

Papel da Legislação na Emissão de Poluentes no Brasil

***Abstract.** This article aims to briefly explain the impact of new legislation on agriculture machines and highway (MAR-1) on customer focus. An explanation of what the new legislation, in which products it will impact and how it will affect the customer and the population in Brazil as a whole. It is also proposal a didactic summary of the main differences between the currently fuel oil diesel used versus your successor.*

Keywords: NOX, Cetane

***Resumo.** Esse artigo propõe de forma sucinta explicar o impacto de nova legislação sobre máquinas agrícolas e rodoviárias (MAR-1) sobre o âmbito do consumidor. Uma explanação sobre o que é a nova legislação, em quais produtos ela terá impacto e como afetará o consumidor e a população no Brasil como um todo. Promove também um resumo didático das principais diferenças entre o combustível óleo diesel atualmente utilizado e seu sucessor.*

Palavras chaves: NOX, Cetano

1. Introdução

A tração animal foi completamente substituída por tratores antes da Segunda Guerra Mundial na América do Norte e logo após na Europa. O primeiro trator a gasolina foi fabricado em 1892 por Froelich, em Dakota do Sul, e seu projeto foi adquirido por John Deere, servindo de base para a fabricação de seus tratores no início

do século XX. Anterior a isso, J. W. Fanwkes puxou um arado de 8 discos utilizando um sistema com motor a vapor. A primeira fábrica de tratores, a Hart-Parr Company, surgiu em Iowa (EUA) em 1905, por meio do esforço de um grupo de pesquisadores da universidade de Wisconsin, e logo depois, a empresa foi incorporada pela Oliver (FONSECA, 1990).

O mercado de tratores movidos a gasolina ou diesel cresceu lentamente até a Primeira Guerra Mundial, tendo como principais fatores relevantes para o seu desenvolvimento a elevação de preços dos produtos agrícolas, a escassez de mão de obra e o estímulo do governo norte-americano, encorajando a transição para a mecanização por parte dos fazendeiros.

Na década de 1920, a mecanização da agricultura nos Estados Unidos aumentou devido a programas de incentivo do governo. Após a Segunda Guerra Mundial, com demanda mais elevada, o mercado interno norte-americano para máquinas e implementos aumentou consideravelmente.

No período entre as guerras mundiais, o desenvolvimento tecnológico foi muito significativo e se deu por meio de inovações de produto e avanços consideráveis no processo de produção, principalmente com a adoção da linha de produção e da divisão do trabalho (SLACK, 2002).

Até 1913, o processo de montagem dos tratores era completamente praticamente artesanal. Neste ano, tentou-se implantar o primeiro processo de montagem de tratores em série. Nos anos seguintes, as melhorias nos projetos e peças (novas formas de ignição e motor a querosene) permitiram maior arranque e tração para os tratores. O

desenvolvimento de um sistema eficiente de acionamento de força em 1918 aumentou a transmissão de força para diversos implementos agrícolas.

Por volta de 1920, já existia um projeto básico de trator, que permaneceu inalterado durante as duas décadas seguintes. O Fordson pode ser considerado como inovação primária. Ele foi o primeiro trator a obter grande sucesso em comparação com os modelos concorrentes, devido à expressiva redução de custos com a produção em série na linha de montagem e com a padronização das peças. Em 1918, a Ford representava 25% do mercado de tratores dos Estados Unidos, que era estimado em 135 mil unidades e, em 1925, já possuía 70% dos 158 mil tratores vendidos nos EUA (FONSECA, 1990). Ford aplicou à produção de tratores os mesmos princípios que nortearam a produção de carros: simplicidade do projeto, baixo custo e facilidade de manutenção.

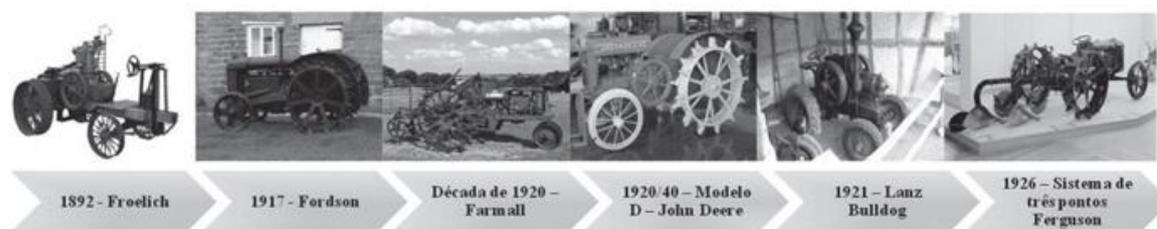


Figura 01 – Evolução dos modelos de Tratores

O Farmall, da International Harvester, foi o primeiro trator adaptado a uma série de operações agrícolas, com melhorias no sistema de tração de implementos. Entre 1920 e 1940, foram lançadas outras novidades. A John Deere introduziu o modelo "D", com custo menor em relação ao Fordson, que serviu como referência para outros tratores de sua linha, até os anos 1960. Por sua vez, H. Hans, em 1921, desenvolveu o Lanz Bulldog, que tinha a vantagem de ser movido tanto a gasolina quanto a óleo vegetal e apresentava número reduzido de componentes.

Outro desenvolvimento que ocorreu no período foi a substituição da roda de ferro pela pneumática de borracha em 1938. A Continental iniciou a fabricação de pneus para Lanz em 1931. Com a introdução dos pneumáticos, o trator ganhou maior equilíbrio e estabilidade, facilitando a sua operação em campo. Outro ponto importante do uso de pneus de borracha nos tratores foi melhorar consideravelmente seu deslocamento ao longo de estradas pavimentadas ao mesmo tempo em que representava aumento de conforto para o tratorista. Entre 1935 e 1940, a comercialização destes tratores passou de 14% para 95% (FONSECA, 1990).

As ondas de desenvolvimentos tecnológicos na indústria de tratores no pós-guerra tiveram muitas sinergias com a indústria automobilística e de autopeças, pois muitas melhorias técnicas derivaram das efetuadas em automóveis e caminhões. Dentre as inovações incrementais compartilhadas entre essas indústrias destacam-se: motores a diesel, mecanismo de direção hidráulica, sistema de transmissão automática e aperfeiçoamentos nos mecanismos de embreagem. Algumas melhorias foram desenvolvidas pela própria indústria de tratores, destacando-se o aperfeiçoamento do mecanismo de tomada de força contínua, introdução da tração nas quatro rodas; incorporação de rodas duplas e adoção de cabines de proteção do operador (FONSECA, 1990).

Segundo Sahal (1981 apud Fonseca, 1990), entre 1948 e 1968, a potência média dos tratores passou de 27hp para 70hp. Outra tendência foi o surgimento de tratores de menor porte (minitratores ou motocultivadores), em que as melhorias introduzidas ajudaram a aumentar a estabilidade do veículo. O investimento no desenvolvimento de máquinas com potência maior foi dinamizado pelo crescimento do mercado europeu no

pós-guerra e, também, pelo aumento das unidades agrícolas, em que o uso de máquinas de maior porte era mais eficiente.

Evolução dos Tratores ao longo do tempo

Quando	Quem	Evoluções
1858	J. W. Fanwkes	Arado com sistema de motor a vapor
1892	Froelich	Primeiro trator movido a gasolina
1913	Hart-Parr Company	Primeiro trator fabricado em uma Indústria
1917	Ford Motor Company (Fordson)	Primeiro trator fabricado em série
1921	Lanz Bulldog	Primeiro trator biocombustível (gasolina ou óleo vegetal)
Década de 1920	Ford Motor Company	Trator com menor custo de produção
1925	Farmall	Primeiro trator adaptável à uma várias operações agrícolas e mecanismo que facilitava a elevação dos implementos do nível do solo.

1935	Heinrich Lanz	Primeiro trator com pneus
1938	Praticamente todas Marcas	Tratores produzidos com pneus
1939	Ferguson	Primeiro trator de levante hidráulico de três pontos
1952	Ferguson	Primeiro trator com direção hidráulica
1948 – 1968	Praticamente todas Marcas	Tratores com potência elevada de 27hp para 79hp
1970 – 1978	Praticamente todas Marcas	Tratores com Turbo e Intercooler (motores a diesel)
1979 – 1985	Praticamente todas Marcas	Tratores com sistema de controle automático
1986 – 2000	AGCO	Tratores com sistema de telemetria do campo
2000 – 2015	Praticamente todas Marcas	Tratores com conectividade (monitoramento do plantio, aplicação de insumos e a identificação do tipo do solo entre outros)

2. O Surgimento da Indústria de Tratores no Brasil

O Brasil é o quarto maior mercado de tratores agrícolas no mundo, ficando atrás apenas da Índia, China e Estados Unidos. Em 2013 (ano recorde de produção), o país apresentou o segundo maior crescimento de vendas.

Até o final dos 50 e início dos anos 60, todos os tratores vendidos no Brasil eram importados. Em 09 de dezembro de 1960, coube a Ford Motor do Brasil S.A. apresentar o primeiro trator produzido em solo brasileiro, o 8-BR Diesel.

Outras duas empresas desbravaram o território brasileiro com produtos nacionais, a Massey-Ferguson com o MF50 e a Valmet com o Valmet 360. Atualmente Massey-Ferguson e Valmet (hoje Valtra) são marcas pertencentes a AGCO.

O Brasil possui um papel importante na agricultura mundial e sua produção de máquinas também tem um papel de destaque na indústria, como demonstrado no Gráfico 01.

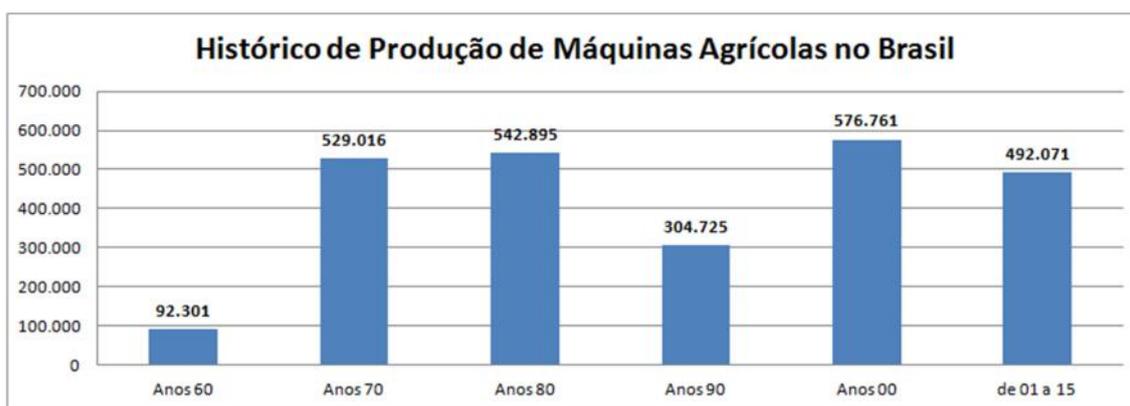


Gráfico 01 - Histórico de produção de máquinas agrícolas no Brasil

Considerasse Máquinas Agrícolas e Rodoviárias:

- **Máquina Rodoviária:** Máquina autopropelida de rodas, esteiras ou pernas, que possui equipamento e/ou acessórios projetados principalmente para realizar operações de abertura de valas, escavação, carregamento, transporte, dispersão ou compactação de terra e materiais similares.
- **Máquina Agrícola:** Máquina autopropelida de rodas ou esteiras, que possui equipamentos e/ou acessórios projetados principalmente para realizar operações no preparo do solo, plantio, tratos culturais, colheita de produtos agrícolas e florestais (CONAMA 433/2011).

Segundo a ANFAVIA (Associação Nacional do Fabricantes de Veículos Automotores), estimasse que a frota vigente de Máquinas Agrícolas e Rodoviárias no Brasil seja em torno de 361 mil equipamentos.

3. Motor a Óleo Diesel

O Motor Diesel é uma máquina térmica alternativa dotada do sistema de auto-ignição de combustível interna como o máximo grau de eficiência, com a finalidade de suprir uma determinada aplicação com energia mecânica ou força motriz de acionamento, aspirando somente o ar e submetendo-o alta compressão. A origem se deve ao Engenheiro francês Rudolf Diesel, que desenvolveu o protótipo em Augburg na Alemanha, no período de 1893 a 1898. Os primeiros registros de testes bem sucedidos forma realizados em fevereiro de 1897, na Maschinenfabrik Augsburg (Klaus Mollenhauer, Helmut Tschoeke, 2010).

Mais robustos que os motores de ciclo Otto, os motores Diesel são mais utilizados em veículos pesados, de passageiros e de cargas, que necessitam de um alto

valor de torque. Também possuem maior rendimento térmico (por trabalharem com maiores temperaturas e pressões), maior durabilidade, consumo reduzido e utilização de combustível de melhor mistura em relação a gasolina, trabalhando com excesso de ar e contribuindo para uma queima mais completa do combustível. Por outro lado, esse tipo motor é mais pesado, caro e produz níveis de ruído mais altos (HEMUS, 1978).

Os motores de ciclo Diesel são os principais emissores de material particulado e óxidos de nitrogênio no setor de transportes e máquinas agrícolas. Além disso, possuem grande contribuição na poluição sonora, na emissão de óxidos de enxofre e de poluentes com potencial de causar câncer (FAIZ et al., 1996).

3.1 Óleo Diesel

O óleo diesel é um combustível de composição completa, derivado do petróleo. Ele é constituído basicamente por hidrocarbonetos parafínicos, naftalenos, espécies mono e policíclicos aromáticos, a maioria com cadeia hidrocarbônica variando entre 10 e 22 átomos de carbono. Em menor quantidade, ele é composto por substâncias cujas fórmulas químicas contêm átomos de enxofre, nitrogênio, metais, oxigênio, entre outros. Possui uma faixa de destilação entre 150 e 400°C.

Os tipos de Óleo Diesel mais comercializados no Brasil, são representados na tabela 02 abaixo:

TIPO	Característica	Cetano	Veículos a Diesel
------	----------------	--------	-------------------

S10	Enxofre 10PPM. Cor Incolor ou amarelado	48 a 51	Todos veículos
S50	Enxofre 50PPM. Cor vermelha	46	Todos veículos
S500	Enxofre 500PPM. Cor vermelha	42	Produzidos anterior a 2012
S1800	Enxofre 1800PPM. Cor amarelo ao laranja	42	Produzidos anterior a 2012

Tabela 02 – Tipos de Diesel Comercializados no Brasil

4. Emissões de poluentes das Máquinas

Nos últimos anos observamos um aumento significativo na produção de máquinas agrícolas. Com isso, a busca por maior produtividade com menor custo tem sido um dos pilares do desenvolvimento de novas soluções tecnológicas. Toda essa tecnologia iniciada há muitos anos atrás, não se preocupa com as questões ambientais. Os volumes não eram acentuados e resíduos e emissões eram despejados na natureza sem produzirem maiores impactos.

Todavia, com o passar dos anos, principalmente as projeções de futuro, as emissões oriundas dessas máquinas passaram a interferir diretamente na qualidade do ar respirável.

5. MAR I (Máquinas Agrícolas e Rodoviárias)

Uma importante mudança nos produtos brasileiros, passará a vigorar a partir de 01 de janeiro de 2017, trata-se da MAR-I (Máquinas Agrícolas e Rodoviárias, fase 1), ela estabelece limites de emissões de motores de máquinas agrícolas e de construção (rodoviárias) novas. Ela foi aprovada e publicada em 2011 através da RESOLUÇÃO N° 433.

Com esse nova norma, o Brasil torna-se o primeiro país da América Latina a ter controle de emissão de poluentes para o tipo de equipamento descrito acima. Seguirá padrões de controle já adotados nos Estados Unidos e Europa.

Apesar do “atraso” dessa nova regulamentação, a introdução desse tipo de controle de emissões de poluentes e ruídos é um grande avanço para o país.

Para ser atendida, a fase exige máquinas com novas tecnologias e diesel com teor reduzido de enxofre.

O foco principal para atendimento da norma serão os Motores Diesel, onde os fabricantes terão que adequar seus produtos.

A fase MAR-1 entra em vigor de forma escalonada, conforme cronograma abaixo:

Ano	Máquinas de construção
------------	-------------------------------

2015	Novos modelos introduzidos/lançados no mercado
2017	Todos os modelos com potência superior a 19 kW (25 cv)

Tabela 03 – Fases da MAR I Construção

Ano	Máquinas agrícolas
2017	Todos os modelos com potência superior a 75 kW (100 cv)
2019	Todos os modelos com potência superior a 19 kW (25 cv)

Tabela 04 – Fases da MAR I Agrícola

A nova legislação define limites de emissões dos poluentes: monóxidos de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado (MP).

Se comparada com motores de tecnologia Tier 1 ou Stage 1, a redução de material particulado da fase MAR-1 é de 50% e a de NOx, de 60%.

A legislação não prevê data limite nem quantidade máxima para comercialização das máquinas não certificadas / homologadas com a MAR-1, produzidas até 31/Dez/2016. De acordo com a resolução os motores dos equipamentos rodoviários

com potência superior a 37 kW deverão, a partir de 1º de janeiro de 2015, atender as emissões de poluentes conforme a tabela 1 mostrada abaixo.

Limites máximos de emissão para motores

(Potência P em kW)*	CO (g/kWh)	HC + NOx (g/kWh)	MP (g/kWh)
$130 \leq P \leq 560$	3,5	4,0	0,2
$75 \leq P < 130$	5,0	4,0	0,3
$37 \leq P < 75$	5,0	4,7	0,4
$19 \leq P < 37$	5,5	7,5	0,6

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

Tabela 05 – Limite de Emissão

Para máquinas com motores acima de 75 kW, a primeira fase se inicia em 2017 e, naquelas com motor de menor potência, a partir de 2019.

A norma também estipula níveis de emissão de ruídos para os equipamentos rodoviários de acordo com as tabelas mostradas abaixo. Porém não há regulamentação de emissão de ruídos para máquinas agrícolas. Na maioria das configurações os equipamentos não possuem cabine fechada o que impede a obtenção dos níveis estipulados abaixo.

Tipo de máquina rodoviária	Fórmula de cálculo
Tratores com lâmina de esteiras, pás-carregadeiras de esteiras, retroescavadeiras de esteiras	$L_{wa} = 87 + 11 \log P$
Tratores com lâmina 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	$L_{wa} = 83 + 11 \log P$

Tabela 06 – Cálculos

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

Tabela 07 – Limites de Ruído

6. Brasil em Relação ao Mundo

Muitos dos fabricantes presentes no Brasil já possuem tecnologia para emissão de poluentes. Alguns equipamentos já são importados com tecnologia TIER4 ou até mesmo produzidos no Brasil com tecnologia TIER3.

O tipo de combustível está diretamente ligado a questão de emissões de poluentes. No cenário global atual existem normas ao redor do mundo que estabelecem a quantidade máxima de emissões que um motor pode emitir, onde na América do Norte denominasse TIER e na Europa o *STAGE*.

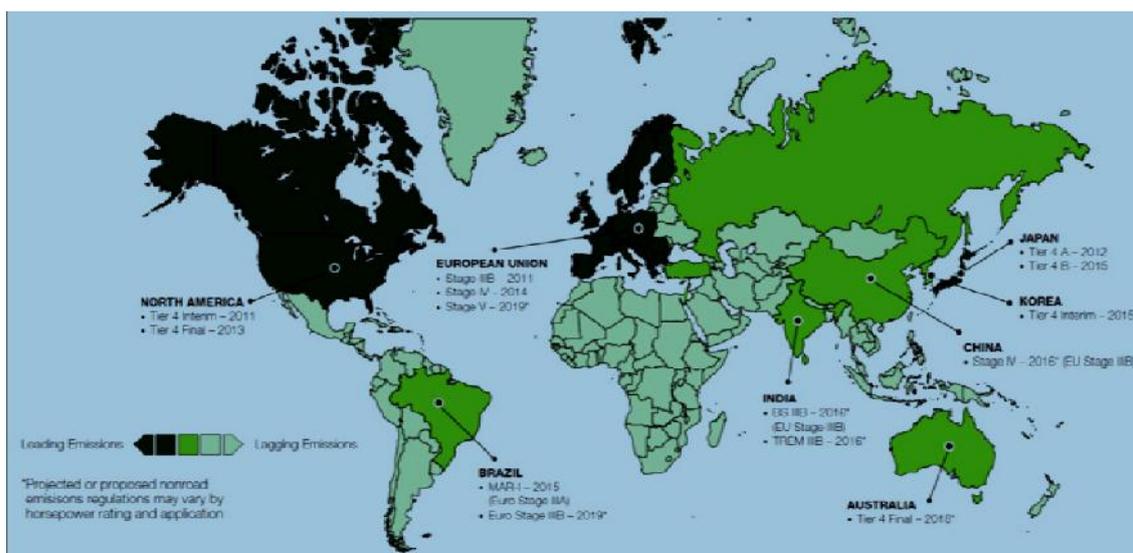


Figura 02 – Níveis de emissões ao redor do mundo

O nível de regulamentação de emissão por país se deve fundamentalmente ao tipo de combustível disponível/ comercializado.

O Brasil fornecia ao mercado o diesel S1800 com 1.800 mg/kg de enxofre. Esta especificação do diesel não permitia aos motores atingir as emissões desejadas pelas normas. Hoje se oferece para os segmentos rodoviário e agrícola o diesel S500 e o S10. Com estas especificações é possível atender normas mais rigorosas. A tabela abaixo mostra a evolução do nosso diesel ao longo dos anos.

A programação das regulamentações TIER para os Estados Unidos e Stage para Europa é demonstrado nas figuras 03 e 04. Cobrindo os níveis de emissão de óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e material particulado (MP), com base nas potências dos motores e o ano do início da regulamentação.

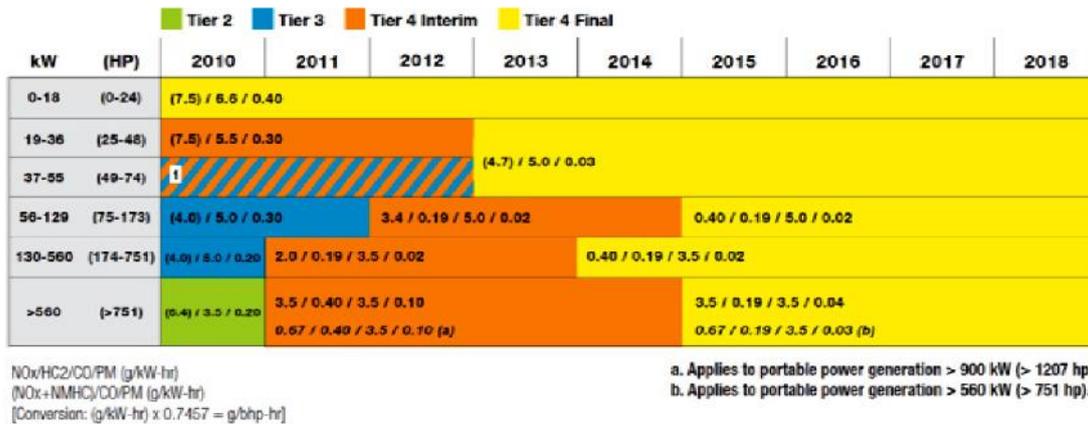


Figura 03 – Fases para regulamentação Tier

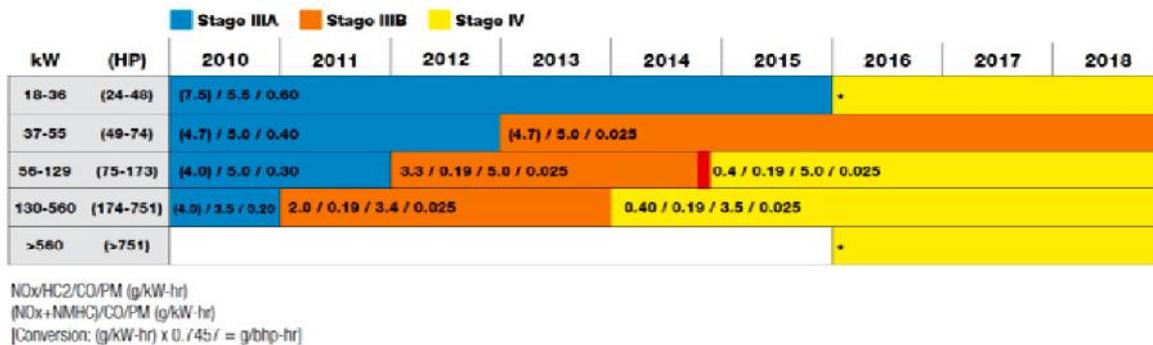


Figura 04 – Fases para regulamentação Stage

A medida em que a potência do motor aumenta, os níveis de emissões são restringidos. Onde nota-se que cada vez mais busca-se atingir melhores patamares.

Existe uma preocupação mundial com os níveis de emissões por veículos automotores, sendo o avanço tecnológicos dos motores o pilar para sanar essa necessidade da sociedade.

A nível de comparação, o Brasil atingirá o pleno nível de Tier3 somente em 2019.

7. Conclusão

O Brasil caminha para níveis de regulamentação no controle de emissões seguindo padrões globais. Tal tratativa proporcionará mudanças em toda cadeia envolvida no segmento de Máquinas Agrícolas e Rodoviárias e impactará de maneira positiva a sociedade do país.

Nota-se claramente a inexistência do envolvimento social entre a indústria e área acadêmica na busca de esclarecer aos diversos públicos o entendimento da trivial necessidade de abrangência dos controles de emissões no país.

Buscará com esse tema um enfoque maior no esclarecimento e divulgação para sociedade dos aspectos positivos da nova regulamentação MAR-I. Não somente no âmbito de emissões, mas em toda cadeia produtiva e governamental envolvida.

Estudos sobre adaptações para atendimento a regulamentação deverão ser intensificados buscando cobrir temas como:

- A preparação Indústria para novas tecnologias;
- O papel do governo (órgãos de regulamentação);
- O impacto para o Agricultor;

- O consumidor do produto final;
- A abrangência da Legislação;
- Os próximos passos para cobertura da regulamentação em 2019 e após;
- A comparação global (entendimento das emissões em diferentes culturas);
- Novos combustíveis (Biodiesel);
- Competitividade estratégica do Brasil perante o Mundo;
- Cadeia de Suprimentos (*Supplier Chain*);
- Benefícios para Sociedade como um todo.

8. Bibliografia

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores.
Consultado em 21 de maio de 2016

ANP. RESOLUÇÃO ANP Nº 42, de 16 de dezembro de 2009. Consultado em 21 de maio de 2016

FAIZ, A.; WEAVER, C. S.; WALSH, M. P. Air pollution from motor vehicles. The World Bank, Washington, D.C., November, 1996.

FONSECA, M. D. G. D. *Concorrência e progresso técnico na indústria de máquinas para agricultura: um estudo sobre trajetórias tecnológicas*. 1990. 268 (Doutorado).

Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo.

HEMUS. Motores Diesel. Quarta Edição. Paris: Hemus livraria editora limitada, 1978.

Klaus Mollenhauer, Helmut Tschoeke (eds), "Handbook of Diesel Engines", Springer, 2010.

SLACK, Nigel et al. Administração da Produção. São Paulo. Atlas. 1999

9. Termos Técnicos

CV= Cavalo Vapor (Brasil);

HP= Horse Power (EUA);

W= Watt (Sistema internacional de unidades).

Com a finalidade de unificar a unidade de potência dos motores, atualmente esta sendo empregada a unidade KW (quilowatts). Para um melhor entendimento do que significa unidade de potência, tem-se que 1 (um) HP é a força necessária para elevar um peso de 76 kgf à altura de 1 (um) metro de altura no tempo de 1 (um) segundo. 1 CV= 0,9863 HP= 0,7355 KW 1 HP= 1,0140 CV= 0,7457 KW 1,3600 CV= 1,3410 KW.