguintes contribuições das diversas atividades associadas aos transportes¹.

Muito resumidamente, este inventário leva às seguintes conclusões principais:

- os maiores produtores de CO são os veículos leves;

• os maiores produtores de HC são os veículos leves e as motos, sendo importante o controle das emissões evaporativas, inclusive de abastecimento;

• os maiores produtores de NO_x e MP são os veículos a diesel;

• o controle ambiental deverá ser incluído na intensificação dos transportes ferro e hidroviário quando for previsto.

Potencial Ozônio em ton O₃/ano

	Gasolina	Álcool	Flex	Motos	Motofrete	Caminhões	Caminhões trator	Utilitários	Ônibus	Aviões	Ferrovia	Hidrovia	Abastecimento	Total
NMHC (s/ aldeídos)	23,3%	3,4%	11,4%	6,0%	2,6%	1,7%	3,1%	1,4%	1,5%	2,6%	0,2%	0,9%	0,0%	58%
CH4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
EtOH	0,0%	0,0%	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2%
Evap_HC	2,7%	0,0%	0,6%	11,3%	4,0%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	4,7%	24%
Evap_EtOH	0,2%	0,3%	0,4%	0,9%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	3%
Cárter	0,7%	0,0%	0,9%	0,4%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2%
Aldeídos	2,1%	0,9%	2,0%	0,3%	0,5%	1,3%	0,8%	0,5%	1,0%	0,0%	0,3%	1,0%	0,0%	11%

HC equivalente	29%	5%	18%	19%	7%	3%	4%	2%	3%	3%	1%	2%	5%	100%
CO	46%	10%	14%	9%	2%	4%	5%	3%	4%	2%	0%	1%	0%	100%
NO_x	5%	1%	1%	1%	0%	21%	14%	16%	18%	6%	4%	14%	0%	100%
MP	9%	1%	11%	0%	0%	21%	16%	11%	17%	0%	3%	11%	0%	100%

Tabela 1 – Inventário de poluentes e potencial de formação de ozônio de fontes veiculares no Estado de São Paulo – ano base 2011

5. Medidas da qualidade do ar nas grandes cidades

A melhor forma de se monitorar diretamente a qualidade do ar em uma dada região é através da instalação de equipamentos de medição que registrem continuamente a concentração dos diversos poluentes, permitindo a obtenção de séries históricas que mostrem a evolução da qualidade do ar ao longo do tempo.

No Brasil o monitoramento da qualidade do ar, com a avaliação das concentrações de poluentes no Estado de São Paulo, foi iniciado em 1972 pela CETESB na Região Metropolitana de São Paulo, com a instalação de 14 estações para medição diária dos níveis de dióxido de enxofre (SO₂) e fumaça preta. Em 1981, foi dado um salto qualitativo, com o início do monitoramento automático e a instalação de novas estações, para a avaliação de SO₂, material particulado inalável (MP₁₀ e MP_{2,5}), ozônio (O₃), óxidos de nitrogênio – (NO, NO₂ e NO_x), monóxido de carbono – (CO) e hidrocarbonetos não-metânicos – (NMHC), além dos parâmetros meteorológicos como direção e velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar².

Atualmente são 66 estações, distribuídas por todo o Estado, que monitoram 20 parâmetros, sendo que as

concentrações dos poluentes de maior interesse neste estudo, o CO e o NO_x, são monitoradas em 19 e 46 estações respectivamente, enquanto que o HC deixou de ser acompanhado há mais de 10 anos.

Dentre os poluentes analisados, o CO é o que representa a melhor variável proxy para a correlação com as emissões de veículos com motor do ciclo Otto, podendo ser utilizada para estimativas em relação a saúde pública e para a avaliação da influência das emissões destes veículos sobre o número de mortes e internações na região, tarefa que ainda poderá ser desenvolvida por especialistas da Faculdade de Medicina da USP em parceria com a EnvironMentality.

Os relatórios anuais de qualidade do ar da CETESB³ mostram que o número de dias com condições desfavoráveis à dispersão de poluentes na atmosfera tem crescido nos últimos 15 anos, com exceção de 2009, 2012 e seguintes. Por outro lado, o número de dias que não apresentaram qualidade boa em termos do monóxido de carbono (poluente típico do impacto ambiental dos veículos) tem diminuído, como mostram as informações da figura 3 extraídas daqueles relatórios.

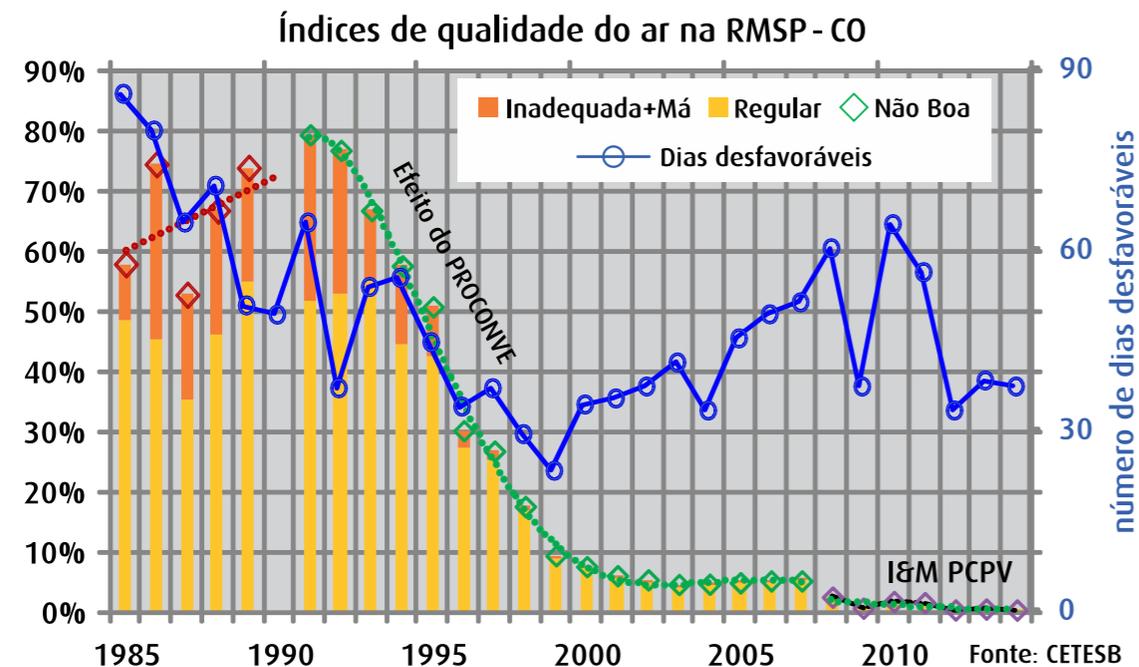


Figura 3 – Evolução da qualidade do ar em relação a CO na RMSP

Apesar das dificuldades de dispersão atmosférica, os índices de qualidade do ar definidos pelo CO revelam três tendências essencialmente distintas:

- até 1991 verifica-se a tendência natural de crescimento das concentrações de CO na atmosfera com o crescimento da frota de veículos ainda sem controle de emissões ou, no final do período, com o controle ainda incipiente da fase L1 do PROCONVE;
- de 1992 a 2004, observa-se uma inversão do comportamento acima, com forte tendência de redução deste poluente, certamente decorrente dos efeitos da introdução de tecnologias limpas nos veículos e do uso de catalisadores a partir de 1992, induzida pelo PROCONVE;
- de 2004 a 2007 houve uma estabilização das ocorrências de episódios agudos de CO, com leve crescimento associável ao crescimento da frota e da dificuldade de dispersão no período;
- em 2008 houve uma descontinuidade dos comportamentos anteriores, porém com uma forte melhoria da qualidade do ar, o que estabeleceu um novo patamar sob uma tendência muito semelhante à curva do número de dias desfavoráveis à dispersão atmosférica.

Considerando que não houve alteração significativa nos fatores médios de emissão de CO dos veículos certifica-

dos nos períodos anterior e posterior a 2007, nem substituição de combustíveis que justificassem o estabelecimento de um novo comportamento da emissão de CO pela frota circulante, pode-se admitir que a implantação de ações para a melhoria de tráfego (PCPTrans) e o Programa de Inspeção e Manutenção da Cidade de São Paulo - I/M-SP, como partes do PCPV - Plano de Controle de Poluição Veicular deste município, tenham contribuído de maneira significativa para a melhoria da qualidade do ar em São Paulo, complementando as ações do PROCONVE, tal como determinado pelo CONAMA, inclusive, extensiva aos municípios vizinhos que pertencem à mesma bacia aérea monitorada pela CETESB. As reduções de emissão atribuídas ao Programa I/M-SP devem-se, em parte, à reposição de catalisadores em veículos antigos, que já apresentavam degradação significativa deste equipamento, ou mesmo em veículos de qualquer idade, cujos componentes já haviam sido retirados.

Esta análise, entretanto, baseia-se nos picos de concentração de CO, que levam à ocorrência de qualidade do ar inadequada ou regular. Adicionalmente, a análise das curvas de distribuição percentilica das concentrações de CO do período disponível para consultas no site da CETESB, mostra que não apenas reduziram-se os episódios de qualidade do ar classificada como “não boa”², mas também toda a distribuição estatística das concentrações horárias deste poluente vem sendo significativamente reduzida ano a ano, como mostra a figura 4, gerada para a estação de Congonhas.

² A classificação “não boa” refere-se à soma dos episódios de ultrapassagem do padrão de qualidade do ar (9ppm-média de 8horas), definidos como de qualidade “inadequada”, e das ultrapassagens de metade do padrão (4,5ppm), denominadas de qualidade “regular”. Esta nomenclatura foi alterada nos últimos anos, mas mantida neste trabalho para comparação.

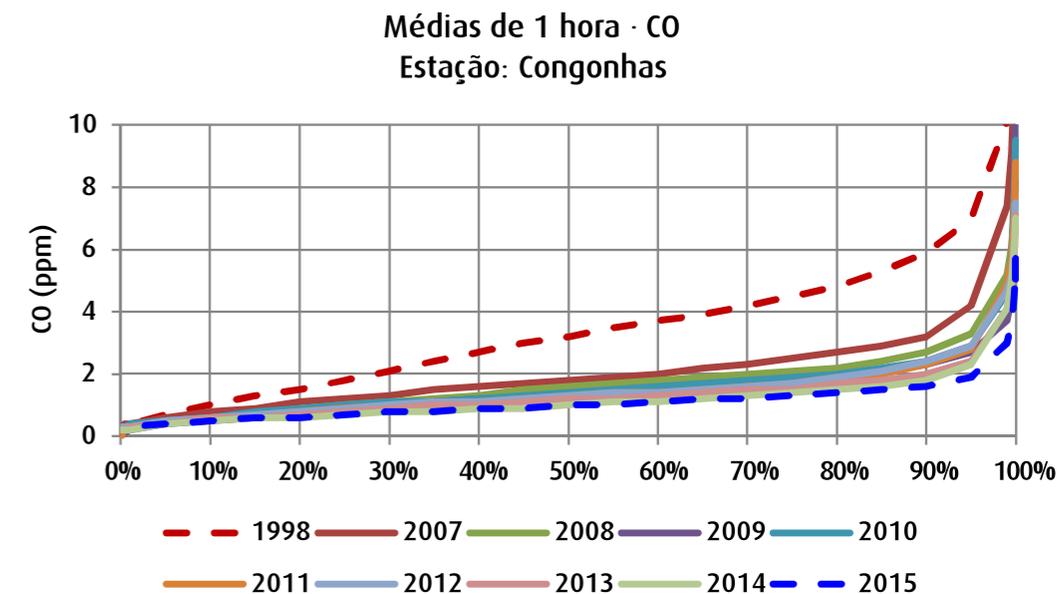


Figura 4 – Curvas de distribuição percentilica das concentrações de CO na estação de Congonhas

As concentrações de CO, tomadas como o melhor indicador das emissões de veículos do ciclo Otto, mostram uma contínua diminuição ao longo do tempo, mais intensa no início do período, devido principalmente ao sucateamento de veículos carburados e sem catalisador e com a conseqüente substituição por veículos com injeção eletrônica e equipamentos de pós-tratamento dos gases.

Da mesma forma, tomando-se as médias móveis de 8 horas, parâmetro comparável com o padrão de qualidade do ar de CO, observa-se que as suas distribuições estatísticas vem se reduzindo gradualmente, como indicam as curvas percentilicas da figura 5 também calculadas para a estação Congonhas.

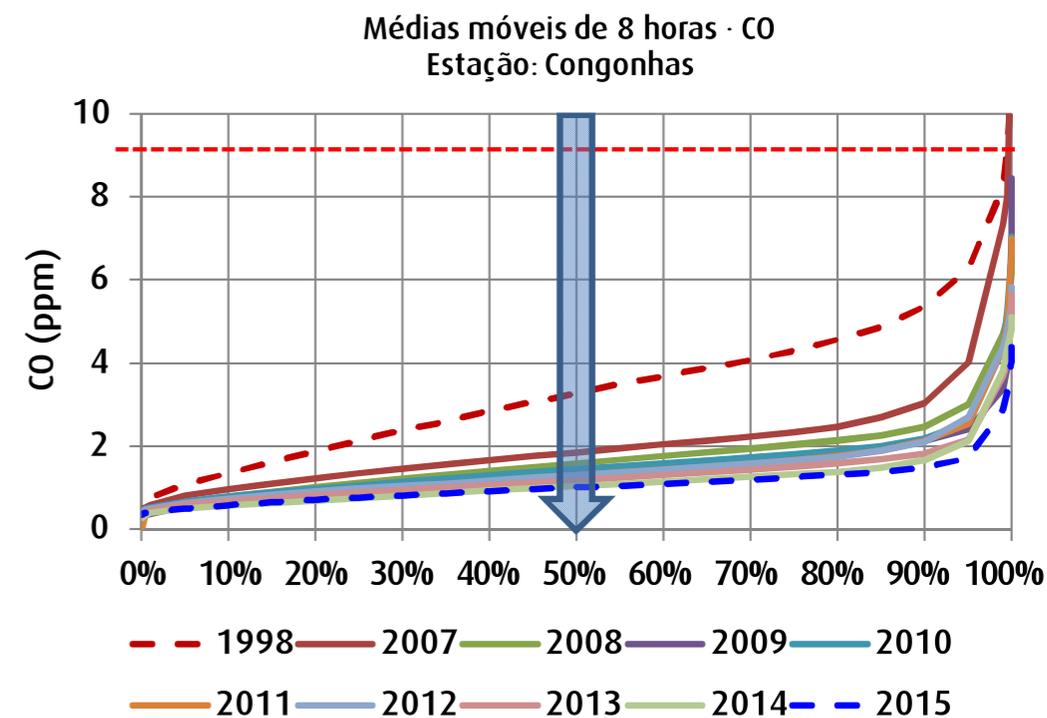


Figura 5 – Curvas percentilicas de CO nos últimos 17 anos

É digno de nota que a grande proximidade das médias de 1 e de 8 horas indica que o CO tornou-se muito mais dependente do ambiente do que do tráfego, isto é, o controle deste poluente nos veículos já atingiu totalmente o seu objetivo.

Também é importante ressaltar que a informação fornecida pela CETESB para a RMSP inclui as estatísticas de todas as estações somadas. As reduções mencionadas ocorreram de forma generalizada geograficamente, bem como igualmente presentes nos dias favoráveis à dispersão (percentis menores) e nos dias piores, sendo que os valores máximos anuais deixaram de ultrapassar o padrão a partir de 2008. A figura 6 foi construída a partir da anterior com uma curva para cada percentil (cortes verticais) e mostra uma firme tendência decrescente das concentrações atmosféricas de CO, em todos os níveis de probabilidade, a despeito do crescimento da frota de veículos.

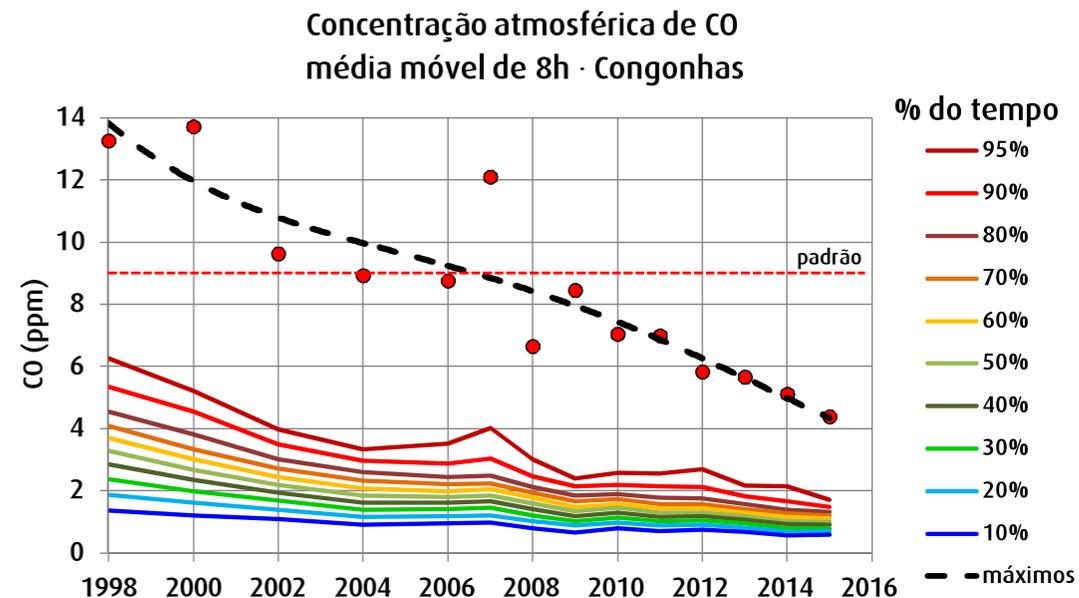


Figura 6 – Evolução dos percentis das concentrações de CO - Congonhas

A curva de regressão dos valores máximos também confirma que esta tendência ditada pelas conquistas tecnológicas do PROCONVE é irreversível, sendo que a sua intensificação a partir do Programa I/M ainda se mantém, provavelmente, devido à melhoria da frota induzida pela manutenção, ainda remanescente,

associada à redução do uso de veículos causada pela crise econômica de 2014/15.

No tocante ao ozônio, os efeitos são parecidos. Porém, menos intensos, tendo havido uma retomada do crescimento da sua incidência, como mostra a figura 7 para o exemplo da estação Pinheiros.

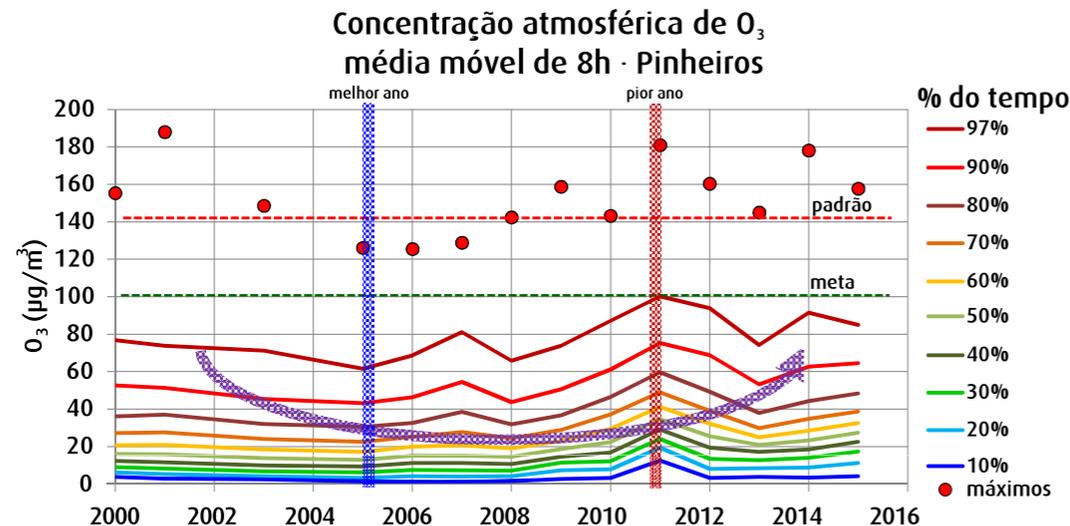


Figura 7 – Evolução dos percentis das concentrações de ozônio - Pinheiros

É importante observar que o padrão de qualidade do ar atual para o ozônio vem sendo frequentemente ultrapassado e que a meta recomendada pela OMS – Organização Mundial da Saúde é sistematicamente ultrapassada, tendo sido tocada pelo percentil p97, que corresponde a 11 dias no período considerado, quando a exigência legal toleraria apenas 1 dia por ano. A figura 8 apresenta as ultrapassagens do padrão de qualidade do

ar para ozônio, considerando todas as estações da região metropolitana de São Paulo.

Os comportamentos do monóxido de carbono e do ozônio indicam que o PROCONVE produziu reduções significativas das emissões veiculares, porém ainda são necessárias medidas adicionais para intensificar o controle de VOC e NO_x, para que as metas de qualidade do ar por ozônio venham a se concretizar.

O₃ - Evolução do número de dias de ultrapassagens do padrão estadual - RMSP

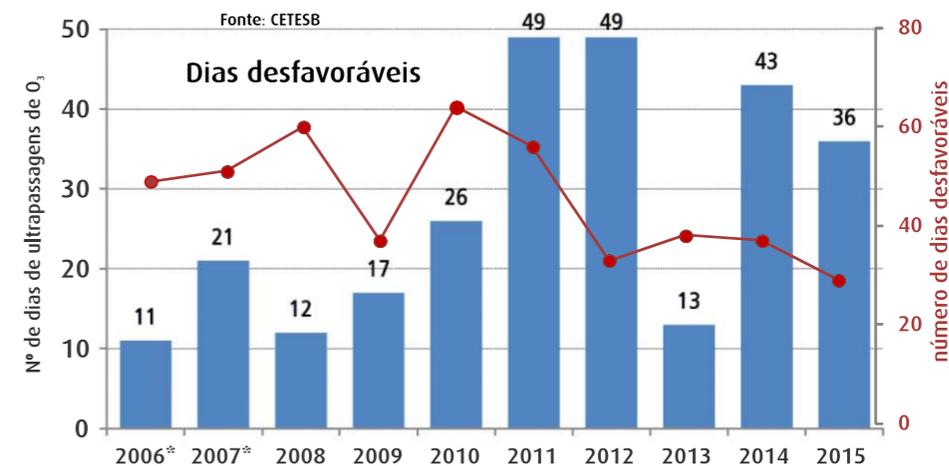


Figura 8 – Evolução das ultrapassagens do padrão estadual de ozônio - RMSP

6. A contribuição dos catalisadores na qualidade do ar das cidades

A partir de 1989, diversas tecnologias e combinações foram utilizadas para assegurar a conformidade dos veículos com o PROCONVE. Entretanto, a aplicação de catalisadores no escapamento tem sido a ferramenta mais expressiva na redução de poluentes, pois esta tecnologia completa a combustão sem dificultar a otimização do motor para o seu melhor desempenho e menor consumo de combustível.

Os catalisadores foram introduzidos no mercado em 1992, com a participação de aproximadamente 60% dos automóveis até 1996, quando passou a ser integrante da totalidade dos veículos leves produzidos a partir de 1997. Foi nesse momento que as exigências ambientais superaram os 90% de redução das emissões de CO, HC e NO_x desses autos.

O impacto positivo dos catalisadores pode ser estimado pela comparação de dois inventários de emissão: um calculado com os fatores de emissão reais, verificados nos processos de certificação dos veículos em sua configuração original, e outro calculado com as emissões medidas sem catalisador, parâmetro que foi apresentado no capítulo III por ser conhecido durante o desenvolvi-

mento dos projetos. A figura 9 compara as emissões anuais, com e sem catalisador, para cada ano, tendo em vista a penetração dos modelos novos na frota existente, que continuam com seus níveis originais até o seu sucateamento.

Nestes gráficos, pode-se verificar que na situação atual, onde o Programa de I/M não foi implantado, isto é, na maioria das cidades brasileiras, a despeito da determinação da Resolução CONAMA 18/86, o uso de catalisadores atingiu reduções de 72%, 73%, 82% e 59% das emissões de CO, HC, NO_x e aldeídos, respectivamente, da frota em 2015. Como a influência na frota foi crescente, devido à evolução tecnológica e à sua renovação, estas reduções assumiram, respectivamente, os valores médios de 42%, 42%, 51% e 26% no período de 1992 a 2015. Estas reduções foram as principais responsáveis pela melhoria na qualidade do ar comentada no capítulo anterior.

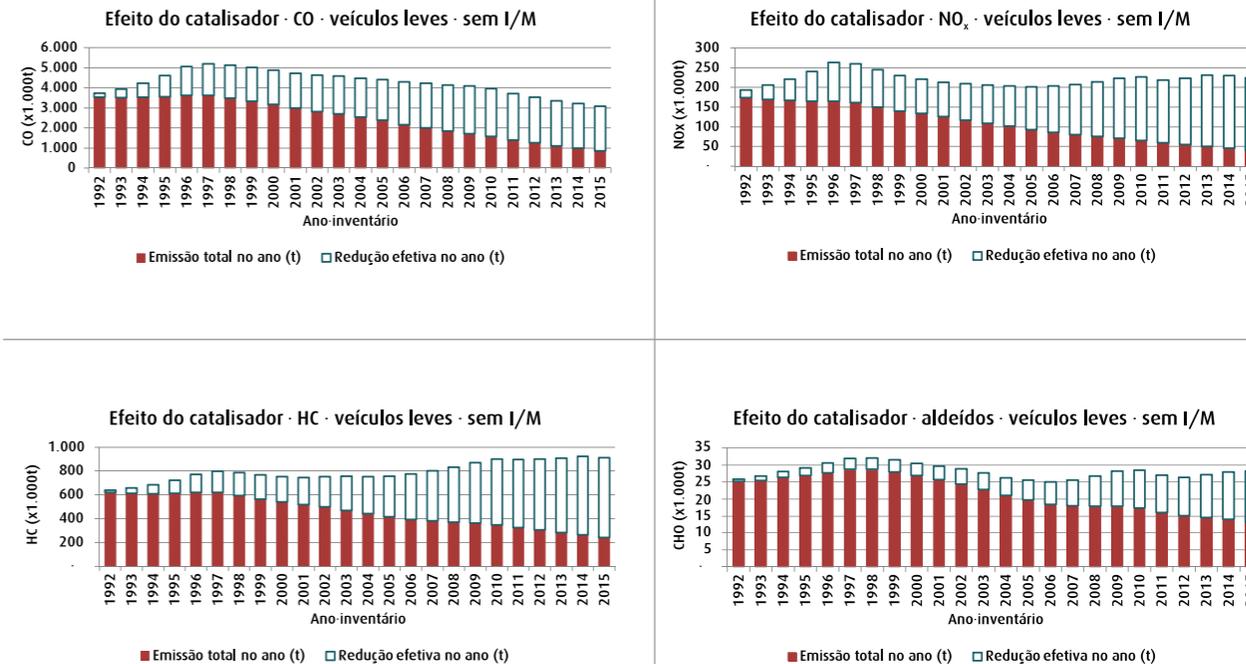


Figura 9 – Inventário de emissões anuais e evitadas pelo uso do catalisador

Esta comparação foi repetida considerando-se a existência de Programas de Inspeção e Manutenção dos Veículos em Uso – I/M, estimada com base nos resultados obtidos no programa da cidade de São Paulo entre 2008 e 2012. Os valores de redução que seriam obtidos, caso o I/M houvesse sido implantado, foram então



Centro de Inspeção na cidade de São Paulo, Brasil/2012.



Centro de Inspeção TÜV Heiligenroth - Montabaur, Alemanha/2015.

comparados aos índices do cenário atual, apresentados na figura 9, dando origem às reduções adicionais expostas na figura 10. É importante ressaltar que 80% desse número se deve à reposição de catalisadores danificados com o uso ou retirados dos veículos.

Redução média adicional potencializada pelo I/M

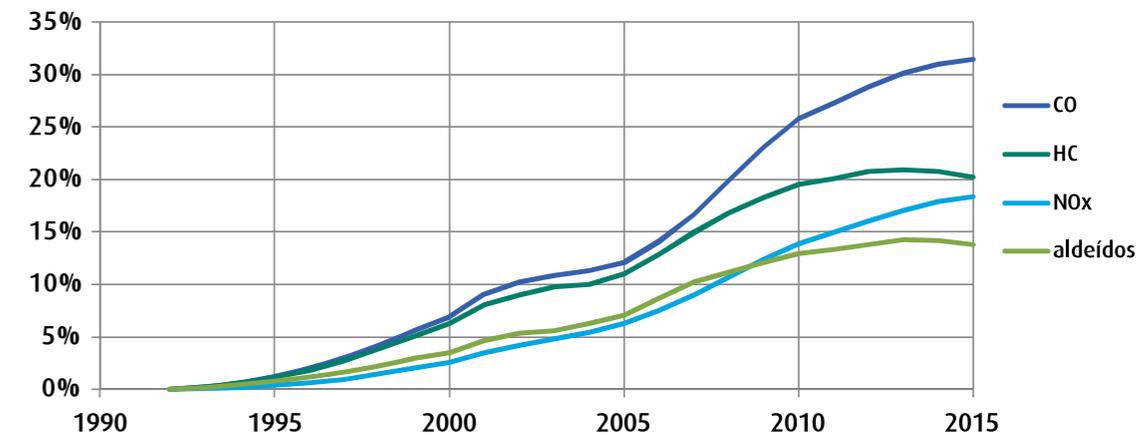


Figura 10 – Reduções adicionais nas cidades que tivessem implantado o Programa I/M da Resolução CONAMA 418/2009

Correlacionando as estimativas de redução dos poluentes em massa ao número de catalisadores vendidos no Brasil, foi estimada a contribuição média de cada componente, conforme apresentado na tabela a seguir,

Tabela 2 – Massa de cada poluente evitada por um catalisador na sua vida útil

Fase PROCONVE	CO (t)	HC (t)	NO _x (t)	CHO (t)
L2 (10 anos/160 kkm)	3,54	0,43	0,20	0,01
L2 (15 anos/230 kkm)	4,99	0,65	0,25	0,01
L3 a L6 (10 anos/160 kkm)	0,77	0,25	0,07	0,01
L3 a L6 (15 anos/230 kkm)	1,03	0,39	0,09	0,01

Nota: como os fatores de emissões de veículos novos de 2015 ainda não foram divulgados, os valores citados para a L6 foram assumidos como equivalentes aos da L5 para efeitos de cálculo.

Embora a eficiência dos catalisadores atuais seja maior que a dos utilizados na fase L2, observa-se que os antigos evitavam uma emissão muito maior, em massa, devido aos altos níveis de emissão dos veículos daquela época.

Vale lembrar que o custo de cada catalisador ficou aproximadamente estável ao longo do tempo, com valores próximos aos R\$120,00. Dessa forma, pode-se

para as hipóteses de durabilidade de dez e quinze anos de vida útil, que equivalem a 160 mil e 230 mil quilômetros, respectivamente, segundo as estatísticas do Programa I/M-SP.⁴

considerar que as reduções mostradas na tabela 2 foram obtidas com este investimento. A tabela 3 mostra quantos quilos de cada poluente foram reduzidos das emissões dos automóveis por real investido na utilização dos catalisadores.

Tabela 3 – Redução das emissões por real aplicado no uso de catalisadores

Fase PROCONVE	CO (kg/R\$)	HC (kg/R\$)	NO _x (kg/R\$)	CHO (kg/R\$)
L2 (15 anos/230 kkm)	41,58	5,39	2,09	0,12
L3 a L6 (15 anos/ 230 kkm)	8,56	3,25	0,74	0,07

Partindo-se desta premissa, observa-se que os catalisadores correspondem a uma parcela irrisória do custo do controle de poluição quando comparada aos prejuízos estimados dos efeitos da poluição. Apenas como

ilustração da ordem de grandeza dos custos ambientais, transcrevem-se as estimativas feitas pelo Banco Mundial para os EUA, conforme mostrado na tabela 4.

Tabela 4 – Custos ambientais de referência

	CO	HC	NO _x	MP	SO ₂	CO ₂	
US\$ / ton	1000	2200	2500	30050	800	20	Fonte: Banco Mundial - Center for Renewable and Sustainable Development-NREL

Comparando-se estes valores com os da tabela 3, pode-se concluir que os benefícios ambientais são da ordem de 40 a 180 vezes maiores do que o investimento em catalisadores (tabela 5). Além disso, esta estratégia é

socialmente justa porque este investimento é suportado pelos responsáveis pela poluição, e não pela sociedade prejudicada pelas emissões.

Tabela 5 – Benefícios ambientais correspondentes a R\$1,00 investido

Fase PROCONVE	CO	HC	NO _x	Poluentes
L2 (15 anos/230 kkm)	125	36	16	176
L3 a L6 (15 anos/ 230 kkm)	19	14	4	37

7. Perspectivas futuras

A análise das tendências dos comportamentos dos poluentes atmosféricos, apresentada no capítulo 5, indica a necessidade de intensificação das exigências de controle de NO_x e de compostos orgânicos para a redução das concentrações de ozônio na atmosfera. Neste sentido, o inventário de emissões veiculares da tabela 1 mostra que as emissões mais significativas de compostos orgânicos são as emanadas pelos veículos leves e motocicletas, destacando-se:

- a emissão de NMHC dos veículos a gasolina, predominantemente da frota mais antiga, cuja solução está associada ao Programa I/M;
- a emissão de escapamento de NMHC e etanol não queimado dos veículos flex e motociclos;
- a emissão evaporativa, inclusive a de reabastecimento.

No que diz respeito ao controle de NO_x, o mesmo inventário aponta para a frota de veículos pesados, controlados por catalisadores a partir de 2012. Porém, esses ainda dependem de melhor controle de fraudes eletrônicas e de adulterações do reagente utilizado para que a sua eficiência seja efetivamente atingida.

Neste sentido, justifica-se que as novas etapas do PROCONVE acompanhem o desenvolvimento tecnológico

internacional dos catalisadores, como sugerido desde 2009 pelo Físico Renato R. A. Linke⁵, bem como sejam definidos limites específicos das emissões de etanol pelo escapamento, ampliando a abordagem das emissões evaporativas e estendendo a faixa de quilometragem para a comprovação da durabilidade dos controles de emissão. Associados a estas medidas, é imperioso que os conceitos do OBD – On Board Diagnosis - sejam aprofundados e o Programa I/M seja tornado obrigatório nas grandes cidades ou metrópoles.

Complementarmente, a evolução dos controles eletrônicos tem permitido o aumento da “inteligência embarcada” nos veículos e da sua capacidade adaptativa para a otimização de calibrações voltadas aos hábitos do motorista. Neste sentido, está em discussão o desenvolvimento de novos procedimentos para o ensaio de veículos em movimentos normais, trafegando nas ruas (Real Driving Emission Test – RDE), cuja definição deve se basear em três aspectos fundamentais:

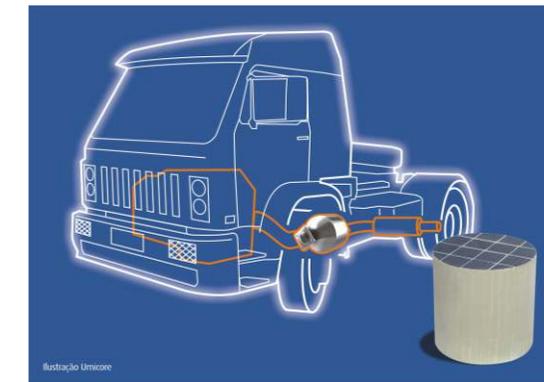
- monitoramento do movimento do veículo para atestar a representatividade estatística do percurso;
- registro de parâmetros-chave baixados através do OBD para validar que o comportamento estatístico do motor, durante o ensaio de emissões em pista, é representativo

no ciclo de condução em laboratório, no qual o monitoramento também deve ser realizado para comparação;

- medição das emissões durante o percurso em tráfego por equipamentos portáteis (PEMS).

Portanto a certificação de veículos deverá prever a inclusão de ensaios RDE para a validação dos testes padronizados e realizados em dinamômetro, atribuindo “limites RDE” de acordo com a tolerância necessária para acomodar variações de temperatura, umidade e pressão barométrica, sempre dentro de limites aceitáveis tecnicamente.

Finalmente, métodos específicos de fiscalização de veículos em uso vêm sendo desenvolvidos, tais como a inspeção por meio dos registros do sistema OBD, verificações da qualidade do reagente utilizado nos catalisadores dos motores Diesel e medições por sensoriamento remoto, cuja regulamentação foi proposta ao Ministério do Meio ambiente no ano 2000 sem nunca ter sido aprovada.



8. Conclusões e recomendações

Conforme demonstrado, o uso de catalisadores no Brasil permitiu que os limites de emissão para veículos leves novos fossem reduzidos em cerca de 90% para CO, 95% para HC e 97% para NO_x, sendo que as reduções efetivamente obtidas alcançaram valores superiores a 95% em todos os casos.

Ao longo de sua vida útil, estimada em 15 anos, cada catalisador evitou que fossem lançadas à atmosfera cerca de 6 toneladas de poluentes nos veículos L2 e 1,5 toneladas nas fases mais recentes, representando um custo irrisório para a sociedade frente aos benefícios gerados. Esse custo foi suportado apenas pelos proprietários de veículos, que são, em última instância, os responsáveis pelas emissões e suas consequências.

Tais benefícios poderiam ser significativamente maiores, caso a Resolução CONAMA 18 de 1986 tivesse sido atendida na íntegra, com a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção pelos governos estaduais. Isso levaria à reposição de catalisadores danificados e retirados, além da correção de outros defeitos nos veículos em uso que levem ao aumento das emissões. Por isso, é imperativo que a implantação do Programa I/M seja tornada obrigatória, iniciando-se pelas grandes

cidades ou metrópoles, bem como que a fiscalização em campo por sensoriamento remoto seja regulamentada e implantada, atendendo aos objetivos previstos no PROCONVE.

Recomenda-se que as novas etapas do PROCONVE sejam estabelecidas para acompanhar o desenvolvimento tecnológico internacional dos catalisadores e do OBD, definindo limites específicos das emissões de etanol pelo escapamento, ampliando a abordagem das emissões evaporativas e estendendo a faixa de quilometragem para a comprovação da durabilidade dos controles de emissão.

Adicionalmente, a certificação de veículos deverá prever a verificação da correlação do comportamento do motor entre percursos de rua e ensaios em dinamômetro, mediante a inclusão de avaliações de emissão RDE para a validação dos testes padronizados e realizados no laboratório, atribuindo “limites RDE” de acordo com a tolerância necessária para acomodar variações de temperatura, umidade e pressão barométrica, dentro de limites aceitáveis tecnicamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

¹ Branco, G.M.; Branco, F.C. e Xavier, M. - Ampliação do Inventário de Emissões Veiculares para a Gestão dos Transportes no Estado de São Paulo, apresentado no XXI Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva SIMEA 2013

² <http://ar.cetesb.sp.gov.br/>

³ CETESB – Relatórios Anuais de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo publicados entre 2008 e 2013.

⁴ Branco G.M.; Branco, F.C. e Szwarc, A. - Relatório de Avaliação do Programa IM-SP: Descritivas e Resultados de Veículos com Motor do Ciclo Otto em 2011.

⁵ Linke, R.R.A. - O PROCONVE L6 e Esboços para o L7 - Seminário Tendências e o Futuro das Emissões Veiculares: Impacto na Saúde, Legislação e Tecnologia - <http://www.aea.org.br/apresentacoes/020409/12h10%20-%20Renato%20Linke.pdf>





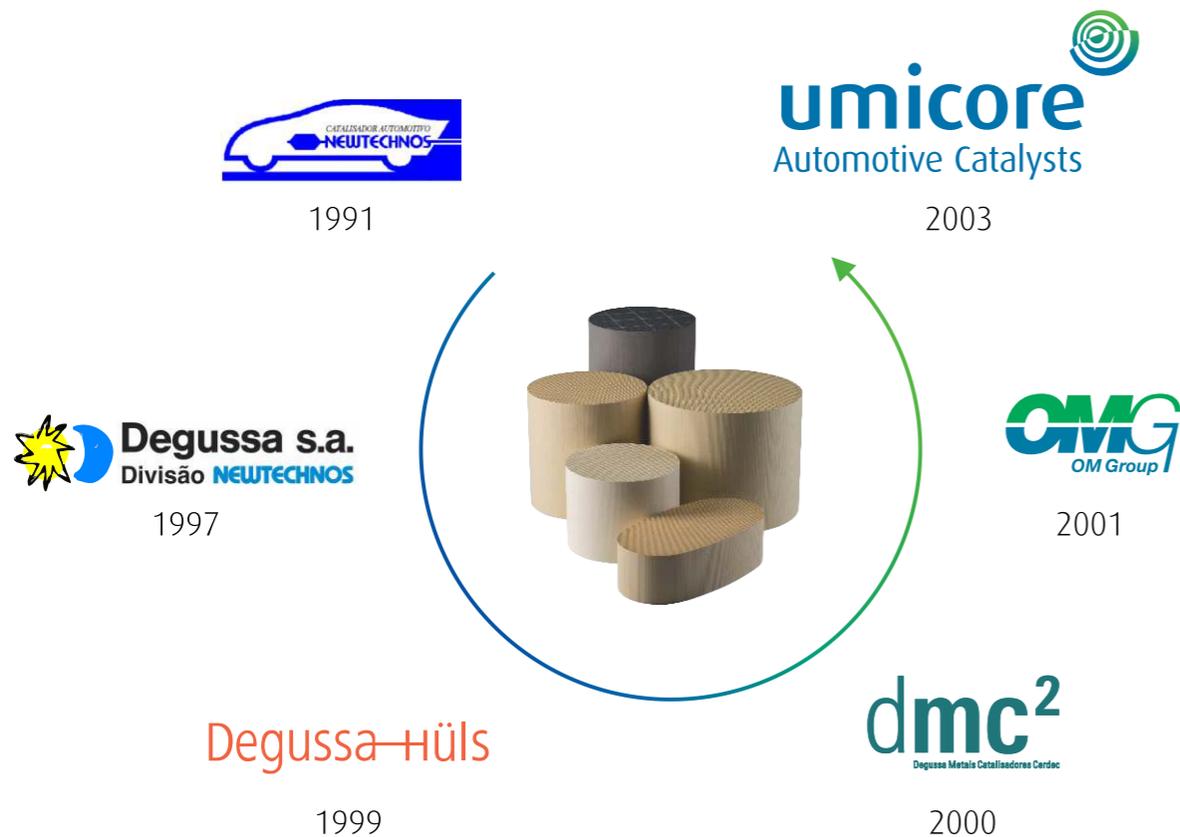
A unidade de catalisadores automotivos chegou ao País em 1991 para atender ao PROCONVE e contribuir com o desenvolvimento da indústria automotiva, evitando a emissão de milhões de toneladas de poluentes na atmosfera.

O catalisador é responsável por transformar até 98% dos gases tóxicos provenientes da queima do combustível em gases inofensivos. Para ter uma ideia, a emissão média de CO (Monóxido de Carbono) por veículo antes do PROCONVE era acima de 54 g/km e atualmente é 0,3 g/km. Este resultado é fruto da intensa cooperação entre montadoras, fornecedores de sistemas de controle de motor e da Umicore, que permitiu a redução nas emissões mesmo com o aumento da frota de veículos.

A Umicore tem unidades de produção e desenvolvimento de tecnologia nos maiores mercados automotivos do mundo. O portfólio de produtos da empresa compreende tecnologias de controle de emissões para veículos de passageiros a gasolina e a diesel, assim como uma ampla oferta de produtos para aplicações em veículos pesados, como em caminhões, motores estacionários e motos.

No Brasil estamos presentes há 25 anos, atendendo às montadoras de diversas marcas, contando com um moderno Centro Tecnológico de Emissões Veiculares e um completo laboratório de protótipos.

LINHA DO TEMPO DA FÁBRICA DE CATALISADORES EM AMERICANA, SP



1991 - PIONEIRA NA PRODUÇÃO LOCAL DE CATALISADORES AUTOMOTIVOS

Constituída em 1991, a Newtechnos é pioneira na fabricação de catalisadores automotivos para a América do Sul. Em parceria com seus clientes, a empresa desenvolve novas tecnologias e projetos específicos para atender às exigências e os requisitos de cada veículo.

A fábrica foi instalada na cidade de Americana, SP para atender no Brasil três montadoras com uma linha de produção e no início das operações sua capacidade de produção era de 1,5 milhão de catalisadores por ano.



1992 - INAUGURAÇÃO DO CENTRO TECNOLÓGICO DE EMISSÕES VEICULARES

Embasada na filosofia de praticar a qualidade de produtos e serviços visando a satisfação dos clientes, treinou técnicos na Alemanha e nos E.U.A. e investiu na construção do Centro Tecnológico de Emissões Veiculares, projetado com características especiais e únicas na América do Sul, voltado a atender as necessidades essenciais dos clientes, desenvolvimento de catalisadores e suporte adicional ao controle de qualidade da fábrica.

Visando a otimização de desenvolvimentos avançados, o CTEV trabalha em conjunto com o Centro de Pesquisas da Umicore na Alemanha, universidades, institutos de pesquisa brasileiros e nossos clientes na América do Sul, para desenvolvimento de soluções de pós-tratamento.



4 bancadas de motores



3 bancadas de analisadores



Dinamômetro de chassis

1998 - EXPANSÃO DA FÁBRICA DE CATALISADORES AUTOMOTIVOS

As grandes montadoras de veículos chegam ao País no final da década de 1990 constituindo uma indústria tecnologicamente avançada e atraindo o investimento de novos entrantes. Estas novas montadoras, chamadas de "new comers", trazem maior diversidade de modelos

e sensível aumento da capacidade produtiva instalada no Mercosul. Devido a esta complexidade e ao mercado crescente foi necessário a duplicação de nossa linha de produção.



2009 - 1ª EXPANSÃO DO CENTRO TECNOLÓGICO DE EMISSÕES VEICULARES

O novo laboratório, incluindo o maior dinamômetro transiente da América do Sul, com capacidade para motores diesel de até 14 litros e 620 kW foi instalado para realizar desenvolvimentos de catalisadores e sistemas de pós-tratamento para atendimento às legislações Proconve PP 6, 7 e 8. Ele possui 4 linhas de analisadores de última geração. É um dinamômetro "high dynamic", ou seja, com ele podem ser realizados ciclos transientes

nos quais é possível fazer testes consecutivos de aceleração e desaceleração do motor (uma simulação do que acontece no trânsito), medir e analisar a composição dos gases regulamentados e não-regulamentados emitidos pelo veículo a cada instante. Durante os testes, também são realizadas medições de amônia e dos particulados, e pode ser feita uma análise dos componentes do material particulado.



Dinamômetro de motores diesel (620 kW)



Medição e análise de particulados



FTIR

2013 - 2ª EXPANSÃO DO CENTRO TECNOLÓGICO DE EMISSÕES VEICULARES

Com o objetivo de garantir o desenvolvimento e aplicação dos produtos, oferecemos alternativas que atendam às legislações com custos e tecnologia específica, em acordo com as características dos combustíveis locais. Para atingir as metas de eficiência energética do Inovar-Auto e desenvolver motores menos poluentes, as fabricantes de veículos puderam contar com a nova estrutura de um dos mais modernos Centro Tecnológico de Emissões Veiculares da América do Sul.

A instalação de um novo dinamômetro de chassi para veículos com tração nas quatro rodas - AWD (4x4) e com quatro linhas de analisadores, sendo três dedicadas a ensaios do tipo modal (em tempo real) com análises na frequência de até 10 Hz. Possui ainda um analisador FTIR para verificações modais das emissões de aldeídos e álcool não queimado para atender às normas específicas para ensaios de veículos híbridos; possibilitando atender as novas legislações mais restritas.



Dinamômetro AWD



Analisadores de última geração



Sala de controle

DESTAQUES DOS 25 ANOS



- Fornecemos 47 milhões de catalisadores para o Mercado OEM (local e exportação) e reposição;
- Portfólio completo de produtos para veículos leves e pesados;
- Nosso CTEV apoia todos os clientes no desenvolvimento de soluções otimizadas;
- Nosso sistema integrado de Qualidade, Segurança, Saúde e Meio Ambiente nos ajuda na excelência: nenhuma reclamação de qualidade, nenhum atraso na entrega;
- Reconhecimento através de muitos prêmios de qualidade;
- Estamos operando há 13 anos sem acidente com afastamento;
- Certificado em TS 16949, ISO 14001 e OHSAS.



Aplicação de Produto

O catalisador é uma peça formada por um núcleo cerâmico ou metálico, que geralmente contém platina, paládio e/ou ródio e que promovem reações químicas convertendo os gases tóxicos (NO_x , CO e HC) do motor em gases inofensivos à sua saúde.

Os metais nobres são os agentes ativos do catalisador, acelerando as reações químicas e reduzindo significativamente as emissões de gases.

O catalisador é desenvolvido para trabalhar em conjunto

com o sistema de alimentação dos automóveis. Em bom funcionamento é capaz de converter cerca de 98% dos gases poluentes.

Localiza-se no sistema de escapamento, após o coletor de gases de escape e próximo ao motor de forma a aproveitar a temperatura decorrente da combustão.

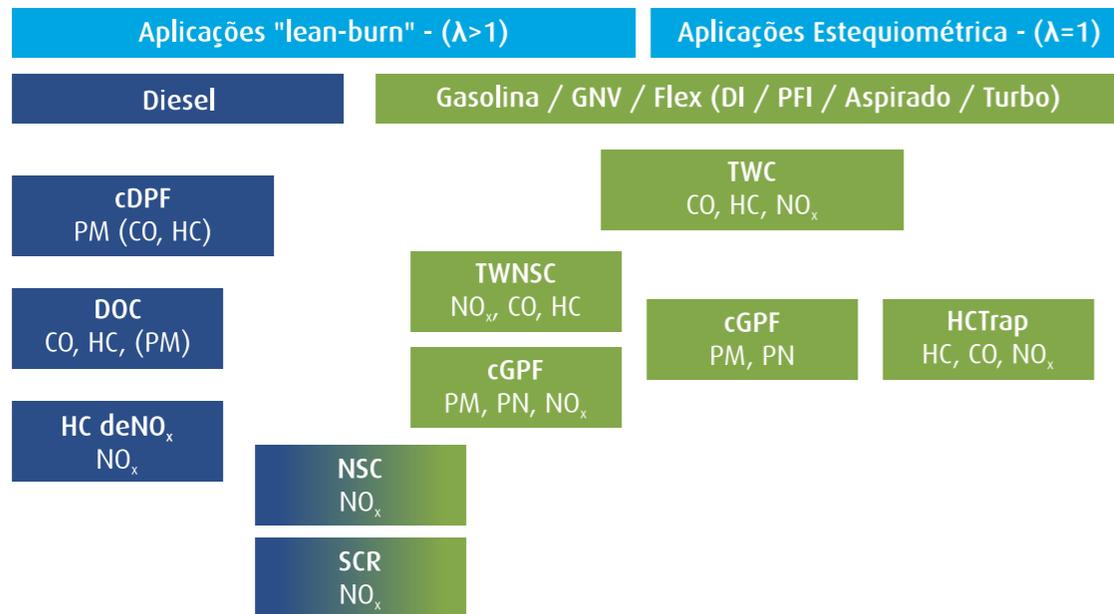
Importante manter as características originais do veículo e nunca substituir por um catalisador falso, pois traz danos ao meio ambiente.



TECNOLOGIAS PARA CONTROLE DE EMISSÕES

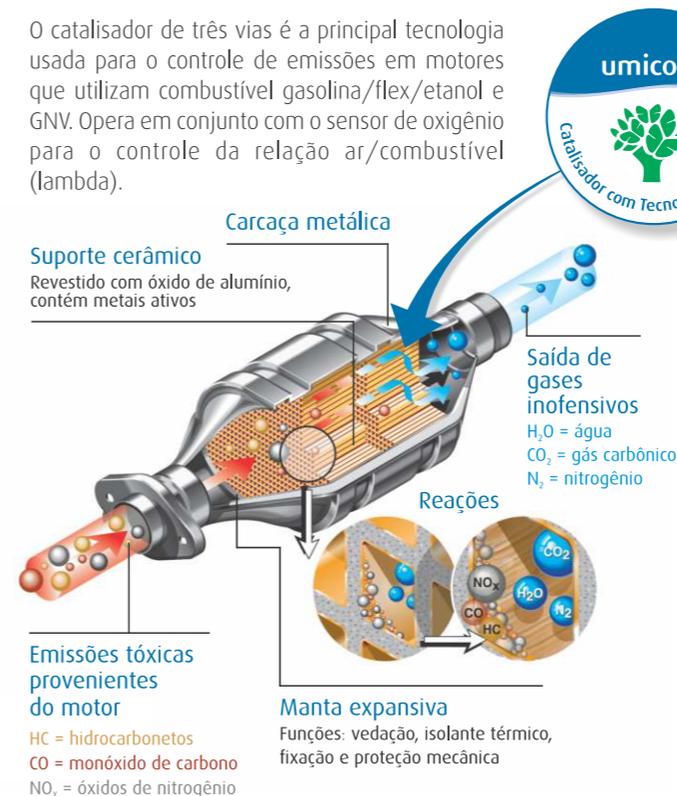
A Umicore tem unidades de produção e desenvolvimento de tecnologia nos maiores mercados automotivos do mundo. O portfólio de produtos da empresa compreende tecnologias de controle de emissões para veículos de

passageiros à gasolina (gasolina com etanol, etanol hidratado), a diesel, assim como uma ampla oferta de produtos para aplicações em veículos pesados, como em caminhões.



CATALISADOR 3 VIAS GASOLINA / ETANOL / GNV - TWC

O catalisador de três vias é a principal tecnologia usada para o controle de emissões em motores que utilizam combustível gasolina/flex/etanol e GNV. Opera em conjunto com o sensor de oxigênio para o controle da relação ar/combustível (lambda).

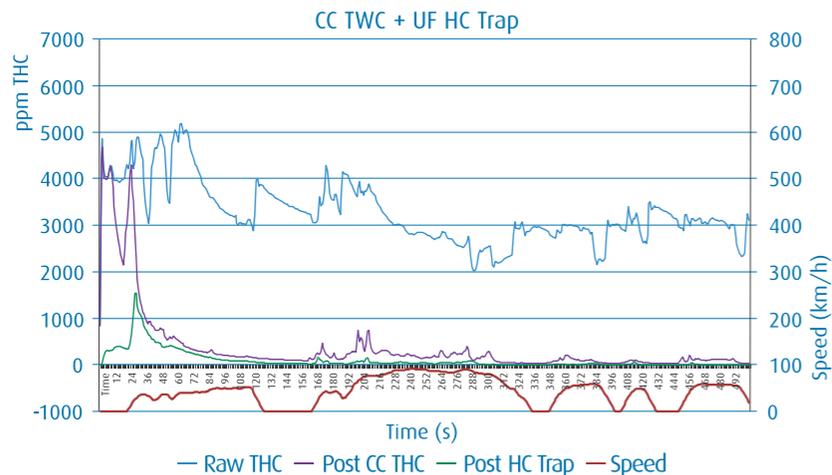
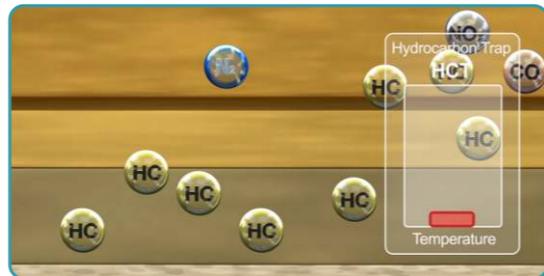


Conheça os benefícios do catalisador à sua saúde:

GASES	EFEITOS	APÓS A CATÁLISE
HC HIDROCARBONETOS	CAUSA IRRITAÇÃO NAS VIAS RESPIRATÓRIAS, ANEMIA, LEUCEMIA E CÂNCER PULMONAR.	TRANSFORMA-SE EM VAPOR DE ÁGUA E GASES INOFENSIVOS
CO MONÓXIDO DE CARBONO	CAUSA ASFIXIA SISTÊMICA, PNEUMONIA E DANOS CEREBRAIS	TRANSFORMA-SE EM GÁS CARBÔNICO (GÁS EXALADO AO RESPIRARMOS)
NO, ÓXIDOS DE NITROGÊNIO	CAUSA ARDÊNCIA NOS OLHOS, NARIZ E MUCOSAS, BRONQUITE, ENFISEMA, INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA E MUTAÇÕES GENÉTICAS	TRANSFORMA-SE EM NITROGÊNIO (QUE REPRESENTA 75% DO AR QUE RESPIRAMOS DA ATMOSFERA)
O ₃ , OXIDANTES FOTOQUÍMICOS, OZÔNIO ALDEÍDOS	CAUSA IRRITAÇÃO NOS OLHOS, GARGANTA E INFECÇÕES GENERALIZADAS.	A TRANSFORMAÇÃO DOS GASES HC, CO E NO, EVITA A FORMAÇÃO DO O ₃ ,

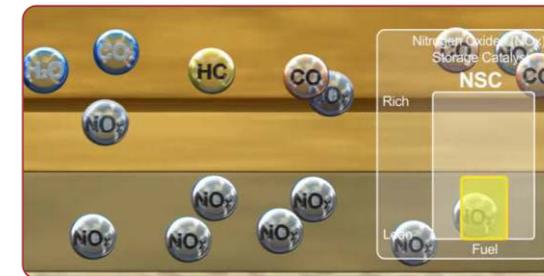
ADSORVENTE DE HIDROCARBONETOS - HCTrap

O HCT adsorve os hidrocarbonetos não convertidos pelo TWC devido à baixa temperatura na partida a frio. Em temperatura mais alta (+250°C), os hidrocarbonetos são liberados e convertidos a CO₂ e água pela camada catalítica contendo metais preciosos, regenerando-se assim o HCT. Ele pode ser aplicado em motores de combustão estequiométrica ou pobre. É uma solução para redução de NMOG (gases orgânicos não metano).



CATALISADOR DE ESTOCAGEM DE ÓXIDOS DE NITROGÊNIO - NSC

O NSC pode ser aplicado em motores GDI de combustão pobre para estocagem de NO_x e para sua posterior conversão a nitrogênio. Esses motores trabalham com lambda > 1,2 para proporcionar uma redução no consumo de combustível, o que favorece o aumento das emissões de NO_x. Nesta condição pobre, o NO_x gerado no motor é estocado no NSC. Quando o NSC satura, o motor trabalha por alguns segundos em condição rica viabilizando a conversão do NO_x em nitrogênio, regenerando-se o NSC. Geralmente, nesses motores são utilizados ao menos 1 TWC e 1 NSC. É necessária a utilização de combustível com baixo teor de enxofre (S10).



Catalisador de estocagem de NO_x

Operação

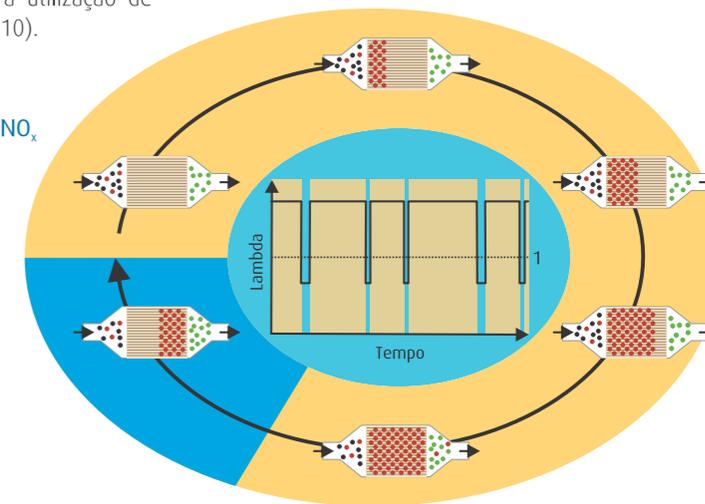
■ Fase Pobre
Estocagem de NO_x

■ Fase Rica
Regeneração de NO_x

● Óxidos de Nitrogênio

● Outros compostos de exaustão

● Exaustão limpa



FILTRO CATALÍTICO DE PARTÍCULAS PARA MOTORES A GASOLINA - cGPF

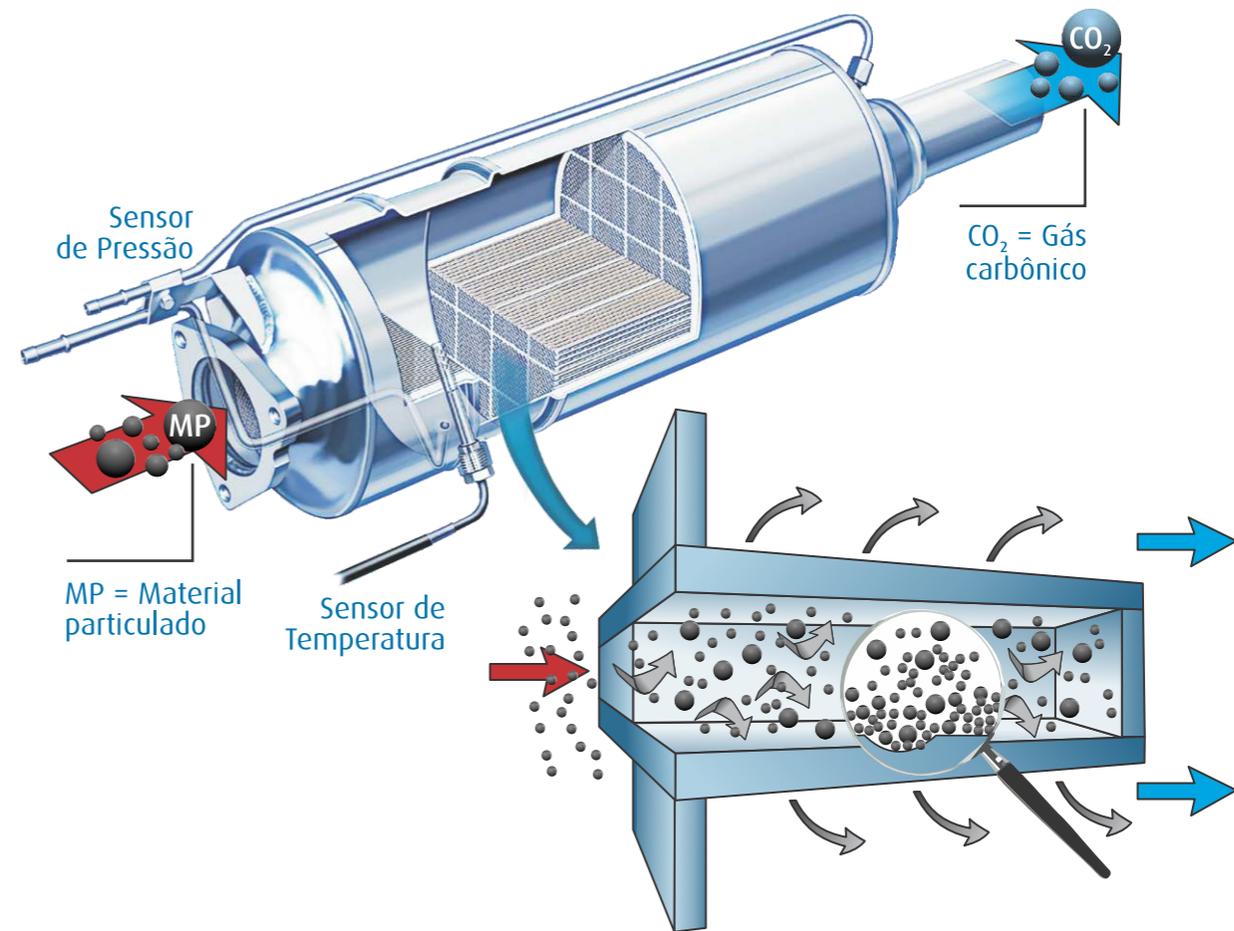
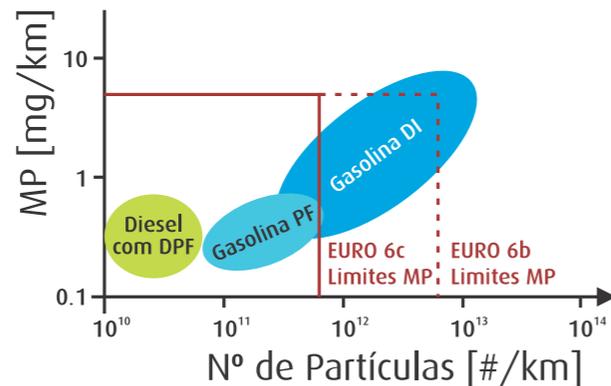
Com a introdução do GDI (injeção direta de gasolina) na Europa observou-se um aumento na concentração de material particulado (MP) no ar. Então, na Legislação Euro 6 para motores Otto foi fixado um limite para MP. O cGPF é uma solução de pós tratamento para coletar o

MP presente no gás de exaustão e para sua posterior conversão a CO_2 . É indicado para motores GDI movidos a gasolina e a etanol (flex).

FILTRO CATALÍTICO DE PARTÍCULAS PARA MOTORES DIESEL - cDPF

O cDPF é utilizado no escapamento de veículos movidos a diesel com a função de reter, e posteriormente queimar a CO_2 , o material particulado gerado pelo motor. Em determinadas condições, as partículas retidas reagem

com o NO_2 gerado no DOC produzindo CO_2 e N_2 , regenerando o filtro para novas filtrações. O material particulado é constituído principalmente por carbono.

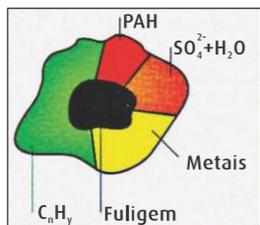


CATALISADOR DE OXIDAÇÃO DIESEL - DOC

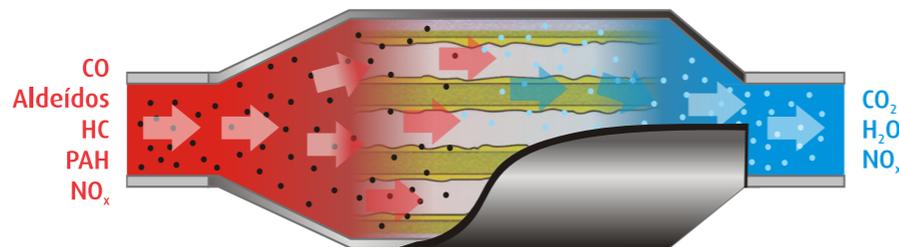
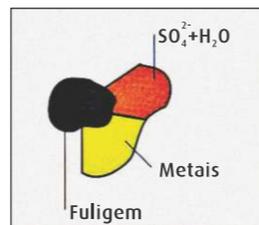
Os DOCs são utilizados em veículos movidos a diesel. Eles têm três funções principais:

- Oxidar a gás carbônico o monóxido de carbono gerado na combustão parcial do combustível.
- Oxidar a gás carbônico e água os hidrocarbonetos oriundos da combustão incompleta do combustível e aqueles adsorvidos no material particulado emitido pelo motor do veículo.

- Oxidar o óxido nítrico em óxido nítrico para favorecer a combustão do material particulado retido no cDPF e assim regenerá-lo.

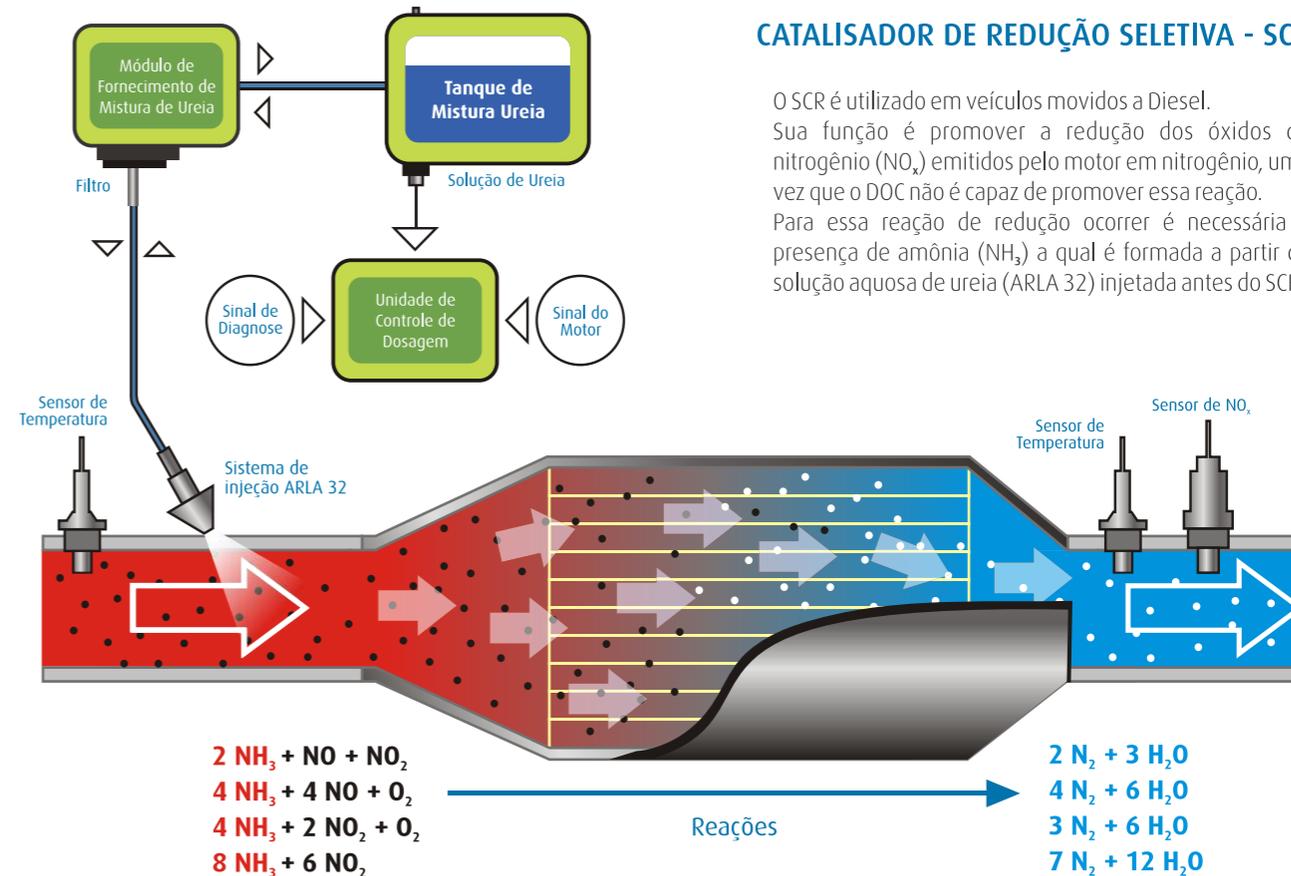


Catalisador - DOC



CATALISADOR DE REDUÇÃO SELETIVA - SCR

O SCR é utilizado em veículos movidos a Diesel. Sua função é promover a redução dos óxidos de nitrogênio (NO_x) emitidos pelo motor em nitrogênio, uma vez que o DOC não é capaz de promover essa reação. Para essa reação de redução ocorrer é necessária a presença de amônia (NH_3) a qual é formada a partir da solução aquosa de ureia (ARLA 32) injetada antes do SCR.

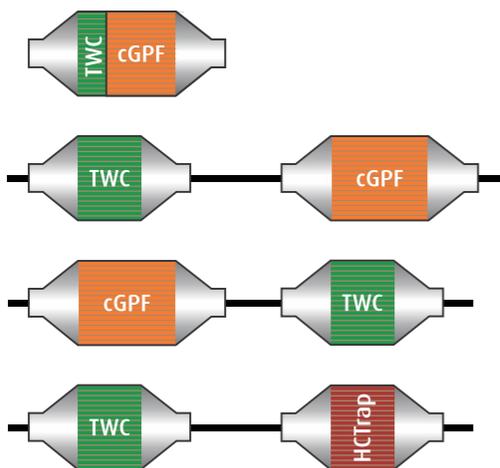


As tecnologias de catalisadores desenvolvidas pela Umicore já são utilizadas e atendem limites de emissões mais restritos em países da União Européia, EUA, Japão

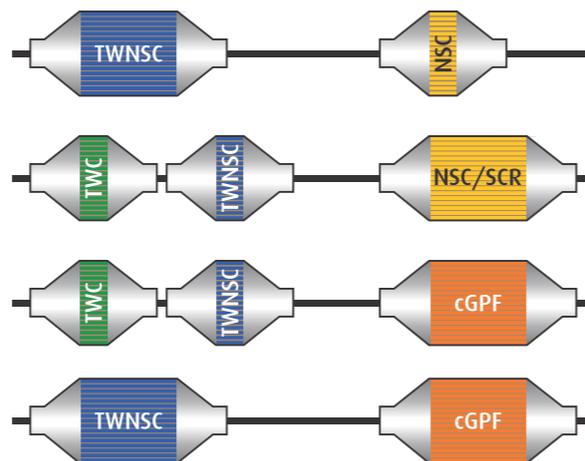
entre outros. Os sistemas utilizados nestas regiões requerem uma combinação de tecnologias e catalisadores.

MOTORES DE CICLO OTTO

Combustão Estequiométrica

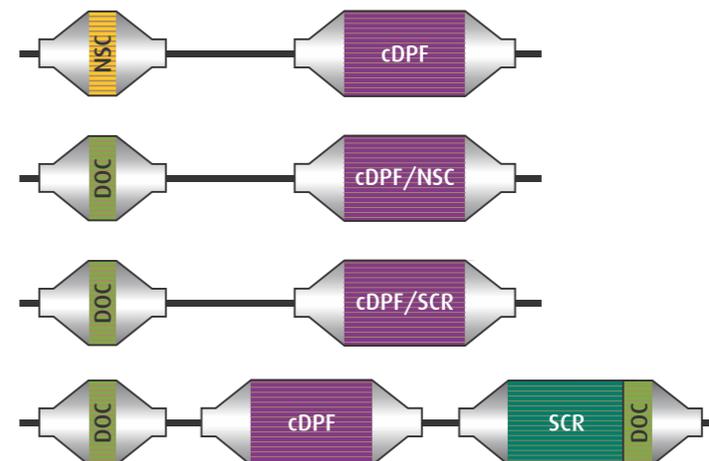


Combustão Pobre



SISTEMAS DE PÓS TRATAMENTO A SEREM CONSIDERADOS PARA O FUTURO NO BRASIL

MOTORES DE CICLO DIESEL



AGRADECIMENTOS

Este livro foi desenvolvido em comemoração aos 25 anos da Unidade Catalisadores Automotivos da Umicore Brasil Ltda. A Umicore agradece aos autores e toda sua equipe técnica pelas valiosas contribuições para a produção deste material.

A Umicore se orgulha de fazer parte da história da indústria automobilística do Brasil, de ter sido pioneira na

fabricação do catalisador automotivo e de poder contribuir para o desenvolvimento de tecnologias mais limpas para o meio ambiente, saúde e bem-estar da população.

Aos nossos colaboradores, parceiros e clientes, o nosso muito obrigado pela colaboração e suporte diários nessa trajetória de sucesso.

