

CAPA

DIVULGAÇÃO NISSAN

A ascensão dos

ELETRICOS

Automóveis movidos a
eletricidade deverão representar
16% da frota mundial até 2030

Yuri Vasconcelos





A produção de carros movidos a energia elétrica acelera pelo mundo, já provoca mudanças na indústria automobilística e promete transformações na mobilidade urbana. A frota global de automóveis elétricos e híbridos, denominada dada aos modelos que utilizam um motor elétrico em conjunto com um de combustão interna, superou 2 milhões de unidades em 2016, um aumento de 60% em relação ao ano anterior. China, Japão, Estados Unidos e Europa são os principais mercados e concentram os maiores fabricantes. O estoque de automóveis elétricos no mundo poderá chegar a 70 milhões de unidades em 2025, de acordo com o relatório *Global EV Outlook 2017*, da Agência Internacional de Energia (AIE). Outra projeção, da consultoria Morgan Stanley, indica que em 2030 cerca de 16% da frota global de veículos de passeio será movida a baterias. Hoje, eles representam 0,2% do mercado, que totaliza 947 milhões de automóveis.

O avanço dos elétricos, um fenômeno por enquanto mais presente em nações ricas em razão do elevado custo dessa tecnologia, é motivado por preocupações ambientais e pela perspectiva de esgotamento de petróleo. A fumaça liberada pelo escapamento dos veículos movidos a combustíveis fósseis é a principal causa da poluição nos grandes centros urbanos e responde por um quinto de toda a emissão de dióxido de carbono (CO₂) do planeta, o principal gás de efeito estufa (GEE). Para lidar com essa situação, governos de diversos países têm proposto limites à circulação desses veículos e estimulado o uso dos elétricos, em tese menos agressivos ao ambiente.

Recentemente, autoridades francesas e britânicas anunciaram a intenção de proibir a venda de modelos a gasolina ou diesel a partir de 2040. Na Noruega, onde 37% dos carros novos vendidos em janeiro deste ano eram movidos a eletricidade, e na Holanda, a proibição da comercialização deve ocorrer ainda mais cedo, em 2025, enquanto na Alemanha o banimento está previsto para 2030. Do lado da indústria, as maiores fabricantes já oferecem modelos elétricos e híbridos. A Volvo anunciou que a partir de 2019 todos os seus carros terão motores elétricos.

A onda global chega lentamente ao Brasil, que precisa superar vários obstáculos para fazer a transição do carro a combustão interna para o elétrico. “A falta de política pública e de uma infraestrutura de recarga são os principais entraves à massificação desses carros no país”, relata Ricardo Guggisberg, presidente-executivo da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE). Segundo ele, assim como ocorreu em outras nações, a mobilidade elétrica precisa de incentivos do governo para se estabelecer (*ver mais sobre os desafios do carro elétrico no Brasil na página 22*).

Atualmente, circulam nas ruas do planeta por volta de 50 diferentes modelos de automóveis elétricos, número que deve saltar para 120 nos próximos três anos. Esses veículos podem ser classificados em três grupos, segundo a forma de suprimento de energia. O primeiro reúne os chamados elétricos puros ou a bateria (VEB). Tractionados por um ou mais motores elétricos, eles empregam apenas baterias como fonte de energia. “A bateria deve ser recarregada na rede elétrica, mas também pode aproveitar a energia regenerada pelo carro durante as desacelerações e frenagens”, explica o engenheiro eletricista Raul Fernando Beck, responsável pela Área de Sistemas



Conector para recarga de carros elétricos: a principal vantagem é a emissão nula ou muito reduzida de poluentes



Model 3: as primeiras unidades do carro "popular" da Tesla (à esq.) foram entregues em julho deste ano

de Energia da Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), de Campinas (SP), e coordenador da Comissão Técnica de Veículos Elétricos e Híbridos da Sociedade de Engenheiros da Mobilidade (SAE Brasil). São ideais para uso urbano, pois têm autonomia limitada. "As baterias atuais permitem que os carros rodem em média 250 quilômetros (km) sem necessidade de recarregamento", diz Beck.

O segundo conjunto é dos veículos elétricos híbridos (VEH), que têm pelo menos um motor elétrico e um motor a combustão interna. Nesse caso, não é preciso recarregar a bateria em um eletroposto, nome dado ao ponto de recarga, pois ela é alimentada exclusivamente por um gerador acionado pelo motor a combustão, também usado para mover o carro. O veículo, portanto, é abastecido em postos de combustível. A vantagem dos híbridos é a maior autonomia. Por outro lado, não são totalmente isentos de emissões. O terceiro grupo é dos híbridos *plug-in* (VEHP), uma combinação entre os elétricos puros e os híbridos. Esses modelos também têm dois motores distintos (a combustão e elétrico) e podem ser alimentados tanto com combustíveis tradicionais, como gasolina e diesel (ainda não existem *plug-ins* a álcool), como a partir da rede elétrica (ver gráfico na página ao lado).

MATRIZ ENERGÉTICA

O maior diferencial dos veículos elétricos é a emissão nula ou reduzida de poluentes e de gases de efeito estufa no seu funcionamento. Essa vantagem, entretanto, pode ser diluída dependendo da matriz energética do país em que a frota circula. Em muitas nações europeias, a maior parte da eletricidade é gerada por fontes não renováveis e poluentes, como o carvão queimado em usinas termelétricas. Assim, mesmo que os elétricos não contribuam diretamente para o aumento da poluição atmosférica e o aquecimento do planeta – já que seu nível de emissões é nulo ou muito

baixo –, a energia que alimenta suas baterias foi produzida por uma fonte "suja". Com isso, a pegada de carbono deles aumenta. Pegada de carbono é um índice que mede o impacto de certa atividade humana ou tecnologia sobre o ambiente a partir da quantificação do CO₂ emitido.

A questão é polêmica e divide os especialistas. Se, no cálculo da pegada de carbono, considerarmos também a energia gasta na fabricação do carro e seus componentes, a vantagem dos elétricos diminui mais ainda. "Gasta-se muita energia na fabricação das baterias. Se essa energia é gerada por combustíveis fósseis, as emissões de CO₂ são consideráveis e a pegada global do carro elétrico se eleva", explica o engenheiro mecânico Francisco Emílio Baccaro Nigro, professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) e assessor da Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo. Ainda assim, destaca Nigro, entre queimar combustíveis fósseis em motores a combustão ou para gerar energia elétrica que alimentará veículos elétricos, a segunda opção é mais ambientalmente amigável, pois esses carros são mais eficientes no uso de energia do que os automóveis com motores a combustíveis fósseis.

Mas há quem ache o contrário. Para o físico José Goldemberg, especialista em energia, a fabricação de carro elétrico só vale a pena para o país que for fabricá-lo se a maior parte da matriz energética for renovável, como no Brasil. "Para os Estados Unidos, que têm a maior parte da produção elétrica originária do combustível fóssil, não vejo vantagem em substituir o motor a combustão. Aqui, haveria benefícios", diz Goldemberg, que é presidente da FAPESP. A matriz energética brasileira é baseada na fonte hidráulica, considerada limpa e renovável e que responde por 64% da eletricidade gerada. Por isso, os carros elétricos tendem a se manter vantajosos do ponto de vista ambiental quando comparados aos movidos a gasolina ou diesel. Essa vantagem permanece mesmo quando a compara-



Crescimento acelerado

Frota aumenta no mundo movida por preocupações ambientais

DIFERENTES TECNOLOGIAS

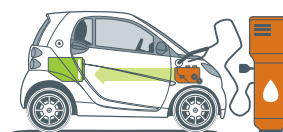
Os carros elétricos são classificados conforme o suprimento de energia



ELÉTRICO A BATERIA (VEB)

Também conhecido como puro elétrico, usa exclusivamente energia da bateria, que precisa ser recarregada na rede elétrica. Não emite poluentes e é ideal para trajetos urbanos curtos

Modelos Tesla Model 3, Nissan Leaf, Renault Zoe, Chevrolet Bolt, BYD e6



ELÉTRICO HÍBRIDO (VEH)

Combina um motor a combustão com um elétrico – o carro alterna entre os dois buscando maior eficiência. A bateria é recarregada somente pelo motor convencional e pela energia gerada nas desacelerações e nas frenagens

Modelos Toyota Prius, Ford Fusion, Lexus CT200h



ELÉTRICO HÍBRIDO PLUG-IN (VEHP)

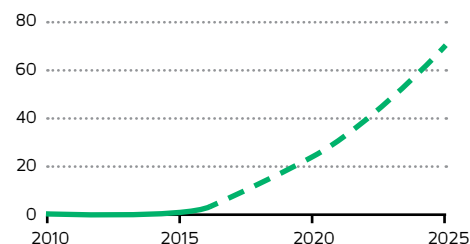
Versátil, é um híbrido no qual a bateria do motor elétrico pode ser recarregada tanto pela rede elétrica quanto pelo motor a combustão. Assim como o híbrido, tem maior autonomia do que o elétrico puro

Modelos BMW i8, Mitsubishi Outlander, Volvo V60

VENDAS EM ALTA

Estimativas apontam que o estoque global de carros elétricos deve chegar a 70 milhões em 2025. Hoje, eles somam 2 milhões de unidades

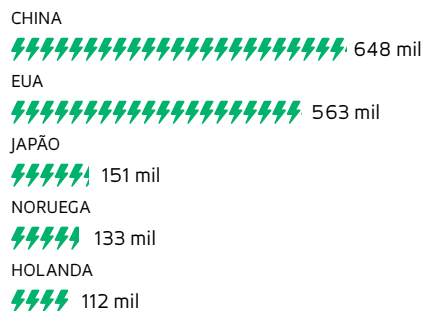
FROTA (em milhões de unidades)



FONTE GLOBAL EV OUTLOOK 2017/AIE

MAIORES MERCADOS

Chineses detêm o maior número de veículos elétricos e híbridos (dados de 2016)



ção é feita com os veículos a etanol, um combustível sustentável menos agressivo ao ambiente. “A pegada de carbono da eletricidade gerada no Brasil é muito semelhante à do etanol. Mas essa relação pode mudar se o país passar a usar mais usinas termelétricas para complementar a geração das hidrelétricas”, relata Nigro.

Para ele, um carro híbrido a etanol pode ser a melhor solução para o país. “Um modelo com essas características faz todo o sentido”, afirma Nigro. O engenheiro eletricitista Ricardo Takahira, diretor do Núcleo de Pesquisas da ABVE e membro da Comissão Técnica de Veículos Elétricos e Híbridos da SAE Brasil, tem opinião semelhante. “Apoiar a hibridização flex fuel é dar um passo adiante em termos tecnológicos. Mas sem volumes expressivos de venda de elétricos no país é difícil que as multinacionais autorizem investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e produção por aqui”, opina Takahira.

SILENCIOSO E EFICIENTE

A reduzida emissão de ruídos – já que no carro elétrico não há queima de combustível, a principal causa do ruído dos motores a combustão – e o baixo custo para rodar são outras vantagens dos elétricos. Um estudo da CPFL Energia mostrou que o custo por quilômetro rodado de um carro a combustão é de R\$ 0,31, enquanto o de um veículo elétrico é de R\$ 0,11, ou seja, três vezes menor. O elevado rendimento energético também é um diferencial desses modelos. “Enquanto a eficiência energética dos carros a combustão interna é de cerca de 25%, nos carros elétricos ela começa em 85%, a depender do modelo”, destaca o especialista da ABVE. O consumo energético de um veículo é a quantidade de energia fornecida pela fonte (bateria, gasolina, diesel, álcool etc.) efetiva-

mente usada para mover o veículo. Nesse processo, parte da energia é perdida em forma de calor.

Apesar do apelo ecológico e do boom de vendas no exterior, nem tudo são boas notícias no segmento dos elétricos. “As baterias são o calcanhar de Aquiles desses modelos. As atuais são pouco eficientes por conferir uma autonomia limitada aos veículos, são pesadas, caras de produzir e representam boa parte do custo do carro”, esclarece o engenheiro mecânico Marcelo Augusto Leal Alves, do Centro de Engenharia Automotiva (CEA) da Poli-USP (*saiba mais sobre os estudos relativos a baterias na página 26*).

Os principais fabricantes globais de bateria, entre eles Panasonic, Samsung, LG e NEC, correm para superar esse gargalo. A empresa norte-americana de elétricos Tesla, que se tornou uma das montadoras mais valorizadas do mundo produzindo carros de luxo (o topo de linha Model X custa a partir de US\$ 83 mil nos Estados Unidos e é vendido por quase R\$ 1 milhão no Brasil), entrou nesse mercado e construiu com a Panasonic uma fábrica de baterias no estado de Nevada, a Gigafactory, que começou a operar este ano. A expectativa de Elon Musk, dono da companhia, é de que a fábrica provoque uma redução no custo de produção das baterias superior a 30% quando estiver operando em plena carga, no ano que vem.

Para os especialistas, a vantagem ambiental oferecida pelos elétricos ao lado das preocupações com o esgotamento dos combustíveis fósseis faz da mobilidade elétrica uma forte promessa para o futuro. “O mundo ruma na direção dos elétricos”, diz Nigro. Mas essa tecnologia ainda precisa superar desafios – como a limitada autonomia oferecida pelas baterias e o seu preço, ainda elevado demais para a maioria dos consumidores – para que seja difundida em larga escala no mundo. ■



OS DESAFIOS NO BRASIL

Difusão dos modelos elétricos no país depende da superação de diversos obstáculos

Os carros movidos a bateria já são uma realidade nas ruas de cidades europeias, americanas, chinesas e japonesas, mas no Brasil pouco se vê esses veículos. Entre 2011 e 2016, cerca de 4 mil automóveis elétricos ou híbridos foram licenciados – no ano passado, apenas 1.091 unidades, um número insignificante diante do 1,68 milhão de carros vendidos ao todo no Brasil. Como as montadoras instaladas no país não fabricam veículos de passeio com essa tecnologia, todas as vendas são de importados, bem mais caros do que os automóveis a combustão. O Toyota Prius, um dos mais baratos comercializados no país, custa a partir de R\$ 120 mil. Além dele, cerca de uma dezena de modelos estão à disposição do consumidor brasileiro.

“Redução de impostos, incentivos para a compra, liberação do rodízio e do uso da faixa exclu-

O motor dos automóveis elétricos é mais simples e tem bem menos peças do que os de modelos a combustão interna

siva de ônibus e acesso a áreas restritas da cidade são medidas que podem estimular tanto a utilização massiva desses veículos pela população como influenciar sua produção no Brasil”, recomenda Ricardo Guggisberg, presidente-executivo da ABVE. “Os elétricos e os híbridos são mais caros do que um veículo comum por causa da tecnologia empregada, mas a alta carga tributária contribui para que os valores finais sejam maiores.”

Algumas das reivindicações da ABVE já foram atendidas. Em 2015, o governo reduziu o imposto de importação para carros elétricos e híbridos de 35% para uma alíquota máxima de 7%. Vários estados, entre eles Ceará, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e São Paulo, isentaram ou reduziram a alíquota de IPVA, o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores, desses veículos, e a prefeitura de São Paulo dispensa do rodízio os automóveis movidos a eletricidade.

Especialistas, no entanto, questionam a efetividade de conferir incentivos para uma indústria que sempre teve ajuda do governo. Um estudo do Instituto Econômico de Montreal (MEI), do Canadá, mostrou que o estímulo aos veículos elétricos nem sempre é eficiente. Lá, o governo da província de Ontário oferece ao consumidor até 14 mil dólares canadenses (R\$ 34,9 mil) para a compra de um híbrido ou elétrico, enquanto em Quebec a quantia chega a 8 mil dólares canadenses (R\$ 20 mil).

O pesquisador Germain Belzile, do MEI, e o consultor independente Mark Milke fizeram as contas e concluíram que o incentivo em Ontário custa 523 dólares canadenses (R\$ 1.320) por tonelada de CO₂

não emitido – equivalente ao total de gás de efeito estufa (GEE) –, enquanto em Quebec esse valor cai para 288 dólares canadenses (R\$ 730). Para chegar a esses valores, eles consideraram que os modelos elétricos emitem 30 toneladas de CO₂ a menos do que os veículos a combustível fóssil, em uma década.

Como o preço no mercado de crédito de carbono de cada tonelada de GEE eliminada é de 18 dólares canadenses, ao subsidiar a compra do carro elétrico, os governos de Ontário e de Quebec gastam, respectivamente, até 29 vezes e 16 vezes mais. No mercado de carbono, empresas e países negociam certificados que equivalem a cada tonelada de GEE não emitida ou retirada da atmosfera.

MALHA DE RECARGA

Outro desafio a ser vencido pela mobilidade elétrica é a criação de uma infraestrutura para recarga das baterias, com a implantação de eletropostos em centros urbanos e estradas. “Em um país com dimensões continentais como o Brasil, esse é um grande desafio. Já pensou se uma pessoa quiser fazer uma viagem de São Paulo a Belém com um carro elétrico? Ele vai precisar encontrar muitos eletropostos ao longo do caminho”, pontua o engenheiro mecânico Marcelo Alves, do CEA/USP.

Não existem dados oficiais, mas estima-se que a rede nacional de recarga não chegue hoje a 100 unidades. Para solucionar esse problema, uma proposta em tramitação no Senado obriga a instalação de eletropostos em estacionamentos públicos e garagens de prédios. A medida, entretanto, é questionada até pelos defensores dos veículos elétricos. “Será que é certo exigirmos a instalação de eletropostos sem termos ainda uma frota consolidada? O importante é fazer com que o aumento do número de elétricos seja natural, e que essa evolução seja acompanhada de eletropostos onde for necessário”, defende o engenheiro eletricitista Ricardo Takahira, da ABVE.

A regulamentação da venda da energia para recarregar as baterias é outro assunto em discussão. A legislação proíbe a cobrança de reabastecimento



Laboratório de Mobilidade Elétrica do CPqD e da CPFL Energia, em Campinas: avaliação de pontos de recarga

em eletropostos públicos, pois só concessionárias registradas na Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) podem comercializar energia. “A Aneel abriu este ano uma audiência pública para discutir o tema, já que o marco regulatório impõe restrições à execução de recarga pública de veículos elétricos por órgãos e empresas que não sejam os distribuidores de energia”, destaca o engenheiro eletricitista Danilo do Nascimento Leite, coordenador do Programa de Mobilidade Elétrica – Emotive, da CPFL Energia. Um dos modelos em debate é aquele em que os quilowatts consumidos na recarga são cobrados na conta de luz do dono do carro. “O motorista passaria um cartão para liberar o abastecimento e o valor iria para sua conta de energia”, sugere Takahira.

VELOCIDADE DE ABASTECIMENTO

A indústria também trabalha para acelerar o tempo de recarga. Enquanto os veículos a gasolina e álcool são abastecidos em minutos, os elétricos precisam de pelo menos uma hora. Existem três sistemas de alimentação. Os de recarga rápida recarregam 80% da bateria em 30 minutos e precisam de mais 30 para completar os 20% restantes; os semirrápidos levam até três horas; e os normais demoram de 6 a 22 horas para deixar a bateria carregada.

“A lógica do sistema é que eletropostos de recarga rápida e semirrápida sejam instalados em locais públicos, como shopping centers, para que o usuário reabasteça o carro enquanto faz compras. Já os pontos de recarga normal devem ficar em residências, para recarregar as baterias de madrugada”, explica o engenheiro eletricitista Vitor Torquato Arioli, pesquisador da Área de Sistemas e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD).

Em parceria com a CPFL Energia, o CPqD mantém uma unidade de pesquisa, o Laboratório de Mobilidade Elétrica, que estuda eletropostos comerciais usados ao redor do planeta. A exemplo do que ocorre com os plugues de tomadas elétricas,

Diferentes padrões de plugs e conectores em eletroposto de recarga rápida de veículos elétricos



Estudo da CPFL Energia indica que veículos a bateria causam baixo impacto na rede elétrica



Técnico do centro de P&D da Itaipu Binacional trabalha no desenvolvimento de uma bateria para carros a eletricidade (acima). Mais de 80 protótipos elétricos já foram montados pela usina (à dir.).



Modelo em escala reduzida do superesportivo da Electric Dreams: ensaios são realizados em túnel de vento

cujo padrão varia conforme o país, os pontos de recarga têm uma diversidade de conectores (peça na extremidade do cabo que se encaixa no carro para fazer a recarga). “Existem vários fabricantes de eletropostos no mundo, como a chinesa BYD e a alemã Siemens, mas é importante que o Brasil desenvolva eletropostos para não haver dependência internacional desse equipamento”, opina Arioli. Há uma discussão no mundo sobre padronizar os conectores para simplificar o processo de recarga das baterias dos diversos modelos de carros existentes, de modo a evitar a necessidade de duplicar a infraestrutura necessária.

O Laboratório de Mobilidade Elétrica também pesquisa o impacto dos veículos a bateria sobre a rede elétrica. Há dois anos, a CPFL Energia fez um estudo para verificar os reflexos do uso em massa de veículos elétricos no consumo de energia no país. “Estimamos que a expansão dos modelos elétricos teria impacto limitado na demanda de energia”, afirma Danilo Leite. “Nossas projeções iniciais apontam que o uso dessa tecnologia ampliaria o consumo de energia entre 0,6% e 1,7% no Sistema Interligado Nacional (SIN) em 2030, quando as previsões indicam que a frota de elétricos no país poderá alcançar entre 5 milhões e 13 milhões de unidades.”

Segundo especialistas, além de causar baixo impacto na rede elétrica, os carros a bateria poderiam ser usados para equalizar o sistema elétrico

nacional. “É o conceito de smart grid. Embora o veículo elétrico não seja um produtor de energia, ele tem o potencial de funcionar como um pulmão em horários de pico, como no fim da tarde. Conectado a um eletroposto, poderia devolver à rede a energia não utilizada, suprimindo o sistema”, sugere o engenheiro eletricista Celso Novais, coordenador do Programa Veículo Elétrico da Itaipu Binacional, um dos principais centros de estudo sobre mobilidade elétrica no país.

Criado em 2006, o programa pesquisa soluções na área de mobilidade elétrica. Mais de 80 protótipos elétricos já foram montados no Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Montagem de Veículos Elétricos (CPDM-VE) da usina. “No início, obtivemos know-how por meio da parceria com a suíça Kraftwerke Oberhasli AG, controladora de hidrelétricas na região dos Alpes, para realizar a transformação de veículos a combustão em elétricos. Na época, boa parte dos componentes era de importados. Hoje, cerca de 60% são produzidos no Brasil”, conta Novais.

Em 2014, a Itaipu iniciou a montagem do compacto elétrico Renault Twizy, fruto de um acordo com a montadora francesa. O carro chega parcialmente desmontado e os técnicos fazem a integração do sistema de tração, baterias e motor elétrico, somando cerca de 90 itens. O objetivo da iniciativa é aprofundar os estudos de nacionalização dos componentes e preparar fornecedores de autopeças para o mercado. “Não temos a intenção de nos tornarmos uma fábrica de veículos elétricos – este é o papel das montadoras de automóveis –, mas queremos dominar essa tecnologia”, relata Novais.





“Quando houver demanda, a indústria local poderá produzir os principais sistemas, como motores elétricos e inversores.” O programa de Itaipu tem como parceiros fabricantes de componentes automotivos, como a Weg, que produz motores elétricos, e a Moura, indústria de baterias, além de institutos de pesquisa e concessionárias de energia.

MODELO NACIONAL

Nos últimos anos, houve no país várias iniciativas visando à construção de um veículo elétrico nacional em larga escala, mas nenhuma vingou. Uma pequena empresa de São José dos Campos (SP), a Electric Dreams, persegue essa meta. Ela investe há seis anos no projeto de um superesportivo capaz de acelerar de 0 a 100 km/h em apenas 2,7 segundos. Com quatro motores, um para cada roda, o modelo foi desenvolvido com base em simulações computacionais e ensaios em túneis de vento usados pela indústria aeronáutica.

“Desenvolvemos o carro do zero. Criamos todos os sistemas, algoritmos de controle e softwares embarcados, e já temos um modelo em escala reduzida. Nossa intenção é que nosso superesportivo sirva de laboratório para gerar carros elétricos mais simples, ônibus e caminhões”, declara o engenheiro aeronáutico Fábio Zilse Guillaumon, ex-funcionário da Embraer que deixou a fabricante de aviões para montar a Electric Dreams.

O projeto tem recursos do programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) da FAPESP e do Fundo Tecnológico (Funtec) do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). O CPqD colaborou no desenvolvimento da bateria. “O sistema de armazenamento de energia é o coração e um dos grandes desafios técnicos do carro”, avalia Guillaumon. “A solução proposta foi uma bateria com dois tipos de células de lítio, que fornece energia para os motores e proporciona autonomia de 400 km, similar à dos carros a combustão”, conta. A previsão é de que um protótipo seja finalizado no próximo ano.

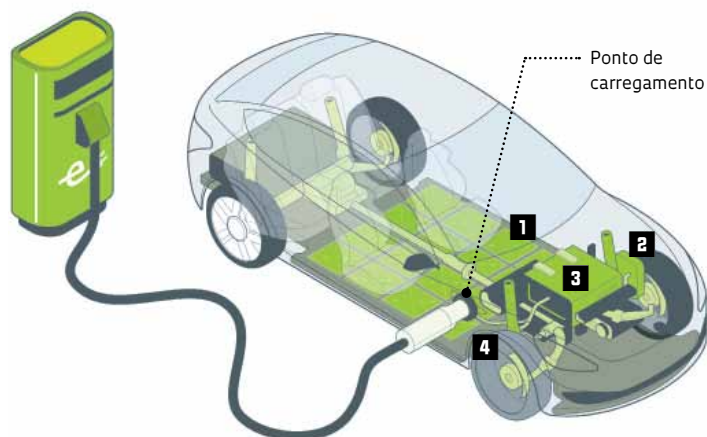
Apesar dos esforços de pesquisa, ainda deve levar algum tempo para o Brasil se inserir na cadeia produtiva mundial dos veículos elétricos, seja fabricando carros localmente, seja fornecendo componentes para as montadoras globais. “O Brasil tem uma matriz energética limpa e um combustível renovável líquido vantajoso, o etanol”, afirma Francisco Nigro, da Poli-USP. “Não temos necessidade de incentivar a cadeia do elétrico com o mesmo ímpeto de Europa, China e Estados Unidos.” ■

Por dentro de um elétrico

Sem ruídos da combustão e do cano de escape, condução dos modelos movidos a bateria é suave e silenciosa

1 BATERIA

O conjunto de baterias armazena a energia usada no funcionamento do motor elétrico. Pesa a partir de 250 quilos e em alguns veículos fica alojado no assoalho



2 INVERSOR

Também chamado de módulo de controle, gerencia a energia elétrica gerada pela bateria e enviada ao motor

3 MOTOR ELÉTRICO

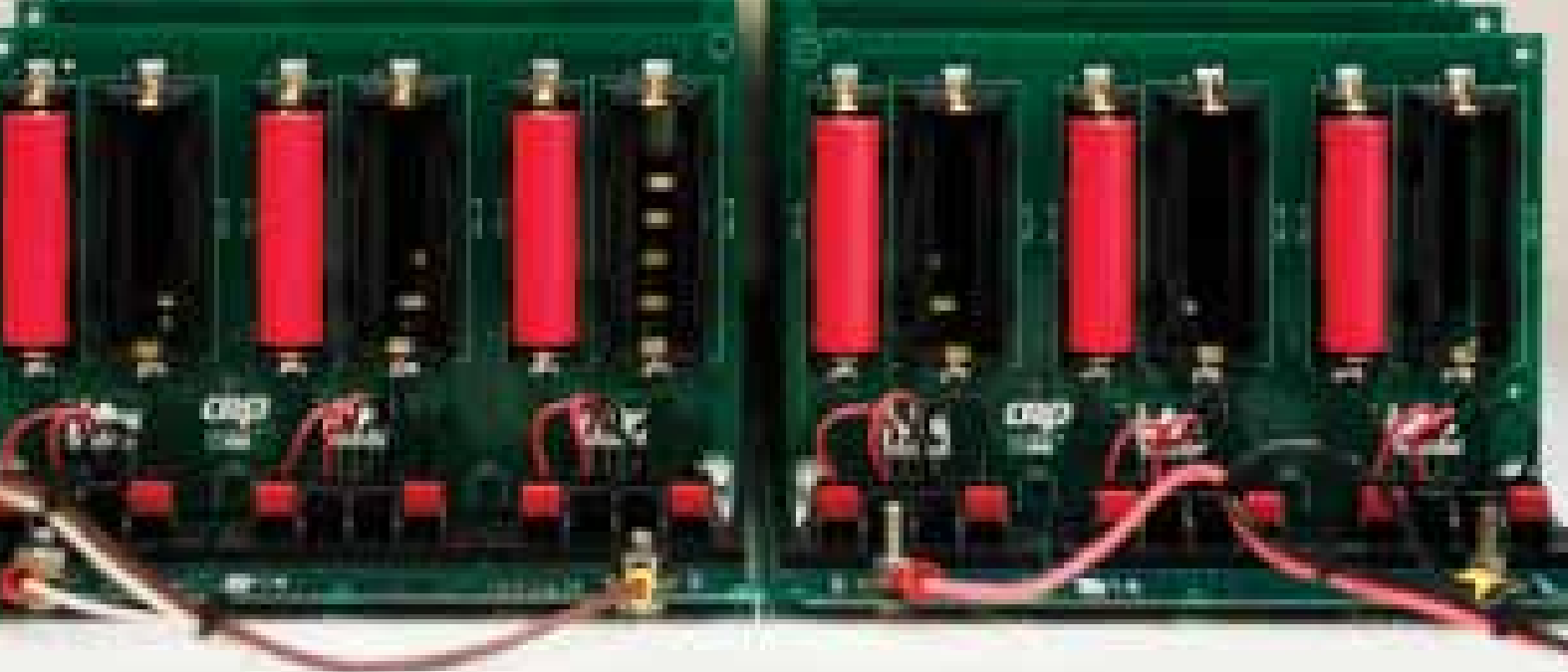
O motor converte a eletricidade das baterias em movimento, que gira o eixo das rodas e faz o veículo se mover

4 FREIO REGENERATIVO

Transforma a energia cinética do movimento do carro em energia elétrica, que reabastece as baterias

Projeto

Desenvolvimento do assoalho de um veículo elétrico puro em função de suas características aerodinâmicas, térmicas e mecânicas (nº 12/51376-8); Modalidade Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe); Pesquisador Responsável Fábio Zilse Guillaumon (Electric Dreams); Investimento R\$ 152.690,00.



Ensaio de
resistência das
baterias
lítio-íon do
CPqD usadas
em veículos
elétricos

BATERIAS MAIS EFICIENTES

A maior limitação tecnológica do carro elétrico é o sistema de armazenamento de energia, que tem relação direta com a autonomia

Consórcios de pesquisa da Ásia, Europa e Estados Unidos, formados por fabricantes de baterias, montadoras de automóveis, universidades e centros de inovação, travam uma corrida na busca de uma bateria que apresente maior densidade de energia (quantidade de energia armazenada por seu volume), tenha vida útil mais extensa, possua menor custo e seja mais segura. Hoje, o valor da bateria corresponde a até 50% do preço do automóvel, mas seu custo vem caindo de forma consistente. O preço da bateria, em termos de sua capacidade de armazenamento, está próximo de US\$ 300 por quilowatt-hora (kWh) – cerca de R\$ 960 por kWh. Há sete anos era três vezes maior.

Paralelamente, ela tem se tornado mais eficiente do ponto de vista energético, proporcionando maior autonomia aos veículos – quanto mais energia a bateria acumula, maior quilometragem o veículo pode rodar. Sua densidade energética mais do que triplicou nos últimos sete anos, atingindo cerca de 350 watts-hora por litro (ver *infográfico na página 27*). Um watt-hora (Wh) corresponde à potência de 1 watt por uma hora e é a unidade

usada para medição de energia elétrica, ao passo que litro (L) refere-se ao volume da bateria.

O estado da arte em termos de bateria são as de lítio-íon, similares às usadas em celulares e notebooks. “A grande vantagem dessas baterias é sua alta densidade energética. Por ser um metal leve, o lítio é capaz de armazenar maior quantidade de energia em espaços menores”, destaca a química Maria de Fátima Rosolem, pesquisadora da Área de Sistema de Energia do CPqD. “Além disso, tem um elevado eletropotencial, isto é, a capacidade de ganhar ou perder elétrons, que é o princípio básico da geração de corrente elétrica”, pontua.

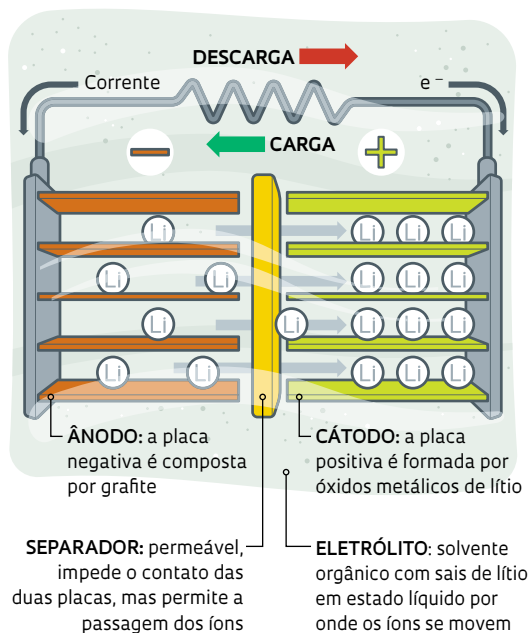
As baterias são constituídas por uma ou várias células de lítio-íon interligadas num mesmo conjunto. Os tipos mais comuns são as cilíndricas, parecidas a pilhas pequenas, medindo 18 milímetros (mm) de diâmetro por 65 mm de altura. O segundo modelo, conhecido como *pouch*, tem formato plano e achatado. Há, por fim, as prismáticas, que lembram uma caixa retangular do tamanho de um livro. Como a célula tem uma tensão média de 3,6 volts (V) e um carro elétrico precisa de 300 a 600 V para funcionar, centenas ou milhares de células de lítio são usadas na bateria para gerar energia. Os modelos da Tesla, por exemplo, têm 74 mil células cilíndricas, empacotadas em módulos menores e acomodadas no assoalho do veículo.

O problema do lítio é sua segurança de operação. “As baterias trabalham bem numa temperatura de até 25 graus Celsius. Acima disso, é preciso mantê-las refrigeradas. O superaquecimento pode causar sua explosão”, afirma o engenheiro eletricista Cel-

O SEGREDO DAS BATERIAS DE LÍCIO

Por serem feitas com um metal leve, elas conseguem armazenar mais energia em menos espaço

INFOGRÁFICO: ANA PAULA CAMPOS ILLUSTRACÃO ALEXANDRE AFFONSO

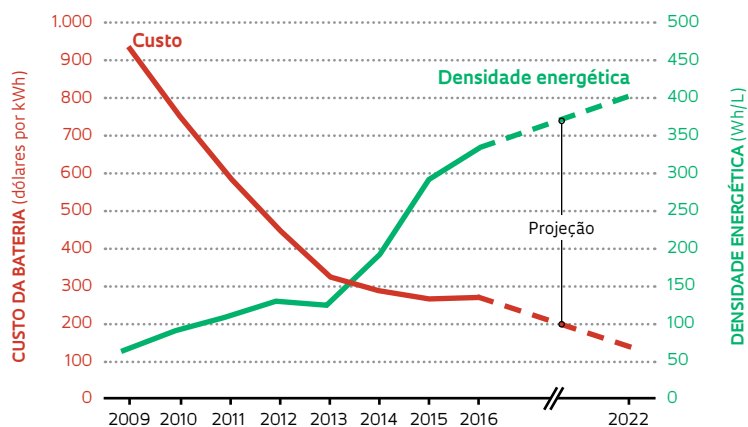


so Novais, do Programa Veículo Elétrico da Itaipu Binacional. Para contornar essa limitação, a bateria conta com um circuito eletrônico que faz seu gerenciamento e a mantém funcionando em condições adequadas de temperatura, corrente e tensão.

O desbalanceamento da bateria, que ocorre quando suas células trabalham em ritmo diferente, também diminui seu poder de ciclagem (número possível de descargas e recargas) e sua vida útil, hoje em torno de oito anos. “Após esse período, elas perdem até 30% da capacidade inicial. Mas podem ser reaproveitadas em outras aplicações, como armazenamento de energia fotovoltaica em residências e centrais de telecomunicações”,

CUSTO EM BAIXA, DENSIDADE EM ALTA

Confira a evolução do valor e da densidade energética das baterias



FONTE: GLOBAL EV OUTLOOK 2017 / AIE

1

CARGA E DESCARGA

Os íons de lítio se deslocam do ânodo para o cátodo, gerando uma corrente elétrica, que alimenta o motor do carro. Na hora da recarga, os íons de lítio fazem o movimento inverso, acumulando energia na bateria

2

NO FUTURO

Para elevar sua densidade energética e capacidade de gerar energia, pesquisadores buscam aumentar a quantidade de íons de lítio que se deslocam de uma placa para outra. Há também estudos com outros metais em substituição ao lítio

FONTE: CPQD

sustenta Maria de Fátima. “Como não contêm metais pesados, podem ser recicladas.” Quando as baterias se esgotam, os donos de carros elétricos precisam repô-las ou trocar de veículo, dado que a bateria representa metade de seu valor. Este é mais um fator a encarecer os carros elétricos.

As baterias modernas empregam óxidos metálicos de lítio na confecção da placa positiva (cátodo) e grafite na negativa (ânodo) (ver infográfico ao lado). “A composição das placas é o elemento-chave para melhorar o desempenho da bateria”, diz Maria de Fátima. Cientistas buscam identificar novos metais e a melhor combinação de lítio com outros materiais para otimizar sua densidade energética. Duas apostas são as baterias de zinco-ar e lítio-ar, que conseguem armazenar quase duas vezes mais energia do que os modelos de lítio-íon, mas ainda estão em estágio de desenvolvimento.

RECARGA POR INDUÇÃO

Em maio deste ano, a fabricante de chips para smartphones Qualcomm apresentou uma tecnologia de carregamento de bateria com o carro em movimento. Batizada de Dynamic Electric Vehicle Charging System (DEVCS), ela fornece energia para a bateria por indução (sem que haja contato entre o carro e o carregador, instalado no solo) durante o deslocamento do veículo sobre um pavimento especial, dotado de uma espécie de trilho eletrificado. A vantagem do DEVCS é que os carros poderão ter baterias menores, sem perda de autonomia.

No Brasil, são poucos os estudos básicos sobre a química de baterias para carros elétricos. O mais comum são testes de tecnologias prontas e pesquisas incrementais envolvendo células já existentes. “Fazemos estudos de caracterização e envelhecimento em células e desenvolvemos baterias completas, com células de lítio-íon comerciais, porém projetando a eletrônica de controle, o sistema de refrigeração e o empacotamento mecânico”, conta o pesquisador Raul Beck, do CPQD.

Em Foz do Iguaçu (PR), a equipe do Programa Veículo Elétrico de Itaipu conseguiu criar uma bateria de sódio, níquel e cloro, 100% reciclável. “Nosso modelo tem características equivalentes à de lítio em termos de capacidade de armazenamento e potência”, explica Celso Novais. “No entanto, ela tem o formato de um monobloco, que não pode ser dividido em módulos menores. Por isso, é mais adequada a veículos elétricos maiores, como ônibus, trens e caminhões.”

O projeto de nacionalização da bateria de sódio de Itaipu teve início em 2012. “Agora, estamos trabalhando com empresas suíças e alemãs em uma versão avançada do modelo. Caracterizada por células planas e compactas, poderá ser dividida em módulos menores. Nossa expectativa é de que seja mais competitiva do que as baterias à base de lítio e que comece a ser produzida em 2019”, declara Novais. ■