

## **E-DELIVERY, O PRIMEIRO CAMINHÃO ELÉTRICO VOLKSWAGEN. DO BRASIL PARA O MUNDO.**

Argel Franceschini, Daniel Ribeiro, Fabrício Kawakami, Matheus Silva, Rodrigo Chaves,  
Rodrigo Lopes, Rogério Dias.

Volkswagen Caminhões e Ônibus / MAN Latin América

### **RESUMO**

O e-Delivery é o primeiro caminhão 100% elétrico desenvolvido pela engenharia brasileira da Volkswagen Caminhões e Ônibus, com tecnologia sob medida, já atendendo as demandas futuras de mobilidade eficiente, inteligente e sustentável. O projeto teve uma repercussão internacional sem precedentes: foi apresentado para três continentes (Europa, América do Sul e América do Norte), foi a grande surpresa e destaque do Innovation Day (evento global da Volkswagen, com participação da mídia especializada), foi o centro das atenções da maior feira de veículos comerciais da América Latina – a Fenatran 2017, que foi considerada a “feira da retomada da indústria de caminhões” –, trazendo uma mensagem positiva de otimismo e competência, e da Expotransporte do México, fazendo frente a produtos norte americanos, antecipando-se a concorrentes de peso como a Tesla, além de criar grande interesse de clientes de expressão internacional. O e-Delivery possui emissão zero de poluentes e nível de ruído extremamente baixo, proporcionando conforto no transporte urbano. Alinhado à realidade do mercado, conta com um projeto robusto e com componentes locais, atendendo as condições severas da aplicação, e com avanços tecnológicos tais como freio regenerativo e modo econômico de condução, que maximizam o uso eficiente da energia durante a operação. A Volkswagen Caminhões e Ônibus apresenta ao mercado um produto único em seu segmento e vem reforçar a credibilidade e a vanguarda da engenharia brasileira no segmento de transporte, com o desenvolvimento de um produto com tecnologia nacional, em conformidade com as tendências e demandas globais de transporte sustentável.

### **Aplicabilidade**

Operações que objetivam um transporte limpo, confortável e eficiente, em conformidade com as demandas e tendências globais de sustentabilidade e maximização da eficiência operacional.

## Objetivo

Apresentar este importante e inovador projeto desenvolvido pela engenharia brasileira da Volkswagen Caminhões e Ônibus, utilizando componentes de empresas brasileiras, com resultados interessantes de economia de custos durante a operação, e principalmente a grande redução de poluentes atmosféricos comparados ao caminhão similar Diesel.

## 1. INTRODUÇÃO – DESENVOLVIMENTO DO TEMA

### 1.1 Emissões de poluentes de motores Diesel

As emissões de motores a diesel são compostas por gases, vapores e material particulado. Os gases e vapores constituintes incluem o dióxido de carbono, o monóxido de carbono, óxidos nítricos, dióxido de nitrogênio, óxidos sulfurosos, e diversos hidrocarbonetos - sendo alguns desses, compostos orgânicos voláteis. Esses poluentes atmosféricos ainda podem interagir entre si ou sofrer fotólise, formando os poluentes chamados secundários, como ozônio, nitratos de peroxiacetila, entre outros.

Segundo um estudo, mais de 95% dos particulados sólidos derivados da exaustão dos motores a diesel têm um tamanho menor que 1 micrômetro cúbico ( $\mu\text{m}^3$  - a milionésima parte de um metro cúbico) o que facilita a sua inalação e penetração nos pulmões. O carbono elementar (um material particulado) gera a fuligem negra conforme figura 1 abaixo.



**Figura 1: Emissão de material particulado**

Os materiais particulados inaláveis e o ozônio são agentes perigosos que, nas grandes cidades do mundo, derivam respectivamente 40% e 80% da queima de diesel pela frota

veicular. O NOx é um dos compostos emitidos em maiores concentrações pelos motores a Diesel. Estudos em túneis mostram que esses motores produzem cinco vezes mais NOx que os veículos a gasolina, e que os caminhões são responsáveis pela maior parte da emissão de material particulado.

Com normas de emissões cada vez mais restritivas, a tecnologia dos motores Diesel e dos catalisadores evoluiu de tal maneira que os poluentes já atingem níveis muito baixos com a atual legislação Euro V, e chegarão próximos de zero com a legislação Euro VI, no que se refere aos principais poluentes como material particulado MP e óxido de nitrogênio NOx. Muito provavelmente o foco para os próximos anos será a redução dos gases de efeito estufa como CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, também provenientes do processo de combustão do motor Diesel [1].

## 1.2 Gases de efeito estufa – GEE

Os gases de efeito estufa (GEE) são gases que absorvem uma parte dos raios do sol e os redistribuem em forma de radiação na atmosfera, aquecendo o planeta em um fenômeno chamado efeito estufa. Os principais GEE que temos são: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, halocarbonos e vapor d' água.

A denominação efeito estufa foi dada em analogia ao aquecimento gerado pelas estufas, normalmente feitas de vidro, no cultivo de plantas. O vidro permite a livre passagem da luz do sol e essa energia é parte absorvida, parte refletida. A parte absorvida tem dificuldade de passar novamente pelo vidro, sendo reirradiada e responsável pelo aquecimento da estufa.

O mesmo raciocínio pode ser usado para o aquecimento da Terra, onde os gases de efeito estufa fazem o papel do vidro. O sol, sendo a principal fonte de energia da Terra, emite um conjunto de radiações denominado espectro solar. Esse espectro é composto por radiações luminosas (luz) e por radiações caloríficas (calor), em que sobressaem as radiações infravermelhas. As radiações luminosas são de pequeno comprimento de onda, atravessando facilmente a atmosfera, enquanto as radiações infravermelhas (radiações caloríficas) têm grande comprimento de onda, tendo dificuldade de atravessar a atmosfera e sendo absorvidas pelos gases de efeito estufa quando realizam esse feito.

De acordo com a OMM, nos últimos 140 anos a temperatura média global aumentou 0,7°C. Embora não pareça muito, foi o suficiente para causar mudanças climáticas significativas. E a previsão é a de que, se a taxa de poluição continuar a aumentar na proporção atual, em 2100 a temperatura média apresente um aumento de 4,5°C a 6°C.

Esse aumento da temperatura global traz como consequência o derretimento de grandes massas de gelo das regiões polares, ocasionando aumento do nível do mar, que pode levar a problemas como submersão de cidades litorâneas e migração forçada de pessoas; aumento de desastres naturais como furacões, tufões e ciclones; desertificação de áreas

naturais; secas mais frequentes; mudanças nos regimes das chuvas; problemas na produção de alimentos, pois mudanças na temperatura podem afetar as áreas produtivas; e interferência na biodiversidade, que pode levar várias espécies à extinção. Podemos ver então que o aquecimento global é mais do que um aumento de temperatura - ele está relacionado com as mais variadas mudanças climáticas.

A figura 2 apresenta as emissões de CO<sub>2</sub> por fonte e por setor [2]:

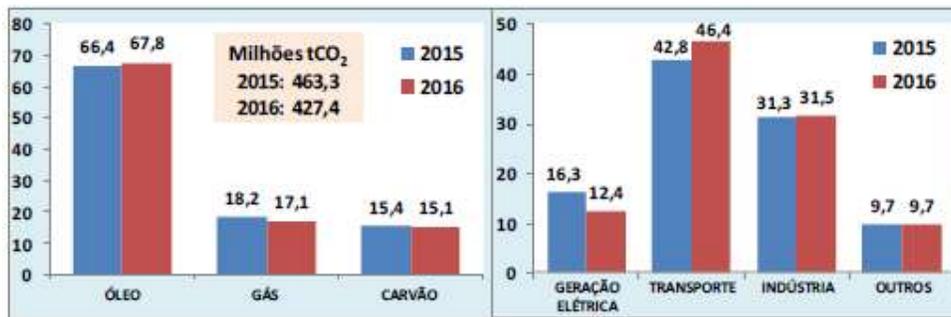


Figura 2: Emissões de CO<sub>2</sub> por fonte e por setor (%)

Em 2016, o total de emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiu 427,4 milhões de toneladas de dióxido de carbono, sendo a maior parte (198,3 milhões de toneladas) gerada pelo setor de transporte.

Em 2016, a relação entre as emissões de CO<sub>2</sub> pelo uso de energia e a demanda total de energia ficou em 1,48 tCO<sub>2</sub>/tep, indicador inferior ao de 2015 (1,55 tCO<sub>2</sub>/tep), em razão da menor geração de energia elétrica por fontes fósseis. As expressivas participações da energia hidráulica e da bioenergia na matriz energética brasileira proporcionam indicadores de emissões bem menores do que a média mundial (2,34 tCO<sub>2</sub>/tep) e dos países desenvolvidos (2,23 tCO<sub>2</sub>/tep). Em 2014, a China e os Estados Unidos, com emissões de 14.101 milhões (M) de tCO<sub>2</sub>, responderam por 43,6% das emissões mundiais, que totalizaram 32.348 MtCO<sub>2</sub>. Em 2010, a participação foi menor, de 41,8%. No Brasil, as emissões recuaram 7,7% em 2016, em razão da queda de 7,7% no consumo de combustíveis fósseis [1].

### 1.3 Matriz energética brasileira

O Brasil permanece como líder do ranking de fontes renováveis entre os países em desenvolvimento que compõem os Brics – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul. De acordo com o boletim anual “Energia no Bloco dos Brics”, a matriz de geração elétrica brasileira em 2016 registrou 80,4% de fontes renováveis, contra um indicador de 25,3% de renováveis no conjunto do grupo, que por sua vez é um pouco superior ao indicador mundial, de 23,6%.

Enquanto a África do Sul, China e Índia apresentam mais de 71% de fósseis, e a Rússia 64%, o indicador do Brasil é bem menor, de 15%. Já na matriz de oferta interna de energia, que abrange toda a energia necessária para movimentar a economia de um país, o Brasil conta com 43% de participação de energia renovável, mais de três vezes o indicador dos Brics, de apenas 13,1%.

O Brasil também apresenta um quadro favorável em termos de emissões de CO<sub>2</sub>. Segundo o estudo, o país emite apenas 1,47 tCO<sub>2</sub>/tep de energia consumida, em razão da maior presença de fontes renováveis na matriz energética. Já no Brics, o indicador é 82% superior (2,68 tCO<sub>2</sub>/tep), devido à grande presença de carvão mineral na matriz energética. O indicador mundial é de 2,35 tCO<sub>2</sub>/tep.

A geração de energia elétrica no bloco dos Brics atingiu, em 2016, o montante de 9.587 TWh (4,7% sobre 2015), o que representa 38,7% da oferta mundial de eletricidade (34,5% em 2011). Na matriz de geração, a maior participação é da China, com 64,6% (62,1% em 2011), seguida pela Índia, com 15,4%. O Brasil responde por 6,0% da geração elétrica do bloco, sendo que na geração total do Brasil, a hidráulica responde por 67,5%, e nos demais países do bloco o indicador não passa de 19%.

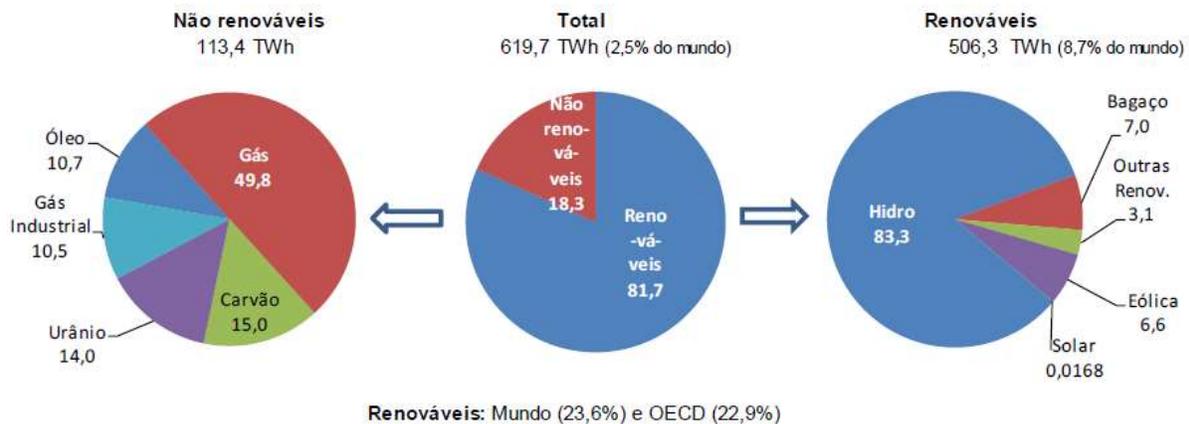
A figura 3 apresenta a distribuição da oferta de energia interna do Brasil em 2016:



**Figura 3: Oferta interna de energia no Brasil – 2016 (%) [2]**

A figura anterior ilustra a estrutura da oferta interna de energia OIE de 2016. Observa-se, no gráfico central, as vantagens comparativas da participação de 43,5% das fontes renováveis na matriz energética brasileira, contra apenas 9,5%, nos países da organização para a cooperação e desenvolvimento econômico OCDE (a maioria desenvolvidos), e de 14,2%, na média mundial. No gráfico de renováveis, o etanol e o bagaço de cana detêm a maior participação, de 40,1%. [2]

A figura 4 apresenta a distribuição da oferta interna de energia elétrica em 2016:



**Figura 4: Oferta interna de energia elétrica – 2016 (%) [2]**

O estado do Rio Grande do Norte deteve a maior proporção da geração eólica brasileira de 2016 (34,7%), seguido da Bahia (18,8%), que suplantou o Ceará (14,8%). Piauí teve a maior expansão em 2016, de 249%. [2]

#### 1.4 Veículos elétricos no mundo

Apesar da ainda insuficiente disponibilidade de pontos de recarga, o número de carros elétricos pelo mundo está crescendo rapidamente. No início de 2018, a frota mundial chegou a 3,2 milhões de veículos – o que representa um aumento de 55% em relação ao mesmo período do ano anterior, de acordo com o Centro de Pesquisa em Energia Solar e Hidrogênio de Baden-Württemberg (ZSW), na Alemanha.

O mercado foi impulsionado principalmente pela demanda China, com destaque para os fabricantes Build Your Dreams (BYD) e BAIC. De acordo com o estudo, 1,2 milhões de carros elétricos já circulam pelas ruas chinesas. Somente em 2017, 579 mil unidades foram acrescentadas à frota do país. Nos Estados Unidos, o número de carros elétricos saltou de 195 mil para 750 mil no último ano. Na Alemanha, o crescimento foi mais modesto: de 54.490 para 92.740.

Atrás dos bem-sucedidos chineses, aparecem a americana Tesla, que fabricou 86.770 carros elétricos no último ano, e as alemãs BMW (67.940) e Volkswagen (52.250). Foram contabilizados todos os veículos que podem ser abastecidos com energia elétrica, incluindo híbridos. O estudo aponta que, se o ritmo de crescimento registrado em 2017 for mantido, a quantidade de licenciamentos anuais de carros elétricos alcançará 5 milhões até 2025.

Tal previsão faz jus à promessa de muitas montadoras de dedicar um quarto de sua produção aos veículos elétricos. Em janeiro deste ano a americana Ford, por exemplo,

anunciou que iria dobrar seus investimentos em carros elétricos, para US\$ 11 bilhões até 2022, e que planeja lançar 40 modelos híbridos ou completamente elétricos nos próximos anos.

Em meados do ano passado, a sueca Volvo anunciou que, a partir de 2019, todos os novos modelos que saírem de suas fábricas serão elétricos, o que a tornou a primeira tradicional montadora do mundo a fixar uma data para abandonar os motores movidos apenas a combustível.

Hoje em dia, o consumidor está cada vez mais participando ativamente na maneira como sua energia é gerada e consumida. Em um mundo no qual esse consumidor de energia passa a ser um prosumer - aquela pessoa que, além de consumir energia da rede, a produz por geração distribuída -, os carros e veículos elétricos se tornam um recurso inteligente para melhor utilização da energia.

Países como Noruega, Alemanha e Índia querem acabar com combustíveis fósseis até 2030. Essas metas são vistas com ceticismo - principalmente no caso da Alemanha, país com uma forte indústria automotiva, mas também indicam que formuladores de políticas públicas estão cada vez mais considerando um futuro de baixo carbono no setor de transportes. Além do meio ambiente, outra vantagem é a possibilidade de utilização da sua bateria como recurso energético distribuído.

Líder no mercado de modelos verdes no mundo, a Noruega eliminou impostos sobre os veículos limpos e foi ainda mais longe, oferecendo estacionamento gratuito e acesso a corredores de ônibus. Atualmente, os carros híbridos e elétricos são, praticamente, "bestsellers" no país. [3]

## 1.5 Análise nacional de veículos elétricos

No Brasil, contudo, essa realidade está um pouco mais distante, sejam por questões tecnológicas, seja por termos um ritmo diferente do resto do mundo em relação à redução de emissões. Ainda assim, dado que, eventualmente, essa tecnologia terá potencial para ser adotada no país, o momento é propício para iniciarmos a discussão a respeito da sua inserção e seus impactos sobre os setores energético, ambiental e automotivo brasileiros.

Os carros elétricos no mercado brasileiro ainda são produtos ao alcance apenas das classes com alto poder aquisitivo. Mesmo veículos que, no contexto mundial, não são classificados em categorias premium, chegam ao país em uma faixa de preços que não compete com os modelos populares à combustão interna devido aos custos de fabricação ainda elevados e valores associados à logística e importação.

Recentemente foi implementada uma política de subsídios para a importação de veículos elétricos, equivalente a 100% de isenção de Imposto de importação para modelos totalmente elétricos com autonomia de pelo menos 80 quilômetros, além de alíquota de 0% a 7%, de um total de 35%, para os modelos híbridos conforme porte e eficiência. [3]

O mercado nacional atual ainda apresenta baixa variedade de modelos dados os volumes praticados. Os impactos diretos e indiretos da expansão da mobilidade elétrica no Brasil merecem atenção e exigirão esforços das montadoras para que o consumo desse tipo de veículo seja massificado. Ações em conjunto com outros setores da indústria podem facilitar a adesão a esse bem.

No Brasil, modelos híbridos e elétricos tiveram um salto nos emplacamentos em 2017, com 2.097 unidades até agosto - quase o dobro dos 1.091 registrados em 2016 inteiro, segundo a Anfavea. O modelo de maior volume, o Toyota Prius, custa R\$ 126.600, importado do Japão. No entanto, eles ainda representam uma parcela ínfima da frota: são 5,5 mil unidades que representam apenas 0,005% dos 92 milhões de veículos que circulam no país, segundo o Denatran. [3]

Quando se restringe o número apenas a carros 100% elétricos (sem motor a combustão), o Brasil fica ainda mais para trás. A Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE) estima que apenas 10% do total de veículos "verdes" seja elétrico de verdade, ou seja, cerca de 550 unidades, enquanto na Noruega eles já chegam a 28% do total, após anos de incentivos para aquisição. A tabela 1 apresentação as unidades de veículos elétricos já comercializadas no mundo.

**Tabela1: veículos elétricos comercializados no mundo**

País	Fatia do mercado	Unidades (milhares)
Brasil*	0,005%	5,5
China	1,37%	648,77
EUA	0,91%	563,71
Japão	0,59%	151,25
Noruega	28%	133,26
Holanda	6,4%	112,01

Fonte: IEA/Anfavea

\*Na tabela acima, os números do Brasil mostram elétricos e híbridos com motores a combustão até agosto de 2017. O montante dos demais países considera apenas veículos elétricos e vai até o fim de 2016. [3]

## 1.6 Baterias: um dos grandes desafios dos veículos elétricos

Nos carros elétricos, o que pode fazer a diferença é a densidade de energia em kWh e isso não está relacionado com o motor elétrico a bordo, mas com o pacote de baterias que o carro transporta. Ela é sem dúvidas o maior custo de um carro elétrico e assim continuará por muito tempo. Cheia de tecnologia e química, o dispositivo que armazena energia nesse tipo de automóvel já está preocupando o setor antes mesmo da prometida invasão dos veículos plugados. As perguntas são sobre o que fazer com a bateria de um carro elétrico ao final de sua vida.

Conforme os fabricantes de veículos vão elevando os investimentos na produção de baterias, um futuro mercado de reciclagem lentamente começa a ganhar forma. Ainda são poucas as empresas que estão se formando para nos próximos anos atuar na recuperação das baterias de lítio. Mas ainda assim, os problemas são muitos, a começar pela padronização do serviço. Não haverá tão cedo. O motivo é que cada fabricante – de carros ou baterias – aposta em determinadas tecnologias e processos químicos diferentes para obter maior rendimento das células.

A busca implacável por lítio já promete elevar em quatro vezes o consumo da principal matéria-prima das baterias e em 2025, os carros serão responsáveis por 90% da produção mundial. Todos os dispositivos eletrônicos modernos possuem baterias de lítio, desde os bilhões de smartphones até as calculadoras. Todo esse universo de aparelhos que usam pequenas baterias desse elemento químico ficarão somente com 10%.

Além disso, os preços do cobalto já subiram 80%, pois também é matéria-prima essencial na produção de baterias. A Volkswagen, por exemplo, já se adiantou em reservar um lote enorme dele para sustentar sua mega produção de baterias para a próxima década. Ainda não se fala em fim das reservas de lítio e a mais recente descoberta fica em Minas Gerais. A Bolívia, no entanto, tem as maiores reservas do planeta e pode enriquecer com essa commodity no cenário internacional, sendo agora chamado de “petróleo branco”. [4]

Argentina e Chile, com seus desertos de sal, também possuem reservas enormes do metal e o trio de nações representam 60% das reservas mundiais conhecidas. No caso do cobalto, entre 50% e 60% das reservas mundiais estão no Congo. Ou seja, todo o mundo está de olho nesses quatro países.

A Tesla, por exemplo, diz que usará baterias para abastecer de energia sua Gigafactory e pretende reciclar as células exauridas. A BYD, por sua vez, utiliza baterias em fim de vida útil para veículos em grandes acumuladores de energia estacionários, que terão funcionamento por muito mais tempo que os automóveis. Hoje, o tempo de vida das células atuais varia de 8 a 10 anos. Então, podemos esperar pelo aumento na reciclagem para além de 2025.

Europa e China já determinaram que essa tarefa caberá ao fabricante do veículo. Este pode contratar uma empresa para reaproveitar componentes dessas unidades em fim de carreira, mas ainda assim caberá aos governos uma fiscalização rigorosa quanto a isso. Utilizar metais e produtos químicos de baterias usadas em novas unidades, no entanto,

pode ser reprovada pela indústria. Atualmente, os principais fabricantes de pneus se recusam a usar borracha reciclada em pneus novos. [4]

## 2. O PROJETO, RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 2.1 O projeto do e-Delivery

Projeto de um caminhão 100% elétrico plug-in de 10,7 toneladas de peso bruto total, com dimensões para atender a legislação de veículo urbano de carga VUC. As informações da figura 5 são relativas ao entre-eixo máximo para a aplicação, bem como capacidade técnica de peso por eixo, capacidade de carga útil transportada, pneu e relações do eixo traseiro disponíveis (de acordo com a necessidade da aplicação).



Figura 5: Informações técnicas

O veículo contempla um motor com potência de 120kW e torque de 493N.m que juntamente com uma transmissão automática de 6 velocidades provê performance adequada às necessidades da aplicação e consumo otimizado de energia. Os inversores e módulos eletrônicos fazem um gerenciamento refinado e inteligente da operação, disponibilizando força imediata de acordo com a demanda, e ainda reaproveitando a energia em condições propícias, como por exemplo, nas frenagens. As funções freio regenerativo e modo econômico permitem o operador gerenciar as potências de frenagem e tração de acordo com a necessidade.

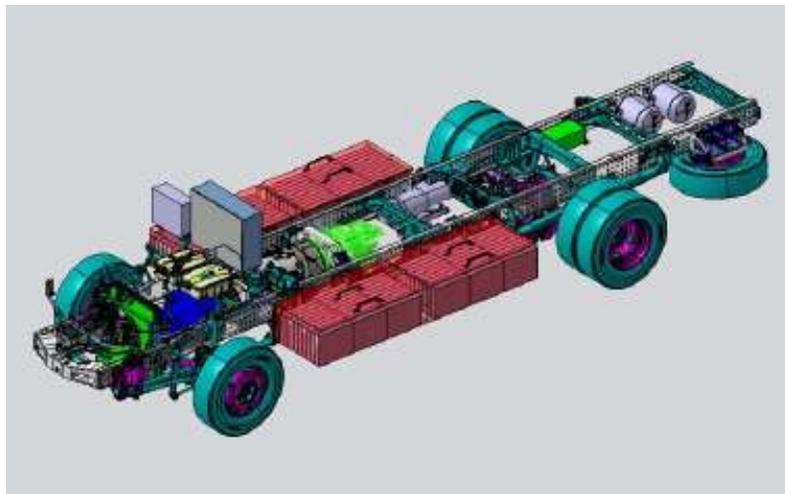
Abaixo estão detalhes das especificações técnicas dos componentes:

- Motor elétrico: WEG AL160
- Transmissão: automática Allison T2100 de 6 velocidades (relações: 1<sup>st</sup>-5.56 (com conversor de torque) / 1<sup>st</sup> sem conversor-3.52 / 2<sup>nd</sup>-1.81 / 3<sup>rd</sup>-1.41 / 4<sup>th</sup>-1.00 / 5<sup>th</sup>-0.71 / 6<sup>th</sup>-0.61
- Inversor de frequência (tração e auxiliar): WEG CVW500
- Baterias: Íon-Lítio base Ferro-Fosfato

Os inversores fazem um cálculo automático da demanda do veículo; comparando o torque solicitado pelo operador, com a taxa de aceleração do veículo, o módulo calcula e entende qual a carga atual do caminhão e gerencia a força de tração necessária para o movimento, bem como a potência de frenagem, com o recurso do freio regenerativo (que simplesmente inverte a polaridade do motor elétrico, gerando um fluxo de corrente para

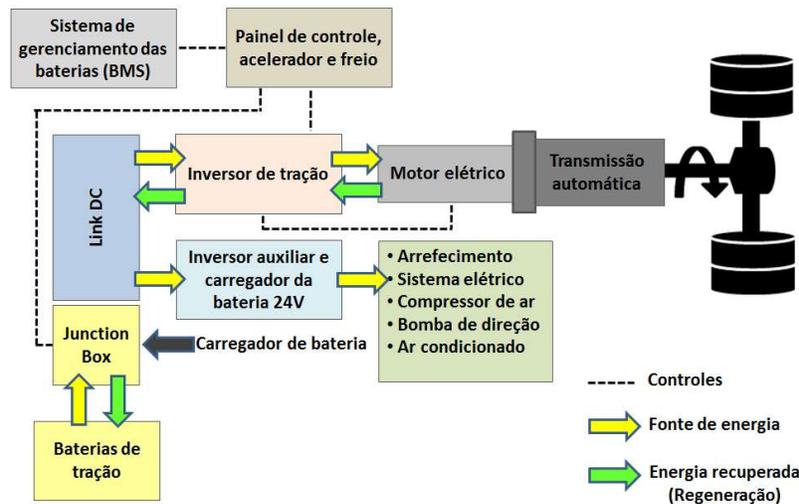
as baterias), maximizando o uso eficiente da energia. O freio regeneração com potência de frenagem variável ainda colabora significativamente para o aumento da vida útil do sistema convencional de freio. Durante os testes práticos, a energia recuperada pelo sistema de frenagem regenerativa durante uma operação urbana foi de 15% a 30% da energia total utilizada durante a operação. Todas as informações da regeneração da energia ficam disponíveis no painel de instrumentos, que assim como o design interno segue o padrão mundial da linha de veículos elétricos do Grupo Volkswagen.

As baterias de íon-lítio base ferro fosfato  $\text{LiFePO}_4$  aliam segurança com boa capacidade de armazenamento de energia, propiciando uma autonomia de 100 a 200km. O pacote de bateria é definido com a necessidade de autonomia da aplicação. Para uma aplicação estritamente urbana de entrega de bebida, por exemplo, onde a quilometragem média diária é em torno de 50km, recomendamos o pacote de bateria para 100km (que obviamente é um conjunto mais barato e fará com que o veículo fique mais leve, podendo transportar mais carga). Caso a aplicação requeira maior autonomia, recomendamos o pacote maior de baterias, que pode alcançar em torno de 200km. É um conceito modular e flexível, de acordo com a demanda da aplicação. A figura 6 ilustra o veículo elétrico, com o pacote modular de bateria na lateral esquerda e direita.



**Figura 6: Ilustração do caminhão elétrico, com pacote de bateria modular.**

O veículo contempla dois inversores, um chamado inversor de tração, que é exclusivamente dedicado a fazer o gerenciamento da operação do motor elétrico de tração do veículo; e outro inversor similar ao de tração, porém para realizar todo o gerenciamento dos motores dos sistemas auxiliares como compressor de ar, ar-condicionado, bomba de direção e bomba de água. Eixos, suspensão, chassi, rodas e pneus seguem as características tradicionais e toda robustez da nova linha Delivery, compartilhando componentes comuns com a plataforma. A figura 6 abaixo apresenta a estrutura e interligação dos sistemas do veículo.



**Figura 7: Estrutura e interligação dos sistemas**

O modelo abrange duas opções de recarga: a recarga de oportunidade rápida, em que é possível assegurar 30% da carga em apenas 15 minutos, e pode ser realizada várias vezes ao longo da rota do veículo para aumentar sua autonomia; ou a recarga lenta, que em três horas, atinge a carga máxima. No conceito plug-in, as baterias do veículo são recarregadas por um carregador externo padrão SAE CCS (da sigla em inglês combined charging system). Sua operação é bastante simples e amplamente difundida na indústria de elétricos.

## 2.2 Repercussão no mercado

O caminhão elétrico e-Delivery teve uma repercussão sem precedentes, tanto no mercado brasileiro quanto internacionalmente. O caminhão foi integralmente desenvolvido no Brasil, pela engenharia brasileira, utilizando componentes de empresas brasileiras. O veículo foi apresentado nas principais feiras de veículos comerciais do Brasil, do México, e foi apresentado num evento de inovação global do grupo Volkswagen na Europa, com participação de toda imprensa especializada. As figuras abaixo mostram alguns eventos dos quais o e-Delivery foi destaque absoluto:



**Figura 8: Apresentação na maior feira de veículos comerciais da América Latina - Fenatran**



**Figura 9: Evento de Sustentabilidade em São Paulo – Com os prefeitos de São Paulo e Resende**

O evento de lançamento e sustentabilidade que ocorreu na cidade de São Paulo – como apresentado na figura 9 – contou com a participação dos prefeitos de São Paulo e de Resende/RJ, além de empresas do setor de entrega e distribuição urbana de mercadorias.



**Figura 10: Evento sobre inovação na Alemanha**



**Figura 11: Press release**

O produto chamou atenção do mercado Brasileiro e também do mercado internacional. Diversos clientes manifestaram interesse na tecnologia, e no momento estamos trabalhando forte para a entrega de uma frota piloto ainda este ano. Em paralelo estamos trabalhando em parceria com empresas para estruturar o mercado para veículos elétricos, no que se refere à questão do descarte das baterias, dos postos de abastecimento, e também em possíveis modelos de negócios que poderão facilitar a introdução desta tecnologia no mercado, como por exemplo, estabelecer uma espécie de “leasing das baterias”, onde a empresa de energia seria a responsável pelo fornecimento dos pacotes de baterias de acordo com a demanda de autonomia da aplicação (cobrando por este serviço e pela energia utilizada), pelo sistema de carregamento, e também seria responsável pelo recolhimento das mesmas após sua vida útil para a aplicação e pelo “segundo uso das baterias”.

### 2.3 Análise comparativa de custos (Diesel x energia elétrica)

Um dos inúmeros testes de desenvolvimento que foram conduzidos foi para aquisição de dados comparativos de operação, em relação ao veículo similar Diesel, no chamado regime *back to back* (descrição abaixo), em que o veículo elétrico roda continuamente junto com um veículo similar Diesel:

- Primeira semana: veículo elétrico na primeira posição (frente) com motorista A e veículo Diesel na segunda posição (atrás) com o motorista B;
- Segunda semana: veículo elétrico na segunda posição (atrás) com motorista A e veículo Diesel na primeira posição (frente) com o motorista B;
- Terceira semana: veículo elétrico na primeira posição (frente) com motorista B e veículo Diesel na segunda posição (atrás) com o motorista A;

O objetivo deste teste foi de submeter o caminhão elétrico exatamente nas mesmas condições de operação que um veículo similar Diesel, variando as posições dos veículos e também os motoristas entre os veículos, de modo a obter a consistência do trabalho.

A tabela 2 abaixo mostra os resultados comparativos do caminhão similar Diesel e o caminhão elétrico, ambos operando com o mesmo peso bruto total, em regime de operação *back to back*:

**Tabela 2: Resultado do teste de consumo (Diesel x Energia)**

Veículo Diesel		Veículo Elétrico	
Autonomia (km/l)	5,60	Autonomia (km/kW)	1,00
Volume de Diesel por Quilômetro (L)	0,179	Energia Gasta por Quilômetro (kW)	1,00
Consumo de Uréia (%)	6%	Custo da Energia em São Paulo (R\$/kWh)	0,34
Volume de Uréia por Quilômetro (L)	0,01	Custo por Quilômetro Rodado (R\$/km)	0,34
Custo da Uréia (R\$/L)	2,00		
Custo do Diesel em São Paulo (R\$/L)	3,34		
Custo por Quilômetro Rodado (R\$/km)	0,62	<b>Veículo Elétrico / Veículo Diesel (%)</b>	<b>45</b>

O veículo elétrico tem uma redução de 45% nos custos operação, no que se refere somente aos gastos com a energia despendida para o deslocamento durante a operação (o combustível Diesel no caso do veículo Diesel, e a energia elétrica no caso do veículo elétrico). Caso a energia recuperada pelo caminhão elétrico durante o processo de frenagem (que corresponde de 15 a 20% da energia total utilizada na operação) seja levada em consideração neste cálculo, esta redução aumenta para 52%.

Realizando uma simulação para uma típica aplicação de entrega urbana de bebidas, onde o caminhão percorre uma quilometragem diária na média de 50 km, temos os seguintes

resultados para os gastos relativos ao combustível e energia, anualmente, apresentados a seguir na tabela 3:

**Tabela 3: Resultado do de custos (quilometragem média diária de 50km)**

Quilometragem diária (km):	50	<b>Resultado em Reais (R\$):</b>	
Quilometragem mensal (km):	1100	Veículo Diesel:	R\$ 32.792,57
Quilometragem anual (km):	52800	Veículo Elétrico:	R\$ 17.952,00

Para cada unidade de caminhão, a economia anual será de R\$14.840,57. Considerando uma frota de 50 caminhões elétricos em operação, a economia será de expressivos R\$742.028,57, comparada a uma frota de 50 caminhões Diesel.

Para uma aplicação interurbana, onde além da coleta/entrega urbana, o caminhão precisa se deslocar para outra cidade via operação rodoviária de curta a média distância, a quilometragem diária pode variar entre 50km e 150km. Neste caso, temos os seguintes resultados de custo anual, apresentados na tabela 4:

**Tabela 4: Resultado do de custos (quilometragem média diária de 100km)**

Quilometragem diária (km):	100	<b>Resultado em Reais (R\$):</b>	
Quilometragem mensal (km):	2200	Veículo Diesel:	R\$ 65.585,14
Quilometragem anual (km):	105600	Veículo Elétrico:	R\$ 35.904,00

Para cada unidade de caminhão, a economia anual será de R\$29.681,14. Considerando uma frota de 50 caminhões elétricos em operação, a economia será de expressivos R\$1.484.057,14, comparada a uma frota de 50 caminhões Diesel.

## 2.4 Análise comparativa de emissões de poluentes

Paras os cálculos comparativos de emissões de poluentes (durante um ano de operação), foram utilizadas as seguintes condições de contorno:

- Emissão de CO<sub>2</sub> gerada pelo processo de combustão completa do motor, sendo igual a 2,70kg de CO<sub>2</sub> por litro de Diesel [5];
- Fator de emissão de CO<sub>2</sub> na produção do óleo Diesel, sendo igual a 306 kg de CO<sub>2</sub> por tonelada de Diesel [5];
- Fator de emissão de CO<sub>2</sub> na produção de energia elétrica, sendo igual a 101,3 kg de CO<sub>2</sub> por MWh [5]

Realizando uma simulação para uma típica aplicação de entrega urbana de bebidas, onde o caminhão percorre uma quilometragem diária na média de 50 km, temos os seguintes resultados para emissões de CO<sub>2</sub>, anualmente:

**Tabela 3: Resultado do de custos (quilometragem diária de 50km)**

Condições de contorno (Ambos os veículos)	Quilometragem diária (km):	50	Emissões de CO <sub>2</sub> (Toneladas por ano)	
	Quilometragem mensal (km):	1100	Veículo Diesel:	28
	Quilometragem anual (km):	52800	Veículo Elétrico:	5
<b>Caminhão Diesel</b>	Volume total de Diesel em um ano (L)	9429		
<b>Caminhão Elétrico</b>	Energia elétrica total em um ano (MWh)	52,8		

O veículo elétrico tem uma redução de 81% na redução de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, emitindo 5 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, contra 28 toneladas do veículo Diesel (23 toneladas a menos). Além das emissões dos gases de efeito estufa, devemos considerar também o fato de o veículo elétrico não emitir nenhum poluente no local de operação, como por exemplo, o material particulado, NOx, hidrocarbonetos, poluentes estes que causam doenças na população.

Para uma aplicação interurbana, onde além da coleta/entrega urbana, o caminhão precisa se deslocar para outra cidade via operação rodoviária de curta a média distância, a quilometragem diária pode variar entre 50km e 150km. Neste caso, temos os seguintes resultados de emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, anualmente:

Condições de contorno (Ambos os veículos)	Quilometragem diária (km):	100	Emissões de CO <sub>2</sub> (Toneladas por ano)	
	Quilometragem mensal (km):	2200	Veículo Diesel:	57
	Quilometragem anual (km):	105600	Veículo Elétrico:	11
<b>Caminhão Diesel</b>	Volume total de Diesel em um ano (L)	18857		
<b>Caminhão Elétrico</b>	Energia elétrica total em um ano (MWh)	105,6		

Neste cenário, cada unidade de veículo elétrico emite 11 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, contra 57 toneladas de cada unidade do veículo Diesel (46 toneladas a menos). Esta diferença diz respeito à necessidade de 2100 árvores de grande porte para capturar o carbono emitido ao ano por apenas um caminhão. Considerando uma frota de 50 caminhões elétricos contra 50 caminhões Diesel, o delta de emissões de CO<sub>2</sub> no ano seria de 2.306 toneladas de CO<sub>2</sub> a menos na atmosfera, o que significaria a necessidade da existência de quase 100 mil árvores para neutralizar a emissão de carbono desta frota de 50 caminhões.

## CONCLUSÃO

O e-Delivery representa um marco na história da Volkswagen Caminhões e Ônibus - e também da engenharia brasileira - e é um grande motivo de orgulho para a indústria brasileira como um todo. Trata-se de uma plataforma totalmente nova, desenvolvida no Brasil, na busca de alternativas de mobilidade nas cidades. Este projeto insere, definitivamente, a engenharia brasileira na rota global de tecnologia.

Abaixo, seguem os principais pontos e considerações sobre a introdução desta tecnologia no mercado:

1. Contribuirá com a redução muito significativa das emissões de CO2 e preservará o planeta dos efeitos catastróficos das mudanças climáticas;
2. Os veículos elétricos propiciarão novos modelos de negócio para o setor de energia, o que ajudará adequações de legislação com a ANEEL e promoverão avanços nas tecnologias de baterias, eletrônica, telecomunicações, smart grid e produção de energia por fontes renováveis e de forma distribuída;
3. Promoverá o surgimento da tecnologia de sistema de armazenamento de grandes quantidades de energia, o que ajudará a impulsionar economicamente a utilização de energia de fontes aperiódicas, como a solar e a eólica;
4. Permitirá o surgimento de uma indústria moderna, principalmente nos Brics, para a produção de motores, inversores e demais insumos da área da mobilidade elétrica, propiciando a exportação destes produtos, gerando emprego e renda;
5. Ajudará a linearização da curva de carga do Brasil, que hoje tem excesso de energia durante a noite, promovendo a recarga dos veículos elétricos principalmente durante a noite. Enfim, em última instância contribuirá para diminuir o custo da energia do Brasil;
6. Contribuirá para reduzir as despesas com saúde e os óbitos oriundos da poluição por gases e sonora, melhorando a qualidade de vida e produtividade das pessoas e empresas;
7. Viabilizará a aplicação de conceito de cidades eficientes e inteligentes, promovendo o transporte público eficiente e racional para as pessoas.

Com o novo e-Delivery, a Volkswagen Caminhões e Ônibus entrega ao mercado um produto único no seu segmento, desenvolvido com engenharia 100% brasileira, com dimensões adequadas à operação VUC, ideal para os grandes centros urbanos. O veículo chega ao mercado para atender aos segmentos de logística verde, zero emissões e circulação em locais com baixo ruído, em conformidade com as demandas globais de transporte inteligente, eficiente e sustentável.

## REFERÊNCIAS

- [1] Disponível em: <https://www.biomassabioenergia.com.br/imprensa/brasil-segue-como-lider-em-fontes-renovaveis-de-energia-dentro-dos-brics/20180104-090915-p461>. Acesso em: 23/02/2018
- [2] Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2017>. Acesso em: 18/03/2018
- [3] Disponível em: <https://g1.globo.com/carros/noticia/frota-mundial-de-carros-eletricos-cresce-55-em-um-ano.ghtml>. Acesso em: 19/02/2018
- [4] Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2017/09/1921222-o-que-fazer-com-a-bateria-de-carros-eletricos-sera-desafio-do-setor.shtml> Acesso em: 18/03/2018
- [5] Disponível em: [http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/patricia\\_turano.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/patricia_turano.pdf) . Acesso em: 20/03/2018.

## SIGLAS UTILIZADAS

CO<sub>2</sub> – principal gás do efeito estufa, chamado gás carbônico ou dióxido de carbono

NO<sub>x</sub> – poluente atmosférico proveniente dos motores Diesel, chamado óxidos de nitrogênio

tCo<sub>2</sub>/tpe – sigla de fator de emissão, que significa tonelada de CO<sub>2</sub> emitido para cada toneladas de petróleo equivalente

kWh, MWh e TWh – unidades de energia, que significam Watts por hora, elevado a 10<sup>3</sup>, 10<sup>6</sup> e 10<sup>12</sup> potências respectivamente

Brics – conjunto de países emergentes em desenvolvimento constituído por Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul

ANEEL – Agência nacional de energia elétrica



Associação Brasileira  
de Engenharia Automotiva

**Associação Brasileira de Engenharia Automotiva**

R. Salvador Correia, 80 - Aclimação

CEP : 04109-070 - São Paulo - SP

Tel. / Fax: 55 (11) - 5908-4043

E-mail: [eventos@aea.org.br](mailto:eventos@aea.org.br)

[www.aea.org.br](http://www.aea.org.br) • [www.aeabrazil.com](http://www.aeabrazil.com)