

Eixo Temático: Estratégia e Internacionalização de Empresas

**PROCONVE MAR – 1: LIMITES DE EMISSÕES DE MOTORES DE MÁQUINAS
AGRÍCOLAS E DE CONSTRUÇÃO RODOVIÁRIAS NOVAS**

**PROCONVE MAR – 1: LIMITS OF AGRICULTURAL AND ROAD
CONSTRUCTION MACHINERY NEW ENGINES EMISSIONS**

Franco Da Silveira, Jéferson Réus Da Silva Schulz, Janis Elisa Ruppenthal, Filipe Molinar Machado e
Tiago Sinigaglia

RESUMO

Devido à poluição do ar provocada pela emissão de gases gerados pelos veículos automotores estão sendo adotadas medidas de controle da poluição veicular que obrigam a busca de soluções capazes de reduzir tais emissões. Dentre essas medidas, a partir de 2015 entrou em vigor o PROCONVE MAR – 1, o qual trata da adequação para a emissão de poluentes pelos equipamentos fora de estrada e estabelece os limites máximos de emissão de poluentes para motores do ciclo diesel destinados às máquinas agrícolas e rodoviárias novas, nacionais e importadas. É um estudo exploratório-descritivo, com coleta e análise de dados utilizando-se a regulamentação do PROCONVE MAR – 1. Como contribuições deste trabalho, espera-se apresentar os limites de emissão de poluentes para os motores do ciclo diesel destinados às máquinas agrícolas e rodoviárias em produção, nacionais ou importadas.

Palavras-chave: poluição do ar, limites de emissões, máquinas agrícolas.

ABSTRACT

Due to air pollution caused by gas emissions generated by motor vehicles are being adopted control measures vehicular pollution which require the search for solutions capable of reducing such emissions. Among these measures, from 2015 it entered into force PROCONVE MAR - 1, which deals with the suitability for emissions by equipment off road and establishes the maximum pollutant emission for diesel engines for agricultural machines and new road, domestic and imported. It is an exploratory-descriptive study, with data collection and analysis using the regulation of PROCONVE MAR - 1. As contributions of this work are expected to present the pollutant emission limits for diesel cycle engines for agricultural machinery and road production, domestic or imported.

Keywords: air pollution, emission limits, agricultural machinery.

1 INTRODUÇÃO

A partir da poluição do ar provocada pelos veículos automotores, nota-se que estão sendo adotadas medidas eficazes de controle da poluição veicular que obrigam a busca de soluções capazes de reduzir essas emissões. No Brasil, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), criado em 1986 pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), é responsável por estabelecer essas diretrizes, prazos e padrões legais de emissões admissíveis para as diferentes categorias de veículos automotores, nacionais e importados (IBAMA, 2011). O PROCONVE, baseou-se em um conjunto de normas em diferentes partes do mundo, para adequar os índices à realidade brasileira.

Nos EUA, a primeira regulamentação incluía seis poluentes, isso já na década de 1960. Na Europa, desde 1970 as emissões provenientes de motores são normatizadas. Porém, em 1991, por entender que havia tecnologia suficiente para reduzir os índices de emissões, o Conselho Econômico Europeu tornou mais rígido os limites dos poluentes e fortaleceu a fiscalização, criando então as normas Euro, que padronizam as emissões veiculares em toda a Europa. As normas brasileiras (PROCONVE) assim como as europeias (EURO) pretendem limitar a poluição causada pela utilização de combustíveis fósseis nos veículos por meio da fixação dos limites máximos de emissão. Essas normatizações, estão induzindo o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes, assim como a melhoria da qualidade dos combustíveis utilizados pelos veículos automotores (WERONKA, 2015).

O controle realizado pelo PROCONVE é executado a partir da seguinte classificação de veículos auto-motores: veículo leve de passageiros (automóveis); veículo leve comercial (utilitário); veículo pesado (ônibus e caminhão); veículo de duas rodas e semelhantes (motocicletas e ciclomotores) e por fim, trata-se dos equipamentos fora de estrada como as máquinas agrícolas e rodoviárias novas. Esses equipamentos devem obrigatoriamente atender os níveis estipulados na primeira fase do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias conhecida como PROCONVE MAR - I (IBAMA, 2011). Esse controle entrou em vigor a partir de 2015 e corresponde a uma legislação similar à norte-americana (*EPA Tier 3*) ou à europeia (*Euro Stage IIIA*) e segue as diretrizes estipuladas na Resolução CONAMA nº 433/2011 (TJABBES, 2014; ANFAVEA, 2016).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é apresentar os limites máximos de emissão de poluentes para os motores do ciclo diesel, assim como os limites de ruídos para máquinas agrícolas e de construção (rodoviárias) novas, nacionais e importadas. E também, expor os aspectos mais relevantes com relação a fase MAR – I que exige sistemas de pós-tratamentos, ou seja, modificações nos motores para reduzir os limites de emissão de acordo com as diretrizes determinadas pela legislação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No referencial teórico busca-se explicitar os principais conceitos respectivos ao assunto proposto para estudo. Primeiramente, trata-se de uma visão geral atinente aos padrões de qualidade do ar segundo o CONAMA, posteriormente realiza-se uma discussão sobre os limites máximos de emissão de poluentes através do PROCONVE MAR – I e por fim, são apresentados os sistemas de tratamentos de gases de exaustão que estão sendo utilizados para atender os limites legais de emissão de poluentes.

2.1 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

As maiores causas do ingresso de substâncias poluentes à atmosfera são os processos industriais e de geração de energia, os veículos automotores e as queimadas. Muitas delas são tóxicas à saúde humana e responsáveis por danos à flora e aos materiais. Além disso, quando os compostos estão em níveis abaixo dos padrões de qualidade do ar estabelecidos por órgãos reguladores, ainda são observados impactos à saúde humana (MMA, 2016). De maneira geral, a qualidade do ar é o produto da interação de um conjunto de fatores, tais como: a magnitude das emissões, a topografia e condições meteorológicas da região, favoráveis ou não a dispersão dos poluentes e processos químicos na atmosfera (SANTANA, 2015).

A poluição atmosférica ocorre quando há uma mudança na composição ou propriedades do ar, tornando-o impróprio, nocivo ou inconveniente à saúde, ao bem-estar público, à vida animal e vegetal e, até mesmo, a alguns materiais (SILVA, 2014). Grande parte dessas emissões provêm da queima de combustíveis fósseis em veículos automotores (LOYOLA et al. 2009; BORILLO, 2015). Através da Resolução CONAMA nº 3/1990 são definidos os padrões de qualidade do ar fundamentados em estudos científicos na área, estabelecendo um limite máximo para a concentração de poluentes específicos, garantindo assim a proteção ao meio ambiente e à saúde. A determinação da qualidade do ar segue dois tipos de padrões: primários e secundários.

Os poluentes primários são lançados diretamente no ar, enquanto que os poluentes secundários formam-se na atmosfera por meio de reações que ocorrem devido a presença de substâncias químicas e condições físicas (LEMOS, 2010). Os poluentes relacionados aos veículos automotores são primários quando as substâncias são emitidas diretamente pelo veículo, e secundárias quando formadas através de reações químicas ou fotoquímicas a partir de poluentes primários. Os principais poluentes da emissão direta são: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x), aldeídos (CHO), compostos de chumbo (Pb), compostos orgânicos voláteis (COVs) e material particulado (BORILLO, 2015).

Desse modo, os responsáveis pela distribuição do tamanho de partículas da emissão e também, da composição química de motores diesel, são: o tipo de veículo leve ou pesado, a eficiência no processo de combustão, as condições de operação do motor, baixo/alto teor de enxofre e a utilização de biodiesel (LEMOS, 2010). Nesse contexto, cabe ao PROCONVE MAR – I, o qual segue as diretrizes estipuladas pela Resolução CONAMA nº 433/2011, estabelecer os limites máximos de emissão de poluentes para motores do ciclo diesel destinados às máquinas agrícolas e rodoviárias novas, nacionais e importadas.

2.2 PROCONVE MAR - I

Entrou em vigor no Brasil, a partir de Janeiro de 2015, o programa de controle de emissão de poluentes PROCONVE MAR-I (Máquinas Agrícolas e Rodoviárias - I). Esta resolução foi aprovada e publicada em 2011 através da Resolução nº 433 de 2011 (IBAMA, 2011). Através desta legislação, o Brasil torna-se o primeiro país da América Latina a ter controle de emissão de poluentes para equipamentos pesados, seguindo o padrão de controle adotado nos Estados Unidos (*EPA Tier III*) e Europa (*Euro Stage IIIA*). Apesar do atraso desta implementação, a introdução da regulamentação de emissão de poluentes e ruídos é um grande avanço para a redução da poluição no Brasil (TJABBES, 2014).

O principal princípio do PROCONVE é a certificação de protótipos veiculares, o qual exige das montadoras conceitos de projetos que garantam um baixo potencial poluidor aos veículos novos, além de uma taxa de deterioração das emissões ao longo de sua vida útil tão baixa quanto possível (SILVA, 2014). Os limites de controle definidos pelo programa são

divididos em classes de veículos, levando em conta seu Peso Bruto Total (PBT), assim se distinguem os procedimentos para medição das emissões e, em consequência diferenciam-se também os limites para cada um deles (BORILLO, 2015). A fase MAR – 1 entra em vigor de forma escalonada, conforme cronograma do Quadro 1:

Quadro 1 – Cronograma da fase MAR - 1

ANO	Máquinas de Construção (Rodoviárias)
2015	Novos modelos introduzidos/lançados no mercado de potência igual ou superior a 37 kW (50 cv) até 560 kW (761 cv)
2017	Todos os modelos com potência igual ou superior a 19 kW (25 cv) até 560 kW (761 cv)
ANO	Máquinas Agrícolas
2017	Todos os modelos com potência igual ou superior a 75 kW (101 cv) até 560 kW (761 cv)
2019	Todos os modelos com potência igual ou superior a 19 kW (25 cv) até 75 kW (101 cv)

Fonte: (ANFAVEA, 2016).

Segundo o CONAMA, os equipamentos são homologados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), assim como são feitas as homologações do PROCONVE direcionadas para veículos rodoviários como automóveis e caminhões (IBAMA, 2011). Como está demonstrado no Quadro 1, a implantação da MAR – 1 será realizada em etapas, aplicadas de acordo com os tipos de motores, assim como os tipos de operações.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 433/2011, fica estabelecido através da fase MAR – 1 que motores com faixa de potência igual ou superior a 37 K, destinados à novos lançamentos de máquinas rodoviárias, a partir de 1º de janeiro de 2015, devem atender aos valores máximos na emissão de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxido de nitrogênio (NOx) e material particulado, conforme ilustra o Quadro 2. O CONAMA considera como equipamentos rodoviários: as máquinas autopropelidas de rodas, esteiras ou pernas, que possuem equipamentos ou acessórios projetados, principalmente para realizar operações de abertura de valas, escavação, carregamento, transporte, dispersão ou compactação de terra e materiais similares (IBAMA, 2011; TJABBES, 2014).

Quadro 2 – Limites máximos de emissão para motores de máquinas agrícolas e rodoviárias

(Potência P em KW*)	CO (g/kwh)	HC + NOx (g/kwh)	MP (g/kwh)
130 ≤ P ≤ 560	3,5	4,0	0,2
75 ≤ P ≤ 130	5,0	4,0	0,3
37 ≤ P ≤ 75	5,0	4,7	0,4
19 ≤ P ≤ 37	5,5	7,5	0,6

* Potência máxima de acordo com a Norma ISSO 14396:2002, que a critério do Ibama poderá adotar norma ABNT equivalente.

Fonte: (IBAMA, 2011).

Nota-se também, que a partir de 1º de janeiro de 2017, como demonstrado no Quadro 1, todos os motores do ciclo diesel destinados às máquinas rodoviárias em produção, nacionais ou importadas, assim como para as máquinas agrícolas, definidas através do código Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM), devem atender os limites máximos de poluentes conforme está demonstrado no Quadro 2.

Conforme a Resolução nº 433/2011, são estabelecidos os limites máximos de emissão de ruídos para máquinas agrícolas e rodoviárias novas (IBAMA, 2011). Desse modo, o nível de potência sonora deve ser medido sob as condições estabelecidas segundo a ABNT NBR ISO 6395:2011, e não deve exceder o nível permissível especificado com relação à potência líquida instalada de acordo com os Quadros 3 e 4.

Quadro 3 – Fórmulas de cálculo para encontrar o nível permissível especificado com relação à potência líquida instalada

Tipo de Máquinas Rodoviárias	Fórmula de Cálculo
Tratores com lâminas de esteiras, pás-carregadeiras de esteiras, retroescavadeiras de esteiras	$L_{wa} = 87 + 11 \log P$
Tratores com lâminas de rodas, pás-carregadeiras de rodas, retroescavadeiras de rodas, motoniveladoras rolos-compactadores não vibratórios	$L_{wa} = 85 + 11 \log P$
Rolos-compactadores vibratórios	$L_{wa} = 89 + 11 \log P$
Escavadeiras.	$L_{wa} = 83 + 11 \log P$

Fonte: (IBAMA, 2011).

São válidas somente as fórmulas previstas no Quadro 3 para valores maiores que os níveis mais baixos de potência sonora para os tipos de máquinas. Estes níveis mais baixos de potência sonora correspondem aos valores mais baixos da potência líquida instalada para cada tipo de máquina. Para potências líquidas instaladas abaixo destes valores, os níveis permissíveis de potência sonora são dados pelo nível mais baixo mostrado no Quadro 4. A potência líquida instalada (P) deve ser determinada conforme definido na norma ISO 14396:2002 e o equipamento, o local, assim como o método de ensaio utilizados para medição dos níveis de ruído das máquinas, para fins desta Resolução, deverão estar de acordo com a ABNT NBR ISO 6395:2011 e suas referências normativas (IBAMA, 2011).

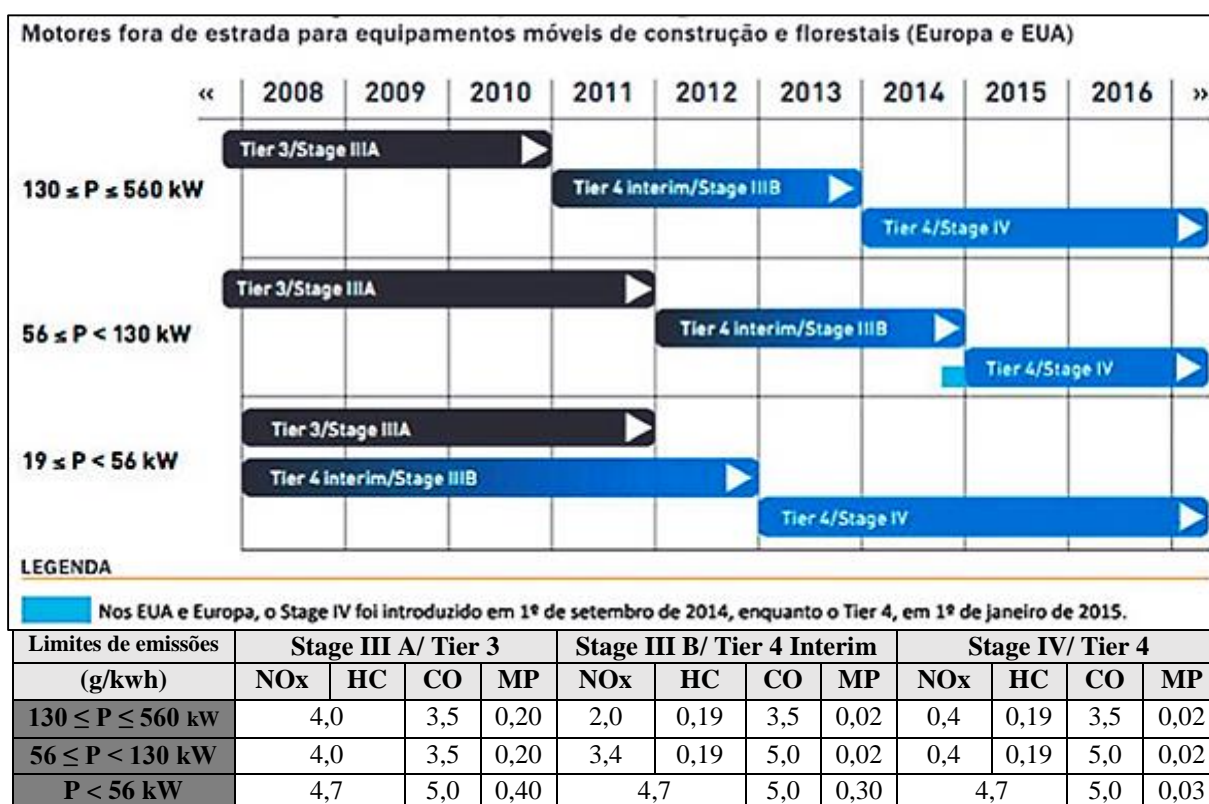
Quadro 4 – Limites máximos de emissão de ruídos

Tipo de Máquina Rodoviária	Nível mais baixo de potência sonora em dB (A)/ 1 pW
Tratores com lâminas de esteiras, pás-carregadeiras de esteiras, retroescavadeiras de esteiras	106
Tratores com lâminas de rodas, pás-carregadeiras de rodas, retroescavadeiras de rodas, motoniveladoras rolos-compactadores não vibratórios	104
Rolos-compactadores vibratórios	109
Escavadeiras	96

Fonte: (IBAMA, 2011).

Não obstante como as normas *Tier* e *Euro*, que já encontram-se em condições muito mais rígidas referente aos limites máximos de emissões, o PROCONVE MAR – 1 ainda não apresenta uma definição sobre a sua segunda fase. Entretanto, se o processo seguir o que ocorreu com os automóveis e caminhões nos Estados Unidos e Europa, o MAR – II terá reduções significativas nas emissões de óxido de nitrogênio (NOx) e material particulado (TJABBES, 2014). Como ilustra a Figura 1, o autor Tjabbes corrobora que teve início no ano de 2011 a passagem do *Tier III* para o *Tier IV*, e houve uma redução de aproximadamente 90% na emissão de material particulado e 45% na de NOx. Em 2014 entrou em vigor a implementação final da legislação norte-americana, resultando em um novo corte de 45% de NOx, eliminando a emissão desses dois poluentes.

Figura 1 – Evolução dos padrões globais de emissões



Fonte: Adaptado de (TJABBES, 2014).

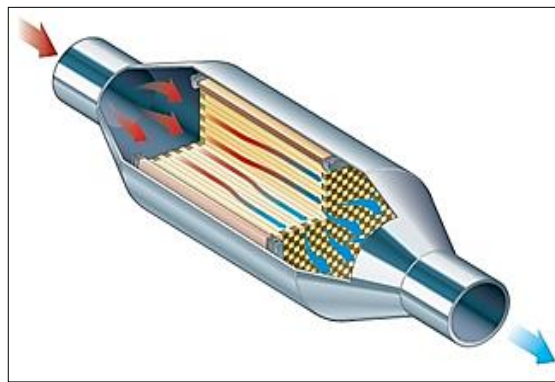
Nesse contexto, para que os motores a diesel alcancem esses níveis de eficiência utilizam-se sistemas de pós-tratamento que proporcionam redução de emissões. São eles: sistemas de Recirculação dos Gases de Exaustão (RGE), sistema de Redução Catalítica Seletiva (SCR) e sistema do Filtro de Partículas Diesel (DPF). Tratam-se de estratégias adotadas para modificar ou ajustar o motor, modificar a composição de combustível ou de tratamento de gases de escape (SARVI, et al., 2008). Desse modo, com a finalidade de atender às metas de redução da poluição impostas pelas normas, novas tecnologias foram abarcadas ao chassi e também, na qualidade do diesel que sofreu uma significativa melhora no que diz respeito ao teor de enxofre (WERONKA, 2015).

2.3 SISTEMAS DE PÓS-TRATAMENTO

2.3.1 Filtro de Particulado de Diesel (DPF)

O filtro de particulado de diesel (*diesel particulate filter - DPF*) trata-se de um dispositivo acoplado no sistema de escapamento de veículos a diesel que filtra os gases de escape retendo o material particulado (MP), como demonstrado na Figura 2. Esse processo realiza-se com o aprisionamento das partículas através da filtração física, permitindo a fuga de componentes gasosos. O processo de limpeza desse filtro, ocorre através da regeneração, onde a fuligem é queimada para acarretar em uma fase gasosa com elevadas temperaturas deixando poucos resíduos no filtro (SILVA, 2014; BORILLO, 2015; UKDFT, 2016).

Figura 2 – Ilustração de um DPF no sistema de escape de um veículo



Fonte: (UKDFT, 2016).

O sistema de pós-tratamento DPF pode ser produzido com diferentes tipos de materiais, estrutura, filtração e mecanismos de regeneração. Com o emprego do DPF são ocasionadas reduções de fuligem diesel que corroboram com o cumprimento dos padrões de emissões, resultando na melhoria da qualidade do ar (CARRARA e NIESSNER, 2011; UKDFT, 2016).

2.3.2 Recirculação dos Gases de Exaustão (EGR)

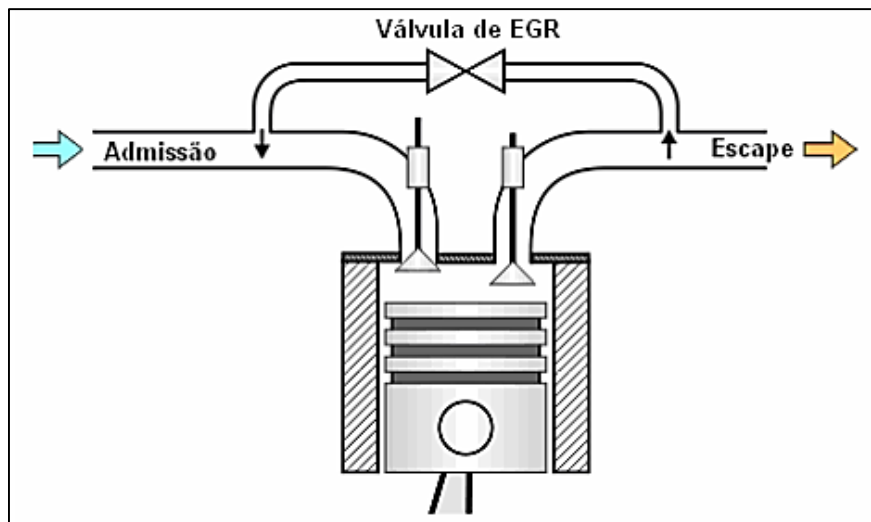
O sistema de recirculação dos gases de exaustão (*Exhaust Gas Recirculation - EGR*), demonstrado na Figura 3, permite que parte dos gases liberados na exaustão seja reutilizada na admissão, tal processo dá-se de forma eletrônica (TJABBES, 2014; BORILLO, 2015). Essa tecnologia de controle de emissões permite uma considerável redução das emissões de NOx em grande parte dos motores a diesel (SILVA, 2014). Nesse processo, parte dos gases é recirculada e resfriada para posteriormente ser direcionada a câmara de combustão, ou seja, são reinjetados parte dos gases de escape na câmara de combustão, com o princípio de reduzir a temperatura no interior do motor para que as emissões de NOx também sejam reduzidos (IVECO, 2016).

A aplicação da técnica EGR consiste em redirecionar parte dos gases de exaustão para a admissão do motor, o que altera propriedades físicas e químicas da mistura gasosa de entrada do motor. Observa-se também, que a redução da emissão de poluentes nesta técnica ocorre devido aos efeitos térmicos, químicos e de diluição (WERONKA, 2015). Entretanto, é

relevante ponderar que a configuração de um sistema EGR depende da taxa de EGR necessária e outras exigências da aplicação particular. Grande parte dos sistemas de EGR incluem os seguintes componentes principais: válvula de controle de fluxo dos gases, o resfriador, o turbo compressor, a válvula de restrição (*throle*) e misturador de EGR, dimensionados de acordo com a função do fluxo dos gases recirculado e a aplicação para que se destina o motor (SQUAIELLA, 2010; KHAIR e JÄÄSKELÄINEN, 2012).

Uma característica importante da técnica EGR é que para seu funcionamento não necessita-se da adição de nenhum outro suprimento, porém, utiliza-se um catalisador de oxidação diesel (*Diesel Oxidation Catalyst - DOC*) ou o DPF que são etapas complementares para alcançar com êxito os padrões de emissões (WERONKA, 2015). A vantagem deste sistema está relacionada a mistura adicional ao combustível, a qual não é necessária, desse modo têm-se um melhor aproveitamento do espaço do chassi, pois não existe um tanque extra como no caso do sistema Redução Catalítica Seletiva (SCR) para colocar à solução base de ureia (KHAIR e JÄÄSKELÄINEN, 2012; BORILLO, 2015).

Figura 3 – Ilustração básica de funcionamento do circuito EGR



Fonte: (SQUAIELLA, 2010).

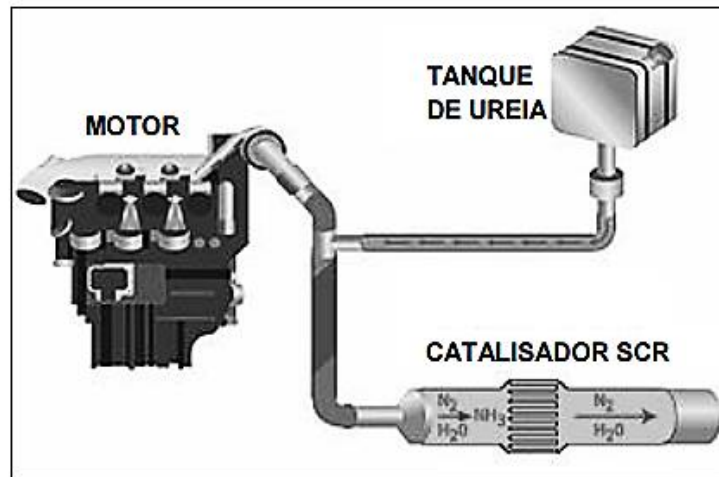
2.3.3 Redução Catalítica Seletiva (SCR)

Entre os tratamentos utilizados para controlar as emissões de poluentes a partir de centrais térmicas, a redução catalítica seletiva (*Selective Catalytic Reduction - SCR*) é o mais adequado em virtude de sua eficiência e seletividade (BORILLO, 2015). Trata-se de uma tecnologia que foi desenvolvida com o intuito de controlar e reduzir as emissões de NO_x, transformando-os em N₂ e H₂O (SILVA, 2014). Essa técnica diferencia-se dos demais sistemas de tratamento explícitos anteriormente pois eleva a eficiência da combustão através da utilização de um catalisador e uma mistura conhecida como Arla 32 (Agente Redutor Líquido), ativando as reações químicas que reduzem as emissões de NO_x. O Arla 32 trata-se de uma mistura composta por 32% de ureia e o restante de água desmineralizada (TJABBES, 2014; BORILLO, 2015).

Além disso, o SCR apresenta como pontos negativos a necessidade de equipar o veículo com um tanque e também um módulo de controle de injeção do agente redutor líquido no duto de escape (SQUAIELLA, 2010). A Figura 4 demonstra o funcionamento do sistema

SCR, de modo que o processo de redução consiste na injeção do Arla para os gases de exaustão do escapamento do motor, os quais se misturam e entram em um módulo reator contendo um catalisador que difunde a mistura formando o Nitrogênio, CO₂ e a água (SILVA, 2014). Observa-se que o agente deve ser armazenado em um tanque próprio e não deve ser misturado ao óleo diesel (TJABBES, 2014).

Figura 4 – Esquema de funcionamento do sistema de pós-tratamento SCR



Fonte: (SILVA, 2014).

Todas essas tecnologias explícitas anteriormente apresentam vantagens, dependendo da aplicação da máquina agrícola ou da rodoviária. Assim, cabe ao fabricante definir sua estratégia para selecionar a mais adequada para seus produtos. Em síntese, a tecnologia disponibilizada pela EGR reduz as emissões de NO_x no interior do motor através da reinjeção de parte do gás de escapamento, ao passo que na SCR ocorre a redução das emissões de NO_x fora do motor, ou seja, no catalisador através da reação química do Arla 32.

3 CONCLUSÃO

Conforme o contexto analisado neste trabalho, verificou-se que estão sendo adotadas medidas eficazes de controle para reduzir a poluição do ar provocada pelas máquinas agrícolas e rodoviárias, assim como ocorreu com os automóveis e caminhões há alguns anos. O cronograma do PROCONVE MAR – I ajuda a controlar e visualizar o progresso dessas diretrizes e faz com que o mercado esteja se preparando continuamente para anteder às requisições. Contudo, se ressaltam que a disponibilidade, preço e vendas dos equipamentos vão ser absorvidos pelos clientes em função da incorporação de novas tecnologias e dispositivos para as novas máquinas.

Além disso, verifica-se que na Europa e nos Estados Unidos as legislações encontram-se em condições muito mais rígidas de limites de emissões em relação ao Brasil. Desse modo, nota-se que o Brasil precisará evoluir para acompanhar a corrida legislativa e também, definir como será a segunda fase do PROCONVE MAR – I. Portanto, é fundamental que sejam adotadas estratégias para modificar ou ajustar o motor, modificar a composição de combustível ou de tratamento de gases de escape, como o DPF, EGR ou SCR com a finalidade de atender às metas de redução da poluição impostas pelas normas. Entende-se que

o papel do PROCONVE MAR – I é obrigar as empresas a implementar em seus produtos o controle dos limites de emissões de motores e limites de ruídos externos (meio-ambiente).

Por fim, o artigo aborda um tema sobre as diretrizes de uma legislação que entrou em vigor há pouco tempo e encontra-se em processo de adaptação por parte das empresas do setor especificado. Como sugestão de continuidade, sugere-se um aprofundamento de estudos a fim de verificar como as empresas estão gerenciando as adaptações às novas regras do PROCONVE MAR – 1 em suas estratégias de desenvolvimento de produtos. Ainda, ao que se refere ao preço dos produtos e suas tecnologias, deve-se avaliar quais são os possíveis impactos dessa relação para o atendimento à norma em vigor.

REFERÊNCIAS

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. 2016. **Cartilha MAR-1**. 2016. São Paulo: ANFAVEA. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/cartilha.html>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

BORILLO, Guilherme Cardoso. **HPAs e Nitro-HPAs na emissão de material particulado de um motor euro V utilizando diesel e biodiesel em diferentes proporções**. Curitiba, 2015. 107 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, 2015.

CARRARA, Matteo; NIESSNER, Reinhard. Impact of a NO₂-regenerated diesel particulate filter on PAH and NPAH emissions from an euro iv heavy duty engine. **Journal Environment Monitoring**, vol. 13, 3373-79, 2011.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores – Proconve/Promot**. 3. ed. Brasília: Ibama, 2011. 584 p. (Coleção Meio Ambiente. Série Diretrizes – Gestão Ambiental, n.º 3).

IVECO - Industrial Vehicles Corporation. **Tecnologia a serviço da natureza – EGR**. Disponível em: <<http://www.iveco.com/brasil/institucional/pages/tecnologiaegr.aspx>>. Acesso em: 18 jun. 2016.

KHAIR, Magdi. K., JÄÄSKELÄINEN, Hannu. **Exhaust Gas Recirculation**. DieselNet Technology Guide. 2012. Disponível em: <https://www.dieselnets.com/tech/engine_egr_sys.php>. Acesso em: 14 jun. 2016.

LEMOS, Joewander Fernandes. **Poluição veicular: avaliação dos impactos e benefícios ambientais com a renovação da frota veicular leve na cidade de São Paulo**. São Paulo, 2010. 133 f. Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia – EP/ FEA/ IEE IF da Universidade de São Paulo, 2010.

LOYOLA, Josiane; ARBILLA, Graciela; QUITERO, Simone Lorena; ESCALEIRA, Viviane; BELLIDO, Alfredo Victor. **Concentration of Airbone Trace Metals in a Bus Station with a High Heavy-Duty Diesel Fraction**. Journal of the Brazilian Chemical Society, vol. 20, No. 7, 1343-1350, 2009.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Qualidade do ar**. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>>. Acessado em: 03 jun. 2016.

SANTANA, Simone Simões de Mello. **Emissões gasosas de combustão diesel e de biodiesel utilizando motor Euro V e sistema de pós-tratamento SCR em dinamômetro de bancada**. Curitiba, 2015. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, 2015.

SARVI, Arto; FOGELHOLM, Carl-Johan; ZEVENHOVEN, Ron. Emissions from large-scale medium-speed diesel engines: 2. Influence of fuel type and operating mode. **Fuel Processing Technology**, v. 89, n. 5, p. 520-527, 2008.

SILVA, Thiago de Oliveira Brandão. **Inventário da emissão do material particulado proveniente de diesel e biodiesel brasileiro: estudo em um banco de provas de motores**. Curitiba, 2014. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, 2014.

SQUAIELLA, Lucas Lázaro Ferreira. **Efeitos do sistema de recirculação dos gases de escape no controle de emissões de NOx em motores a Diesel**. Campinas, SP, 2010. 159 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Automotilística) – Universidade Estadual de Campinas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2010.

TJABBES, Thomas. A vez dos equipamentos pesados. **Revista Manutenção & Tecnologia**, São Paulo, n. 186, p. 21-34, 2014. Disponível em:
<http://www.revistamt.com.br/index.php?option=com_contenido&task=viewmateria&id=1991>. Acesso em: 10 jun. 2016.

UKDFT - United Kingdom Department for Transport. **Diesel particulate filters: guidance note**. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/263018/diesel-particulate-filters-guidance.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2016.

WERONKA, Fernando Marcos. **Inventário da emissão do material particulado e gasoso proveniente de motores euro V: eficiência dos sistemas de pós-tratamentos EGR e SCR**. Curitiba, 2015. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, 2015.