



Ministério Federal
da Cooperação Econômica
e do Desenvolvimento



Eletromobilidade

Visão Geral, Exemplos, Abordagens

Transporte Urbano Sustentável, Documento Técnico #15

Publicado por

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

SUTP.

SUTP.

Projeto de Transporte Urbano Sustentável (PTUS)

O PTUS dá suporte aos tomadores de decisão em todo mundo para planejarem e implementarem soluções de mobilidade sustentáveis e inovadoras. O PTUS proporciona uma plataforma de conhecimento abrangente, o desenvolvimento de capacidades, conselhos a mão e oportunidades de networking. Nos últimos 15 anos, mais de 5.000 tomadores de decisão, planejadores e estudantes foram beneficiados dos treinamentos oferecidos. Produzimos uma biblioteca rica de Módulos de Livros Fonte, Documentos Técnicos, Estudo de Casos, Fichas Técnicas, Resumos de Políticas e Listas de Leituras. Todos os documentos podem ser acessados através da nossa página Web, juntamente com uma grande coleção de fotos e um canal de vídeos.

Você está convidado a usá-los e distribuí-los!

<http://www.sutp.org>

Sobre os autores

Sociólogo da área técnica **Christian Scherf** estudou Sociologia na Universidade Técnica de Berlim com ênfase na Ciência dos Transportes. Desde 2010, ele trabalha como pesquisador no Centro de Inovação para Mobilidade e Mudança Social (Innovation Centre for Mobility and Societal Change – InnoZ), onde coordenou o projeto “Seja Mobilidade” (“BeMobility”). Seu trabalho e pesquisa focam a integração dos veículos elétricos com os sistemas de transporte público. Desde 2014, ele também apoia as relações públicas do InnoZ e começou sua tese de doutorado. christian.scherf@innoz.de



Doutor em Ciências Econômicas e Sociais **Frank Wolter** estudou Economia na Universidade de Münster e depois trabalhou como professor assistente de Gestão Ambiental no Instituto de Marketing (Prof. Dr Dr h.c. mult. Meffert). Em 2001, ele recebeu o título de Doutor. Até o verão de 2002, ele ensinou Gestão Ambiental e Negócios na Universidade de Münster. No outono de 2002, Dr. Wolter começou a trabalhar para o Deutsche Bahn AG em diversos departamentos de estratégia corporativa. Em 2010, Dr. Wolter começou a trabalhar no Centro de Inovação para Mobilidade e Mudança Social (InnoZ), onde era o responsável pela coordenação dos projetos de pesquisa multi-parceiros “Seja Mobilidade” (“BeMobility”) e “Seja Mobilidade 2.0” (“BeMobility 2.0”). Em 2013, Dr. Wolter organizou o Diálogo de Alto Nível das Nações Unidas sobre a Implementação das Decisões do Rio+20 sobre Cidades e Transporte Sustentáveis (“Berlin UN High-level Dialogue on Implementing Rio +20 Decisions on Sustainable Cities and Transport”) na cidade de Berlim (19 a 21 de junho 2013). Desde October 2015, Dr. Wolter tem trabalhado como gerente de startups no Deutsche Bahn e como palestrante principal, apresentador e moderador. frank.wolter@innoz.de



Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a todos aqueles que revisaram as versões anteriores deste documento, inclusive **Alexander Jung**, GIZ; **Frederik Strompen**, GIZ; **Oliver Lah** e **Manfred Breithaupt**.

Eletromobilidade

Visão Geral, Exemplos, Abordagens

Transporte Urbano Sustentável, Documento Técnico #15

Nas cidades da Ásia and América Latina, cada vez mais a densidade demográfica e a motorização estão levando a um rápido aumento dos problemas de transporte e ambientais. O objetivo deste documento é mostrar como a eletromobilidade pode ajudar a mitigar os desafios e fazer recomendações sobre o uso da eletromobilidade para o cumprimento de várias metas e pré-requisitos. Este documento mostra uma diversa gama de usos da eletromobilidade e oferece um instantâneo dos diversos esquemas de apoio e projetos piloto que têm sido realizados nos últimos anos.

Exoneração de Responsabilidade

Constatações, interpretações e conclusões expressadas neste documento baseiam-se nas informações coletadas pelo GIZ e seus consultores, parceiros e colaboradores.

Contudo, o GIZ não garante a precisão da integralidade das informações contidas neste documento e não é responsável por quaisquer erros, omissões ou perdas consequentes de seu uso.

Direitos Autorais

Esta publicação pode ser reproduzida no todo ou em parte em qualquer formato para fins educativos ou não lucrativos sem a necessidade de uma permissão especial do proprietário dos direitos autorais, desde que a fonte seja reconhecida. O GIZ gostaria de receber uma cópia de qualquer publicação que use esta publicação do GIZ como fonte. É proibido qualquer uso desta publicação para revenda ou quaisquer outros fins comerciais.

ÍNDICE

Abreviaturas	iii
Prefácio	iv
1. Introdução	1
2. Desafios relativos ao transporte e as soluções apresentadas pela eletromobilidade	2
2.1 O aumento da urbanização com o aumento da demanda por transportes	2
2.2 Infraestrutura limitada de transportes e grande uso do espaço	3
2.3 Alto consumo energético e aquecimento global devido aos transportes	4
2.4 Aumento nos poluentes atmosféricos causados pelo tráfego	5
2.5 Contribuições da eletromobilidade	6
3. Formas de eletromobilidade	8
3.1 Características específicas dos veículos com duas e três rodas	8
3.2 Características específicas do transporte de ônibus	11
3.3 Características específicas dos carros elétricos	15
4. Motivações para a promoção da eletromobilidade	27
4.1 Redução da dependência econômica e política (importação de material bruto) ..	27
4.2 Contribuição para a proteção ambiental internacional e nacional	29
4.3 Redução do impacto ambiental local (poluição atmosférica e ruído)	32
4.4 Desenvolvimento e ampliação das vantagens competitivas (fabricação de automóveis, tecnologia de baterias)	32
4.5 A eletromobilidade como um ponto de partida para uma transformação no sistema (rede)	33
5. Diferentes abordagens na promoção da eletromobilidade	34
5.1 Japão	36
5.2 República Popular da China	39
5.3 Coreia do Sul	43
5.4 Índia	44
5.5 Indonésia	49
5.6 Cingapura	50
5.7 Sri Lanka	51
5.8 Butão	52
6. Recomendações para a eletromobilidade	54
7. Fontes on-line	59

Abreviaturas

CHAdEMO	Acrônimo de “Charge de Move” (“carga para movimentação”)
China	República Popular da China (RPC)
CTP	Custo Total de Propriedade (a soma dos custos operacionais totais incluindo não apenas o custo de aquisição, mas também levando em consideração os custos do uso subsequente, como energia, reparo e manutenção)
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
GW	Gigawatt
H	Meio ano
km	Quilômetros
km/h	Quilômetros por hora
kW/h	Quilowatt-hora
MW/h	Megawatt/hora
NO _x	Óxidos de nitrogênio (substâncias danosas produzidas durante a combustão de combustíveis fósseis que podem causar doenças respiratórias)
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMS	Organização Mundial da Saúde
PIB	Produto Interno Bruto
Pkw	Carro particular
SCC	Sistema Combinado de Carga, (padrão de recarga para veículos elétricos no qual tanto a carga com corrente direta como a com corrente alternada podem ser usadas; Kuther 2012)
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
TNM	Transporte não motorizado
TP	Transporte público
VEAE	Veículo Elétrico de Alcance Estendido, veículo elétrico com “extensor de alcance” (unidades elétricas extras em um veículo elétrico que aumentam o alcance do veículo; VDI/VDE 2016c)
VEB	Veículo Elétrico a Bateria
VECC	Veículo Elétrico com Células de Combustível
VEHP	Híbridos tipo plug-in (veículos parcialmente elétricos com direção híbrida, cujo acumulador também pode ser carregado externamente através de uma rede de eletricidade; VDI/VDE 2016b)

Prefácio

Por muitos anos, temos realizado um trabalho no mercado de mobilidade, lidando com tendências, desenvolvimento de mercado e soluções e abordagens inovadoras. Os desafios enfrentados pelo setor de transportes para fazer as contribuições necessárias para a proteção do clima e melhorar a qualidade do ar nunca foram tão grandes. A tecnologia dos motores a combustão internos está atingindo seu limite em termos de redução do consumo de combustíveis e níveis de poluentes. Também está se tornando cada vez mais claro que em breve será necessário diminuir o protagonismo dos carros particulares movidos a combustível nas cidades. Atualmente isso está avançando nas megacidades densamente povoadas e nas principais metrópoles da Ásia. É nesses lugares que as novas soluções estão sendo desenvolvidas e aplicadas.

Nos últimos 8 anos ou mais, o debate controverso sobre eletromobilidade tem ganhado impulso (novamente). Há um consenso geral que o motor elétrico é um fator inevitável e central no futuro dos transportes. A indústria automotiva estabelecida na América do Norte e na Europa Central está enfrentando forte concorrência da Ásia não só na área da tecnologia de baterias elétricas, mas também nas tecnologias de propulsão híbrida e hidrogênio. Cada vez mais, novos players, como Tesla, BYD, Geely Kandi, Mahindra e Zytel estão fazendo incursões no mercado automotivo. A eletromobilidade está adquirindo importância central para a indústria automotiva e isto é um fator chave na disseminação dos programas nacionais de financiamento.

Desde o início do programa de apoio alemão “Mobilidade Elétrica em Regiões Piloto”, os autores têm explorado uma gama de questões de pesquisa envolvendo eletromobilidade e também têm testado aplicações práticas. A implementação da eletromobilidade exige uma abordagem integrada e holística para explorar as vantagens do motor elétrico tanto para o meio ambiente quanto para os sistemas de transporte. Este documento foca nesses aspectos. Nesta fase introdutória, a área de aplicação ideal para o motor elétrico não são os carros particulares, mas sim outros meios e conceitos de transporte, que serão introduzidos neste livro. Na Ásia, a eletromobilidade está sendo amplamente adotada em scooters ou bicicletas elétricas. No setor de transporte público, há programas de financiamento para a eletrificação de ônibus, frotas de taxis e também triciclos. Mas o veículo elétrico também está sendo cada vez mais incorporado nos conceitos de transporte inovador, como compartilhamento de carros



Fig. 1: Sistema de Compartilhamento de Carros e Mobilidade “Paris E”, Paris 2012. © Tobias Gorges

e, olhando para o futuro, transporte automatizado ou direção autônoma.

Usando exemplos dos países ao redor do mundo, mostraremos uma ampla gama de usos e aplicações piloto incorporando eletromobilidade. Como a eletromobilidade está fazendo grandes avanços, particularmente na Ásia, gostaríamos de usar esta oportunidade para incentivar um intercâmbio internacional de experiências neste campo. Também fazemos recomendações gerais para o desenvolvimento de conceitos de eletromobilidade, diferenciadas de acordo com a motivação, para o compartilhamento de eletricidade sem CO₂ na mistura de energia e para os pré-requisitos técnicos e econômicos e a densidade demográfica do respectivo ambiente urbano. Subjacente a este esforço está a constatação fundamental de que precisamos de soluções baseadas na transformação simultânea dos sistemas de mobilidade e energia. Só então será possível trazer soluções sustentáveis de transporte para cidades mais habitáveis.

Os autores, Berlim, janeiro de 2016

1. Introdução

Há vários anos, a eletromobilidade tem sido o assunto de intensas discussões sobre seus argumentos ecológicos e econômicos. Quando se trata do desenvolvimento internacional da eletromobilidade, é particularmente instrutivo analisar o exemplo asiático. Países como a República Popular da China, Japão, Coreia do Sul e Índia, dentre outros, apresentam abordagens interessantes para promover e implementar a eletromobilidade. Embora a capacidade tecnológica e o poder econômico de compra sejam fatores chave para ajudar os avanços na área de eletromobilidade automotiva, há exemplos de sucesso notáveis nos países não industrializados de casos de veículos elétricos com duas e três rodas e de eletromobilidade nos sistemas de transporte público.

No contexto da crescente poluição atmosférica nas cidades, um aumento constante nos registros de veículos motorizados e o crescimento dos desafios financeiros e relacionados aos transportes nos sistemas de mobilidade de muitas cidades em expansão ao redor do mundo, torna-se essencial a análise da contribuição que a eletromobilidade pode dar para resolver esses problemas. Para este fim, temos realizado uma análise profunda da viabilidade prática da eletromobilidade e apresentamos exemplos dos países asiáticos em particular.

Ao nos concentrarmos na Ásia, deliberadamente focamos o estudo em uma parte do mundo que, do ponto de vista tecnológico ou econômico, está desempenhando um papel importante no desenvolvimento da mobilidade como um todo. A longo prazo, a relevância global particular pode ser identificada em soluções de mobilidade que são transferíveis àqueles países e podem enfrentar os desafios que existem neles. Além disso, particularmente na República

Popular da China, está sendo desenvolvida uma dinâmica própria, que por sua vez está levando cada vez mais a conceitos únicos. As constatações e descrições abaixo estão longe de serem destinadas a dar a impressão de que a eletromobilidade é uma “bala de prata” que resolverá todos os problemas de transporte do mundo – este não é o caso da Ásia, da América Latina nem da Europa.

Seguindo um esboço dos desafios e dos problemas fundamentais relativos à mobilidade (Capítulo 2), analisaremos as possíveis soluções que a eletromobilidade pode oferecer tanto em termos de transporte ecológicas (Capítulo 3). Isto será seguido por uma análise das motivações comuns na promoção da eletromobilidade (Capítulo 4). Há diferenças consideráveis entre as condições destacadas e as necessidades dos usuários nos diversos países e cidades ao redor do mundo (Capítulo 5). Assim, a transferibilidade e as recomendações gerais não são aplicáveis universalmente, mas são diferenciadas de acordo com as diversas aglomerações urbanas. Por fim, há um resumo de exemplos de diversos usos da eletromobilidade para diferentes cenários (Capítulo 6).



Fig. 2: Veículos elétricos usados pelo Festival Mundial de Ecomobilidade 2013, Suwon, Coreia do Sul.
© Nikola Medimorec

2. Desafios relativos ao transporte e as soluções apresentadas pela eletromobilidade

2.1 O aumento da urbanização com o aumento da demanda por transportes

A população mundial atual tem cerca de 7 bilhões de pessoas, sendo que a maioria delas — cerca de 4,25 bilhões — vive na Ásia. Os países mais populosos são a República Popular da China (com cerca de 1,35 bilhões de pessoas) e a Índia (com cerca de 1,26 bilhões de pessoas). Em 2014, o nível mundial de urbanização — a proporção de moradores urbanos na população total — era em média cerca de 53%. A Ásia, com aproximadamente 46% de urbanização, possui um nível abaixo da média de urbanização em uma comparação de continentes. Ao mesmo tempo, em uma comparação global, a Ásia tem um grande número de cidades muito grandes com alta densidade demográfica. É esperado que o grau de urbanização ultrapasse 60% em 2018 (Banco Mundial, 2011). A América Latina provavelmente ultrapassará em breve a América Anglo-Saxônica como a região com o mais alto nível de urbanização do mundo (Instituto Berlin, 2007). No Canadá e nos Estados Unidos, atualmente 80% da população reside em cidades (Destatis, 2014).

O crescimento das cidades também leva a um aumento da mobilidade. As cidades dependem no transporte para a movimentação de bens e trabalho. Os residentes das cidades também devem ser móveis e sua mobilidade gera tráfego. Em muitas cidades com crescimento rápido, que historicamente estabeleceram bairros nos quais as estruturas de abastecimento local ficavam muito próximas das áreas residenciais, cada vez mais têm ocorrido a substituição por estruturas urbanas separadas funcionalmente ou por áreas unifuncionais que têm sido construídas nas periferias. Um exemplo notável é o “sistema Danwei” que existia na República Popular da China comunista antes de seus mercados serem mais abertos, que combina locais de trabalho e áreas residenciais. Nas cidades há diversas comunidades que também assumiram diversas funções de bem-estar, como garantir um trabalho ao longo da vida. A proximidade de locais residenciais e de trabalho não exigia uma infraestrutura de tráfego ampla para os trens; contudo, foi preciso construir uma infraestrutura após o sistema ter sido praticamente abandonado (Neubert, 2012).

A mobilidade proporciona acesso a diversos espaços funcionais e é indispensável para atender às nossas necessidades de abastecimento e sociais. Além disso, a crescente ampliação das cidades em conjunto com um planejamento de transportes e desenho urbano inadequado ou falho leva a um aumento das distâncias para os trens e um subsequente aumento do tráfego (Faculdade de Economia de Londres). Numa média diária na Cidade do México, por exemplo, todos os residentes da cidade juntos gastam cerca de 17 milhões de horas no tráfego. Isto corresponde ao expediente diário de 2,2 milhões de pessoas (Planzelt, 2014). Em Pequim, muitas vezes demora-se horas para ir de uma parte da cidade para outra usando o sistema de trens subterrâneo. Muitas pessoas então acabam optando por caminhar diversos quilômetros para chegar ao seu destino final. Assim, não é surpresa que desejem ter o seu próprio carro. Atualmente, 64% de todas as viagens é feita nos ambientes urbanos e espera-se que triplique o total de quilômetros urbanos viajados até 2050. Na República Popular da China, a distribuição modal para automóveis no setor de transporte urbano deve aumentar de forma constante (em termos de distância viajada) até 2047. Isto se aplica no caso do governo continuar a buscar uma política rodoviarista com cada vez mais espaço no viário para os carros. Para as principais cidades chinesas e indianas, uma distribuição modal significativa de 78 e 67%, respectivamente, é esperada para 2050 para os carros particulares (Fórum Internacional de Transportes/OCDE, 2014). Mas espera-se que o patamar de 35-40% seja atingido já em 2027. Os perdedores óbvios são a bicicleta e os pedestres, os quais espera-se que encolham de 40% para menos de 10% (Drewitz/Rommerskirchen, 2011). Aqui, é posta uma ênfase crítica específica no transporte individual motorizado (TIM) baseado em carros particulares.

■ Atualmente, há um bilhão de automóveis em uso ao redor do mundo. Uma comparação da densidade dos veículos motorizados (não incluindo veículos motorizados com duas rodas) por 1.000 habitantes mostra que os principais países da Ásia ainda estão muito aquém dos níveis da América do Norte, Europa e América Latina. Em 2011, os Estados Unidos (786/1.000),

Alemanha (588/1.000), Argentina (315/1.000) e México (275/1.000) tinham significativamente mais veículos por 1.000 residentes que, por exemplo, a República Popular da China (69/1.000) e a Índia (41/1.000) (Banco Mundial, 2011). Todavia, particularmente em países em desenvolvimento com uma classe média crescente, o número de veículos tem crescido exponencialmente nos últimos anos (Statista, 2016).

- Devido às densidades populacionais significativamente mais altas nas principais cidades asiáticas, o número de carros em uma certa área muitas vezes é tão alto quanto nos países industrializados ocidentais. Calcutá, com apenas 61 carros de passageiros por 1.000 habitantes, tem uma taxa muito baixa de donos de carros. Em Berlim, mais de cinco vezes o número de habitantes possui um carro (356 por 1.000 habitantes). Contudo, com a densidade demográfica de Calcutá (24.000 habitantes/km²) é mais de seis vezes maior que a de Berlim (3.900 habitantes/km²), o número de passageiros por quilômetro quadrado é comparativamente alto: Berlim (1.367 automóveis por km²) e Calcutá (1.421 veículo por km²).
- De acordo com a Organização Internacional de Fabricantes de Veículos Automotores (OICA), o número de veículos particulares tem apresentado um crescimento global em mais de 60 milhões de unidades por ano. Devido à alta dinâmica econômica e automotiva das economias emergentes, o número de carros nesses países continuará a subir nos próximos anos. Nas crescentes classes alta e média de muitas economias emergentes, a mobilidade automotiva é um indicador da capacidade individual e econômica. Além disso, a mobilidade automotiva ainda é percebida como um sinal exterior do conceito do estilo de vida ocidental. A classe média indiana, por exemplo, composta de cerca de 300 milhões de pessoas, está entrando em uma grande fase automotiva. Atualmente, veículos de duas rodas têm 75% do mercado, e são o meio de transporte mais importante. A Agência Internacional



Fig. 3: Recarga em um carregador públicos, Londres. © Carlosfelipe Pardo

de Energia espera que o número de veículos cresça para 1,7 bilhão de carros particulares até 2035 (MoMo Modelo de Mobilidade no Cenário da Nova Política; IEA, 2013). De forma correspondente, a densidade de veículos seria mais que o triplo na Índia, mais que o quádruplo na Indonésia e cresceria dez vezes na República Popular da China. Os cenários mostram quem até 2050 poderia haver um aumento ainda maior no mercado de veículos asiático, chegando a 2 ou 3 bilhões de carros (Chamon/Mauro/Okawa, 2008). Nas metrópoles da América Latina com mais 500.000 habitantes, o número de veículos (somente de quatro rodas) aumentará cerca de quatro vezes até 2050 se as tendências atuais continuarem (Fórum Internacional de Transportes).

2.2 Infraestrutura limitada de transportes e grande uso do espaço

O desejo de acesso e participação nas opções de mobilidade leva ao tráfego nos diversos meios de transporte, usando diversas infraestruturas de transportes. O rápido crescimento na demanda por mobilidade leva a uma tensão crescente na infraestrutura de transportes existente. Isso resulta em um declínio nas velocidades médias dos veículos, maiores tempos de viagem, maiores congestionamentos e tempos de viagem cada vez mais imprevisíveis. Os passageiros urbanos já gastam muitas horas por

ano no trânsito. Muitas cidades na Ásia, particularmente Ho Chi Minh, Bangcoc, Jacarta, Manila, Bangalore e Pequim, sofrem com altos níveis de congestionamento. Porém, não há dados consistentes para todas as cidades. Os dados TomTom de 2014 mostram que algumas cidades do leste europeu e da América Latina são mais afetadas por congestionamentos que cidades chinesas. Todavia, muitas cidades chinesas são extremamente propensas a congestionamentos (TomTom, 2014).

Os congestionamentos resultam na perda de tempo de trabalho e em consequentes perdas econômicas. Eles também cobram um preço emocional das pessoas afetadas e como consequência podem causar um efeito adverso na saúde e na segurança da população. Atualmente, os congestionamentos custam às economias asiáticas entre 2 e 5% do seu produto interno bruto como resultado do tempo ocioso e dos altos custos de transporte. O custo estimado da Coreia do Sul, por exemplo, é 3% do PIB (Instituto de Transportes da Coreia do Sul, 2014), enquanto para Manila é de 4%, para Pequim 5%, e para Lima/Peru, chega a 10% do PIB.

A crescente tensão na infraestrutura existente também leva uma necessidade crescente de manutenção e conservação. O déficit de manutenção que existe em muitas partes do mundo não apenas cria mais empecilhos para o tráfego e causa acidentes, mas também leva a um aumento do ônus financeiro. Problemas que não são reparados em um estágio inicial muitas vezes resultam em danos maiores, que podem aumentar os custos de manutenção exponencialmente. Então, cidades em crescimento são confrontadas com uma capacidade inadequada de seus sistemas de transporte público, infraestruturas ferroviária e rodoviária sobrecarregadas, um volume explosivo de transportes particulares motorizados e infraestruturas rodoviárias que precisam de reparos, e uma carência de estacionamentos; todos esses com um sério preço econômico. A infraestrutura rodoviária possui mais conflitos de uso dentre os diversos meios de transporte e a forma como o tráfego é organizado. Áreas com rotas seguras para pedestres e bicicletas, e também faixas exclusivas para ônibus e taxis, competem com as áreas usadas para o transporte motorizado, particularmente por carros particulares.

Cidades asiáticas, confrontadas com o crescente número de veículos motorizados, têm priorizado investimentos no setor público na ampliação e das infraestruturas

existentes. Bangcoc aumentou o número de vias adequadas para o tráfego motorizado, Xangai construiu uma rede de autoestradas urbanas, e Manila e Jacarta criaram mais ambientes para o tráfego veículos particulares. O transporte e o desenvolvimento urbano estão ocorrendo em muitas metrópoles asiáticas de forma não planejada e caracterizam-se por uma lacuna considerável entre ricos e pobres. Em cidades onde faltam estruturas centralizadas, o sistema de transportes públicos é organizado por diversas empresas privadas e pequenos prestadores de serviços. Geralmente o resultado é uma concorrência desregulada, predatória sem atenção aos padrões de segurança ou ambientais. O transporte individual motorizado está substituindo cada vez mais não apenas o transporte público, mas também a bicicleta.

Nos últimos anos, muitas cidades no Leste Asiático têm reconhecido que a simples construção de novas vias não resolve os desafios enfrentados pela infraestrutura de transporte. Mais vias levam a uma maior motorização, o que, por sua vez, leva a mais congestionamentos no futuro (mobilidade induzida). Especialmente em cidades densamente edificadas, não existe o espaço necessário para a construção de novas vias, e mesmo quando existe, tal construção é muito cara. Portanto, cada vez mais têm-se incorporado medidas políticas no planejamento urbano e de transportes numa tentativa de reduzir a demanda pelo transporte individual motorizado.

2.3 Alto consumo energético e aquecimento global devido aos transportes

Atualmente, o setor de transportes é responsável por cerca de 25% do consumo energético primário global (IEA, 2012). O transporte rodoviário contribui com cerca de 75% desse valor, enquanto 50% deve-se ao tráfego de carros particulares — sendo assim a maior parte do consumo energético dentro do setor de transportes (Felming *et al.*, 2009). O transporte rodoviário é responsável por cerca de 43% do consumo de petróleo no mundo (Roland Berger, 2013). O consumo de combustíveis fósseis pelo setor de transportes está aumentando fortemente, e, em relação a outros setores, desproporcionalmente.

A maioria das economias asiáticas precisa importar grandes quantias de petróleo para atender a suas crescentes necessidades de transporte. A República Popular da China é o segundo maior consumidor de petróleo do mundo.

A demanda de petróleo da Índia aumentou mais de 35% nos últimos anos. E no futuro, espera-se um aumento na demanda por petróleo de aproximadamente 20%. Por outro lado, a demanda de petróleo do Japão, caiu cerca de 15% nos últimos anos. Espera-se que esta tendência continue no futuro devido ao declínio de sua população e ao crescimento da fatia de fontes de energia renováveis no quadro energético do país (Roland Berger, 2013). A redução na dependência das importações de petróleo cru de um pequeno número de países fornecedores, os quais geralmente estão localizados em regiões voláteis, pelas economias nacionais não é apenas um objetivo econômico, mas também uma prioridade em termos de política de segurança. Além das considerações estratégicas de segurança, a queima de combustíveis fósseis causa um problema para a atmosfera, que absorve os chamados gases de efeito estufa, e facilita a disseminação de poluentes atmosféricos nos ambientes urbanos. O CO₂ é o mais danoso gás de efeito estufa relacionado aos transportes.

Com relação ao desenvolvimento de projetos no futuro, há diversos cenários. O cenário “habitual de negócios” assume que o consumo energético e as emissões de gases de efeito estufa aumentarão até 50% até 2030 e até 80% até 2050, com relação aos níveis de 2009. O aumento neste cenário é baseado principalmente no aumento da quantidade global de veículos (Slocat, 2014). Esta tendência vai contra as metas internacionais de proteção climática que pedem uma redução de até 50% dos gases de efeito estufa antrópicos até 2050, com relação aos valores de 1990. Os países industrializados precisam reduzir de 80 a 95% para atender às metas internacionais de proteção climática. Essas metas só podem ser atingidas pela implementação de medidas extremamente ambiciosas, particularmente no setor de transportes, tanto das economias industriais quanto das emergentes.

2.4 Aumento nos poluentes atmosféricos causados pelo tráfego

Material particulado, NO_x e outros contaminantes oriundos do tráfego rodoviário motorizado geralmente poluem o ar das cidades em tal nível que causam um sério risco à saúde dos moradores urbanos. De acordo com os cálculos da OMS, em 2012 cerca de 3,7 milhões de pessoas ao redor do mundo morreram de acidente vascular cerebral (40%), ataque cardíaco (40%), bronquite crônica (11%), câncer de pulmão (6%) e outras doenças (3%) causadas pela poluição

atmosférica. 88% das mortes relacionadas à poluição atmosférica ocorrem em países níveis de renda baixo a médio, a maioria deles no Pacífico Ocidental e no Sudeste Asiático. Grupos de renda baixa a média sofrem muito mais do que grupos com renda mais alta.

Numa comparação global, como mostram claramente as medições diárias de poluição atmosférica urbana global publicadas na Internet (ver Figuras 4a, b), cidades asiáticas são muito mais afetadas pela poluição atmosférica (Banco de Desenvolvimento Asiático, 2014). De acordo com as autoridades ambientais chinesas, apenas 3 das 74 maiores cidades da República Popular da China atenderam aos padrões legais de boa qualidade do ar em 2013. Em 2014, o limite de material particulado recomendado pela

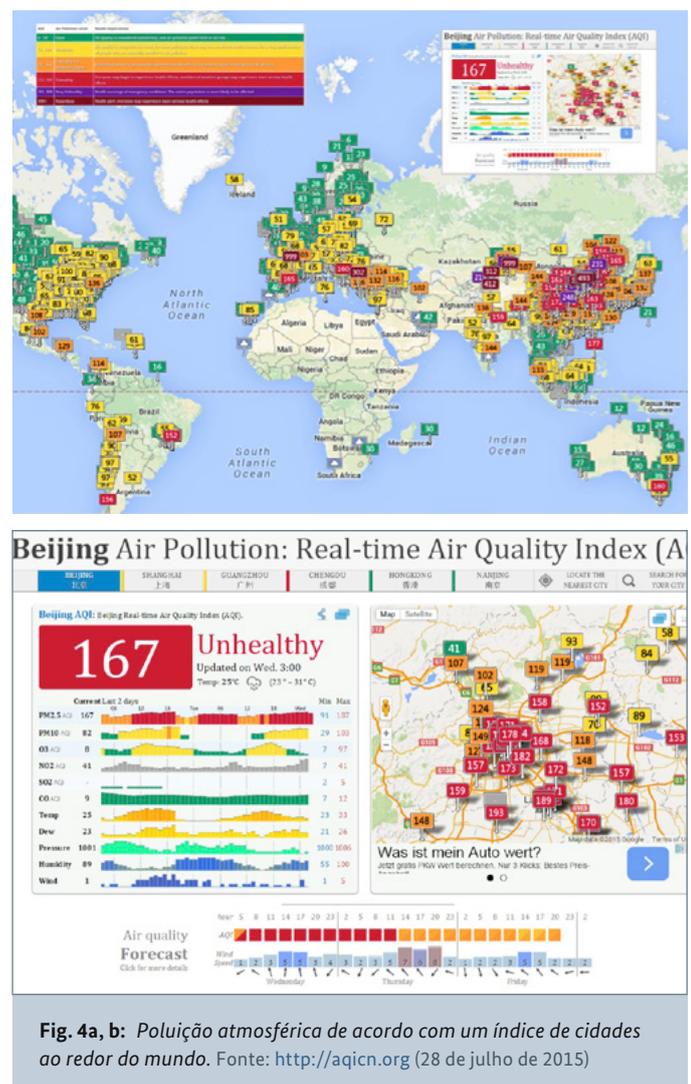


Fig. 4a, b: Poluição atmosférica de acordo com um índice de cidades ao redor do mundo. Fonte: <http://aqicn.org> (28 de julho de 2015)

Organização Mundial da Saúde (OMS) foi excedido em um fator de 20 a 30 em diversas ocasiões (OMS, 2011). Em períodos de poluição pesada, as autoridades recomendam que as pessoas permaneçam em ambientes fechados.

2.5 Contribuições da eletromobilidade

O desenvolvimento de possíveis soluções para os desafios urbanos que existem no setor de transportes é uma questão que atualmente tem relevância significativa no âmbito internacional. Particularmente na Ásia, os desafios atuais e esperados no setor de transportes são dramáticos. Há limites claros para simplesmente transferir o modelo de mobilidade existente baseado em carros para o resto do mundo e para as áreas metropolitanas heterogêneas ao redor do mundo. Há medos legítimos de problemas urgentes oriundos de que o aumento no tráfego rodoviário motorizado continue a crescer, levando a sérios empecilhos para o crescimento econômico, impactos ambientais significativos e deterioração da qualidade de vida.

Portanto, estão sendo buscadas novas abordagens que permitirão um alto nível de mobilidade para a população e um contínuo aumento da prosperidade, mas sem

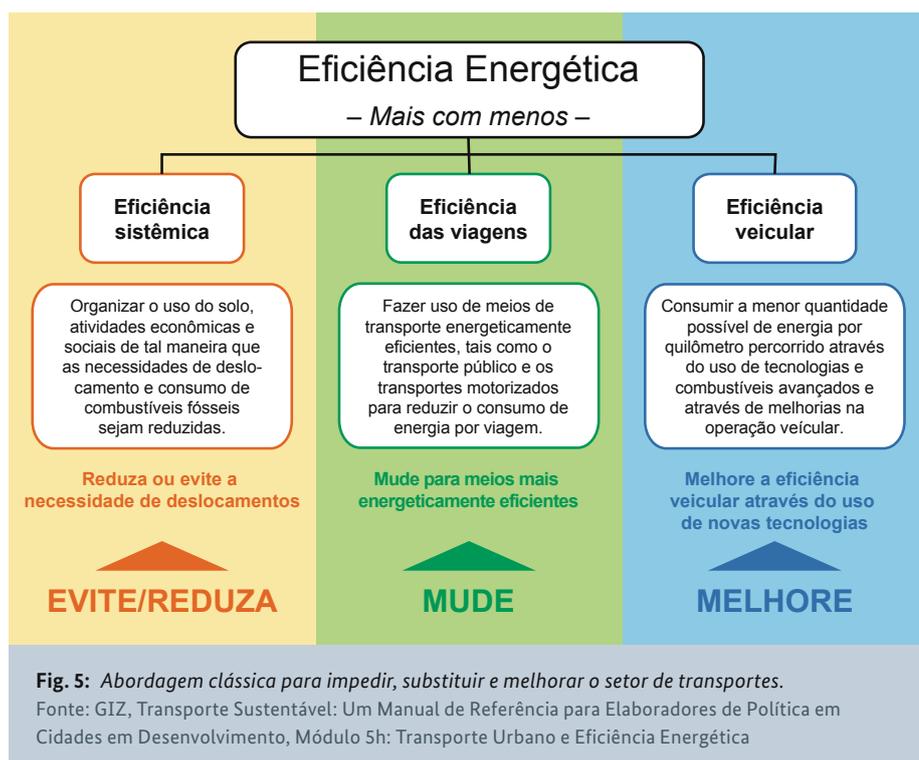
continuar ou repetir os desenvolvimentos negativos no setor de transportes mencionados acima. Neste contexto, recentemente o Banco de Desenvolvimento Asiático ampliou seus critérios para concessão de financiamento para projetos de transporte de modo a atender melhor às 3 prioridades dos interesses econômicos, sociais e ambientais. Até alguns anos atrás, o banco de desenvolvimento focava majoritariamente no financiamento de projetos de construção de estradas; agora o objetivo é desenvolver sistemas de transporte que sejam acessíveis, baratos, seguros e ecológicos (Leonzon, 2010).

Com relação às medidas ecológicas, o atual paradigma na política de transportes é “impedir/reduzir – substituir – melhorar”. Esta simples abordagem significa a aplicação de medidas diferentes a essas 3 categorias (ver Figura 5).

Dentre outras coisas, atualmente a eletromobilidade é vista como uma contribuição para resolver tanto os desafios de transporte quanto os ambientais. Geralmente a eletromobilidade é entendida como meio de transporte com motores elétricos que usam diversas formas de abastecimento de energia. No geral, há uma ampla variedade de tipos de veículos elétricos disponíveis (por exemplo, scooters elétricas, carros elétricos, ônibus elétricos),

embora a estratégia de desenvolvimento seja diferente de acordo com o país e a região. Utilitários pesados e trens elétricos não são objeto deste estudo.

Em sua maior parte, a eletromobilidade inclui-se na categoria de medidas de melhoria, dependendo o tipo de geração de eletricidade e eficiência; ela aumenta a eficiência dos veículos reduzindo a emissão de poluentes por unidade energética. Porém, o motor de combustão interna ainda tem potencial para ser otimizado: No futuro, inovações como injeção direta, downsizing, otimização de engrenagens e outros desenvolvimentos



tornarão os motores de combustão mais eficientes e limpos. Contudo, até a presente data todos os benefícios obtidos pela tecnologia de melhoria de motores têm sido, pelo menos em parte, negada pelo maior peso dos veículos e pela crescente quilometragem anual. Além disso, uma maior otimização tecnológica do motor de combustão interna tem limites físicos e tecnológicos. Ainda, quando comparadas especificamente com as nações industrializadas, muitas economias emergentes e em desenvolvimento ainda têm potencial para melhorar quando se trata de motores convencionais. Esses países podem impor limite de emissões mais rigorosos para transportes motorizados gradativamente, impulsionando a sustentabilidade global do setor de transportes.

Os sistemas de propulsão alternativos também podem melhorar. A eletromobilidade traz a promessa dessas

melhorias extras e de um aumento na eficiência. Comparado aos motores de combustão interna, o uso de motores elétricos em veículos pode ter uma vantagem significativa em termos de eficiência porque a energia usada não precisa ser antes convertida em calor como no caso de motores de combustão; isto significa que pode-se obter níveis muito mais altos de eficiência (ver Figura 6). Hoje, o nível ótimo de eficiência dos motores de combustão é 37% (gasolina) ou 43% (diesel), embora sob as condições operacionais do mundo real geralmente seja muito menor. Por outro lado, os sistemas de propulsão elétrica têm níveis ótimos de eficiência significativamente mais altos, de até 90% (ifeu, 2011). Ademais, as fontes energéticas utilizadas na geração de eletricidade podem ser substituídas por fontes energéticas com baixos níveis de emissão de CO₂ e emissões menos danosas. Maior eficiência energética e o uso de eletricidade

produzida por fontes renováveis são dois pontos de alavancagem importantes da eletromobilidade no setor de transportes.

No entanto, o pleno potencial da eletromobilidade de atender aos desafios relacionados aos transportes e ambientais só pode ser atingido se forem tomadas medidas complementares, como o uso de eletricidade renovável e a expansão da infraestrutura de recarga. O uso adequado dos veículos elétricos (nos transportes coletivos ao invés de no transporte particular) pode revelar-se um importante impulso na mudança para meios de transporte energeticamente eficientes. Dependendo do nível de ocupação, pode ocorrer uma redução significativa nas emissões de poluentes por pessoa. O transporte particular motorizado também pode ser evitado se for combinado com um aumento no número de passageiros nos transportes públicos elétricos ou um aumento no uso compartilhado de veículos elétricos particulares (compartilhamento de carros). Essas opções serão exploradas nas próximas seções.

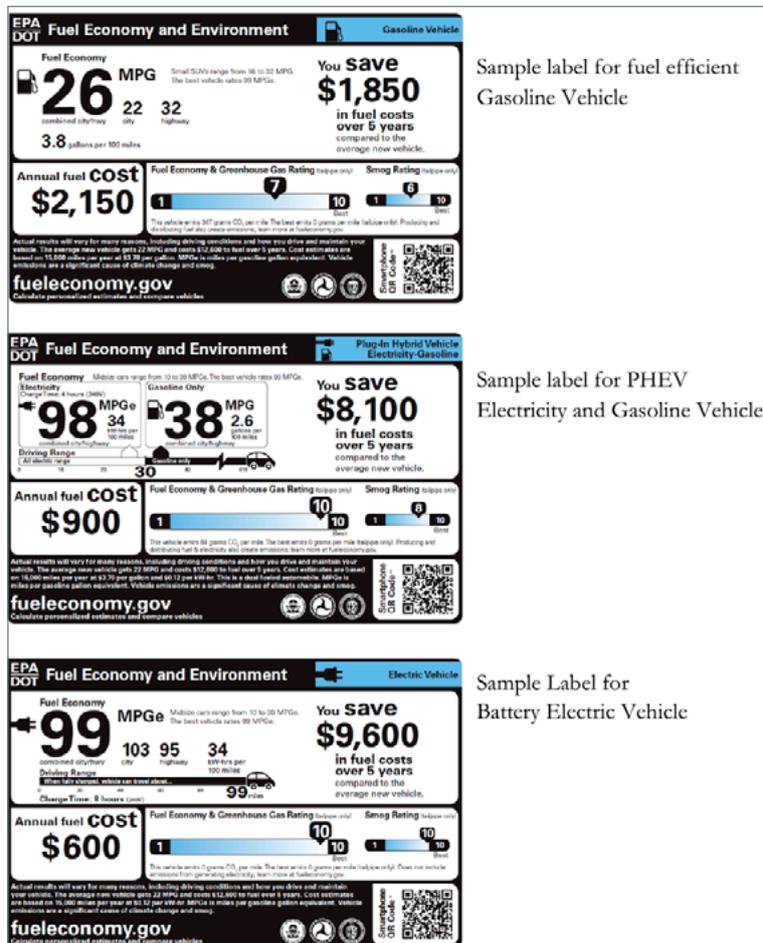


Fig. 6: Etiquetas energéticas para carros dos Estados Unidos.
 Fonte: Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, 2011

3. Formas de eletromobilidade

Atualmente, a eletromobilidade tem sido discutida como uma questão central em todo o mundo. Os motores elétricos têm sido usados em várias áreas do transporte de passageiros; como consequência, a eletromobilidade deve enfrentar desafios e condições específicos em diferentes estágios do mercado de transportes. Há vários anos, os veículos que atendem ao mercado de massa têm sido — mais uma vez — vendidos no mercado. Isto se aplica, particularmente, a veículos elétricos de duas rodas e a veículos de manobra, como empilhadeiras, etc. Diversos fabricantes de automóveis estão vendendo veículos elétricos produzidos em série e veículos elétricos especializados, como taxis e ônibus. A próxima seção diferenciara e explicará brevemente o uso dos motores elétricos em veículos com duas e três rodas, em carros de passeio e em ônibus.

3.1 Características específicas dos veículos com duas e três rodas

A falta de alternativas no sistema de transportes públicos e o aumento crescente das necessidades de mobilidade acompanhado pelo aumento da renda das famílias são alguns dos motivos pelos quais o transporte individual motorizado (TIM) está ganhando importância em muitos países asiáticos. Especialmente nas economias emergentes, o TIM geralmente manifesta-se na forma de veículos de duas rodas motorizados, bicicletas elétricas, scooters e ciclomotores. Esses meios de transporte dominam o tráfego de cidades asiáticas inteiras, normalmente

criando desafios consideráveis no processo. O setor de transportes, de acordo com o Banco de Desenvolvimento Asiático, é responsável por 30% de todas as emissões atmosféricas nos países asiáticos fora da OCDE. Motores de combustão obsoletos e ineficientes contribuem em grande medida para este problema (ver Figura 7). Além dos ônibus a diesel, outras principais fontes de poluentes incluem scooters e veículos de três rodas com motores de dois tempos.

A República Popular da China já respondeu ao problema e proibiu as scooters convencionais. Este movimento foi motivado tanto por problemas ambientais quanto de segurança no trânsito. Contudo, são permitidas ciclomotores elétricos com e sem pedal. Isto levou a uma rápida disseminação dos ciclomotores elétricos, também chamadas de e-bikes, que são relativamente baratas. A possibilidade de recarga em casa e no trabalho significa que dificilmente é necessário uma grande infraestrutura para a recarga desses veículos (ver Figura 8). Estima-se que no fim de 2014 havia 230 milhões de e-bikes em circulação na República Popular da China (OCDE/IEA, 2015).

Além dos veículos de duas rodas populares na Ásia e nos Estados Unidos, que são controlados por um acelerador, também existem as pedelecs, que são bicicletas eletroassistidas cujo motor é ativado através das pedaladas. A bicicleta eletroassistida tem no máximo 250 watt de energia elétrica auxiliar e pode atingir a velocidade de 25 km/h. Bicicletas eletroassistidas são muito disseminadas na Europa e até hoje não desempenham um papel

importante na Ásia. Bicicletas eletroassistidas são consideradas meios de transporte “parcialmente ativos”, trazendo também benefícios para a saúde dos usuários. Ciclistas de bicicletas eletroassistidas podem alcançar altas velocidades por períodos mais longos sem fazerem mais esforço físico do que os ciclistas de bicicletas convencionais. Isso torna a tecnologia acessível a pessoas com restrições de saúde e amplia o raio de desenvolvimento da bicicleta. Na maioria dos países, a bicicleta eletroassistida tem



Fig. 7: Fumaça em Ningbo, China. © 显龙, CC-BY-SA 2.0



Fig. 8: Bicicletas elétricas sendo recarregadas no Distrito de Wuchang, China. © Vmenkov, CC-BY-SA 2.0

o mesmo status legal da bicicleta convencional; não precisam de nenhum seguro especial, registro ou carteira de motorista; em alguns países, inclusive na Alemanha, os ciclistas de bicicletas eletroassistidas não precisam usar capacete. Ciclomotores elétricos precisam de 0,5 a 2 kW/h por 100 km (em média 1 kW/h); isto corresponde a cerca de 1 litro de gasolina. Bicicletas eletroassistidas vão de 30 a 80 km (em média 60 km). Em média, a bateria pode ser recarregada de 300 a 500 vezes antes de sua capacidade diminuir consideravelmente (pedelec-portal, 2011).

Deve ser feita uma distinção sobre as chamadas bicicletas eletroassistidas mais potentes, também conhecidas como “classe suíça”. Esses veículos funcionam como bicicletas eletroassistidas, mas com capacidade de até 500 watt, permitindo que os ciclistas atinjam velocidades de até 45 km/h. Na Alemanha, essas bicicletas precisam de uma licença de operação e somente podem ser usadas por maiores de 16 anos. O ciclista também deve

ter uma carteira de motorista, a bicicleta deve ter um seguro (tag de licença) e eles devem usar capacete (ADFC, 2015).

O mercado global de veículos elétricos de duas rodas está crescendo com a urgência de produtos mais baratos, tecnologia melhorada e aumento da disponibilidade. De acordo com uma estimativa de 2013, cerca de 40 milhões de e-bikes e bicicletas eletroassistidas são vendidas anualmente e esta tendência tem crescido ano após ano. No início dos anos 90, a República Popular da China priorizou o desenvolvimento de e-bikes como um objetivo tecnológico. Atualmente, a República Popular da China é responsável por mais de 85% das vendas mundiais de veículos elétricos de duas rodas, seguida pela Europa (aproximadamente 1,8 milhões), Japão (aproximadamente 440.000) e pelos Estados Unidos (cerca de 185.000). Tendências como as bicicletas elétricas, kits de adaptação que são fáceis de instalar e o uso de e-bikes pelos serviços policiais e de segurança contribuíram para o boom. Além do uso particular de bicicletas elétricas, há um crescente foco em novas formas de uso. Paralelo aos sistemas de compartilhamento de bicicletas, bicicletas elétricas e scooters elétricas estão sendo usadas (em diversas cidades alemãs, entre outros lugares) em sistemas de aluguel que estão sendo testados como complemento ao transporte público convencional (ver Figura 9).



Fig. 9: Esquema de aluguel de bicicletas eletroassistidas pela subsidiária da Deutsche Bahn, a DB Rent, em Stuttgart. © EnBW@Facebook

Box 1: Promoção de triciclos elétricos nas Filipinas

Veículos de três rodas são meios de transporte essenciais nas ruas de muitas cidades asiáticas, enquanto nas cidades europeias até agora eles têm sido uma exceção. Somente nas Filipinas, de acordo com o Banco de Desenvolvimento Asiático (BDA) há cerca de 3,5 milhões de mini-transportes de três rodas, também chamados de triciclos, nas ruas. Eles são usados como taxies e como complemento aos serviços de transportes públicos, ou são usados como uma alternativa onde não há serviços de transportes públicos disponíveis. Nas Filipinas, os triciclos são cerca de 75 % de todos os serviços de transportes públicos. Contudo, esses motores de dois tempos simples emitem uma quantidade desproporcional de poluentes e contribuem para a poluição por emissões atmosféricas (fumaça).

Este é o motivo pelo qual o BDA está fornecendo cerca de USD 300 milhões para ajudar a financiar um projeto nas Filipinas para a promoção do uso dos triciclos elétricos. Outro projeto do governo das Filipinas disponibiliza USD 99 milhões em financiamento e terá a duração de 5 anos, indo até o fim de 2017; neste período, 100.000 triciclos convencionais serão substituídos por triciclos elétricos. Esta abordagem visa atingir diversos objetivos: Além da redução pretendida dos impactos ambientais (declínio de cerca de 260.000 toneladas nas emissões anuais de CO₂),

ela também visa reduzir a dependência das Filipinas da importação de combustíveis (economia de USD 100.000 por ano) e proporcionar aos motoristas de taxies triciclo uma melhor perspectiva de renda. Os veículos elétricos são mais energeticamente eficientes e permitem uma economia de até USD 5 por dia em combustíveis. Além disso, podem ser transportados mais passageiros em triciclos elétricos do que nos convencionais. Em um programa-piloto, os motoristas conseguiram mais do que dobrar sua renda diária. São oferecidos triciclos elétricos de passageiros sob contratos de locação financeira (leasing). Por fim, a fabricação local de veículos elétricos de três rodas cria empregos para a economia local. No final do projeto, espera-se a criação de 10.000 novos empregos (Banco de Desenvolvimento Asiático, 2012).

Os triciclos já estão disponíveis no mercado. “Terra Motors”, por exemplo, uma fabricante japonesa de scooters elétricas, vende um triciclo chamado Y6, que é totalmente elétrico e não emite gases poluentes ao rodar. O veículo pode conduzir até 6 passageiros e alcançar velocidades de até 55 km/h. O fabricante especifica um alcance elétrico de 100 km. A possível economia nos custos de energia é um dos principais argumentos para as vendas (Terra Motors, 2015).

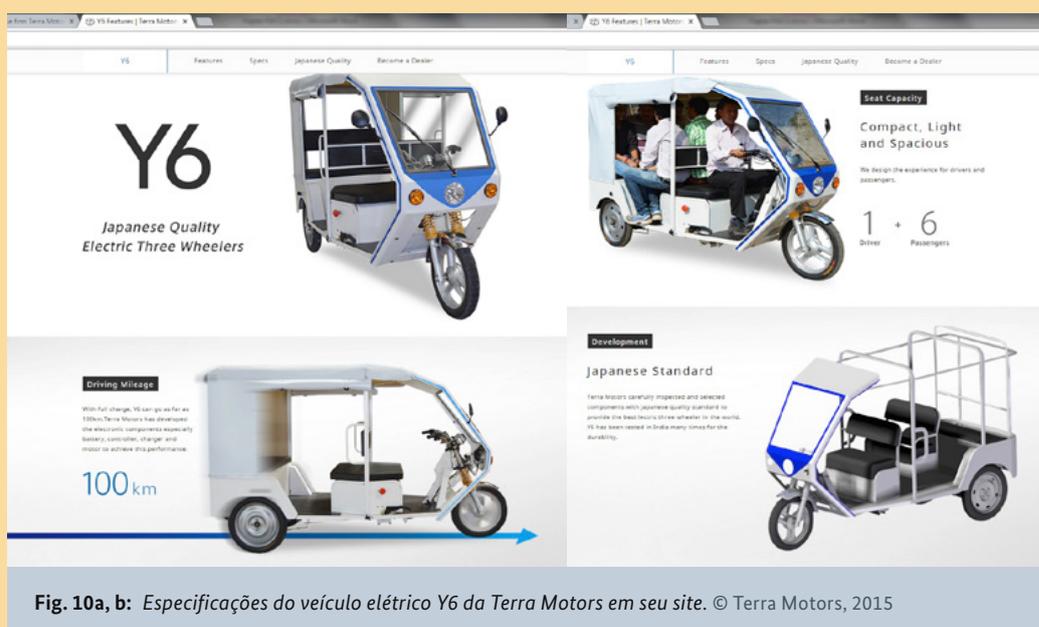


Fig. 10a, b: Especificações do veículo elétrico Y6 da Terra Motors em seu site. © Terra Motors, 2015

3.2 Características específicas do transporte de ônibus

Os ônibus, particularmente aqueles com antigos motores de combustão, são uma causa significativa de poluição nas cidades. Isto é particularmente verdade nas cidades em crescimento das economias emergentes altamente populosas e com densidade de construção, onde muitas vezes há ônibus com motores a diesel com mais de 30 anos ainda em operação. Entretanto, a ideia de usar ônibus elétricos no sistema de transportes públicos não é nova. A Siemens introduziu o primeiro trólebus (“Elektromote”) do mundo em Berlim em 1881. Novos desenvolvimentos entre 1920 e 1960 levaram à disseminação global dos trólebus. Atualmente há mais de 40.000 trólebus em operação ao redor do mundo; eles são usados em mais de 310 cidades e 56 países, incluindo o Leste Europeu, as ex-repúblicas soviéticas, a República Popular da China e a Coreia do Norte, e também na América do Sul (UITP, 2015). A próxima seção resumirá a ampla experiência obtida nesta área.

Os trólebus são alimentados por um ou mais motores elétricos e obtêm sua energia através de pantógrafos (coletores de energia) em fios aéreos que correm sobre a via (ver Figuras 11 e 12). Isto significa que esses ônibus são veículos de pista exclusiva, não sendo guiados por fios. Para permitir o uso por um curto período longe dos fios aéreos, geralmente trólebus modernos são equipados com unidades energéticas auxiliares. Às vezes o sistema é operado por bateria, como no caso de Pequim Cantão e Jinan, onde o ônibus usa bateria de alimentação nas rotas de ônibus que não têm fios aéreos. Contudo, na maioria das vezes são usados motores de combustão como



Fig. 11: Trólebus em Pyongyang, Coreia do Norte, agosto de 2012. © Suez (sophia), CC BY-SA 3.0



Fig. 12: Trólebus em Sofia, Bulgária, 2016. © Manfred Breithaupt

geradores de energia auxiliares dos motores elétricos. Esses geradores operam principalmente com diesel e têm um tanque de combustível menor que o dos ônibus a diesel convencionais.

Os trólebus podem ser comparados a um sistema de ônibus a diesel ou a um veículo leve sobre trilhos (VLT ou bonde). Dependendo da medição, os níveis de ruído são de 50 a 90% mais baixos que os dos ônibus a diesel convencionais e cerca de 25% mais baixos que os do bonde. O consumo energético dos trólebus é cerca de 40% mais baixo que o dos ônibus a diesel, mas cerca de 30% mais alto que o dos bondes. Os trólebus modernos têm uma aceleração melhor que a dos ônibus a diesel, proporcionando uma operação mais estável em viagens mais curtas. Altas velocidades de saída permitem uma fusão no fluxo de tráfego rápida e segura e um bom funcionamento mesmo em terrenos íngremes. Comparados aos bondes, os trólebus também conseguem fazer voltas com um raio mais estreito. E as linhas de trólebus podem ser construídas mais rapidamente que as linhas de bonde: A construção de uma nova rota de trólebus geralmente demora de 2 a 4 anos, enquanto uma rota de VLT precisa de 5 vezes mais tempo do planejamento à conclusão (S2R Consulting, 2009).

Os custos de compra dos trólebus são mais altos que o dos veículos convencionais; atualmente, os trólebus são 2 a 3 vezes mais caros porque sua produção costuma ser



Fig. 13a, b: Trólebus em Valparaíso, fabricados no Chile em 1945, e seu documento de registro de veículo, 2014.

© Manfred Breithaupt

pequena ou seus modelos são personalizados. Entretanto, o maior custo de compra dos veículos é compensado pelo maior desempenho operacional e vida útil dos trólebus, já que sistemas de propulsão elétrica têm níveis de desgaste menor. O período de amortização de um trólebus varia de 15 a 20 anos e eles podem ser usados por 30 anos ou mais. Em Valparaíso (Chile), alguns trólebus estão em operação há 70 anos (ver Figuras 13a, b). Não é incomum que ônibus atinjam níveis de desempenho operacional de cerca de um milhão de quilômetros ou mais. Na Coreia do Norte, ainda estão em operação antigos trólebus com níveis de desempenho operacional de até 2,5 milhões de km.

Além do custo de aquisição dos veículos em si, deve-se levar em consideração o custo dos fios aéreos. Aqui também os custos variam dependendo das condições locais (inclusive topografia e desenvolvimento urbano). Fios aéreos novos – pelo menos na Europa – são amortizados em um período de 25 anos e podem ser utilizados por 40 a 50 anos antes de precisarem ser substituídos (Winterthur Transport Company, Escritório Federal de Energia da Suíça, 2002). Enquanto os custos de investimento nos sistemas de trólebus são bem acima do custo de um sistema de ônibus a diesel, eles são bem mais baixos do que o custo de construção de novas linhas de bonde (até 80%), tendo quase a mesma capacidade de passageiros (TROLLY – Promovendo o transporte público elétrico, 2011).

Os custos operacionais dos trólebus podem ser de 10 a 20% maiores que os dos ônibus a diesel; por um lado, isto ocorre devido aos maiores custos de manutenção, reparo e inspeções regulares dos fios aéreos, por outro lado, devido aos maiores custos de manutenção, particularmente dos pantógrafos dos trólebus (coletores de energia). O motor elétrico em si é de baixa manutenção e os custos de energia são significativamente menores do que os dos ônibus a diesel (puramente), embora sejam maiores que dos bondes (devido à baixa resistência ao rolamento dos sistemas roda-trilho). Entretanto, trólebus modernos são equipados com sistemas de recuperação energética através de frenagem regenerativa, por exemplo, que tem menores custos operacionais ao ponto de ser comparável aos ônibus a diesel. O nível de recuperação depende muito das condições topográficas locais.

Além dos trólebus, também há ônibus puramente operados a bateria, nos quais o abastecimento de energia ocorre através de sistemas de bateria de tração nos ônibus em si. A carga normalmente é feita através de um cabo na parada do terminal ou no depósito de ônibus.

Como uma alternativa para maiores ciclos de carga no depósito de ônibus, também são usados os chamados supercapacitores, que permitem uma rápida absorção e o armazenamento de grandes quantidades de energia. Em Xangai foi desenvolvido o chamado “Capabus” para fins de testes que começaram em 2005 (ver Figura 16). Esses

Box 2: Os ônibus elétricos da China

A empresa BYD, localizada em Shenzhen, teve um particular sucesso neste segmento. A pedra angular do seu sucesso é o modelo K9, que está sendo produzido desde setembro de 2010. O ônibus com 12 metros de comprimento pesa 18 toneladas e é equipado com acesso por rampa. A peça central da BYD é a sua própria bateria de ferro-fosfato com um alcance de cerca de 250 km por recarga. A recarga demora cerca de 5 horas e deve ser realizada de noite no depósito de ônibus. O preço de venda, dependendo das opções de configuração, fica entre USD 395.000 e USD 592.000. Enquanto isso, outros modelos estão sendo disponibilizados no mercado. A BYD enfatiza que é bem possível operar ônibus elétricos com lucro e que sob circunstâncias ótimas eles têm vantagens econômicas sobre os ônibus a diesel.

Os ônibus elétricos têm sido testados em muitas cidades da China desde 2011. Em 2011, os primeiros 200 ônibus elétricos da BYD foram implementados em Shenzhen, seguidos por testes em Changsha, Shaoguan, Xi'an e Haikou City em 2011 e 2012. Apenas em 2014, 600 ônibus elétricos foram vendidos para Nanjing e 1.200 para Dalian. A BYD planeja vender cerca de 4.000 ônibus elétricos por ano apenas na China. A Agência Internacional de Energia (AIE, EV Outlook, 2015) estima que há cerca de 36.500 ônibus elétricos rodando na China desde o final de 2014.

A BYD começou a procurar locais adequados ao redor do mundo para implementar seus ônibus elétricos; em 2011, ela começou a testar seus ônibus no mercado internacional, implementando-os nos Estados Unidos, Canadá e em diversos países da América Latina e da Europa. Na Ásia, seus ônibus são utilizados, dentre outros lugares, em Bangalore (Índia), Bonifácio (Filipinas) e Quioto (Japão). No Brasil, a BYD tem planos de construir sua própria fábrica de ônibus, que no futuro será capaz de produzir 500 unidades por ano para o Brasil, Colômbia, Chile e Uruguai (Fan, 2014). Em Bogotá (Colômbia), os ônibus da BYD estão sendo testados no sistema TransMilenio de BRT. São Paulo também está usando os ônibus da BYD no seu sistema de transportes públicos. É particularmente notável o uso dos ônibus elétricos da BYD no primeiro Programa de Ônibus Rápidos (BRT) Asiático, em Kuala Lumpur (Malásia). A Rapid KL, uma subsidiária da empresa estatal Prasarana, está usando 15 ônibus aqui numa rota de 5,4 km (ver Figura 14). A Prasarana é responsável pelo planejamento e gerenciamento do sistema de transportes públicos da Malásia (MYrapid, 2015).

A BYD ampliou seus locais de produção na China e está planejando construir suas primeiras fábricas internacionais. Nos Estados Unidos, já foi aberta uma fábrica na Califórnia, que será usada para abastecer o mercado americano. Em 2015, a empresa visa vender até 6.000 ônibus ao redor do mundo.



Fig. 14: BRT com ônibus elétricos, Kuala Lumpur, 2015.
© Manfred Breithaupt



Fig. 15: Trólebus em Pequim, China, 2016.
© Manfred Breithaupt

ônibus são equipados com coletores de energia e são carregados nas paradas de ônibus por meio de um fio aéreo que é instalado apenas nas paradas. Desde 2009, esta tecnologia tem sido usada em operações regulares da rota de ônibus nº 11. Em 2013, 17 ônibus estavam operando em 3 outras rotas de ônibus na cidade. Com base na maior estabilidade do ciclo e na maior vida útil dos capacitores, os operadores esperam que os ônibus elétricos equipados com supercapacitores sejam menos caros de operar do que os ônibus com baterias de íon de lítio. Comparada aos ônibus a diesel, espera-se uma economia de USD 200.000 por ônibus em toda a vida útil (Hamilton, 2009).

Esta tecnologia está avançando e sendo testada ao redor do mundo, inclusive pela Bombardier sob o nome “PRIMOVE” para uso em carros elétricos, ônibus e bondes. É possível alcançar capacidades de carga muito altas de 200 kilowatt, de modo que uma parada de apenas poucos



Fig. 16: “Capabus” em uso em Xangai.
© Ywchow, domínio público

minutos basta para abastecer com energia elétrica suficiente para cerca de 15 km (Schwarzer, 2015). Atualmente, o sistema de transportes públicos de Berlim, BVG, também está testando esse tipo de ônibus.

A Daimler tem testado o uso de ônibus híbridos desde 1969. Embora caros quando comparados aos ônibus convencionais, eles têm sido utilizados em operações regulares há vários anos. Outros fabricantes de ônibus também oferecem ônibus híbridos. Os ônibus híbridos diesel-elétricos têm um sistema de propulsão elétrico e



Fig. 17: Ônibus híbrido Fuso no Japão, 2009.
© Cassiopeia_sweet, domínio público

um motor a diesel que recarrega com baterias de íon de lítio. Esses ônibus também têm sistemas de recuperação de energia na frenagem. De acordo com os fabricantes, isto permite uma economia de combustível de 25 a 30% quando comparados aos ônibus a diesel. Ao mesmo tempo, esta tecnologia produz 90% menos partículas de fuligem, 40% menos óxidos nítricos e 30% menos gases de efeito estufa. Enquanto os ônibus híbridos têm sido usados na América do Norte desde 2008, onde operam na cidade de Nova Iorque sob o nome Orion VII Hybrid Drive, a “Mitsubishi Fuso Truck and Bus Corporation” (MFTBC), uma subsidiária da Daimler, construiu os ônibus híbridos “Aero Star Eco Hybrid” no Japão para o mercado asiático (ver Figura 17). Os testes iniciais ocorreram em 2002 durante a Copa do Mundo de futebol. No Japão, o ônibus tem sido usado em serviços regulares há muitos anos (Omnibusarchiv, 2009). No verão de 2013, a Volvo recebeu um grande pedido de Bogotá. 200 ônibus híbridos baseados no chassi de ônibus B215RH da Volvo foram comprados e serão usados como ônibus circulares no sistema de BRT TransMilenio (Bulut, 2013). A América Latina também está começando a testar conceitos de eletromobilidade, com uso inicial em áreas como serviços de entrega, ônibus, táxi e outros serviços de transporte de passageiros, e em operações de compartilhamento de carros. Na Índia, a empresa Fuso tem fabricado caminhões e ônibus para exportação desde 2014, vendendo eles especialmente para os mercados crescentes da Ásia e África (Doll/Tauber, 2014) (ver Figuras 18 e 19).



Fig. 18: Trólebus na Cidade do México, 2011.
© Manfred Breithaupt

A Daimler vê o ônibus híbrido como um precursor para ônibus com células de combustíveis elétricas que rodarão com hidrogênio. Já em 1997, a Daimler-Benz demonstrou com seu *NEBUS* como a tecnologia de propulsão de células de combustível pode ser usada no transporte urbano.



Fig. 19: Tâxi elétrico na Cidade do México, 2011.
© Manfred Breithaupt

Começando em 2002, seu modelo sucessor, *Mercedes-Benz Citaro BZ*, foi implementado em 10 cidades europeias, em Perth e Pequim (Scherf, 2008).

Atualmente, a Toyota está testando um ônibus de passageiros no Japão que é equipado com 2 células de combustível e 2 motores elétricos 150-HP do carro a hidrogênio *Mirai* e 8 tanques de hidrogênio. O ônibus está sendo testado em serviços regulares na cidade de Toyota. Contudo, no momento os custos de aquisição de veículos com células de combustível ainda são consideravelmente mais altos do que outras alternativas elétricas e abastecer os veículos com hidrogênio ainda é considerado difícil, não havendo infraestruturas de postos de abastecimento correspondentes.

3.3 Características específicas dos carros elétricos

Nos países da OCDE, a maioria das discussões gira em torno do mercado de carros particulares como a principal área de aplicação da eletromobilidade. A partir de 2008, diversos governos introduziram claras metas de desenvolvimento para veículos elétricos em suas políticas (híbridos, veículos elétricos a bateria e veículos com células de combustível). O período de crise econômica global entre 2008 e 2009 e 2014 e 2015 pode ser visto como a fase de preparação do mercado para os carros elétricos. Nesta fase, os fabricantes e as instituições científicas envolveram-se em programas de pesquisa com foco específico na assunção proporcional dos custos de investimento na forma de despesas com material e pessoal e na criação de plataformas nacionais e internacionais para o intercâmbio de questões tecnológicas e regulatórias. Contudo, tendo em vista os baixos orçamentos nacionais, espera-se que esses programas de financiamento acabem num futuro próximo, ou ao menos que não continuem nos mesmos níveis.

Em 2020/2021, entrará em vigor a próxima etapa da legislação da União Europeia para CO₂ de carros particulares, o que aumentará a pressão nos fabricantes de automóveis. Especificamente, isto exigirá que os novos carros respeitem um limite médio de emissões de 95 gramas de CO₂ por quilômetro em 2021. Esse valor corresponde a um consumo de 4,1 litros de gasolina ou 3,6 litros de diesel por 100 km. A eletrificação de pelo menos alguns segmentos da frota de veículos pode tornar possível atender a esses limites de emissões mais restritos. Assume-se que os motores de combustão interna convencionais

podem atingir uma média de 110 a 115 gramas por quilômetro (Raabe/Borgmann, 2014).

Portanto, será um desafio produzir VEHPs e VEBs a um custo suficientemente baixo para garantir altos níveis de vendas de veículos. Os Fabricantes também recebem os chamados “supercréditos” pelos veículos elétricos: No período de transição, os carros elétricos podem ser calculados diversas vezes na frota, reduzindo “artificialmente” o consumo médio do respectivo fabricante. Especificamente, um automóvel que emite menos de 50 g CO₂/km pode ser incluído no cálculo da frota duas vezes em 2020, 1,67 vez em 2021 e 1,33 vez em 2022; um veículo é contado somente uma vez no cálculo da frota a partir de 2023. Esses “supercréditos” pretendem fazer a transição para tecnologias de propulsão elétrica mais fáceis, particularmente para os fabricantes de automóveis premium. Além disso, devido ao maior poder aquisitivo de seus compradores, fabricantes de veículos do segmento premium podem absorver os maiores custos do mercado de eletrificação melhor do que os fabricantes de volume. Após diversos fabricantes estarem inicialmente céticos, hoje quase todos os players do mercado estão depositando suas esperanças nos desenvolvimentos técnicos associados com eletromobilidade, embora em níveis variados de extensão e ritmo de desenvolvimento.

O custo da bateria é um fator decisivo no custo de compra de um VEB. Em 2012, um quilowatt hora (kW/h) de uma bateria de íon de lítio custava cerca de EUR 400. Naquele momento, a bateria de um Nissan LEAF, por exemplo, com capacidade de 24 kW/h, equivalia a 1/3 do preço do veículo. Atualmente, um quilowatt hora custa cerca de EUR 200. Elon Musk, fundador da empresa Tesla Motors, estava certo em 2012, quando afirmou, “Eu penso que o custo por quilowatt hora (kW/h) das células vai cair abaixo de USD 200 num futuro não tão distante” (Mein Elektroauto, 2012). Previsões sobre os preços futuros das baterias são regularmente surpreendidas pelo desenvolvimento real.

Além dos custos de aquisição, os custos do tempo de vida também devem ser levados em consideração ao calcular os custos de um veículo elétrico. O chamado Custo Total de Propriedade (CTP) em média é 30% mais baixo para veículos elétricos do que para veículos de combustão interna (global EV Outlook, 2013). Isto baseia-se na presunção de que o custo de aquisição dos veículos elétricos é maior e de que seus custos operacionais são mais baixos



Fig. 20: Estação de recarga, Cidade do México, 2011.
© Manfred Breithaupt

quando comparados com os veículos convencionais. O motor elétrico exige consideravelmente menos manutenção e o preço por quilômetro de um veículo elétrico é menor do que de um veículo convencional. Dependendo de fatores como tipo de veículo, ocupação do veículo e comportamento do motorista, o consumo energético fica entre 15 e 25 kW/h por 100 km, o que corresponde a cerca de 1,5 a 2,5 litros de gasolina. Por comparação, um veículo com um motor a gasolina consome em média cerca de 6 litros por 100 km.

O custo de energia por quilômetro depende do preço local de gasolina/diesel e do preço local de eletricidade, bem como do nível de consumo de combustível de veículo de combustão interna e do consumo de eletricidade de um veículo elétrico a bateria. Há diferenças significativas no preço da gasolina e do diesel nos postos ao redor do

mundo. Se o preço dos combustíveis é subsidiado localmente, as diferenças de eficiência são pouco relevantes economicamente para os usuários. Contudo, a economia pode ocorrer rapidamente se os preços dos combustíveis estão sujeitos a altos impostos (Wagner, 2014). Se e o quão rápido a compra do chamado veículo elétrico a bateria (VEB) vai se tornar economicamente viável continua a depender do perfil operacional específico do veículo (quilometragem, vida útil da bateria e valor de revenda do veículo). Atualmente, dependendo do tipo, as baterias podem alcançar até 2.000 ciclos de carga. Perto do fim do ciclo de vida, o desempenho da bateria cai para 70–80% de sua capacidade inicial disponível (VDMA, 2014). A bateria original de um carro elétrico dura cerca de 8 anos, período após o qual o carro pode continuar rodando, embora a distância percorrida seja reduzida.

Faz-se uma distinção entre os veículos elétricos a bateria (VEB) e os chamados veículos elétricos de célula combustível (VECC). O abastecimento das células de combustíveis dos motores elétricos com energia pode ser gerado diretamente do hidrogênio ou gás metano ou ser armazenado temporariamente em uma bateria de tração. A bateria adicional — na maioria dos casos é uma bateria de íon de lítio — permite a recuperação de energia (por exemplo, da embreagem) e alivia as células de combustível dos ciclos de mudança de carga. Uma pequena produção de veículos já está em curso; os primeiros modelos de veículos de passageiros foram vendidos em 2015. Com alcance de cerca de 500 km e a possibilidade de reabastecimento rápido, os VECCs são considerados uma extensão dos VEBs e ideais para distâncias maiores. Por ora, a infraestrutura de reabastecimento não é adequada e o preço inicial de um veículo com esse sistema de propulsão é muito mais alto do que o de um veículo de combustão interna similar. Como apenas recentemente começou a produção em série dos VECCs, eles não será o foco deste documento.

Resumindo, pode-se concluir que uma alta quilometragem por ano e uma longa vida útil dos carros elétricos e de utilitários leves já os tornam um investimento valioso hoje. Isto aplica-se particularmente a frotas de veículos comerciais. Ao mesmo tempo, os veículos elétricos ainda precisam de muito mais explicação para o cliente do que os veículos convencionais. As possíveis vantagens econômicas não são fáceis de serem explicadas e podem mudar consideravelmente de país a país, enquanto as possíveis restrições em termos de alcance são aparentes:

- Veículos elétricos a bateria têm um alcance limitado. Dependendo do sistema de bateria, os fabricantes especificam alcances médios abaixo de 200 km para todos os veículos elétricos — com poucas exceções, como o *modelo S da Tesla*. Entretanto, experiência no dia a dia tem mostrado que baixos alcances geralmente são ligados às condições do mundo real, dependendo de fatores como condições climáticas, comportamento do motorista e uso de outros itens consumidores de eletricidade nos veículos (por exemplo, ar condicionado). Com um intervalo de utilização médio de cerca de 100 km, geralmente os veículos elétricos só atingem um quinto do alcance de um veículo convencional. Por sua vez, o *modelo S da Tesla*, que é equipado com uma bateria de 85 kW/h, tem um alcance de cerca de 480 km, mas seu preço de compra é significativamente mais alto do que o de outros veículos elétricos. Este carro é o primeiro veículo totalmente elétrico com 5 assentos (mais 2 assentos extras) que, baseado em seu longo alcance e em uma velocidade máxima de 250 km/h, é considerado completamente adequado para estradas. Com mais de 18.000



Fig. 21: Veículo de cidade pequena, Paris, 2012.
© Tobias Gorges

Box 3: A recarga de veículos e a infraestrutura de recarga

Convencional, recarga lenta: Em contraste com o reabastecimento com gasolina, a recarga de um veículo elétrico demora mais tempo, dependendo da tecnologia de recarga usada e do nível de carga da bateria. Por exemplo, um ciclo de recarga padrão AC através de uma tomada Schuko (tomada tipo F, disseminada na Europa) com 230 volts e restrita a 2.3 kW demora um período significativo de tempo para ser completada. Em média, os fabricantes especificam tempos de recarga de cerca de 7 horas (por sua vez, o modelo S da Tesla precisaria de até 24 horas para ser carregado). A recarga com corrente de três fases permite a transmissão de maior potência. Na Europa, a rede elétrica de 400 volts é usada com corrente alternada de três fases. Para correntes (16 A, 32 A, 63 A, 125 A) e potências (11 kW, 22 kW, 43 kW, 85 kW) diferentes, a tomada CEE de cinco polos tornou-se padrão. Os dispositivos auxiliares de recarga também podem ser utilizados para acelerar a recarga. O conector “tipo 2” fabricado pelo Mennekes tornou-se norma na Europa em 2013, permitindo uma potência de 3,6 kW (uma fase) a 43 kW (3 fases). Além disso, o conector correspondente permite uma comunicação contínua entre o veículo e o ponto de recarga, por exemplo de modo para apoiar o ajuste simultâneo da energia de recarga em estações de recarga muito utilizadas ou em recargas reguladas com energia solar autogerada. Neste caso, o tempo de recarga diminui para uma média de 1 a 3 horas (o modelo S demoraria 4,5 horas para recarregar). Em 2012, de acordo com a Iniciativa de Veículos Elétricos, havia aproximadamente 8.000 estações de recarga convencionais na China, 3.000 no Japão e 1.000 na Índia (Global EV Outlook, 2013).

Recarga rápida: Por fim, deve ser mencionada a recarga DC muito rápida. Faz-se uma distinção entre a CHAdeMO e o Sistema Combinado de Carga (SCC). Ambos os padrões podem ser implementados nos veículos com esforços e custos relativamente baixos. A nova tecnologia de recarga é integrada na estação de recarga e a bateria de tração é recarregada diretamente com uma maior corrente contínua ajustada. Isto exige um intercâmbio de dados entre os veículos e a estação de recarga para assegurar uma recarga suave e segura. Devido à potência energética, é necessário um cabo conector pesado e grosso, que fica ligado permanentemente à estação de recarga. Contudo, a recarga rápida cria uma tensão alta na rede elétrica e precisa de proteções adequadas. Em média, uma carga de 80% demora de 20 a 30 minutos. Os chamados supercarregadores produzidos pela Tesla Motors permitem uma recarga de 50% da capacidade da bateria em 20 minutos, 80% em 40 minutos e 100% em 75 minutos. Os supercarregadores serão instalados em autoestradas em número suficiente para a fácil realização de viagens de longa distância apenas com poucas paradas. Somente na China, atualmente há cerca de 70 das estações de recarga rápida da Tesla (Teslamotors, 2015). Eles estão localizados principalmente perto de instalações de serviço, como restaurantes, cafés, hotéis e shopping centers em autoestradas. O Japão tem a maior densidade de estações de recarga rápida. Em 2012, de acordo com a Iniciativa de Veículos Elétricos, o Japão tinha um total de 1.400 estações de recarga rápida operando no padrão CHAdeMO (AIE, 2013).

unidades vendidas, ele é o carro totalmente elétrico do setor de luxo mais vendido nos Estados Unidos.

- A restrição de alcance está evitando um grande número de potenciais compradores de adquirir um veículo elétrico, apesar da quilometragem diária média dos veículos de passageiros nos EUA, por exemplo, ser apenas cerca de 46 km e a distância média das viagens ser de 15 km. Como os EUA tem a maior distância média viajada por dia no mundo, assume-se que os veículos elétricos já podem cobrir as necessidades de mobilidade diária da maioria dos motoristas. Para 2020, a empresa Robert Bosch anunciou uma duplicação da densidade energética, e com isso um aumento correspondente no alcance médio (Schwarzer, 2015).

- Outras perguntas chave giram em torno da infraestrutura de carga: Quão densa ela é (ver Figura 20)? Quem a fornece e de que forma (ver Box 3)? E, com base nisso: Quanto custa recarregar um veículo? Em muitas cidades, particularmente nas economias emergentes, mas também em países que são atingidos frequentemente por catástrofes naturais, a capacidade e estabilidade da rede pública de eletricidade não é suficiente para permitir o estabelecimento de uma infraestrutura de recarga confiável. Nesses casos, o desenvolvimento de soluções descentralizadas poderia ajudar a romper barreiras (ver Box 4).
- Em grandes cidades, muitos proprietários de veículos não têm garagem própria ou acesso a áreas

Box 4: A infraestrutura de recarga descentralizada da empresa Mahindra (Índia)

A fabricante de veículos indiana Mahindra desenvolveu e construiu a sua própria infraestrutura de recarga; as estações de recarga rápida em Bangalore são um exemplo dos seus produtos (dna india, 2014). No começo de 2012, havia cerca de 1.000 estações de recarga públicas operando na Índia. Entretanto, devido aos custos relativamente altos associados à infraestrutura de recarga, a Mahindra já não está mais disposta a cobrir todos os custos sozinha. A empresa está procurando uma parceria público-privada e declarou que está trabalhando com padrões abertos (Mishra, 2014).

Para veículos elétricos de duas rodas, uma possível solução encontra-se na forma de baterias facilmente removíveis e intercambiáveis que podem ser carregadas na rede de eletricidade doméstica. Como não é necessária nenhuma infraestrutura de recarga para veículos elétricos de duas rodas e carros híbridos, o Plano Missão Nacional de Mobilidade Elétrica (PMNME) não dispõe sobre medidas de desenvolvimento de infraestrutura até 2017. Um dos principais desafios da Índia gira em torno da capacidade e estabilidade da rede elétrica. Em média, é usada 80% da capacidade, cuja sobrecarga regular provoca falhas de energia. Isto ocorre porque na Índia são de particular importância as estratégias para desenvolver um abastecimento energético autônomo, por exemplo, na forma de portos solares como complemento aos veículos elétricos.

Neste contexto, o potencial de abastecimento de energia elétrica não somente para os veículos em si, mas também para a rede de energia não deve ser subestimado. Do ponto de vista ambiental, essas abordagens de desenvolvimento de uma fonte energética descentralizada também têm a vantagem de poderem usar fontes energéticas renováveis. Os veículos elétricos que são carregados regularmente a partir da rede elétrica não têm benefícios ambientais, uma vez que a eletricidade da Índia é produzida em larga escala por usinas de carvão (Klötzle *et al.*, 2013).



Fig. 22: Vaga de estacionamento com carregador solar da Mahindra, em Bangalore, 2013.

© Arun Katiyar, CC BY-NC-ND 2.0

particulares onde possam carregar um veículo elétrico. Os usuários costumam confiar em uma infraestrutura de recarga publicamente acessível, tanto em propriedades privadas (como estacionamentos, em supermercados ou no seu local de trabalho) e em propriedades públicas. Além disso, viagens longas exigem recargas complementares, o que torna necessário desenvolver uma infraestrutura pública de recarga que seja acessível “na rua”. Trata-se especialmente da criação de uma infraestrutura de recarga que é considerada um pré-requisito para o sucesso global da eletromobilidade.

A demanda de massa por veículos elétricos só ocorrerá quando houver uma infraestrutura adequada em locais públicos ou privados acessíveis. Inversamente, a construção de uma infraestrutura só será lucrativa para potenciais operadores quando houver demanda suficiente por conta do aumento correspondente no número de veículos

elétricos. Não é comum ver uma infraestrutura de recarga desenvolvida por entidades privadas. Contudo, há casos nos quais os fabricantes de automóveis tornaram-se ativos no desenvolvimento da infraestrutura de recarga. A Tesla Motors, por exemplo, está construindo estações de recarga rápidas em autoestradas (também na Ásia), que irão permitir a recarga gratuita para clientes da Tesla. Os fabricantes japoneses estão apoiando em conjunto um programa financiado pelo Estado para construir estações de recarga. Entretanto, o desenvolvimento de uma infraestrutura de recarga geral exige, em primeiro lugar, esforços do setor público, em particular das cidades.

■ Outros obstáculos no caminho da eletromobilidade incluem padrões uniformes, facilidade de acesso (abertura e operação do ponto de recarga) e um procedimento simples de fatura do processo de recarga. Atualmente estão sendo desenvolvidos padrões técnicos para recarga e faturamento. O desenvolvimento

atual é caracterizado pela padronização do governo e por atividades coordenadas de forma conjunta por diversos fabricantes/grupos de fabricantes. A Toyota, junto com seus concorrentes Nissan, Honda e Mitsubishi, lançou o *joint venture* “Nippon Charge Service”. No futuro, o *joint venture* operará a estação de recarga de veículos elétricos e de veículos híbridos no Japão e garantirá que os motoristas possam carregar seus veículos em qualquer estação. Na Europa, a BMW, a Daimler e outras empresas juntaram-se para criar a empresa Hsubject. Todos os parceiros têm acesso, através de contratos de e-roaming, a todas as estações públicas de recarga que estão conectadas à plataforma (Hsubject, 2015). Contra a experiência dos baixos volumes globais de venda por modelo de veículo, normas padronizadas internacionalmente de plugs e padrões de recarga ajudarão a reduzir os custos (ver Quadro 1).

Dependendo da intenção de uso do veículo, pode ser que motoristas que atualmente desejem percorrer muitos quilômetros não comprem um carro elétrico devido ao alcance limitado, à falta de infraestrutura e aos relativamente longos ciclos de recarga. Geralmente, os motoristas, como os viajantes que precisam cobrir longas distâncias (> 100 km), empregados no serviço de atendimento ao cliente ou viajando como representantes de vendas não

se sentem atraídos pelos veículos elétricos, já que só é possível viajar longas distâncias de uma só vez com um veículo à bateria se forem levadas em consideração muitas interrupções. Entretanto, diversos estudos de mobilidade mostraram que o alcance de um veículo elétrico é, de fato, suficiente para cobrir a média diária global de distâncias viajadas de carro (menos de 50 km por dia) (cf. WWF, 2008, p. 99). Isto significa que os veículos elétricos são adaptados para atender aos requisitos do uso diário urbano dos veículos e dos viajantes, desde que haja a possibilidade de recarga em casa e/ou no local de trabalho.

Finalmente, potenciais compradores geralmente são atraídos pela perspectiva do custo de aquisição direto sobre os custos de funcionamento a longo prazo dos veículos convencionais. Os compradores também consideraram situações potenciais que não ocorrem diariamente e incertezas sobre o desenvolvimento futuro – inclusive o possível valor de revenda – quando decidem qual carro comprar. Um típico exemplo de situação pouco comum que os potenciais compradores consideram ao decidir a compra é a perspectiva de uma viagem de férias única de longa distância com toda a família. Por sua vez, o veículo de dia a dia geralmente leva apenas uma pessoa dirigindo para o trabalho ou para o shopping.

Quadro 1: Visão geral da infraestrutura de recarga pública

	Recarga particular em áreas privadas	Recarga pública em áreas privadas	Recarga pública em áreas públicas	Recarga rápida
Tempo de recarga *)	5–8 horas	1–3 horas	1–3 horas	20–30 minutos
Rede de eletricidade	a expansão da rede é limitada ou não é necessária	pode ser necessário o fortalecimento da rede	conexão com rede necessária, geralmente abaixo do solo, próxima a edificações	expansão da rede acesso necessário
Comportamento do usuário	recarga doméstica geralmente entre 19:00–7:00, recarga no local de trabalho geralmente entre 8:00–18:00	recarga durante o dia, diversos ciclos de recarga ao longo do dia	recarga 24/7, diversos ciclos de recarga ao longo do dia	recarga semelhante ao reabastecimento do veículo diversos ciclos de recarga ao longo do dia
Desafio	—	dependência de particular	nenhum caso de negócios, investimento públicos necessários, cidades como parceiras indispensáveis	alto investimento inicial, integração das instalações, caso de negócios

* baseado em 25 kW/h e começar a mudar a 20% SOC

Fonte: Dados próprios

Além das exigências legais e das políticas nacionais de financiamento, outras condições também desempenham um papel decisivo no sucesso da eletromobilidade. São fatores essenciais a esse respeito a densidade urbana, o acesso funcional à infraestrutura de recarga e os serviços de mobilidade complementares. Essas condições de apoio são essenciais se o alcance da eletrificação for expandido. Serviços inovadores, como sistemas de compartilhamento de veículos podem desempenhar um papel importante nesse contexto.

Independente do veículo elétrico ser usado privadamente ou como parte de uma frota corporativa, os serviços de informação do veículo têm particular importância. Devido ao alcance limitado e às limitações que ainda existem na infraestrutura de recarga, a chamada conectividade do veículo desempenha um papel importante. Os serviços especiais de TIC pelo menos podem ajudar a mitigar as barreiras associadas. Alguns exemplos incluem a previsão da gama restante de veículos, a exibição da infraestrutura de recarga ao redor no dispositivo de navegação e o acesso remoto por smartphone

aos veículos para verificar seu nível de carga. Um outro recurso de otimização é a capacidade de ligar o ar condicionado do veículo enquanto ele ainda está conectado à estação de recarga, antes do motorista ligar o veículo. A conexão do veículo à rede elétrica também pode disponibilizar outros serviços, como uma atualização do software do carro, como ocorre com o Tesla Motors (Berhart *et al.*, 2014).

Devido aos seus específicos perfis operacionais (por exemplo, um grande número de viagens curtas no compartilhamento de carros), geralmente os veículos elétricos são adequados para o uso em uma frota. Frotas de taxis elétricos, que foram testadas pela primeira vez pelo *BYD e6* em Xangai (novos veículos elétricos, 2010), agora estão sendo testadas em diversas cidades ao redor do mundo (<http://www.thinkworth.com/think-xperience>). Elas estão em operação em Shenzhen (a maior frota do mundo, com 850 taxis), São Paulo, Curitiba, Cidade do México, Montevidéu Santiago, Bogotá, Londres, Bruxelas, Rotterdam, San Diego, Nova Iorque, São Francisco e Chicago (BYD, 2015a, b). A fabricante Nissan tem diversos

Box 5: Colômbia

Um exemplo de promoção nacional e local dos veículos elétricos vem da Colômbia. A cada ano, 750 VEs e 750 veículos híbridos são isentos do imposto de importação de 35%. O país também pode importar 100 estações de recarga rápidas e 1.500 estações de recarga domésticas para usuários de veículos híbridos e elétrico sem tarifação. Em Bogotá, os veículos elétricos também são isentos do regulamento “Pico y Placa”, pelo qual os veículos são proibidos no centro da cidade em certos horários, de acordo com o número de placa do automóvel.

As medidas para promover a eletromobilidade no país começaram com o sistema de transportes públicos. A cidade de Bogotá planeja eletrificar 50% da sua frota de taxis até 2024. Em 2012, a cidade começou a introduzir frotas de taxis totalmente elétricos, com 43 taxis e6 da BYD. Atualmente há 50 taxis elétricos rodando em Bogotá. Até 2016, aproximadamente 1.000 taxis elétricos estarão em operação (Marchain/Viscidi, 2015).

A empresa de distribuição de energia CODENSA/EMGESA tem a primeira e maior frota elétrica do país, sendo composta

por veículos elétricos 16 *i-MiEV da Mitsubishi* e 48 bicicletas elétricas. A frota é disponibilizada internamente para os funcionários por meio de aluguel.

Em maio de 2014, a prefeitura aprovou um projeto de contrato para incentivar o uso dos veículos elétricos por meio da criação de mais estações de recarga. Naquela ocasião, a Codensa introduziu uma estação de recarga para veículos elétricos ao custo de 500 milhões de pesos. A estação contém 13 carregadores, carrega taxis elétricos e funciona o dia inteiro. A partir de maio de 2015, havia 4 estações de recarga na cidade.

De acordo com o seu Plano de Avanço Tecnológico, o distrito planeja melhorar a frota do Sistema Integral de Transportes de Bogotá (SITB) de modo a alinhá-la com a legislação nacional e local. Em abril de 2015, 30 ônibus híbridos (operando tanto em faixas seletivas de ônibus quanto em faixas separadas da TransMilenio) começaram a operar para dar apoio Portal do terminal 80. Atualmente a TransMilenio tem uma frota de 260 ônibus híbridos.

Box 6: A “Kandi Machine” – compartilhamento de carros elétricos na RPC

Um exemplo particularmente ilustrativo do compromisso com a eletromobilidade da China é o chamado Kandi Machine. Hangzhou, capital da Província de Zhejiang, está a cerca de 200 km ao sudoeste de Xangai, tendo uma população de cerca de 8,8 milhões de pessoas em toda a área metropolitana. Hangzhou tem uma infraestrutura urbana (transportes) crescente. Em 2012, foi inaugurada a primeira linha de um novo sistema de trens subterrâneos, que até 2050 deve atingir 375 km. A “Bicicleta Pública de Hangzhou” é o maior sistema de compartilhamento de bicicletas do mundo (80.000 bicicletas em mais de 2.400 estações) e o primeiro desse tipo na China (ICLEI, 2011).

Sob a iniciativa da fabricante de veículos chinesa Kandi, foi lançado em 2012 o projeto “Aluguel de Veículos Elétricos com Condução Automática para os Transportes Públicos em Hangzhou” (Kandi Technologies, 2012) como uma iniciativa para introduzir veículos elétricos na cidade. O projeto baseia-se na combinação da sustentabilidade através de motores elétricos (eliminação de emissões locais), eficiência do uso por meio do compartilhamento de carros (um grande número de pessoas compartilhando um pequeno número de carros) e economia de espaço através de estacionamentos mecânicos (empilhamento de muitos veículos em um espaço pequeno durante o processo de recarga; ver Figura 23).

O veículo elétrico *KD-5011* alcança até 160 km a 60 km/h e sua velocidade máxima é 80 km/h (Kandi Technologies, 2014a). Inicialmente ele não estava disponível para venda, só podendo ser usado no contexto de compartilhamento de carros ou em modelos de leasing. O sistema de aluguel de compartilhamento de carros visa competir com o serviço local de táxis em termos de preço (LeSage, 2013). Além de veículos com dois assentos, foram implementados 200 veículos totalmente elétricos com quatro assentos (*JL7001BEV*) em Hangzhou no final de 2013. Até o final de 2014, estavam em uso 9.850 veículos elétricos. Inicialmente, este serviço de compartilhamento de carros era baseado nas estações, ou seja, os veículos tinham que ser pegos e devolvidos na mesma estação. Contudo, ao mesmo tempo os veículos também podiam ser devolvidos em outras estações. A taxa é CNY 20 por hora para um veículo com dois assentos e CNY 25 por hora para um com quatro assentos. Além das tarifas horárias, os veículos também eram alugados para as comunidades locais por um ano direto (Jing, 2015).

A característica singular do projeto são as estações de aluguel. Eles são estacionamentos mecânicos com vários andares, também chamados de “instalações de recarga e estacionamento verticais” ou — devido à sua semelhança a uma máquina de venda automática self-service — de “Kandi

Machines” (Rogowski, 2013). Nessas instalações, os carros elétricos são empilhados verticalmente em plataformas elevatórias hidráulicas, onde são recarregados ao mesmo tempo. Cada estacionamento tem a sua própria fonte energética e um indicador de status de recarga claramente visível. Os usuários deixam e buscam os veículos em uma pequena área de estacionamento em frente ao edifício. Este conceito permite economizar espaço valioso de estacionamento, que está se tornando cada vez mais escasso especialmente nas cidades chinesas. Em setembro de 2013, foram finalizadas 4 dessas estações. Até o final de 2014, 5 delas estavam em operação, 8 estavam prestes a ser abertas e outras 5 estavam sendo construídas. Através de uma parceria entre as empresas Kandi Technologies e Geely Automotive 750, essas instalações serão construídas nos próximos anos. Estão sendo construídos sistemas semelhantes em outras metrópoles chinesas, por exemplo na cidade de Nanjing (7,5 milhões de habitantes), que atualmente está envolvida em negociações para um empreendimento conjunto (Brown, 2014).

Em 2014, o programa de Hangzhou foi transferido para Xangai, onde entre 3.000 e 5.000 veículos elétricos serão



Fig. 23: A “Kandi Machine” em Hangzhou (China), 2013.
© Alexander Jung

implementados em breve. A empresa Zhejiang Zuo Zhong You Electric Vehicle Service (ZZY) opera o empreendimento de compartilhamento de carros e é a primeira prestadora de serviços de um programa de compartilhamento de carros publicamente acessível que funciona exclusivamente com veículos elétricos (Kandi Technologies, 2014b). No começo de 2015, foi assinado um contrato com a cidade de Chengdu, localizada na China central, com uma população de 7 milhões: Até o final de 2015, serão entregues 5.000 veículos elétricos para um novo sistema de compartilhamento de carros (Electric Car News, 2015).

Com este conceito, Wie Gong Jiao implementou uma abordagem inovadora e até então única para resolver a questão dos estacionamentos, um problema crítico para compartilhamento de carros como um todo. Além disso, ao usar veículos elétricos, o prestador pode contornar as restrições locais para o registro de veículos e proibição de direção e tirar vantagem dos subsídios governamentais para veículos para toda a frota de compartilhamento de carros.

modelos de veículos elétricos – *Leaf, NV200* – que estão sendo cada vez mais usados como taxis em diversas cidades ao redor do mundo, inclusive em Hong Kong, Nova Iorque, Barcelona e Londres. Tanto o BYD quanto o *Nissan NV200* estão disponíveis com um alcance de cerca de 300 km, o que é suficiente para o típico uso diário de um táxi (Steffen Edelstein, 2015).

O uso de veículos elétricos em frotas de compartilhamento de carros de frota também está sendo testado internacionalmente. No entanto, muitas vezes os esforços não passam do anúncio e da fase de testes, como foi o caso da campanha de crowdsourcing malsucedida realizada pela Roda Rio 2014 (THE CROWDFUNDING CENTRE, 2015). Alguns anúncios ainda não foram colocados em prática, como é o caso da cooperação, anunciada no início de 2015, entre o BYD e a DirijaJa para criar um serviço de compartilhamento de carros (Luan, 2015).

Por um lado, há serviços de localização, os quais reservam uma vaga fixa de estacionamento para um veículo, onde ele deve ser estacionado e conectado novamente após o uso. A empresa chinesa Kandi, por exemplo, oferece este serviço em cidades chinesas. Por outro lado, os veículos elétricos estão sendo cada vez mais usados no

chamado compartilhamento de carros flexível. Neste cenário, uma frota de veículos opera livremente numa área, ou seja, sem vagas fixas de estacionamento e sem a obrigatoriedade de devolução do veículo no ponto de embarque (mão única). Se o nível de carga cair abaixo do mínimo, a recarga tanto pode ser feita pelo cliente em uma estação de recarga pública ou ser realizada por uma equipe de serviço, seja em uma infraestrutura pública de recarga ou no ponto de recarga do próprio cliente. Os prestadores de serviço de compartilhamento de *car2go*, *DriveNow* e *Multicity* oferecem veículos elétricos em estações exclusivas para uso flexível (“compartilhamento de carros flutuante”), tanto na Alemanha como em algumas outras cidades europeias e na América do Norte. Os serviços combinados também são imagináveis, ou seja, a possibilidade de usar compartilhamento de carros entre estações fixas para que os veículos não precisem ser devolvidos para suas estações de embarque originais. Um exemplo disto é o sistema *Autolib* em Paris (ver Figuras 24a, b; 25 e 26). Isto assegura altos níveis de carga iniciais, uma vez que as estações estão equipadas com equipamentos para recarga, e assim os veículos sempre podem ser conectados (se necessário, o prestador concede um “período de carência” até a próxima estação disponível).



Fig. 24a, b: Carro elétrico inteligente com dois assentos da car2go em Stuttgart, 2016. © Mathias Merforth



Fig. 25: Carro elétrico inteligente com dois assentos da car2go em Berlim.
© Avda, CC BY-SA 3.0

Sistemas de compartilhamento de carros flexíveis tornam necessário o desenvolvimento e expansão da infraestrutura local de recarga, que também pode ser utilizada por veículos privados. Esses sistemas podem fornecer a uma grande parte da população a possibilidade de se familiarizar com os veículos elétricos. Por fim, o alcance limitado dos veículos elétricos faz com que os motoristas utilizem outros meios de transporte quando fazem longas viagens. Nessas situações, o transporte público, como trens ou ônibus rodoviários, pode ser usado ou, alternativamente, o aluguel de carros com um motor de combustão interna ou propulsão híbrida. Tais informações estão sendo incorporadas no sistema eletrônico de informações dos veículos.

Uma vez que outros meios de transporte ou serviços de mobilidade sejam aceitos como uma alternativa aos veículos (elétricos) particulares, poderia haver uma redução no uso dos carros particulares na cidade, mesmo em viagens de curta distância. É possível que vejamos novas soluções para a questão fundamental da necessidade de possuir o próprio veículo. O serviço de compartilhamento de carros significará que um automóvel sempre estará disponível quando necessário. No perfil diário de transporte do cliente de compartilhamento de carros, geralmente há um uso crescente do transporte público ou de bicicletas (bcs, 2007). Os clientes que se tornam ativos no compartilhamento de carros geralmente usam diferentes meios de transporte para viagens diferentes (multimodal), ou mesmo usam diferentes meios de transporte na mesma viagem (intermodal). A existência de conceitos inovadores de compartilhamento de veículos e

um sistema de transportes públicos atraente é um pré-requisito para a mobilidade sustentável e um “trampolim” para a eletromobilidade.

Quanto mais vendedores e prestadores de serviços forem ativos no mercado de mobilidade quanto mais ofertas estiverem disponíveis, maior a flexibilidade do usuário. Ao mesmo tempo, a crescente complexidade faz com que seja mais difícil para o usuário se informar e utilizar as diversas ofertas. O usuário deve obter as informações importantes de diferentes fontes e acessar diferentes meios de transporte, infraestruturas de recarga e áreas de estacionamento. Esperar que o cliente realize esta imensa tarefa e integrar a vasta gama de informações e serviços poderia ser prejudicial para a aceitação do usuário dos serviços de compartilhamento de carros. Portanto, seria benéfico combinar o maior número possível de interfaces no lado da oferta e desenvolver parcerias entre os diversos prestadores de serviços. Isso ofereceria ao cliente uma ampla gama de serviços a partir de uma única fonte, incluindo o faturamento conjunto. A existência de um sistema unificado de informações, acesso e pagamento é outro fator de sucesso no caminho para a mobilidade sustentável.

Em muitos lugares, há diversos sistemas diferentes de informações, acesso, preço e vendas, e também há uma falta de transparência geral sobre o tempo, preço e conforto da viagem. Esta situação dificulta o uso dos transportes multi e intermodais pelos usuários e, geralmente, a operação custa muito caro para o usuário. Um link digital com sistemas de informações, reservas e faturamento é benéfico para todos os grupos de usuários. Por exemplo, motoristas de veículos elétricos particulares também podem se beneficiar da infraestrutura de recarga e das possibilidades de acesso, estacionamento e transferência oferecidos por outros meios de transporte.

Nas duas últimas décadas, tem havido um progresso considerável na área de informações integradas e de sistemas de acesso e pagamento dos transportes públicos com relação à “mobilidade compartilhada”. Por um lado, isto ocorre devido a novas possibilidades técnicas. Recursos como cartões inteligentes sem contato (ver Quadro 2), e cada vez mais soluções digitais em conjunto com smartphones atualmente permitem alguns dos seguintes usos:

- Processamento e rede de informações em tempo real (por exemplo, via aplicativos);
- Confirmação sem papel (usando procedimentos de check-in/check-out);
- Preço específico para a situação (como processos pré-pagos e pós-pagos de acordo com o método do melhor preço, preço de pico, etc.);
- Faturamento sem dinheiro das autorizações dos usuários (por meio de tickets eletrônicos/tickets no celular, por exemplo).

Quadro 2: Sistemas de acesso eletrônicos para os serviços de transportes públicos, etc. (seleção da Ásia)

Sistema	Cidade (país)	Principal usuário	Módulo de serviço	Tecnologia	Data de início	Cartões (ano)
CEPAS/ EZ-Link	Cingapura	Autoridade de Transportes Terrestres	Ônibus, táxi, estacionamento, trem, pagamento eletrônico	CEPAS	2002	
COMMET	Jacarta (Indonésia)	Trem KA Jabodetabek	Ônibus, trem	FeliCa	2013	
easycard	Taipei (Taiwan) <i>et al.</i>	Metrô de Taipei	Ônibus, metrô, pagamento eletrônico, estacionamento	MIFARE	2002	23 milhões (2010)
MoreCard	Delhi, Mum-bai, Jaipur (Índia)	Transportes da Cidade de Jaipur <i>et al.</i>	Ônibus, trem (em planejamento: balsa, pedágio, estacionamento, táxi)		2012	
Cartão Inteligente de Nagasaki	Nagasaki (Japão)	Bonde Elétrico de Nagasaki	Ônibus, bonde	FeliCa	2002	320.000 (2005)
Octopus	Hong Kong (China)	Empresa MTR	Ônibus, metrô, trem, pagamento eletrônico, estacionamento	FeliCa, NFC	1997	24 milhões (2006)
PASPY	Hiroshima (Japão)	Trem Elétrico de Hiroshima u. A.	Ônibus, trem, balsa	FeliCa	2008	
Shenzhen Tong	Shenzhen (China)		Ônibus, metrô, táxi, pagamento eletrônico	Time COSFLY/RFID-SIM	2004	3 milhões (2008)
Cartão SPASS	Dhaka (Bangladesh)	Bangladesh Road Transport Corp.	Ônibus	FeliCa		
Suica	Região de Tóquio <i>et al.</i> , (Japão)		Trem, pagamento eletrônico	FeliCa (também móvel)	2001	30 milhões (2009)
STPC	Xangai (China)	Transportes Públicos de Xangai	Ônibus, metrô, balsa, táxi, pagamento eletrônico	FeliCa	1999	
Touch 'n Go	Malásia		Transporte público, pedágios rodoviários	MIFARE	1997	
Yang Cheng Tong	Guangzhou (China)	Guangzhou Metro Corp. <i>et al.</i>	Ônibus, metrô, balsa, táxi, estacionamento, pagamento eletrônico		2001	5 milhões
Yikatong	Pequim (China)	Adm. Municipal de Pequim	Ônibus, metrô, táxi, compartilhamento de bicicletas, pagamento eletrônico	MIFARE	2003	42 milhões 2011

Fonte: Dados próprios, AECOM 2011 *et al.*

Esses serviços oferecem algo de um “contramodelo” para os veículos particulares fora da rede. Notavelmente nas áreas metropolitanas asiáticas, os sistemas de acesso eletrônico têm sido utilizados há anos e estão cada vez mais disseminados. Embora o foco aqui seja para a maior parte das ofertas de transporte público (tickets inteligentes),

interfaces eletrônicas também oferecem pontos de partida ideais para serviços extras, tanto dentro como além do setor de mobilidade. Não menos importante, os sistemas eletrônicos de acesso também permitem às autoridades a possibilidade de influenciar o desenvolvimento da eletromobilidade em suas respectivas áreas

de responsabilidade. Por exemplo, é possível ligar os cartões/aplicativos dos usuários dos serviços de mobilidade com um pedágio ou sistema de gestão de estacionamentos local, concedendo condições privilegiadas aos usuários de veículos elétricos. Informações sobre o tipo do sistema de propulsão, fornecidas pelo carro ou pelo aplicativo, podem servir como legitimação para usar determinadas áreas de tráfego, baias de parada ou vagas de estacionamento.

Os padrões devem ser definidos com os diversos interessados reunidos e as interfaces de informações devem ser desenvolvidas. Isso pode significar consideráveis esforços e custos administrativos. Um exemplo é o *MoreCard* indiano que está sendo desenvolvido atualmente; ao mesmo tempo, há aplicativos de Delhi, Mumbai e Jaipur que estão sendo ampliados para que seja estabelecido um padrão para toda a Índia e que, em última análise, abrangerá balsas, taxis, estacionamentos, pedágios e serviços de transporte paralelo (India Today, 2011). Com base nos dados coletados, os serviços via Internet e smartphones terão potencial para criar novas interfaces com os clientes e mudar as cadeias de geração de valor. Isto apresenta tanto oportunidades quanto riscos para as partes interessadas, uma vez que o processo também levanta questões sobre o poder de distribuição, ou seja,

sobre quem controla a interface com o cliente. Há um risco real dos fornecedores estabelecidos perderem este controle como consequência do desenvolvimento recente de meios de distribuição, que se tornam fornecedores diretos do serviço. Contudo, no geral, é importante ter em mente a chance que este desenvolvimento apresenta, especialmente no contexto da crescente digitalização, pois surgirá um grande número de aplicativos e oportunidades de negócios.

Concluindo, pode-se afirmar que o motor de combustão interna e o sistema de propulsão elétrica representam diferentes conceitos de mobilidade que, no entanto, não são mutuamente excludentes. A maioria dos especialistas concorda que, pelo menos no futuro próximo, aumentará a eletrificação dos componentes da propulsão enquanto o motor de combustão interna continuará sendo usado. O objetivo desta hibridização é aumentar os níveis de eficiência (consumo de combustíveis/emissões de CO₂). Os veículos híbridos são caracterizados pela combinação de dois conceitos de direção: Motores a combustão e motores elétricos com unidade de armazenamento de energia (bateria). Há diversas combinações possíveis: De microhíbridos com função start/stop and e unidades auxiliares eletrificadas, a híbridos suaves com o chamado torque durante a aceleração e recuperação de energia da embreagem (*Toyota Prius*) a híbridos completos que podem mudar para a operação totalmente elétrica para distâncias curtas ou longas. Em regra, carros de passageiros altamente “hibridizados” consomem até 25% menos combustível. Busca-se um conceito similar com veículos elétricos de alcance estendido (VEAE), que operam eletricamente a maior parte do tempo e ativam o motor a combustão apenas para obter um aumento no alcance (*BMW i3 plus*, *Opel Ampera*/*GM Volt*). Este estudo foca apenas naqueles veículos que podem ser abastecidos eletricamente com energia elétrica que podem viajar distâncias curtas ou longas somente com energia elétrica. Esses veículos são chamados de híbridos tipo plug-in (VHP ou VEHP).



Fig. 26: Carro elétrico inteligente com dois assentos da car2go, Stuttgart, 2016.
© Mathias Merforth

4. Motivações para a promoção da eletromobilidade

Meios de transporte alimentados por energia podem, com o suporte adequado, ser utilizados mesmo quando o custo é desfavorável. Este é o caso, por exemplo, de quando veículos de combustão interna comparáveis não são permitidos devido à intervenção regulatória – como ocorre com o banimento das scooters tradicionais em muitas cidades chinesas. Disposições fiscais ou desvantagens no uso de pistas rodoviárias e vagas de estacionamento, por exemplo, podem tornar os meios de transporte elétricos mais atraentes do que os veículos convencionais (ver Figura 27).

Com toda a probabilidade, ainda serão necessários muitos anos de apoio governamental para estabelecer com firmeza a eletromobilidade no dia a dia.

Em nível nacional, podem ser identificadas diferentes motivações no apoio à eletromobilidade, e frequentemente elas existem em combinação com umas com as outras. A próxima seção analisará as seguintes cinco motivações:

- Redução da dependência econômica e política (importação de material bruto);
- Contribuição para a proteção ambiental internacional e nacional (metas climáticas);
- Redução do impacto ambiental local (poluição atmosférica e ruído);
- Desenvolvimento e ampliação das vantagens competitivas (fabricação de automóveis, tecnologia de baterias);
- A eletromobilidade como um ponto de partida para uma transformação no sistema (rede).

Os efeitos das medidas tem desdobramentos em diversos níveis administrativos (internacionais, nacionais e regionais). As metas suprarregionais são fáceis de serem atingidas se integradas nos planos e programas dos governos das cidades. Levando em conta o poder aquisitivo necessário, as necessidades de infraestrutura e por último, mas não menos importante, a urgência do problema em mãos, a eletromobilidade inicialmente predominará nas áreas urbanas mais populosas e densamente desenvolvidas. Contudo, mesmo nelas a promoção da eletromobilidade é mais promissora se der apoio às necessidades locais das cidades onde são implementadas. As autoridades locais, ao proporcionarem um planejamento espacial e de infraestrutura, incentivos financeiros e parâmetros



Fig. 27: Referência ao carregador público, Paris, 2007.
© Andrea Broaddus

regulatórios e informais, definem o quadro na qual a eletromobilidade pode se desenvolver no ambiente urbano. Em última análise, é o pacote global, ou seja, uma mistura bem equilibrada de medidas que determina o sucesso ou não da mobilidade sustentável em geral, e da eletromobilidade particularmente. A próxima seção vai introduzir diversas motivações levando em conta as situações das economias emergentes e em desenvolvimento na Ásia. Na prática, motivos específicos tendem a se sobrepor e as características específicas dos países das cidades geralmente se desenvolvem, o que será ilustrado como um exemplo.

4.1 Redução da dependência econômica e política (importação de material bruto)

Uma possível motivação para a promoção da eletromobilidade é a alta dependência do petróleo pelo setor de transportes. À longo prazo, obtêm-se uma redução na

dependência da importação dos combustíveis fósseis pelo crescente uso de sistemas de propulsão elétrica no tráfego e pela recarga desse sistema com eletricidade renovável autogerada. Tanto em países industrializados como em muitas economias emergentes e em desenvolvimento, particularmente em cidades, a rede de eletricidade já existe em grande parte. Portanto, pelo menos para veículos elétricos a bateria, não precisa ser construída nenhuma infraestrutura nova. O Japão, que tem poucos recursos naturais, está interessado na redução da sua dependência de petróleo, e há anos o país tem explorado possibilidades de economia de energia usando fontes energéticas sem combustíveis fósseis. Este é um dos motivos pelos quais o desenvolvimento e a criação de um mercado de veículos híbridos e elétricos têm sido buscados de forma consistente no Japão. A eletricidade usada para prover energia à eletromobilidade pode ser gerado a partir de diferentes fontes e, dadas as possibilidades de produção nacionais, isso ajuda a reduzir a dependência da importação de combustíveis fósseis. Neste processo, a expansão da capacidade extra de energias renováveis desempenha um papel importante.

Do ponto de vista da política climática, parece promissor dar prioridade aos países que já têm uma fatia relativamente alta de energias renováveis em seu mix de eletricidade quando se trata de projetos de eletromobilidade. Na Ásia, alguns dos países mais promissores incluem a Armênia, Butão, Geórgia, Quirguistão, Tajiquistão (> 500 kW de geração elétrica por 1.000 habitantes e mais de 30% de hidroeletricidade), assim como Laos e Sri Lanka (> 100 kW de geração elétrica por 1.000 habitantes e mais de 50% de hidroeletricidade) (Schiffer, 2015). Se os combustíveis fósseis continuarem sendo a fonte de energia predominante para os veículos elétricos, como é o caso da República Popular da China, os carros elétricos terão um balanço de CO₂ negativo quando comparado a veículos a gasolina e diesel.

Substituir um grande número de veículos convencionais por veículos elétricos leva apenas a um aumento moderado no consumo de eletricidade; na Alemanha, por exemplo, se todos os carros de passageiros fossem operados com eletricidade, o volume necessário de eletricidade aumentaria cerca de 16% (Wüst, 2008). Para os países da América Latina, a energia renovável está se tornando cada vez mais importante, com o sistema de abastecimento de energia em geral sendo expandido e diversificado. A hidroeletricidade possui uma fatia significativa da energia usada

na geração do mix de eletricidade. Em diversos países da América do Sul, ela representa a maior fatia da geração do mix de eletricidade (Brasil 69,6%, Colômbia 67,5%). Porém, outras formas de produção de eletricidade renovável também têm um grande potencial para ampliação na América Latina. No Chile, por exemplo, recentemente tem sido feitos investimentos substanciais na energia solar – um desenvolvimento que também está ocorrendo no México. Nos próximos 5 anos na América Latina (inclusive no Caribe), espera-se a instalação de mais energia solar, totalizando nove gigawatt de capacidade.

Os mercados de automóveis estão principalmente no Brasil, Chile e México. A capacidade geral de PV de todos os projetos em toda a região é maior que 22 gigawatt (GW). No Brasil, está sendo planejada uma maior diversificação do sistema de abastecimento de energia, com base na crescente exploração da energia eólica (Deutsche Welle). Na Argentina, onde o mix de eletricidade a partir de fontes renováveis (não incluindo a hidroeletricidade) representa apenas cerca de 1%, havendo um imenso potencial para o mix de eletricidade a partir do sol e do vento. Em 2016, sob Lei de Energias Renováveis Argentina, a fatia aumentará para 8%. Para países que já têm uma grande fatia de geração de eletricidade sem CO₂ através da hidroeletricidade (como o Brasil e a Colômbia), a eletromobilidade já é uma alternativa sustentável para a tecnologia de propulsão. Em outros países com uma fatia relativamente alta de combustíveis fósseis no mix de eletricidade (inclusive Argentina e Chile), os esforços devem focar inicialmente na criação de uma sólida fundação de energias renováveis (incluindo o aumento do rendimento das energias solar e eólica).

O desenvolvimento da eletromobilidade não ameaça seriamente a orientação renovável da produção de eletricidade. Pelo contrário, a eletromobilidade pode ser uma outra forma de provar a sustentabilidade como uma política energética. Isto poderia proporcionar uma motivação subsequente para os países com alta dependência de importação de energia para promoverem políticas de energias renováveis. Eventualmente, isso os tornaria candidatos para uma ampla introdução da eletromobilidade sustentável.

Contudo, veículos híbridos, híbridos tipo plug-in e todos os carros elétricos de passageiros precisam de peças e componentes especiais e de uma variedade de matérias-primas exóticas, como neodímio, praseodímio, disprósio, térbio, gálio e germânio. Muitos desses elementos são

“terras raras”. Apenas poucos países no mundo extraem essas matérias-primas; há poucos anos, havia um medo generalizado de que o uso desses recursos para a produção em massa de grandes veículos a bateria poderia levar, a médio prazo, a uma dependência desses países. A República Popular da China possui 40% das reservas conhecidas de terras raras, os EUA tem 13% e os países da antiga União Soviética tem 20%. Como muitos países não mineram terras raras até recentemente, cerca de 97% desses minerais vêm de minas chinesas. Após o país estabelecer uma posição dominante no mercado nesta área, ele novamente restringiu a exportação em 2010. Contudo, a demanda continua crescendo e junto com ela, o preço. Desde o verão de 2010, os preços de certas terras raras aumentam de 10 a 15 vezes no período de um ano (Leuphana Universität, 2013; Öko-Institut, 2011, p. 39).

Contudo, desde então os Estados Unidos e a Austrália começaram a minerar terras raras e a fazer grandes esforços para reciclar terras raras de baterias. Como consequência, o preço das terras raras caiu. Ao mesmo tempo, foram encontrados novos materiais para substituir terras raras e assim caiu a demanda. No começo de 2015, o governo da República Popular da China decidiu aumentar as restrições de exportação de terras raras. Atualmente não há dependência unilateral e, pelo menos a médio prazo, não se espera que haja dependência de um ou de um pequeno número de países exportadores fabricantes de baterias (Sorge, 2014).

4.2 Contribuição para a proteção ambiental internacional e nacional (metas climáticas)

O alto nível de eficiência energética associado à eletromobilidade quando combinado com uma produção de eletricidade renovável descentralizada possui um potencial considerável para reduzir as emissões de gases de efeito estufa dos transportes, desde que o abastecimento de eletricidade seja feito com energias renováveis. Ao contrário de outros setores econômicos, a contribuição do tráfego motorizado para a proteção climática tem sido mínima ou até mesmo negativa devido às significativas taxas negativas dos veículos motorizados e da dependência do setor de transportes do petróleo. Por este motivo, esforços específicos devem ser feitos neste setor, de modo que trocando as fontes energéticas seja atingida a meta internacional de 2°C (ou seja, a restrição do aquecimento global para baixar 2°C). Em Paris, a “Declaração da COP 21” baixou a meta para 1,5°C.

As economias emergentes da Ásia e América Latina, onde o crescimento populacional e econômico é significativo e a motorização está em suas fases iniciais e aproximando-se de outros países, desempenham um papel chave neste processo. Contudo, independente de ser o carro elétrico ou o carro convencional a melhor forma de motorização individual do ponto de vista da proteção climática, é preciso uma análise mais profunda e a longo prazo em todo o ciclo de vida.

4.2.1 Emissões de CO₂ relacionadas à direção

Se em uma primeira etapa são consideradas apenas as emissões energéticas de CO₂ de veículos (tanque para volante), um veículo elétrico é superior a um veículo com um motor de combustão interna. Se um inclui as emissões de CO₂ oriundas da produção de gasolina/diesel ou eletricidade (volante para tanque), um chega ao valor total de emissões de CO₂ geradas pela produção de combustíveis e operações de veículos (volante a volante). Um valor significativo de emissões de CO₂ é produzido na extração de combustíveis fósseis. Grande parte eletricidade usada em motores elétricos é produzida em usinas de energia que também transformam energia elétrica por meio de energia térmica – que também levam a perdas de transmissão e eficiência na cadeia energética. Se a energia térmica é gerada por combustíveis fósseis, é produz emissões consideráveis de CO₂. Na avaliação do poço às rodas, a diferença entre o motor de combustão interna e motor elétrico é muito menos pronunciada. Os benefícios ambientais dos veículos elétricos são determinados crucialmente pelo método da produção de eletricidade (fontes energéticas finitas ou renováveis). No entanto, um veículo elétrico tem potencial – dependendo do mix de eletricidade que o alimenta – para emitir significativamente menos CO₂ que um veículo motor a combustão convencional.

4.2.2 Produção e descarte de veículos

Se a comparação entre os veículos convencionais e os elétricos considera não apenas as emissões de CO₂ para o sistema de propulsão, mas também os efeitos ambientais da produção e descarte de veículos, o resultado é diferente: A produção de um veículo convencional com um peso médio de 1,5 toneladas consome cerca de 70 toneladas de recursos.

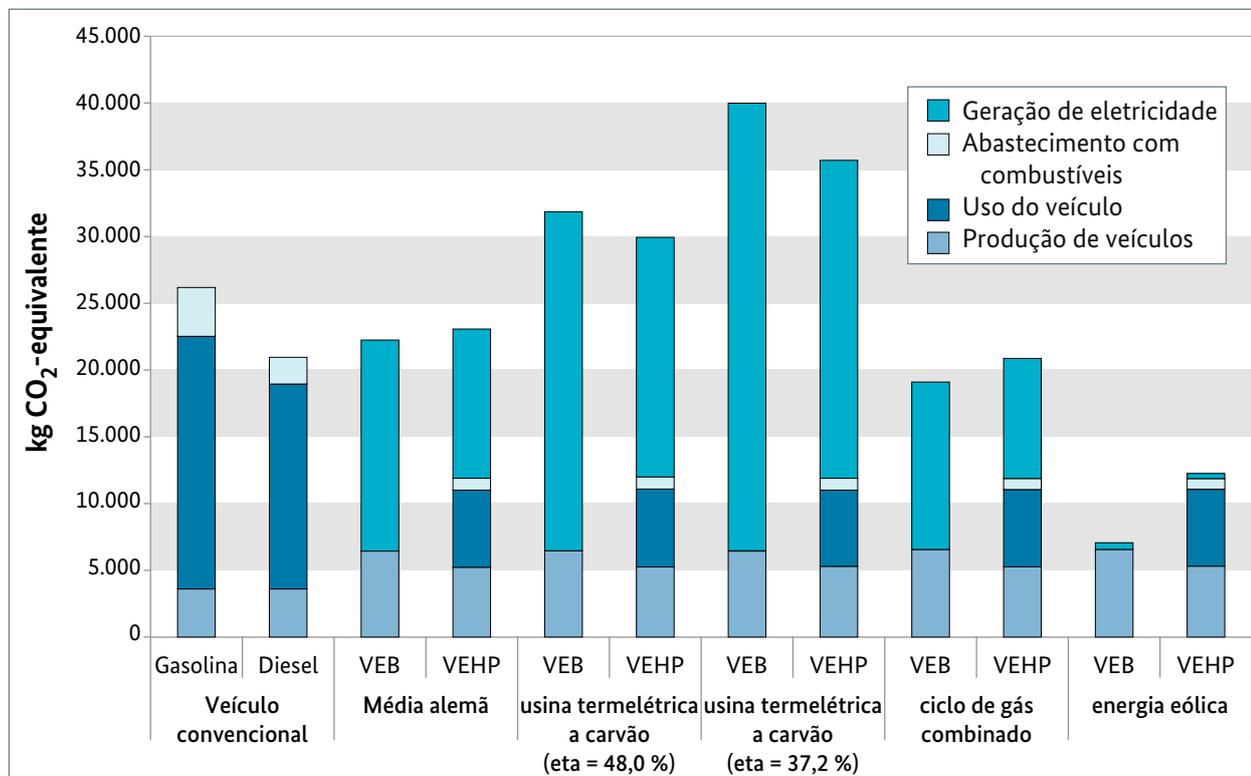


Fig. 28: Comparação da pegada de CO₂ de carros de passageiros com diferentes sistemas de propulsão. Fonte: ifeu, 2010

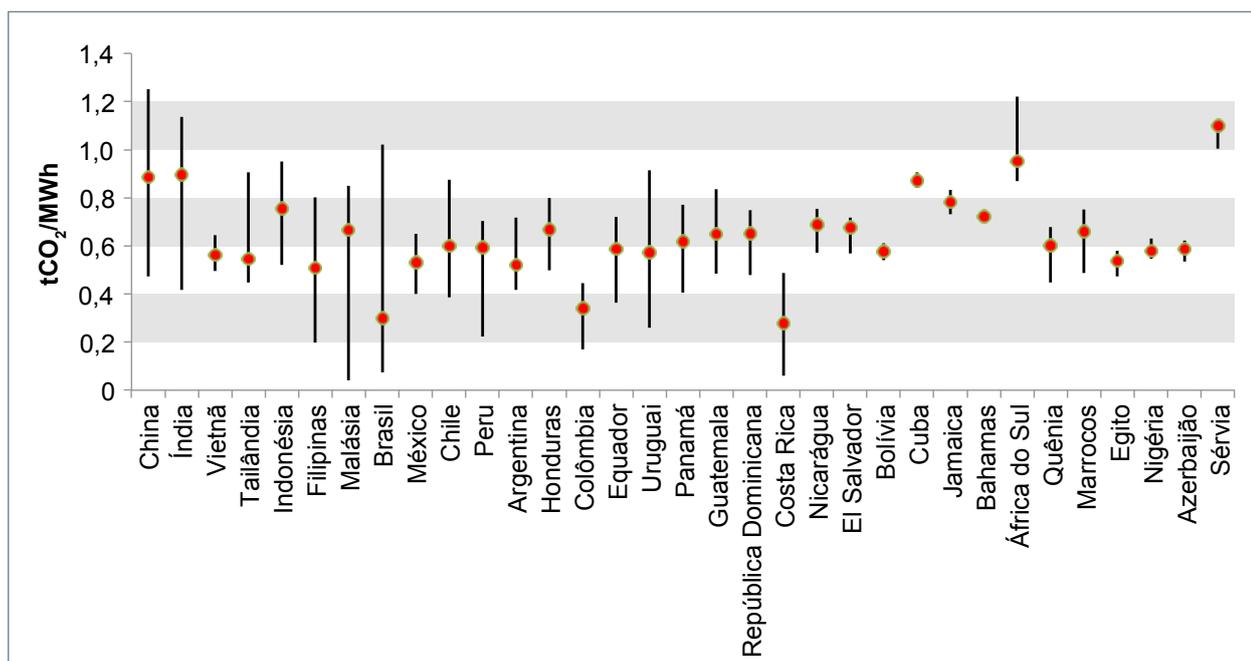


Fig. 29: Fatores de emissão da rede. Fonte: Base de dados IGES dos fatores de emissão da rede.

Apenas o processo de produção de carros de passageiros, dependendo do desempenho do veículo em todo o período de uso, contribui com 15 a 20% de todas as emissões de CO₂. A produção em massa de baterias de veículos pode levar a problemas ambientais consideráveis porque seus acumuladores de alta performance usam principalmente lítio, um metal cuja extração pode causar danos significativos para o meio ambiente. Como consequência, independente do dimensionamento dos sistemas de bateria dos veículos, a fabricação de veículos elétricos no pior dos casos pode ter um equilíbrio ecológico que é duas vezes mais prejudicial do que a fabricação de veículos convencionais. Levando em conta todo o ciclo de vida de um veículo elétrico, hoje o processo de fabricação contribui com mais de 30% de seu impacto ambiental. Isto baseia-se na presunção de que a vida útil média de um carro de passageiros exige 1,5 bateria e produz cerca de 11 toneladas de emissões de gases de efeito estufa. Neste caso, o impacto ambiental de um veículo elétrico é duas vezes mais alto do que a de um veículo convencional, que produz cerca de 6 toneladas de gases de efeito estufa. Por sua vez, o descarte e a manutenção dos veículos desempenha um papel pequeno (emobil-umwelt.de, 2015) (ver Figura 28).

4.2.3 Mix de eletricidade

A crescente eletrificação dos transportes é uma das principais portas de entrada para as energias renováveis no setor; contudo, para veículos elétricos é importante considerar como o mix de eletricidade é gerado (e, além disso, considerar a proximidade dessas emissões com as áreas populosas). Por exemplo, considerando que a intensidade de GEE de uma típica usina energética a carvão é de cerca de 1 g CO₂/MWh na saída para veículos elétricos a bateria com uma eficiência de 200 Wh/km, isso equalizaria as emissões dos veículos em cerca de 200 g CO₂e/km, sendo maior do que um veículo leve híbrido (Slocat, Transportes e Energias Renováveis – Descarbonizando os combustíveis no setor de transportes, 2015).

A Figura 29 mostra a variação nos fatores de emissão da rede elétrica para diferentes países (23). Os países com grande capacidade de hidroeletricidade (por exemplo, Costa Rica, Colômbia ou Brasil) têm eletricidade relativamente limpa, enquanto países com geração de eletricidade a carvão produzem eletricidade com maiores emissões de CO₂ (por exemplo, África do Sul, Sérvia).

Contudo, os efeitos ambientais negativos da produção de baterias podem ser compensados se o mix de eletricidade da carga for de fontes energéticas renováveis e se os veículos rodarem uma boa quilometragem. Uma substituição indiferente e generalizada dos veículos convencionais por veículos elétricos não é necessariamente vantajosa, pelo menos do ponto de vista do equilíbrio ecológico durante todo o ciclo de vida do veículo. Primeiramente, a eletromobilidade exige o desenvolvimento e a implementação de uma capacidade extra de eletricidade renovável. Quanto mais renovável for o mix de eletricidade, melhor é o equilíbrio ecológico. Se um veículo elétrico usasse 100% de eletricidade verde, o impacto ambiental adicional da fabricação de baterias, quando comparado a um carro de passageiros convencional rodando com combustíveis fósseis, seria compensado após cerca de 30.000 km (ifeu, 2010). Quanto menos “favorável” for o mix de eletricidade, maior será a quilometragem que um veículo elétrico precisa para atingir um efeito positivo geral.

4.2.4 Uso do veículo

Para os veículos elétricos poderem atingir um alto desempenho, ou um desempenho comparável ao dos veículos convencionais, é necessário um exame mais detalhado das possíveis formas de uso dos veículos considerando as restrições associadas à eletromobilidade. O menor consumo de combustível e o nível ótimo de energia de um automóvel com um motor de combustão interna por 100 km é atingido numa velocidade média entre 70 km/h e 110 km/h na maior marcha. Velocidades mais altas provocam um aumento acentuado no consumo energético como consequência da maior resistência do ar. Abaixo deste nível ótimo, o motor é usado no chamado alcance parcial operacional da carga, o que resulta em menor desempenho e maior consumo. Portanto, os veículos elétricos são particularmente bem adaptados para o uso no tráfego urbano com alta quilometragem e para viagens regulares entre 30 e 50 km por viagem. Em tais cenários de uso, os veículos elétricos poderiam contribuir de forma importante para reduzir as emissões urbanas e os níveis de ruído, já que o motor elétrico tem vantagens consideráveis sobre o motor de combustão interna, particularmente no uso urbano. As emissões extras de gases de efeito estufa da produção de baterias podem ser compensadas a partir da quilometragem operacional de cerca de 50.000 km e de um mix de eletricidade de 40% de

fontes energéticas sem CO₂. Baseado em uma média, no caso do uso misto de veículos (urbano e em estradas), isso ocorreria somente após 90.000 a 100.000 km. Um VEB na cidade tem uma vantagem sobre o carro de passageiros a diesel, começando em cerca de 100.000 km (ecomobilumwelt, 2015). Os níveis de quilometragem médios diários mostram que a eletromobilidade compensa para os viajantes que vivem em cidades de médio e grande porte e para usuários comerciais, como mensageiros e equipes de enfermagem. Apesar destes potenciais benefícios para determinados grupos de usuários, geralmente os motoristas querem que seus veículos sejam de grande alcance, mesmo que isso tenha apenas efeito psicológico. Portanto, a pergunta é se, não havendo vantagens extras, o comprador irá considerar o veículo elétrico no momento da escolha do tipo de veículo

4.3 Redução do impacto ambiental local (poluição atmosférica e ruído)

Outro objetivo chave da implantação da eletromobilidade é maximizar seus benefícios ambientais locais, ou seja, a ausência de poluição atmosférica e emissões de ruídos. Um motor elétrico não emite nenhum escape, o que significa que particularmente em áreas urbanas, a eletromobilidade pode reduzir as típicas emissões de óxidos de nitrogênio, material particulado, etc. e melhorar a qualidade do ar e a saúde dos moradores. Desde que a eletricidade não seja gerada por fontes fósseis intensivas perto de onde os veículos elétricos estejam sendo usados, pode-se presumir que a substituição dos veículos convencionais pelos veículos elétricos resulta numa melhoria da qualidade do ar local. O típico ruído do motor de veículos também é ausente. Scooters elétricas, carros de passageiros e ônibus têm menores emissões de ruído, particularmente quando operados em baixas velocidades. O efeito da redução do ruído obtido pelos veículos elétricos é particularmente pronunciado em tráfego lento, porque o ruído causado pela aceleração dos motores convencionais é eliminado. Este é outro argumento para apoiar o uso de veículos elétricos áreas urbanas e suburbanas densamente povoadas. Por este motivo, a promoção da eletromobilidade pode ser vantajosa para países sem um mix de eletricidade “limpo”.

Além disso, meios de transporte elétricos podem abrir espaço para outras opções de mobilidade. O fato de que o motor elétrico é muito robusto, exige pouca manutenção

e tem uma vida útil relativamente longa o torna superior ao motor de combustão interna, particularmente em regiões com pouca infraestrutura. E mesmo em locais onde os veículos convencionais não são (ou não são mais) bem-vindos, os veículos elétricos possuem vantagens extras. Com pouco custo e esforço, as bicicletas elétricas podem ser usadas para cobrir longas distâncias, mesmo em terrenos montanhosos. Bicicletas elétricas de carga, vans e veículos urbanos de carga permitem um transporte não poluente e um serviço de entrega não invasivo (por exemplo, em zonas ou horários restritos). Especialmente em cidades com restrições de emissões do tráfego, as exceções para os veículos elétricos poderiam criar um incentivo significativo para sua compra, não apenas devido a considerações particulares, mas também comerciais (transportadores elétricos). Scooters elétricas são ideais para viagens de longa distância flexíveis em áreas sem disponibilidade de transporte público ou em cidades onde o sistema de transportes públicos geralmente é sobrecarregado.

4.4 Desenvolvimento e ampliação das vantagens competitivas (fabricação de automóveis, tecnologia de baterias)

Particularmente para aqueles países com sua própria indústria de veículos (scooters, bicicletas e automóveis), ainda há outro motivo para apoiar a eletromobilidade. Os motivos da política industrial podem justificar o desenvolvimento precoce das estruturas industriais e a instituição de medidas de estímulo ao mercado na área da eletromobilidade. Portanto, pode ser aconselhável ganhar experiência com eletromobilidade em um estágio inicial para atingir economias em escala num futuro próximo que possa levar ou ajudar a construir uma posição forte no mercado internacional. Essa estratégia faz sentido especialmente para a República Popular da China e para a Índia. Devido à fabricação de veículos elétricos ser feita em diferentes indústrias e em novas cadeias de criação de valor e de produção (comparada à fabricação dos veículos convencionais), esses países tem a oportunidade de superar a vantagem dos fabricantes de veículos estabelecidos nos primeiros países industrializados e tornar-se novos líderes tecnológicos em um estágio inicial. No entanto, isto exige o desenvolvimento sistemático de expertise na área de pesquisa e desenvolvimento, capacitação, medidas de qualificação, manutenção e serviço.

Isso também permite que as economias emergentes desenvolvam oportunidades de vendas e exportação para mercados estrangeiros a longo prazo. Por outro lado, são menos benéficas as estratégias que visam apenas o curto prazo e o sucesso simbólico, por exemplo através da compra de componentes ou do recrutamento de especialistas do exterior para facilitar a criação de protótipos “caseiros”. Além disso, a indústria tradicional, com fortes indústrias automotivas, também reconheceu este desenvolvimento e definiu metas de mercado.

4.5 A eletromobilidade como um ponto de partida para uma transformação no sistema (rede)

A eletromobilidade pode significar mais do que apenas o sistema de propulsão dos veículos. Em primeiro lugar, ela é uma visão de um novo mundo de transportes ligados em rede e sustentáveis. A eletromobilidade pode ajudar a superar velhas formas de pensamento e abrir novos horizontes de planejamento para as cidades (ver Figura 30).

O progresso constante na eletrificação dos meios de transporte centrais (carros, bicicletas, ônibus, caminhões) leva à expansão da infraestrutura de recarga urbana, que torna-se um componente essencial da infraestrutura urbana. Os usuários da eletromobilidade desenvolverão um comportamento de mobilidade diferente quando comparados aos motoristas de veículos de combustão interna. Eles optarão por dirigir de forma

mais eficiente e ambientalmente sustentável para que possam dirigir pelo maior tempo possível com uma bateria de capacidade limitada, usando eletricidade produzida por fontes renováveis sempre que possível. A limitação de alcance dos veículos elétricos continuará tornando necessário que o usuário incorpore formas alternativas de transporte (além do carro) em seu mix de transportes. Isso incentivará a intermodalidade e a multimodalidade, ou seja, o uso inclusivo de diferentes transportes na forma de rotas de viagem mistas ou decisões alternativas de transporte.

O maior custo de aquisição dos veículos elétricos também aumenta o apelo dos modelos de compartilhamento de carros, o que economiza espaço e aumenta a capacidade de uso. Esperamos ver o desenvolvimento de sistemas integrados de transportes públicos, bem como novos serviços de mobilidade, que provavelmente irão incluir veículos elétricos baseados no compartilhamento de carros e, posteriormente, podem vir a incluir frotas de veículos elétricos autônomos que complementarão o sistema de transportes públicos. Zonas de emissões baixas ou zero e áreas ambientalmente sustentáveis se tornarão mais predominantes, e gradativamente irão mudar o sistema de transportes urbanos e modelar a experiência urbana (Kim/Park, 2012).

À medida que este processo se desenrola, a expansão da produção de energias renováveis deve ser unida com a disseminação dos sistemas de propulsão elétricos. A médio prazo, poderia acontecer uma convergência entre as infraestruturas de transporte e de energia. As frotas de veículos elétricos públicos também podem ser usadas para estabilizar o sistema em expansão de abastecimento de energias renováveis. Neste caso, a recarga controlada dos veículos pode ser usada para a abastecer a rede com eletricidade em períodos de escassez de energia.

Concluindo, pode-se afirmar que geralmente há uma grande variedade de motivos por trás da promoção da eletromobilidade. Contudo, é questionável promover a eletromobilidade com base em objetivos ambientais, sem ter capacidade de usar o abastecimento de eletricidade renovável no respectivo país.



Fig. 30: Ônibus elétrico em Seoul, 2014. © Nikola Medimorec

5. Diferentes abordagens na promoção da eletromobilidade

O mercado de veículos elétricos está crescendo. Em 2011, cerca de 45.000 veículos (parcialmente) elétricos foram vendidos em todo o mundo: Em 2012, foram vendidas cerca de 113.000 unidades, em 2013 cerca de 200.000 e em 2014 cerca de 300.000 (ZSW, 2015). O número total de carros elétricos de passageiros em operação ao redor do mundo é estimado em mais de 665.000. Em 2015, espera-se que as vendas globais dos veículos elétricos ultrapassem 1 milhão de unidades. Atualmente, a maioria dos veículos vendidos são híbridos e híbridos tipo plug-in, enquanto são vendidos apenas muito poucos VEB puros. O forte aumento no volume que pode ser observado deve-se a fatores como novos modelos, um grande número de fabricantes e significativas reduções nos custos das baterias e de outros componentes. Todavia, o estoque existente de veículos elétricos contribui apenas com uma fração do estoque global de veículos.

Diversos governos têm definido metas de expansão para a eletromobilidade (ver Quadro 3). Particularmente nos países com suas próprias indústrias de automóveis, há metas de volume para carros elétricos de passageiros que são apoiadas de diversas formas. Devido à grande influência do financiamento governamental na criação de valor do setor de eletromobilidade, programas e iniciativas impactam significativamente a criação de valor local. Ao redor do mundo, medidas diferentes, como prêmios de compra, regras de aquisição para frotas de veículos

públicos, redução de impostos, menor período de depreciação para veículos elétricos e limites de poluição e de emissões de CO₂ mais severos para motor de combustão interna são usados em diversas combinações na promoção da eletromobilidade.

Os diferentes quadros regulatórios e de apoio ao financiamento também significam que às vezes os fabricantes variam seu modelo de planejamento de acordo com as diferentes regiões de vendas na Europa, Ásia e América, o que pode dificultar o desenvolvimento de modelos de veículos elétricos em quantidades significativas para o mercado global (Roland Berger, 2015a). Além disso, as condições heterogêneas da promoção da eletromobilidade levam a diferentes avanços tecnológicos, volumes de produção e volumes de vendas dos veículos elétricos nos países.

Por um lado, países como a Noruega, onde os veículos elétricos compõem mais de 1% do estoque total de veículos, e a Holanda, os Estados Unidos (particularmente a Califórnia) e a Suécia, são considerados relativamente bem-sucedidos na promoção da eletromobilidade (ver Figura 31). Por outro lado, no 3º trimestre de 2014, os carros de passageiros elétricos eram menos de 1% da frota nos mercados automotivos (França: 0,79%, Japão: 0,73%, Estados Unidos: 0,7%, Alemanha: 0,35%, China: 0,13%, Coreia do Sul: 0,09%) (Roland Berger, 2014b).

Quadro 3: Promoção da eletromobilidade automotiva por comparação internacional

País	Meta de vendas acumulada para veículos elétricos até 2020	% de vendas globais	Vendas premium	Disposições prioritárias para a compra de frotas públicas	Isenção de IPVA
China	5,0 m	19%	X	X	
Alemanha	1,0 m	4%			X
Índia	6,0–7,0 m	n. d.	X	n. d.	n. d.
Japão	0,8 m	11%	X	X	X
Coreia do Sul	0,2 m	n. d.	X	n. d.	n. d.
EUA	1,0 m	38%	X	X	X

Fonte: Christian Hochfeld (GIZ), 2015

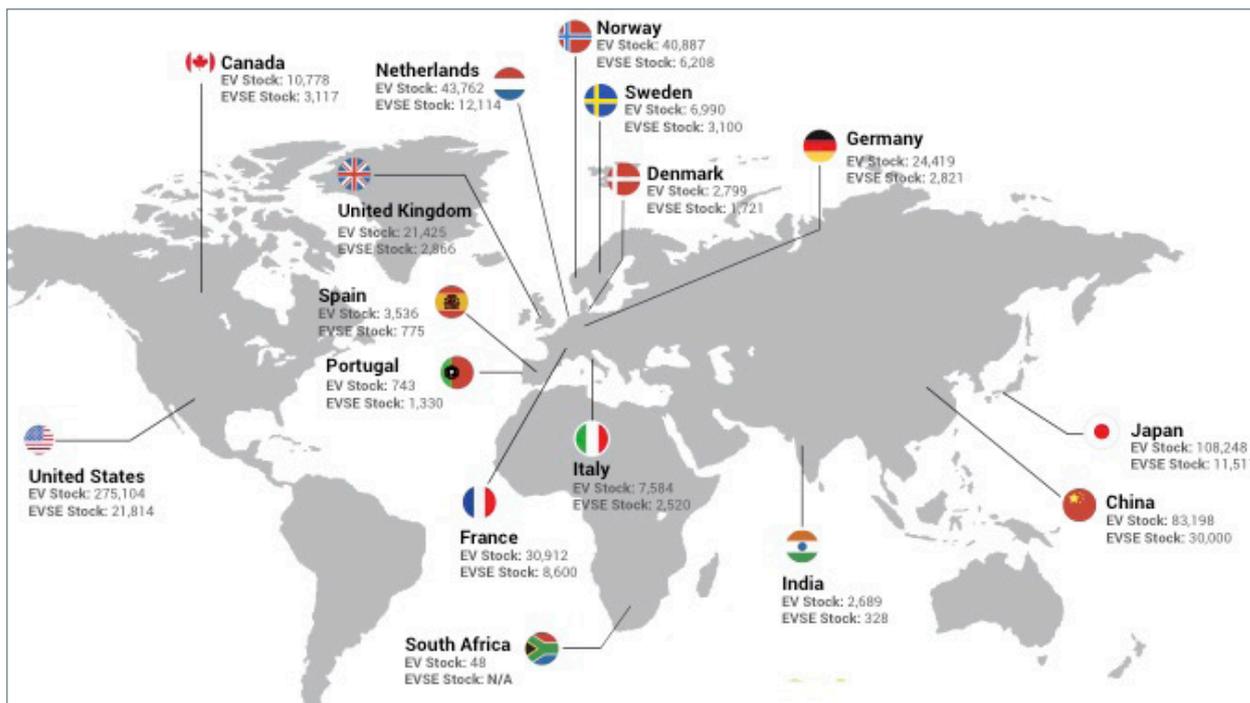


Fig. 31: Estoque de veículos elétricos e pontos de recarga, 2014. Fonte: EV Outlook, 2015; Agência Internacional de Energia, 2015

A empresa de consultoria Roland Berger monitora regularmente diversos países que assumiram um papel de liderança na eletromobilidade (fabricação de automóveis e produção de células). Neste processo, foram identificados fatores como a posição da indústria nacional (criação de valor nacional da produção de veículos e células elétricos), tecnologia (desempenho tecnológico dos veículos e apoio governamental para pesquisa e desenvolvimento) e o tamanho do mercado nacional e classifica os países mais importantes no setor de eletromobilidade de acordo com diversos padrões de classificação (ver Figura 32).

Atualmente há 7 nações líderes na Ásia: Japão, República Popular da China e Coreia do Sul. Atualmente o Japão está na posição nº 1 (Roland Berger, 2015).

Um dos desafios centrais é o alto custo de aquisição de um veículo elétrico, o que nas economias emergentes e em desenvolvimento significa que os carros elétricos particulares apenas são considerados pelas classes mais altas. O

governo mexicano apoia a aquisição de veículos elétricos com uma isenção de impostos para novos veículos. Além disso, foi desenvolvido um medidor especial de eletricidade para proprietários de veículos elétricos, permitindo que eles paguem uma tarifa mais baixa pela recarga. Outrossim, os veículos elétricos estão dispensados das restrições de direção habituais na Cidade do México, que limita quantos os carros podem trafegar por semana (o programa “Hoy No Circula”). Em 2015 havia uma estimativa de 200 veículos elétricos trafegando no México. Há

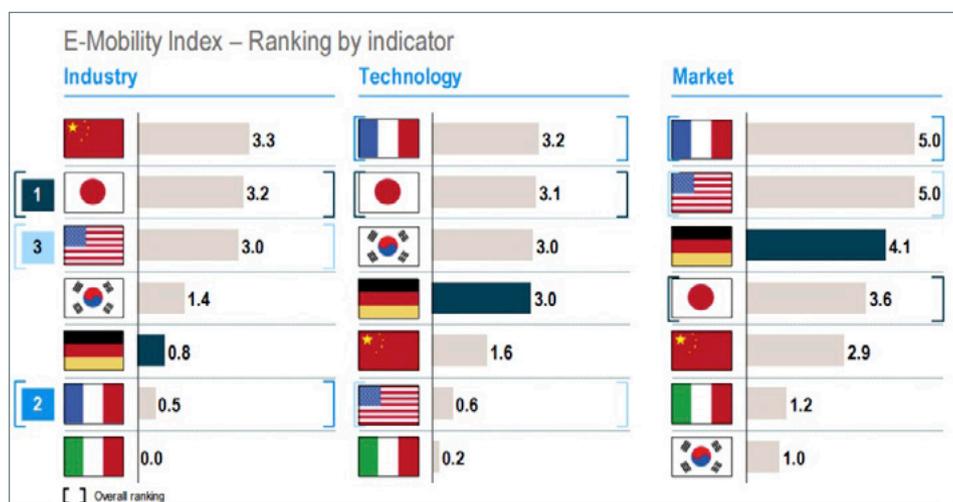


Fig. 32: Classificação das nações líderes em eletromobilidade. Fonte: Roland Berger, 2015

cerca de 150 estações de recarga públicas, a maioria delas localizadas nas áreas metropolitanas do país.

No Brasil, a eletromobilidade está numa competição acirrada com o sistema de propulsão a etanol. Usinas de etanol têm sido usadas no Brasil como fonte energética para o setor de transportes. Enquanto os compradores de veículos híbridos pagam apenas um imposto reduzido de importação, nem todos os veículos elétricos são elegíveis para a redução. Contudo, os veículos elétricos são isentos do IPVA em diversos estados brasileiros. Enquanto atualmente há apenas 50 estações de recarga públicas no país, há cerca de 3.000 VEs pequenos e VEs comerciais em uso (Marchán/Viscidi, 2015).

A próxima seção analisará diferentes países asiáticos com relação à promoção da eletromobilidade e observará exemplos selecionados de usos da eletromobilidade.

5.1 Japão

O Japão é um com alta tecnologia e densamente povoado sem grandes recursos naturais. Este é o motivo pelo qual o governo deseja continuar reduzindo sua dependência das importações de petróleo. O Japão é o país com a maior densidade de veículos na Ásia, com cerca de 600 veículos motorizados (não incluindo veículos com 2 rodas) por 1.000 habitantes e 453 carros de passageiros por 1.000 habitantes. Portanto, esforços consideráveis têm sido feitos para a otimização e melhorias na eficiência, especialmente no setor de transportes. Têm sido exploradas soluções técnicas para o uso de energias alternativas, o aumento da eficiência energética e a redução dos impactos ambientais. A eletromobilidade tem um grande potencial no Japão e tem recebido apoio político constante há muitos anos.

O Japão é considerado o líder da área de tecnologia de células. No início dos anos 1990, a empresa Sony lançou a tecnologia da bateria de íon de lítio para dispositivos eletrônicos. Naquela época, o Ministério da Economia, Comércio e Indústria (MECI) do Japão começou a apoiar o desenvolvimento das baterias a tração com base nesta tecnologia (Shimizu, 2013). Isto deu às empresas japonesas uma vantagem tecnológica na área de produção de células que elas têm até hoje; os fabricantes japoneses, como Panasonic, Sanyo, GS Yuasa, Toshiba e NEC, são líderes de mercado na área de baterias automotivas. Roland Berger estima que em 2016, o Japão será

Box 7: O modelo de veículo japonês Nissan Leaf

O *Nissan Leaf* apareceu em público pela primeira vez em agosto de 2009 e foi o primeiro carro elétrico produzido em massa projetado desde o início com um sistema de propulsão elétrica em mente, ao invés de ser retrofitado com direção elétrica após a produção. O *Leaf* foi o veículo elétrico mais vendido no mundo em 2014.

O sucesso deste veículo é resultado de uma longa história que começou em 1947, com o carro compacto elétrico Tama, produzido pela empresa Prince Motor, que depois foi fundida com a Nissan. A partir de 1970, a Nissan introduziu diversos veículos elétricos. Nos anos 1990, a empresa começou uma cooperação com a Sony para produzir veículos elétricos em massa incorporando a bateria de íon de lítio desenvolvida pela Sony. Cerca de 30 modelos de série *Prairie* foram convertidos para VEs *Prairie*. Nos anos seguintes foram produzidos outros modelos em pequenas séries. No começo dos anos 2000, a Nissan continuou a desenvolver a tecnologia da bateria em conjunto com a empresa NEC para fabricar baterias de íon de lítio em uma nova forma que poderia armazenar duas vezes mais energia em uma bateria do mesmo tamanho. Com o avanço da tecnologia das baterias, que foi acelerado particularmente com o crescimento dos telefones celulares, foram desenvolvidos novos conceitos de veículos, como o *Pivo* (2005), o *Mixim* (2007) e o *Nuvu* (2008), antes do *Leaf*, que baseia-se nesses modelos predecessores, e foi lançado como um modelo de série em 2009 (Saving-volt, 2015)



Fig. 33: Táxi em Thimphu, Butão, 2016.
© Manfred Breithaupt

responsável por 60% da produção global de células de bateria, seguido pela Coreia do Sul, com cerca de 16%.

Neste contexto, não é surpreendente que a empresa japonesa Panasonic, juntamente com a Tesla Motors, esteja construindo uma “gigafactory” (“fábrica gigante”) nos Estados Unidos. Em 2020, esta fábrica produzirá células e baterias de íon de lítio para uso em veículos elétricos a um preço cerca de 30% menor do que os preços atuais. De acordo com a Tesla Motors, a fábrica produzirá baterias para cerca de 500.000 veículos elétricos por ano.

O Japão também é líder na tecnologia de veículos e um importante local de produção de veículos elétricos (ver Box 7). Na fabricação de veículos rodoviários elétricos, a indústria automotiva japonesa definiu novos padrões para o desenvolvimento global da eletromobilidade. O país também é líder na área de veículos híbridos (especialmente desde 1997, devido ao *Toyota Prius*), e também de híbridos tipo plug-in (*VEHP Toyota Prius*, *VEHP Honda Accord*). Os fabricantes de automóveis japoneses também oferecem uma ampla variedade de VEB (incluindo o *Nissan Leaf* e o *Mitsubishi i-MIEV*).

Incentivos de compra, uma boa infraestrutura de recarga acessível ao público e um sistema ferroviário de alta velocidade bem desenvolvido têm levado a um alto grau de aceitação da eletromobilidade no Japão. Hoje em dia, os veículos elétricos são muito populares no Japão, e muitos veículos (parcialmente) elétricos podem ser vistos nas ruas japonesas. Entretanto, devido à falta de espaço para estacionamentos — em 2013 havia apenas 580 estacionamentos públicos para cada 10.000 carros de passageiros — os veículos elétricos particulares dificilmente são encontrados nas grandes cidades; em vez disso, eles são mais comuns nas regiões rurais, onde são usados como transporte de ligação para ferrovias. Por outro lado, as empresas geralmente usam veículos elétricos nas cidades, pois eles são melhor adaptados do que os carros com motores de combustão interna para uso em áreas densamente povoadas. Nas cidades, a popularidade do compartilhamento de carros cresce cada vez mais. Em 2013, havia cerca de 290.000 usuários registrados de compartilhamento de carros no Japão e mais de 8.800 carros para compartilhamento registrados. Os veículos elétricos estão sendo cada vez mais implantados (Bierau *et al.*, 2014).

Após o desastre nuclear em Fukushima, em março de 2011, o Japão comprometeu-se em usar energias

Box 8: O conceito de mobilidade Ha:mo

O conceito de mobilidade *Ha:mo* desenvolvido pela empresa japonesa Toyota é um exemplo de como os veículos elétricos podem ser utilizados no compartilhamento de carros e é uma expressão de uma abordagem holística e integrada da eletromobilidade. *Ha:mo* significa “mobilidade harmônica” e o conceito visa uma opção ótima de mobilidade com base em informações de transporte em tempo real, enquanto também incorpora serviços de transportes públicos. Os usuários têm acesso ao *i-Road* da Toyota, um mini veículo elétrico com dois assentos e três rodas, sendo que cada assento é posicionado atrás do outro. O sistema de navegação *Ha:mo* promove o uso dos serviços de transporte levando em conta o transporte público atualmente disponível e as opções individuais de transporte. Desta forma, promove-se a mobilidade intermodal. Um exemplo de uso ideal deste conceito é a condução por veículos particulares de casa à estação de trem, a continuação da jornada de trem e, em seguida, o uso do *i-Road* para chegar ao destino final. De acordo com um teste bem-sucedido com 4 estações de compartilhamento de carros estações a partir de março de 2014 na cidade de Toyota, o conceito *Ha:mo* foi posto em prática no final de 2014 em uma fase de testes em Grenoble (França) com 70 veículos *i-Road*, e também em Tóquio a partir de abril de 2015.

renováveis e em aumentar sua eficiência energética. Num quadro de um sistema de abastecimento de eletricidade descentralizado e de um “Conceito Inteligente Comunitário”, as baterias dos híbridos tipo plug-in e dos veículos elétricos desempenham um importante papel como armazenamento de buffer para a eletricidade gerada localmente a partir de fontes energéticas renováveis. A eletricidade da rede de energia é disponibilizada pela incorporação das baterias de veículos elétricos como armazenamento de buffer, ou seja, como um reservatório para o excedente de energia verde e como uma fonte de energia no caso de escassez de eletricidade. O *Nissan Leaf* e os veículos com células de combustível, como o *Toyota Mirai* possuem sistemas de eletricidade nos veículos que podem alimentar a rede doméstica (ver Figura 35). Isso poderia abastecer um domicílio médio com eletricidade por cerca de 2 dias. O veículo com células de combustível

Box 9: O campo de testes japonês “Ilhas Goto”

Desde 2009, a prefeitura de Nagasaki, dentro de um consórcio especificamente estabelecido para este propósito, tem desenvolvido o sul das ilhas japonesas Goto como uma área de uso e campo de testes para a eletromobilidade (Prefeitura de Nagasaki, 2011). As principais indústrias das ilhas são agricultura, pesca e turismo (ver Figura 34). Apesar da orientação agrária e turística das ilhas, sua densidade de veículos e populacional é relativamente alta. Em média, há 100 habitantes por km² e 620 carros de passageiros por 1.000 habitantes. A densidade de veículos é muito maior que a média japonesa (aprox. 453 carros de passageiros por 1.000 habitantes), enquanto a densidade demográfica está bem abaixo da média japonesa (aprox. 337 habitantes por km²). Estimulada pelo projeto, a densidade de veículos elétricos atualmente é particularmente alta: No final de 2011, havia cerca de 55 veículos elétricos para cada 10.000 famílias. Para efeitos de comparação, nas proximidades de Nagasaki havia somente cerca de 5 veículos elétricos por 10.000 famílias naquela época (no Japão como um todo, havia 1,6 veículos elétricos por 10.000 famílias). Atualmente há 177 veículos elétricos rodando nas Ilhas Goto (World EV Cities & Ecosystems, 2014). Em 2009, mais da metade da eletricidade consumida em Goto vinha de fontes renováveis, principalmente produzidas nas ilhas (energia eólica e solar e biogás). Além disso, linha de energia submarina que às liga ao continente japonês. O objetivo do campo de testes é facilitar a interconexão sistêmica dos componentes individuais e testar novos veículos, soluções energéticas e telemáticas. Especificamente, foram identificadas as seguintes metas (Suzuki, 2013):

- Obtenção de máxima publicidade como campo de testes para eletromobilidade;
- Implementação de operações práticas para veículos e infraestrutura;
- Integração da eletromobilidade nos produtos turísticos (“Passeios de Condução do Futuro”);
- Estabelecimento de um modelo de uso regional e descentralizado.

As Ilhas Goto são o local ideal para buscar essas metas, pois elas têm uma estrutura relativamente de pequena

escala e desfrutaram de considerável popularidade como destino turístico. Neste contexto, a eletromobilidade é promovida como atração turística sob o mote “Passeios de Condução do Futuro”. Isto visa colocar potenciais usuários em contato com as novas tecnologias, enquanto, ao mesmo tempo, sua adequação é testada na prática. Estão disponíveis 100 veículos elétricos para os turistas usarem em estacionamentos publicamente acessíveis. O sistema de navegação no carro proporciona aos usuários uma grande variedade de informações técnicas sobre os veículos e sistemas de estacionamento e recarga, além de informações turísticas sobre atrações, restaurantes e hotéis. Sensores nas estações de aluguel e em pontos selecionados no feed de turismo atualizam as informações no sistema. Apenas 20 estações de recarga rápida distribuídos pelas ilhas estão disponíveis para a recarga dos veículos e são avaliadas com relação ao comportamento de uso. Da perspectiva japonesa, as informações fornecidas são particularmente valiosas, já que esta tecnologia de recarga é um componente chave da infraestrutura de eletromobilidade no Japão (OCDE, 2012). Os dados coletados nas estações de recarga rápida nos principais portos da ilha mostraram que são recarregados 20 veículos por dia. O tempo médio de recarga em todas as estações de recarga rápida foi de apenas 18 minutos, tempo no qual os motoristas podiam participar de atividades atrativas perto das estações de recarga.



Fig. 34: O “ecossistema” das Ilhas Goto. © Prefeitura de Nagasaki, 2011

Toyota Mirai fornece 200 kW/h de eletricidade, o que pode alimentar uma casa pequena por cerca de uma semana.

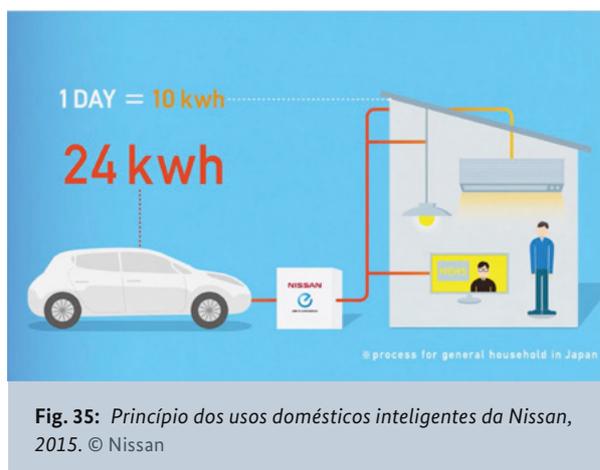


Fig. 35: Princípio dos usos domésticos inteligentes da Nissan, 2015. © Nissan

Esses conceitos têm o apoio do Conselho de Promoção de Novas Energias, que também opera um grande portal de informações para as cidades de Yokohama, Toyota, Keihanna e Kitakyushu sob o nome “Portal Inteligente de Cidades Japonesas”. Diversos projetos estão em andamento nessas cidades com foco em diferentes áreas de pesquisa; muitos deles incorporam aspectos da eletromobilidade. Em Yokohama, por exemplo, a recarga controlada dos veículos elétricos está sendo testada num quadro de serviços locais de compartilhamento de carros. Além disso, a infraestrutura de recarga, inclusive as estações de recarga rápida, é ligada a sistemas de energia solar e unidades de armazenamento em uma rede inteligente. O objetivo é uma recarga eficiente e um retorno da eletricidade, levando em conta diversos fatores auxiliares, como procedimentos de aluguel e retorno, dados climáticos e preços de eletricidade. Um dos participantes do projeto é a empresa Nissan.

Do ponto de vista japonês, a eletromobilidade é um sistema holístico no qual a indústria automotiva, as indústrias de eletrônicos e software, os fabricantes de bateria, os prestadores de serviços de energia e o setor de energia estão intimamente interligados (ver Box 9).

5.2 República Popular da China

A República Popular da China, com cerca de 1.370 milhões de habitantes, é o país mais populoso do mundo e o quarto maior país do mundo. Devido ao forte desenvolvimento econômico, a República Popular da China cada vez mais é considerada uma economia industrializada ao invés de emergente. Desde 2011, a República Popular da China tem sido classificada como a segunda maior economia global, estando à frente do Japão, e em poucos anos espera-se que o país ultrapasse os Estados Unidos como maior economia global. O estoque de veículos tem crescido dramaticamente, indo de 16 milhões em 2000 para 108 milhões em 2012. Particularmente nas cidades onde a rápida expansão da motorização é concentrada, ocorreu um grande impacto ambiental devido à poluição atmosférica, congestionamentos e ruídos. A República Popular da China reagiu com medidas que incluem uma redução nos limites de emissões (atualmente comparáveis com o padrão Euro 4) e nos padrões de combustíveis (50 ppm de teor de enxofre na gasolina e no diesel). Contudo, a qualidade do ar ainda é muito pobre, especialmente nas megacidades e nas áreas metropolitanas; isto ocorre devido ao aumento acentuado no número de veículos e a um sistema de abastecimento de energia que ainda é muito baseado em carvão (Shao/Wagner, 2015).

A República Popular da China tem sido ativa na área de eletromobilidade desde a virada do milênio e o governo vê a eletromobilidade como uma importante questão política industrial. A grande dependência da República Popular da China da importação de petróleo é um fator chave para o seu desenvolvimento. Em 2010, mais de 60% do petróleo consumido na República Popular da China era importado; o setor de transportes é responsável por cerca de metade dessa quantia. Outro fator chave na promoção da eletromobilidade é a poluição atmosférica que, particularmente nas grandes cidades chinesas, precisa de ser combatida. Nas áreas metropolitanas do país, até 70% das emissões de NO_x são oriundas dos veículos de combustão interna (Deutsche banir grupo, 2012). Contudo, a mais importante motivação é o desejo de tornar-se tanto o fornecedor líder quanto o maior mercado de tecnologias de propulsão elétrica. De acordo com estimativas do Instituto Mercator para Estudos de República Popular da China, há um forte foco na proteção e segurança da vantagem tecnológica da indústria automotiva doméstica (Meissner, 2014). O atraso significativo que os fabricantes chineses demonstram quando comparados

aos fabricantes de veículos nos Estados Unidos, Japão e Europa na área dos veículos convencionais é compensado pelo “salto” nos veículos elétricos. Isto significa que certas etapas do processo de desenvolvimento automotivo serão ignoradas deliberadamente para alcançar os concorrentes internacionais (Hillebrand/Hüging, 2015).

A meta atual do governo chinês é atingir o registro de 300.000 veículos elétricos na República Popular da China em 2015 e 2 milhões em 2020. Além disso, estão sendo construídos 10 milhões de pontos de recarga públicos. No sistema de transportes públicos, o objetivo é uma média de 30% de todos os veículos serem equipados com um sistema de propulsão elétrica até 2025. Os planos governamentais também definiram a meta de transformação da República Popular da China no maior produtor mundial de veículos elétricos em 2020.

Os instrumentos chave na construção da indústria de eletromobilidade chinesa são os seguintes:

- Apoio à formação de redes de cooperativas entre as diversas empresas estatais;
- A definição de padrões nacionais;
- Políticas de controle e de ativos industriais (inclusive regulamentação de *joint ventures*; o parceiro chinês tem que ter expertise e processos chave de fabricação em motores elétricos, baterias e eletrônicos);
- Programas locais e nacionais para a promoção de vendas (ver Quadro 4).

Quadro 4: Promoção da mobilidade elétrica em cidades selecionadas da RPC

	VEHP	VE
Financiamento nacional *)	50.000	60.000
Financiamento Regional Adicional		
Pequim	50.000	60.000
Changchun	40.000	40.000
Hangzhou	30.000	60.000
Hefei	20.000	20.000
Xangai	20.000	40.000
Shenzen	n. d.	60.000

*) Observação: Financiamento máximo em 2012

Fonte: Kühn, 2014

Em 2009, a República Popular da China fez uma seleção inicial de 13 cidades (Pequim, Xangai, Chongqing, Changchun, Dalian, Hangzhou, Jinan, Wuhan, Shenzhen, Hefei, Changsha, Kunming e Nanchang) para serem desenvolvidas como regiões modelo para a promoção local da eletromobilidade. No ano seguinte, outras 12 cidades foram incluídas: Tianjin, Haikou, Zhengzhou, Xiamen, Suzhou, Tangshan and Guangzhou (Representação da República Federativa da Alemanha, 2010). De acordo com o “Plano de Desenvolvimento para Economia de Energia e Novos Veículos Elétricos (2011–2020)” apresentado em 2010, até 2020 a eletromobilidade receberá subsídios RMB 100 bilhões, ou cerca de EUR 11,5 milhões (Representação da República Federativa da Alemanha, 2010). Em fevereiro de 2014, o número de cidades modelo cresceu para 25. Em 2015, os veículos elétricos foram promovidos em 86 cidades de demonstração (Hillebrand/Hüging, 2015).

O Governo Central Chinês apoia todos os veículos elétricos, híbridos tipo plug-in e veículos com células de combustível. Além disso, também existem diversos programas locais de promoção nas metrópoles (Kühl, 2014). Com poucas exceções, os veículos elétricos de fabricantes não chineses são excluídos das medidas de apoio.

Devido à regulamentação local, muitos fabricantes europeus trabalham em *joint venture* com as empresas estatais chinesas. O primeiro veículo elétrico fabricado pela Daimler e sua parceira chinesa BYD (Build Your Dreams) na República Popular da China, por exemplo, foi produzido pela marca conjunta Denza. O carro custa cerca de RMB 369.000 ou EUR 46.000. Contudo, os compradores de veículos elétricos são elegíveis para subsídios governamentais locais e nacionais de até RMB 120.000, ou cerca de EUR 16.700 (Handelsblatt online, 2014). Por exemplo, a compra de veículos do modelo *Dongfeng Fengshen E30*, que em 2014 custava cerca de RMB 150.000 (cerca de EUR 20.800) antes dos subsídios, teve o apoio Governo Central e das respectivas cidades, chegando a um valor de subsídios de aproximadamente RMB 40.000, ou EUR 11.000. Os prêmios de compra dependem do alcance do veículo. Um veículo convencional custa cerca de RMB 70.000 (ou cerca de EUR 9.700). Assim, os custos são comparáveis. Além disso, os veículos elétricos não estão sujeitos a pagar pedágio e são dispensados de quaisquer restrições locais de registro (por exemplo, através sorteio ou leilão). Ademais, 17 modelos de carros elétricos de passageiros, 77 modelos de ônibus e 16 modelos de veículos híbridos fabricados na República Popular da China são dispensados de pagar

Quadro 5: Compartilhamento de carros na RPC – frequentemente de veículos elétricos

Serviço	Operador	Ano inicial	Modelo de negócios	Veículos	Estações	Membros	Cidades	Site
Yi Dian Zuche (EduoAuto)	EduoAuto (Pequim) Technology Co., Ltd	2009	Estação de compartilhamento de carros	1.000	769	278.419	Pequim, Changsha, Chengdu, Chongqing, Hangzhou, Nanjing, Shenzhen, Shijiazhuang, Suzhou, Wuhan	www.yidianzuche.com
China Car Clubs	Hangzhou Cherry Intelligence Co., Ltd	2010	Estação de compartilhamento de carros	200 (incl. 50 VE)	78	38.000	Hangzhou (cooperação de membros com a Green Go em Pequim)	www.ccclubs.com
car2share	Daimler Greater China Ltd.	2013	Estação de compartilhamento de carros corporativos	90	3	Participação limitada a parceiros pilotos durante a fase inicial	Guangzhou, Shenzhen	www.car2share.daihing.com
VRent	Volkswagen New Mobility Services Investment Co., Ltd	2013	Estação de compartilhamento de carros	25	5	Participação limitada a parceiros pilotos durante a fase inicial	Pequim	www.vrent.cn
Wei Gong jiao	Zhejiang Kandi Electric Vehicles Co., Ltd (Joint Venture do Zhejiang Geely Holding Group com o Kandi Technologies Group)	2013	Estação de compartilhamento de carros	~2.500 (estimativa, apenas VE)	34	n. d.	Hangzhou	Não tem site. Reserva através do WeChat.
EVCARD	New Energy Vehicles Operating Services Co., Ltd	2013	Estação de compartilhamento de carros	300 (apenas VE)	53	3.000	Xangai	www.evcardchina.com
Green Go	Beijing Heng Yu New Energy Car Rental Co., Ltd (Joint venture entre a BAIC New Energy Co., Ltd e o Foxconn Technology Group)	2014	Estação de compartilhamento de carros	700 (apenas VE)	26	15.000	Pequim (cooperação de membros com o China Car Clubs em Hangzhou)	www.green-go.cn
GX Zuche	Car-sharing Rental Co., Ltd	2014	Estação de compartilhamento de carros	100 (incl. 10 VE)	50	2.000	Yantai	www.gx-zuche.com

Fonte: Compilação própria, baseada no China Auto Web, 2015a

o imposto sobre o valor agregado (VAT). Recentemente o programa de subsídios foi estendido até 2020, embora o volume de financiamento esteja sendo reduzido gradativamente (Hillebrand/Hüging, 2015).

Devido às cotas rigorosas para o registro de novos veículos e das proibições de circulação cada vez mais rigorosas, a compra de novos carros em cidades como Pequim e Xangai está se tornando cada vez menos atraente. A disponibilidade de smartphones e de Internet móvel, a mentalidade flexível dos jovens chineses e uma escassez de taxis nas principais cidades chinesas está aumentando o apelo do compartilhamento de carros (ver Quadro 5). As plataformas de compartilhamento de carros estão se tornando cada vez mais populares como uma forma de mobilidade adicional. Roland Berger prevê uma taxa de crescimento anual de 80% no mercado de compartilhamento de carros na República Popular da China nos próximos anos e um estoque de cerca de 18.000 carros compartilhados em 2018. Além dos serviços chineses, como o compartilhamento de carros elétricos prestado pela Kandi, em Hangzhou, em breve os clientes chineses poderão usar serviços ofertados por prestadores de serviços internacionais. Por exemplo, a Daimler planeja introduzir seu produto de compartilhamento de carros, o car2go, no mercado megacidade ocidental chinesa Chongqing.

A indústria automotiva da República Popular da China não é comprometida exclusivamente com os carros elétricos. Em 2014, cerca de 71% de todos os veículos comercializados eram carros de passageiros, 27% eram ônibus e 1% eram caminhões (China Auto Web, 2015a). No mesmo ano, foram produzidos cerca de 78.500 veículos elétricos e híbridos na República Popular da China (mais de quatro vezes mais do que em 2013). Foram vendidos cerca de 75.000 veículos elétricos e híbridos em 2014 (mais de três vezes mais do que em 2013), dos quais mais de 45.000 eram VEBs puros e 30.000 eram veículos híbridos. Nos primeiros seis meses de 2015, a produção e as vendas sofreram um novo aumento acentuado. Atualmente a produção é de mais de 76.000 VEBs e mais de 72.500 veículos híbridos. As vendas são de aproximadamente 30.000 VEBs e 20.000 veículos híbridos (China Auto Web, 2015b). Em termos de vendas absolutas, atualmente a República Popular da China é o segundo maior mercado do mundo de veículos elétricos. As maiores vendas na RPC foram atingidas pelas empresas BYD, Zotye, BAIC EV, Chery e SAIC. O Quadro 6 mostra os 10 modelos de veículos mais bem-sucedidos no primeiro semestre de 2015.

Quadro 6: Vendas de veículos elétricos no primeiro semestre de 2015 na RPC

Classificação	Modelo de veículo	Veículos vendidos
1	BYD Qin (VEHP)	16.477
2	BAIC EV 150/160/200 (Série E, VEB)	5.803
3	Zotye E20 (Zhidou E20, VEB)	4.913
4	Zotye Cloud 100 (VEB)	4.347
5	SAIC Roewe 550 Plug-in (VEHP)	3.321
6	Chery QQ EV (QQ3 EV, VEB)	3.208
7	BYD e6 (VEB)	2.900
8	JAC iEV (VEB)	2.591
9	Geely-Kandi Panda (VEB)	2.547
10	Chery eQ (VEB)	2.129

Fonte: Compilação própria, baseada no China Auto Web, 2015a

A República Popular da China também tem sido muito bem-sucedida na área de ônibus para o transporte público urbano. Comparada com cidades europeias, as frotas de veículos elétricos possuem uma fatia significativa nos sistemas de transporte público da República Popular da China. Em 2012, foram produzidos somente 4.000 ônibus elétricos (Ma Jian Yong, 2014); para efeitos de comparação, foram produzidos cerca de 2,7 milhões de ônibus convencionais na República Popular da China a cada ano (Destatis, 2014 (status 2012)). Em 2014, foram fabricados e comercializados mais de 20.000 ônibus elétricos (VEB e direção híbrida). Ademais, em 2011, 39% do estoque mundial de pontos de recarga públicos para veículos elétricos estavam na República Popular da China; até o final de 2013, foram instalados outros 19.000 pontos de recarga públicos (Li Zoe, 2014). Atualmente, a República Popular da China é a líder global na fabricação de veículos elétricos de duas rodas. As scooters elétricas são especialmente populares na população chinesa. O que é notável é que o desenvolvimento desses “veículos elétricos de baixa velocidade” na República Popular da China é amplamente desregulado. Várias administrações locais chinesas instituíram medidas indiretas de apoio para scooters elétricas isentando-as de restrições

que se aplicam às scooters tradicionais. Em 2013, havia cerca de 60 milhões de scooters elétricas em operação na República Popular da China (Knoblach, 2013). Apenas em 2013, foram vendidas cerca de 9,4 milhões de scooters elétricas na República Popular da China (Pabst/Trentmann, 2014).

5.3 Coreia do Sul

A Coreia do Sul é uma nação industrializada de alta tecnologia. Muitos produtos da Coreia do Sul lideram o mercado, especialmente no segmento de eletrônicos. Em 2011, a densidade de veículos na Coreia do Sul era de 370 veículos motorizados por 1.000 habitantes (sem incluir os veículos de duas rodas). Este número é significativamente maior do que o da República Popular da China (69/1.000), mas menor que o do Japão (588/1.000) (Banco Mundial, 2011). A Coreia do Sul tem um sistema de transportes públicos bem desenvolvido. O sistema de transporte ferroviário abrange diversas categorias, incluindo viajantes e trens de longa distância e alta velocidade. Nas grandes cidades, também há um sistema de metrô, que constitui o principal pilar do transporte público. A rede subterrânea na capital, Seul é um dos maiores, mais movimentados e mais modernos sistemas subterrâneos do mundo. Também há uma densa rede de ônibus rodoviários que

conecta quase todas as cidades do país. O país tem diversas autoestradas com pedágio (vias expressas).

O boom econômico vivido pelo país nos últimos 30 anos também trouxe um aumento acentuado no transporte individual motorizado. De 1990 a 2012, o número de veículos motorizados aproximadamente quadruplicou. Contudo, desde a virada do milênio o aumento da motorização tem sido subsidiado. Em 2012, houve uma redução no volume de tráfego pela primeira vez em muito tempo (Fórum Internacional de Transportes/OCDE, 2014). A Coreia do Sul tem combustíveis fósseis limitados e, portanto, é dependente das importações de petróleo e carvão. Para atingir os objetivos climáticos definidos no Protocolo de Quioto, do qual a Coreia do Sul é signatária, o país comprometeu-se com a expansão das energias renováveis, por exemplo através da construção de usinas hidroelétricas e de energia das marés; contudo, ao mesmo tempo ela ainda depende da energia nuclear.

No setor da eletromobilidade, as forças da Coreia do Sul encontram-se nas áreas de fabricação de baterias e de células. O rápido processo de industrialização e disponibilidade de financiamento governamental para pesquisa e desenvolvimento, inclusive na área de química celular, fez do país um dos líderes globais neste ramo da indústria, especialmente em baterias de íon de lítio. A Coreia do Sul produz mais células de bateria para automóveis

The OLEV System Wirelessly Charges Your Fleet En Route — Stopped or In Motion — for Continuous Operation

Innovative Wireless Charging System Available Today for Heavy Duty Electric Vehicles

Power Track
Static or dynamic charging

Power Pick-up
High efficiency

Battery
Smaller size, less weight

EV Unplugged // Technology // Target Markets // FAQ // News & Events // About Us // Contact Us

Fig. 36: Explicação do conceito de ônibus VEOL coreano com recarga indutiva, 2014. © <http://olevtech.com>

do que os Estados Unidos e os países europeus juntos. Apenas o Japão tem um volume de produção maior nesta área. Um dos fatores importantes é a composição específica da indústria, que é caracterizada por um pequeno número de conglomerados familiares. Isto permite um rápido processo de tomada de decisões, uma rápida transferência de tecnologia para outros ramos da indústria (Roland Berger, 2014).

Embora as principais bases tecnológicas tenham sido estabelecidas para a fabricação de veículos elétricos, e o governo esteja tentando atingir um equilíbrio entre a pesquisa de baterias e o desenvolvimento de veículos, a produção e as vendas domésticas não decolaram até agora. Veículos elétricos estão sendo testados e usados em frotas de ônibus (Nicola, 2013). Na cidade de Gumi, por exemplo, estão sendo testados 2 ônibus elétricos numa rota de cerca de 24 km. Os chamados ônibus tipo VEOL (veículo elétrico on-line) são recarregados pela tecnologia de indução (KAIST, 2010). Bobinas de indução estão instaladas na superfície das recargas rodoviárias sem contato para os ônibus com um nível de eficiência de aproximadamente 85%. Portanto, a bateria, que está localizada no ônibus, pode ser reduzida para cerca de 20% de sua capacidade normal com uma redução no preço correspondente (Pluta, 2013). Após a conclusão da fase de testes em 2015, está sendo planejada a operação regular de 12 ônibus elétricos (ver Figura 36).

Em meados de 2013, havia 1.150 veículos elétricos (a maioria deles eram carros de passageiros) em uso na Coreia do Sul, principalmente por agências governamentais e instituições públicas. O país tem mais de 1.500 estações de recarga, das quais mais de 100 são estações de recarga rápida. Apenas recentemente, com o *Kia Soul* e o *Kia Ray*, ocorreu a primeira produção em massa de veículos elétricos sul-coreanos disponíveis no mercado. A Hyundai anunciou seu primeiro veículo elétrico à bateria, que estará disponível em 2016 (electric vehicle news, 2014).

Os fabricantes de equipamentos originais coreanos buscam um caminho seguro e diversificado que seja semelhante à posição dos fabricantes de equipamentos originais alemães quando se trata de eletromobilidade (Roland Berger, 2014). Além da direção totalmente elétrica, também são considerados sistemas de propulsão parte elétricos e parte a células de combustível. No lado da demanda, até agora quase não houve “adotantes pioneiros” que incentivem a aceitação da eletromobilidade;

um dos motivos para isso é que na Coreia do Sul as inovações tendem a tomar um caminho diferente e há um alto nível de coesão social. Ademais, o fato da infraestrutura de recarga da Coreia do Sul ser no padrão CHAdeMO tem provado ser um obstáculo. Até agora, não há razão para supor que os fabricantes de equipamentos originais ocidentais vão adaptar seus veículos para o mercado coreano-japonês, de modo que é provável que ocorra uma harmonização com o padrão global Combo (Bernhart *et al.*, 2014). Comparada com os testes japoneses nas Ilhas Goto, a Coreia do Sul também usa uma ilha como campo de testes e promoção da eletromobilidade e sua infraestrutura. Neste caso é a Ilha de Jeju, ao sul da península coreana. Na primavera de 2014, havia 360 veículos elétricos em operação na ilha (versus cerca de 300.000 veículos convencionais). A frota de veículos elétricos na ilha deve crescer para 29.000 até 2017 e 94.000 até 2020. Com aproximadamente 500 estações de recarga de 240 volts facilmente acessíveis, a infraestrutura de recarga em Jeju tem uma das mais altas densidades do mundo (electric vehicle news, 2014). Jeju, o destino mais popular dos turistas coreanos, é especialmente adaptada como campo de testes, pois a grande maioria dos turistas na ilha opta por alugar um carro durante sua estadia.

Em Seul, capital sul-coreana, está sendo planejada uma significativa ampliação da eletromobilidade. Em 2018, o governo da cidade planeja por 50.000 veículos elétricos nas ruas da metrópole e construir 500 estações de recarga. Também há o planejamento de incentivos financeiros de KRW 20 milhões (cerca de EUR 16.000) para operadores de estacionamentos particulares que instalem estações de recarga. Os compradores de veículos elétricos recebem uma isenção fiscal no valor de KRW 6 milhões (cerca de EUR 5.000) (Korea IT Times, 2015).

5.4 Índia

A Índia, que tem 18% da população mundial, é o país mais populoso da Terra depois da República Popular da China. Há um equilíbrio precário entre a infraestrutura de transportes indiana e o crescimento populacional do país, a rápida urbanização e o aumento no tráfego de passageiros; cada vez mais a expansão do sistema de infraestrutura é incapaz de acompanhar estes desenvolvimentos. Em muitos lugares, virtualmente não há planejamento de desenvolvimento de acordo com os padrões ocidentais; ao invés disso, geralmente o

desenvolvimento segue por um caminho espontâneo e descontrolado. Estradas congestionadas e trens e ônibus sobrecarregados são a expressão mais visível desta pressão constante. Particularmente nas áreas metropolitanas, o desequilíbrio entre o espaço disponível para transportes e estacionamento e a população crescente e móvel é claramente evidente. Além disso, 13 das 20 cidades mais poluídas do mundo estão localizadas na Índia (Pandit/Kapur, 2015). Embora o mercado de veículos indiano seja dominado em larga escala por veículos de duas rodas e scooters, em algumas cidades a densidade de veículos por quilômetro quadrado é maior que na Europa. O alto custo do combustível, as baixas velocidades médias nas estradas indianas e as baixas distâncias médias dirigidas estão entre os desafios enfrentados pela indústria automotiva na Índia.

Um motivo central para a promoção da eletromobilidade pelo governo indiano é a segurança energética. Apesar da extração de petróleo do país quase ter atingido seu limite, a demanda continua crescendo num ritmo rápido. É por isso que estão sendo exploradas as possibilidades para reduzir a dependência do petróleo, que é particularmente alta no setor de transportes. A Índia espera que em 2020 o efeito acumulado da promoção da eletromobilidade atingirá lucro econômico por meio da economia em combustíveis fósseis (Governo da Índia, 2012). As velocidades e as distâncias viajadas relativamente baixas também fazem da Índia um mercado interessante para microcarros elétricos e veículos compactos. A existência de engenheiros qualificados, custo do trabalho relativamente baixo e acesso tanto a hardware quanto a software faz da Índia um local idealmente adaptado para os veículos elétricos.

Entretanto, o Governo Central quer assegurar que a crescente indústria de veículos doméstica não seja prejudicada no processo. A luz da baixa densidade de veículos na Índia, nota-se um grande potencial para crescimento no mercado doméstico. Mas a exportação também é considerada relevante para a economia nacional. A produção de veículos domésticos aumentou de 2 milhões de veículos em 1991 para 20 milhões num período de 20 anos. Hoje em dia, o setor automotivo é responsável por cerca de 6% do PIB, contribuiu com 22% da produção industrial em 2011 e emprega mais de 13 milhões de pessoas (Ministério das Indústrias Pesadas e Empresas Públicas, 2012). De acordo com especialistas, os custos externos do transporte individual motorizado na Índia, as taxas extremamente altas acidentes, a poluição atmosférica local e, conseqüentemente, a expectativa de vida reduzida, os ruídos e os congestionamentos, chegam a mais de 6% do PIB.

Por este motivo, a promoção dos combustíveis alternativos e as tecnologias de propulsão na indústria automotiva nacional são medidas óbvias que devem ser tomadas. Apesar do fato de que os estados e governos regionais indianos — por exemplo Delhi, Bangalore e Chandigarh — incentivam a compra de veículos elétricos (inclusive de duas e três rodas) através de isenção fiscal e subsídios, os efeitos continuam sendo em grande fragmentados e de curta duração.

O Governo Central também está envolvido em incentivar a demanda por veículos elétricos. Neste contexto, é notável o “Programa de Combustíveis Alternativos para Transportes na Superfície” (PCATS), que foi lançado pelo “Ministério de Energias Novas e Renováveis”. Este

Quadro 7: Metas de volume e apoio financeiros do Governo Central Indiano (2011/2012)

Tipo	Características do veículo	Unidades		Apoio por veículo	
		2011	2012	INR	% do preço de compra
Veículos de duas rodas	Baixa velocidade	20.000	80.000	4.000	20
	Alta velocidade	10.000	20.000	5.000	20
Veículos de três rodas	7 assentos	100	166	60.000	20
Carro de passageiros	4 assentos	140	700	100.000	20
Ônibus/mini-ônibus	>10 assentos	-	-	400.000	20

Fonte: Klötzke et al., 2013

programa fornece subsídios estatais para a aquisição de veículos elétricos, embora seja evidente que a maior parte desse apoio seja dada para veículos de duas rodas: Entre 2011 e 2012, 130.000 veículos elétricos de duas rodas receberam subsídios de INR 4.000 a 5.000 por veículo, o que atualmente equivale a cerca de EUR 51–64. Foi instituído um prêmio de compra equivalente a cerca de EUR 769 a 1.282 por veículo para veículos de três e quatro rodas; contudo, devido ao baixo número de veículos rodando, o alcance geral deste apoio é muito pequeno (ver Quadro 7).

O Governo Central indiano reconheceu que medidas prévias de apoio não eram suficientes para ajudar a área de eletromobilidade a avançar. Em 2011, a Índia estabeleceu a “Missão Nacional para Mobilidade Elétrica”, que desenvolveu um plano para a eletromobilidade para o ano de 2020 em três níveis: “ministros e representantes da economia e da indústria”, “secretarias de estado” e “Especialistas”. Devido às particularidades do mercado de veículos indiano (alta proporção de veículos de duas rodas e carros compactos, alta sensibilidade aos custos e escassez de espaço nas cidades), foi consenso que os produtos e soluções de outros mercados não eram necessariamente aplicáveis à situação na Índia (Departamento de Indústrias Pesadas e Empresas Públicas, Governo da Índia, 2012).

A “Missão Nacional de Mobilidade Elétrica – Plano 2020”, que foi publicada em 2013, definiu a meta de construção de uma indústria automobilística elétrica até 2020.

De acordo com este plano, é elegível para apoio toda a variedade de veículos elétricos, dos “híbridos suaves” aos veículos totalmente elétricos. Isso visa para garantir que o mercado para veículos elétricos e híbridos possa crescer para 7 milhões de veículos em 2020. Os cálculos de CTP foram usados para determinar a demanda potencial esperada para a Índia em 2020. Os compradores indianos de novos carros são muito sensíveis aos custos e estão mais interessados em um carro forte e confiável do que em inovações tecnológicas. A demanda por veículos totalmente elétricos é vista predominantemente no segmento de duas rodas (até 5 milhões de unidades) (Venugopal Sampath, 2012). Para veículos de três e quatro rodas, presume-se que haja mais demanda para veículos híbridos (1,3 a 1,4 unidades). Estima-se que demanda por outros veículos totalmente elétricos fora do segmento de duas rodas seja relativamente limitada, apenas 200.000 a 400.000 unidades (Hüging/Koska, 2015). O alcance da meta planejada de 400.000 veículos elétricos (VEBs) ajudará a economizar 120 milhões de barris de petróleo e 4 milhões de toneladas de CO₂.

O governo indiano planeja gastar cerca de USD 3.000 milhões para atingir esta meta. Dadas as variáveis potenciais significativamente divergentes nos diferentes segmentos de veículos, o governo indiano deseja instituir medidas de contratação e compra específicas para o governo. Isto será aplicado tanto ao segmento de veículos parcialmente elétricos quanto ao de veículos totalmente elétricos:



Fig. 37a, b: Triciclos com teto solar sendo usados como riquixás. © SIKCO, 2015

- **Segmento de duas rodas:** Presume-se que exista uma demanda significativa neste segmento, não sendo necessários contratos públicos para atingir a meta planejada de nível médio de 4,8 milhões de veículos até 2020.
- **Segmento de três rodas:** Neste segmento, estima-se que a demanda atual seja insuficiente para atender à meta futura planejada de 20.000 a 30.000 veículos em 2020. Contudo, o incentivo proposto é limitado a licenças adicionais para o registro local de veículos (ver Figura 37a, b).
- **Segmento de quatro rodas:** Neste segmento, estima-se que a demanda atual esteja abaixo do nível necessário para 2020. A recomendação para estimular o mercado é instituir medidas de compras estatais, por exemplo relacionadas às frotas de veículos públicas

ou privadas. No entanto, recentemente o governo estabeleceu incentivos de compras nesta área.

- **Segmento de ônibus:** Aqui a avaliação da situação é semelhante a do segmento de quatro rodas: A demanda atual de 2.600 a 3.000 veículos não corresponde às necessidades de 2020. Um incentivo recomendado é a compra de ônibus elétricos e híbridos por empresas de transporte público no quadro do projeto-piloto. Outra recomendação é o lançamento de empreendimentos de cooperação entre empresas internacionais e a indústria doméstica para desenvolverem em conjunto ônibus adaptados às necessidades locais. Em Bangalore, o primeiro projeto-piloto com ônibus elétricos foi lançado em 2014. Foi desenvolvido em Mumbai um projeto com ônibus híbridos (Pandit/Kapur, 2015).

Box 10: VEB E2O da Mahindra

O E2O da Mahindra é o primeiro carro totalmente elétrico produzido na Índia; ele está disponível no mercado desde o começo de 2013. Cabem até 4 pessoas no carro e seu alcance é de 100 a 120 km (ver Figuras 38a, b). Com um sistema de recarga de 240 volts, sua bateria pode ir de praticamente vazia à totalmente cheia durante a noite. O carro também tem um recurso de recarga rápida, podendo ser recarregado um alcance de cerca de 25 km em 15 minutos. Ele também suporta sistemas de recarga inovadores, como o “Sun2Car”, através do qual um dispositivo de recarga solar faz recarga enquanto o veículo está estacionado, por exemplo. O VEB

baseado em um sistema de baterias substituível. Neste caso, a bateria não é comprada, mas sim alugada por meio de um contrato de serviços de energia (Goodbye Combustíveis Hello Elétricos – GFHE). O preço de aquisição do carro é equivalente a cerca de EUR 7.000. Além disso, é cobrada uma tarifa mensal de aproximadamente EUR 40 pelo abastecimento de energia e uso da bateria. Isto é limitado a 5 anos ou 50.000 km. Até agora, o VEB está muito abaixo das expectativas de vendas (500 veículos por mês), com 1.000 unidades comercializadas nos primeiros 15 meses (Mahindra, 2015).



Fig. 38a, b: VEB E2O da Mahindra/Reva. © RevaNorge, CC BY-SA 2.0

■ **Segmento de vans e veículos urbanos de carga:** Aqui, os autores estimam que sejam necessários contratos e compras adicionais para atender às necessidades futuras e atingir a meta de 30.000 a 50.000 veículos que foi definida para as frotas de veículos urbanos (ver Figura 39a, b).

Dentro do segmento de veículos individuais, são feitas recomendações para outras prioridades em relação ao nível de eletrificação (com exceção dos veículos de duas rodas). Pelo menos 3/4 dos fundos de investimento são aplicados em veículos híbridos (incluindo híbridos tipo plug-in), restando somente no máximo 1/4 para o investimento em veículos totalmente elétricos. Com base no predomínio dos veículos de duas e três rodas, muitos veículos híbridos também são disponibilizados em versões muito pequenas (scooters híbridas, por exemplo). Também nota-se um potencial considerável na fusão do gerador elétrico e do motor de arranque em uma unidade, que pode servir simultaneamente como um motor de arranque automatizado (start & stop), gerador de energia (recuperação) e unidade de apoio à energia (propulsor) para o motor convencional. A scooter híbrida pode funcionar no modo convencional, totalmente elétrica ou no modo híbrido. As opções são separadas para que no caso mal funcionamento de algum dos subsistemas, o funcionamento completo dos outros sistemas continue em operação. As scooters híbridas tipo plug-in foram desenvolvidas e implementadas com arquitetura híbrida paralela e unidade do cubo da roda no eixo traseiro para dar apoio ao motor de combustão interna (Klötzke *et al.*, 2013).

Medidas adicionais de incentivo devem ser projetadas como tecnologia o mais neutra possível, e implementadas em um processo gradual que seja reproduzível para fins posteriores. Além das medidas de contratação e compras estatais, há, nos segmentos de veículos individuais, incentivos diferenciados de compra na forma de subsídios para os primeiros veículos comprados: É disponibilizado apoio para o primeiro 1 milhão de veículos de duas rodas, os primeiros 20.000 veículos de três rodas, os primeiros 200.000 veículos de quatro rodas e para as primeiras 50.000 vans e veículos urbanos de carga. Começando em 2016, o volume de financiamento passou a ser reduzido gradualmente (Departamento de Indústrias Pesadas e Empresas Públicas, Governo da Índia, 2012). Até agora, não há quase nenhuma infraestrutura de recarga, motivo pelo qual é planejado o financiamento para a expansão nesta área. Por enquanto, há projetos piloto iniciais para desenvolver uma infraestrutura de recarga, por exemplo em Delhi e Bangalore (Praveen/Kalyan, 2013).

Em 2014, a Índia reuniu a juntou-se à Iniciativa de Veículos Elétricos e redobrou seus esforços na promoção da eletromobilidade. No começo de 2015, o governo indiano anunciou sua intenção de investir um total de INR 10 bilhões – equivalente a cerca de EUR 120 milhões – em eletromobilidade nos próximos dois anos. Em 2015, o programa AFRE (Adoção e Fabricação Rápida de Veículos Híbridos e Elétricos) começou a pagar prêmios de compra, desenvolver infraestrutura de recarga e promover projetos-piloto, dentre outras coisas. Os compradores de veículos elétricos recebem um reembolso de 15% do preço de aquisição do veículo dentro de 2 meses após



Fig. 39a, b: Triciclo elétrico como transporte veículo e o utilitário elétrico Maxximo.
© SIKCO, 2015; Mahindra, 2015

a compra. Além disso, a aquisição do veículo não está sujeita ao imposto sobre o valor agregado, de modo que comprador economize outros 12,5%. Ademais, os compradores de um veículo elétrico recebem um desconto de 50% em taxas rodoviárias (Pandit/Kapur, 2015).

5.5 Indonésia

A Indonésia tem a quarta maior população do mundo, atrás apenas da República Popular da China, Índia e Estados Unidos. Em 2011, a densidade de veículos era de cerca de 60 veículos motorizados por 1.000 habitantes (sem incluir os veículos de duas rodas), que é aproximadamente a mesma da República Popular da China, porém é maior que a densidade de veículos na Índia (41/1.000) (Banco Mundial, 2011). Os típicos micro-ônibus Angkot (trânsito informal) operam em muitas cidades que são ligadas por estradas, enquanto nas grandes cidades há serviços de ônibus de diversas categorias variando do trânsito informal de pequena escala ao sistema BRT “TransJakarta” na capital, Jacarta. Como consequência do aumento do poder aquisitivo da população, os carros de passageiros particulares estão se tornando cada vez mais comuns, especialmente na malha urbana. Isto está causando congestionamentos, especialmente em Jacarta, onde mesmo para os padrões globais de tráfego, a situação é particularmente problemática (ver Figura 40).

A Indonésia tem significativos recursos de combustíveis fósseis, e até poucos anos atrás estava entre os países exportadores de petróleo (ela era o único país asiático membro da OPEC fora do Oriente Médio). Contudo, desde então o consumo energético, aumentou

significativamente, enquanto a produção doméstica de petróleo caiu em relação aos níveis de 1990. Além dos combustíveis fósseis, a energia geotérmica também desempenha um papel importante. A Indonésia é o terceiro maior produtor do mundo de eletricidade geotérmica (atrás dos Estados Unidos e das Filipinas).

Portanto, as atividades da Indonésia na área de eletromobilidade são essencialmente guiadas por motivos políticos energéticos e industriais. Nos últimos anos, o governo comprometeu esforços iniciais para desenvolver — a partir do zero — uma produção doméstica de veículos elétricos. A empresa energética estatal PLN comprometeu-se em construir as primeiras estações de recarga do país. Dahlan Iskan, o Ministro das Empresas Estatais da Indonésia, é considerado um apoiador e advogado da iniciativa nacional de eletromobilidade. Ele pensa que embora os fabricantes locais de automóveis não possam competir com as empresas estrangeiras na área de motor de combustão interna, eles podem no campo da eletromobilidade.

Embora a indústria na Indonésia tenha desenvolvido diversos protótipos de veículos elétricos (carros de passageiros e ônibus), eles não foram levados para a etapa de



Fig. 40: Trânsito em Jacarta, uma das cidades mais congestionadas do mundo.

© Charles Wirriawan, CC BY-NC-ND 2.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0>

produção. Ao mesmo tempo, o empreendedor indonésio Dasep Ahmadi há muitos anos tem trabalhado no desenvolvimento de carros elétricos, embora sem obter um avanço até o momento (Patoni, 2012). Regulamentação legal, fabricação de componentes e o desenvolvimento de infraestrutura são fatores chave aqui. De acordo com Edy PutraIrawady, Ministro da Indústria e Tecnologia, a Indonésia precisa da eletromobilidade para criar uma ampla base energética para a mobilidade do país. A eletrificação dos veículos elétricos pode ser gerada a partir de fontes fósseis, geotérmicas, solares ou outras (Nugraha/Hasanah, 2014).

5.6 Cingapura

Quase em nenhum outro lugar do mundo a densidade demográfica é tão alta como em Cingapura, onde 4,6 milhões de habitantes vivem em uma área 650 km². Os efeitos dessas condições sobrecarregadas testam seriamente o sistema de transportes. O governo de Cingapura tem mostrado que é possível uma gestão de tráfego eficiente e sustentável mesmo em metrópoles em crescimento. Com a sua implementação resoluta de conceitos inovadores, Cingapura provou ser uma cidade modelo para a mobilidade sustentável em toda a região do Sudeste Asiático. Cingapura até mesmo pode servir de modelo quando comparada às cidades europeias: 60% dos seus usuários de estradas utilizam o sistema de transportes públicos, enquanto nas cidades europeias, por sua vez, 30% é considerado uma taxa de sucesso no uso de transportes públicos. Esse alto nível de uso dos transportes públicos é consequência principalmente das restrições severas no registro de novos carros e das altas taxas dos veículos motorizados. Para possuir um carro, em Cingapura um motorista precisa de uma licença especial, que custa até USD 40.000 e é válida por 10 anos. Além disso, as taxas de importação são muito altas. Um veículo híbrido simples, como o *Toyota Prius*, custa mais de USD 150.000 em Cingapura (Jaffe, 2015). Além disso, o aumento anual nos registros de novos veículos atualmente é limitado a 0,5%. Nos dias de semana, todos os veículos motorizados no centro da cidade estão sujeitos a pagar pedágio, que é cobrado eletronicamente desde 1989.

Este conceito de política de transportes tem um efeito claro em Cingapura: A proporção de carros por habitantes é 1 para 10, comparada a 1 para 2,7 em Hamburgo, Alemanha. As emissões de gases de escape dos carros

antigos são verificadas regularmente. A gasolina com chumbo é proibida e o teor de enxofre no diesel é legalmente restrito a 0,05%. As medidas de isenção fiscal incentivam a aquisição de veículos elétricos e híbridos.

Devido ao seu tamanho gerenciável e sua infraestrutura altamente desenvolvida, Cingapura é considerada um campo de testes ideal para a eletromobilidade. Contudo, ainda vai demorar um pouco antes da infraestrutura de recarga necessária ser implementada e dos veículos elétricos tornarem-se um sucesso real no mercado de Cingapura. Em 2011, foi fundada a “Força Tarefa de Veículos Elétricos” (FTVE). Esta iniciativa da Autoridade de Transportes Terrestres visa promover a introdução dos veículos elétricos e o desenvolvimento da tecnologia de recarga.

Em 2011, a empresa Bosch Software Innovations começou a testar um projeto para desenvolver suas primeiras estações de recarga, que também servirão como pontos de recarga para os primeiros testes de eletromobilidade de Cingapura. As estações de recarga são ligadas umas às outras através de uma plataforma na Internet. Outras empresas também podem oferecer seus produtos e serviços nesta plataforma, ou podem ligar sua própria infraestrutura de recarga na rede, por exemplo. Uma vez que tenham registrado-se usando o cartão de identificação geral NETS CEPAS, os clientes podem usar a plataforma para localizar a estação de recarga mais próxima. A Bosch avalia o uso pelo cliente da infraestrutura de recarga para obter informações relevantes para a ampliação da rede (Bosch, 2011).

Após mais de 4 anos, o uso dos veículos elétricos ainda é amplamente limitado a pesquisas finalidades. Mais de 50 organizações participaram da primeira fase de testes, na qual 89 veículos elétricos foram testados nas ruas de Cingapura – inclusive os modelos *Mitsubishi iMiEV*, *Daimler smart fortwo electric drive*, *Nissan Leaf* e o *Renault Fluence Z.E.* (eco-business, 2014). Os veículos foram usados por usuários de teste, que dirigiram uma média de 41 km por dia. Isto é apenas uma pequena distância diária média dirigida por veículos convencionais em Cingapura (55 km) e confirma que os limites de alcance existentes não são um problema para o tipo de direção mais comum em Cingapura. Os motoristas do teste deram notas altas particularmente para os baixos níveis de ruído dos carros e para a aceleração rápida. Contudo, fora das frotas de teste há muito poucos carros elétricos particulares registrados em Cingapura. No início de 2013,



Fig. 41: Carros elétricos sem motorista sendo testados em Cingapura.
© UTN, 2014

só havia 3 carros elétricos dentre cerca de 618.000 carros rodando em Cingapura: um *BMW* convertido, um *Tesla Roadster Sport* e um *Corbin Sparrow* de três rodas (SG Carmart, 2013).

Contudo, na área de pesquisa e desenvolvimento, Cingapura está fazendo progressos significativos: A Universidade Tecnológica Nanyang (UTN) tem realizado testes iniciais com um veículo sem motorista em Cingapura e tem feito testes na estrada desde 2013. O veículo elétrico que atende pelo nome *NAVIA* pode acomodar 8 passageiros a uma velocidade de 20 km/h em rotas pré-programadas entre a NTU e um parque industrial. No começo de 2014, foi apresentado um veículo sem motorista totalmente automatizado pela Universidade Nacional de Cingapura e pela “Aliança para Pesquisa e Tecnologia Cingapura-MIT”. O nome do veículo é *Transporte Compartilhado Operado por Computadores* ou *Scot* para curtas distâncias. Ele é um *Mitsubishi i-MiEV* equipado com USD 30.000 de eletrônicos complementares e pode atingir a velocidade de 130 km/h. A tecnologia incorporada de sensoriamento remoto, especialmente um laser com alcance de 30 metros, permite que o carro seja usado mesmo sem navegação por satélite (straits times, 2014) (ver Figura 41).

O governo de Cingapura tem grandes expectativas nos veículos elétricos autônomos, que ajudarão a tornar Cingapura uma cidade ainda mais sustentável e habitável. Atualmente há planos para expandir os testes com *Mitsubishi I-MiEV* autônomos; a confiança e a aceitação de um serviço de taxis autônomos serão testadas por um

período de 6 meses no distrito “One North”. Um estudo inicial indica que há um imenso potencial para o sistema de taxis autônomos em Cingapura. Os cálculos mostram que uma frota de 300.000 taxis autônomos seria suficiente para assegurar que, mesmo no horário do rush, ninguém teria que esperar mais do que 15 minutos por um táxi. Hoje Cingapura tem cerca de 800.000 carros nas ruas e esses carros ocupam um grande espaço de estacionamento. Este é um dos motivos por trás dos planos para automatizar o sistema de transportes públicos da cidade, aumentando a sua confiança e a capacidade dos meios de transporte urbanos (Jaffe, 2015).

5.7 Sri Lanka

A nação insular Sri Lanka tem uma população de pouco mais de 20 milhões de pessoas. Em 2012, havia uma densidade de veículos de cerca de 76 veículos motorizados, sendo que 18 deles eram carros particulares, por 1.000 habitantes (sem incluir veículos de duas rodas). Com mais de 1,7 milhões e motos, o setor de transportes do Sri Lanka é, semelhante ao da Índia, muito dominado por veículos de duas rodas. Há quase 700.000 veículos de três rodas rodando nas ruas da ilha (Banco Central do Sri Lanka, 2013). Além disso, há uma empresa ferroviária nacional e uma empresa de ônibus nacional, ambas pertencentes ao estado. A grande maioria da população (cerca de 90%) confia no sistema de transportes públicos para suas necessidades diárias de transporte, usando trens, ônibus ou pequenos veículos como os de três rodas (ver Figura 42).



Fig. 42: Taxis elétricos de três rodas Ceytros, fabricados no Sri Lanka. © Alibaba, 2015

O abastecimento de eletricidade do Sri Lanka baseia-se principalmente em hidroeletricidade (que foi responsável por 28% da geração de eletricidade em 2012) e usinas termoeletricas movidas a combustíveis fósseis (diesel, gás natural, petróleo e carvão). Além da hidroeletricidade, outra forma de energia renovável que lentamente está ganhando importância é a energia solar. A energia eólica, por sua vez, ainda desempenha um papel menor. Em 2010, o Presidente Mahinda Rajapaksa, que ocupou o cargo até o início de 2015, formulou a meta de desenvolvimento de fontes domésticas de energia, como petróleo e gás natural. Por enquanto, novas usinas de energia movidas a carvão estão contribuindo para a segurança do abastecimento e conduzindo a eletrificação contínua nas regiões rurais. Em 2014, a primeira usina de energia solar do Sri Lanka, com capacidade de 500 kW, foi ligada à rede; cada vez mais residências particulares estão produzindo a sua própria energia solar. Para proprietários ricos, este método barato, descentralizado e sustentável de geração de energia contribui para o apelo da eletromobilidade (Goonewardene, 2015).

Devido ao seu tamanho relativamente pequeno, o Sri Lanka aparenta ser muito bem adaptado para soluções de eletromobilidade. Iniciativas individuais da Associação de Veículos Elétricos Lanka (AVEL) para a eletrificação do setor de transportes têm recebido financiamento da comunidade internacional. Em 2003, foi realizado um teste inicial de usos da eletromobilidade para promover tanto a introdução de veículos locais não poluentes quanto a criação de empregos em novas indústrias e serviços. Neste contexto, o foco foi em veículos elétricos de três rodas. Seu uso no sistema urbano de transportes públicos e em um jardim botânico foi considerado útil e a empresa Ceyro Lanka foi fundada com o envolvimento de parceiros da Austrália. Um dos planos da empresa é a produção de veículos elétricos de três rodas para serem usados como taxis no Sri Lanka. Dentre os potenciais clientes chave identificados encontram-se o Ministério do Turismo, shopping centers e hotéis privados (PNUD, 2005).

Contudo, até o final de 2013 a eletromobilidade não desempenhava um papel significativo no setor de transportes do Sri Lanka. No início de 2014, somente cerca de 60 veículos totalmente elétricos rodavam na ilha (Silva, 2014). A empresa E-Lanka Automotive, uma importadora de veículos elétricos, vendeu apenas uma média de 6 veículos elétricos por mês nesse período; contudo, com base em declarações políticas, a empresa estima que o

mercado no Sri Lanka será de cerca de 100.000 veículos elétricos nos próximos 2 anos (Loveday, 2014). A esperança é que a virá uma mudança através da redução dos impostos de importação sobre carros elétricos (anteriormente de 100%) e da ampliação da infraestrutura de recarga (LeSage, 2014). Na primavera de 2015, o foco das medidas de apoio foi em veículos totalmente elétricos (Admin, 2014). Foram aumentados os impostos para os veículos híbridos, enquanto eles foram reduzidos de 25 a 5% para os VEBs. No entanto, após uma redução significativa nos impostos sobre VEBs levar à importação de um grande número de carros elétricos premium e a um grande declínio nas receitas de impostos, ele foi corrigido no final de 2015. Atualmente, os veículos elétricos estão sujeitos a uma alíquota de 50% (economynext, 2015). Ao mesmo tempo, estão sendo construídas estações de recarga em postos de gasolina, supermercados e mesmo em bairros residenciais em toda a ilha (Goonewardene, 2015). Na capital Colombo, estão disponíveis scooters elétricas e carros elétricos estrangeiros, inclusive o *Nissan Leaf*, mas também modelos de fabricantes chineses, como o *Leopard*. Muitos dos taxis nas ruas de Colombo são veículos híbridos japoneses.

5.8 Butão

O Butão é um dos poucos países do Himalaia no mundo que não busca um modelo econômico que seja orientado principalmente para o crescimento. No Butão, o sistema de transportes públicos é muito limitado. A população total do país é de aproximadamente 700.000 pessoas. A densidade de veículos no Butão é de cerca de 70 veículos motorizados por 1.000 habitantes (figuras 2011/2012), sendo maior que a da Índia, mas menor do que a da República Popular da China. Em termos de política energética e econômica, a hidroeletricidade desempenha um papel importante, e até então o seu potencial tem sido apenas parcialmente explorado. O país gerou aproximadamente 99% de seu mix de eletricidade em 2010 a partir da hidroeletricidade, com o 1% restante vindo de combustíveis fósseis (World Factbook, 2010). Como o Butão produz mais energia do que consome, a exportação de eletricidade para a Índia e Bangladesh é uma fonte importante de moedas estrangeiras e um fator essencial no orçamento do estado. O preço da energia no Butão, cerca de 1/5 do preço na Índia, está entre os mais baixos do mundo (Banerjee 2014). Até 2020, a demanda por combustíveis fósseis do Butão será reduzida em até 70%.



Fig. 43: Táxi elétrico em Thimphu, Butão, 2016. © Manfred Breithaupt

Nos últimos anos, o governo do Butão tem conversado com empresas automotivas asiáticas sobre a mudança no setor de transportes para eletromobilidade. Para este fim, no começo de 2014 representantes do Butão e da empresa indiana *Mahindra* assinaram uma carta de intenções para uma parceria estratégica para promover a eletromobilidade (Gopalan, 2014). A *Mahindra* já testou seus veículos sob as condições climáticas e topográficas no Butão, sendo um campo de testes para a demanda pelo carro elétrico compacto *Mahindra e20* (antigamente *REVA NXR*). Ao mesmo tempo, o *Nissan Leaf* foi introduzido na capital Thimphu. A Nissan está dando 50% de desconto para os primeiros 77 carros *Nissan Leaf* comprados. Um ano após o lançamento, foram vendidos 50 carros no Butão, e foram pedidos mais 22 carros. Este desconto torna o *Nissan Leaf* mais barato que o *Mahindra e20*, que não teve nenhum carro vendido até agora (Sundas, 2015) (ver Figura 43).

Um aumento no uso dos ônibus e taxis elétricos também está sendo planejado. Atualmente, há cerca de 10 taxis elétricos na capital Thimphu. Contudo, há planos maiores em conjunto com a introdução da eletromobilidade. Todo o estoque de veículos do Butão é de somente cerca de 80.000 veículos. Neste contexto, a perspectiva de uma eletrificação geral do sistema de transportes, desde que

os programas de apoio correspondentes sejam instituídos, não aparenta ser surreal. Nos próximos anos, até 8.000 carros elétricos serão importados para o país. A proibição geral de importação de carros de passageiros não se aplica a carros elétricos. De acordo com o Primeiro Ministro do Butão, Tobgay, é uma obrigação do governo criar um conceito geral que irá facilitar medidas como incentivos de compra, isenção fiscal e financiamento de infraestrutura. Entretanto, conforme Tobgay explica, o sucesso, em última análise, depende do abastecimento e da demanda (Dema, 2014).

Dado que todas as estradas pavimentadas do país tem 5.000 km, é realista atender às necessidades de infraestrutura de estações de recarga. Atualmente, há 5 estações de recarga na capital e uma no aeroporto, em Paro. Até 2018, estão sendo planejadas 150 estações de recarga no país (Tshering, 2014). Graças ao grande compartilhamento de energia hidroelétrica, a eletricidade poderia vir quase totalmente de fontes renováveis. No entanto, o baixo poder aquisitivo da população do Butão é um fator inibidor. Os próximos anos mostrarão se o Butão pode ou não aproveitar sua oportunidade de tornar-se o primeiro estado territorial com um sistema de transporte individual motorizado totalmente elétrico.

6. Recomendações para a eletromobilidade

As descrições e exemplos detalhados acima ilustram a imensa variedade de veículos elétricos para o transporte de pessoas e bens que já estão sendo usados de diferentes formas, alguns dos quais ainda estão na etapa de testes. Programas de financiamento de larga escala geralmente são encontrados em países onde o interesse na eletromobilidade está enraizado na política industrial, principalmente na República Popular da China, Índia e Japão. Esses países costumam implementar projetos usando grandes frotas de veículos com quilometragem diária menor que 100 km e uma alta quilometragem anual. Em muitos casos, as principais partes interessadas estão envolvidas (por exemplo, grandes empresas e autoridades governamentais) que podem implementar veículos e soluções de infraestrutura de recarga a partir de fontes únicas e podem pagar pela realização de testes em larga escala ao invés das pequenas empresas privadas.

Com o surgimento dos primeiros modelos de produção em série de veículos híbridos, e cada vez mais de VEBs, os usuários privados também são capazes de lucrar, embora em graus variados, a partir dos programas de incentivo de compra estabelecidos por seus governos nacionais e administrações municipais.

Em lugares onde as condições gerais tem sido alteradas significativamente em favor da eletromobilidade, por exemplo quando a República Popular da China proibiu scooters convencionais, temos visto o desenvolvimento de mercados de massa adequados para a eletromobilidade.

Entretanto, os usos da eletromobilidade têm sido bem-sucedidos no segmento de veículos de duas rodas, mesmo sem medidas de apoio ou intervenção regulatória. O mesmo se aplica a determinados segmentos de veículos utilitários elétricos.

A amplitude de usos, locais e países onde a eletromobilidade pode ser implementada é muito heterogênea. A primeira distinção que deve ser feita é entre usos rurais e urbanos da eletromobilidade:

1. Em **área rurais** há poucas estruturas de processamento e abastecimento para bens e serviços e o nível de prosperidade geralmente é menor que nas áreas industriais ou metropolitanas urbanas. Além disso, a infraestrutura de transportes geralmente é menos

desenvolvida e os serviços de transporte público não existem ou são pouco disseminados. Em regra, as distâncias cobertas são maiores (distâncias médias a longas) e os usuários geralmente transportam cargas pesadas, diferente do que ocorre nas cidades. O desafio chave aqui está na criação de serviços de mobilidade extras, baratos e ecológicos e uma infraestrutura básica, enquanto os impactos ambientais desempenham um papel relativamente pequeno.

2. Nas **áreas urbanas** há empregos na indústria e no setor de serviços. Aqui, as pessoas que têm um nível relativamente alto de prosperidade (para os padrões nacionais) têm uma diversa gama de estruturas de abastecimento e possibilidades educacionais e culturais à sua disposição. As áreas metropolitanas geralmente oferecem uma infraestrutura rodoviária bem desenvolvida e em muitos casos uma diversidade de serviços de transporte público. As distâncias viajadas costumam ser menores do que nas áreas rurais. Nas áreas metropolitanas, a densidade dos transportes e os níveis de emissões geralmente são altos. O desafio chave nas áreas metropolitanas é lidar com o aumento do volume do tráfego e com a má qualidade do ar.

Além disso, deve ser feita uma diferenciação entre lugares com infraestrutura altamente desenvolvidas e com infraestrutura menos desenvolvidas. Isso diz respeito particularmente ao âmbito, qualidade e estabilidade dos transportes, eletricidade e redes de dados:

- **Infraestruturas menos desenvolvidas** caracterizam-se pelo abastecimento intermitente e por uma alta suscetibilidade a interrupções no transporte, nos dados e nas redes de energia. Inicialmente, o desafio central da integração da eletromobilidade é desenvolver infraestruturas básicas de energia e transporte, que formam a base para o desenvolvimento subsequente.

- **Transporte, energia e rede de dados bem desenvolvidos**, por outro lado, caracterizam-se por um alto nível de força e estabilidade. Uma imensa gama de interfaces e interconexões visam assegurar uma variedade de serviços de mobilidade, energia e comunicações, sobre os quais a eletromobilidade pode ser construída. O desafio central da integração da eletromobilidade é interligar os sistemas de transporte existentes,

organizar a complexidade resultante (gerenciamento da carga energética) e garantir a proteção dos dados e a proteção do abuso dos dados.

A combinação desses dois critérios produz quatro que devem ser examinados. Dados os efeitos adversos agudos para a saúde e o meio ambiente oriundos do uso de combustíveis fósseis e de seu abastecimento finito, particularmente com relação ao setor de transportes, é que claros que são necessárias medidas e abordagens adicionais.

E a médio e longo prazo, fatores como a alta eficiência dos motores elétricos para a eletromobilidade. Contudo, a eletromobilidade não deve ser entendida como a mera eletrificação dos sistemas de propulsão e uma solução “autônoma”. Ao invés disso, ela representa componentes individuais de soluções globais de transporte no transporte de passageiros e de carga e deve ser adaptada a um conceito holístico de transportes e energia.

Portanto, a eletromobilidade sempre deve ser entendida como parte de uma grande solução sistêmica. Soluções de recarga e produção e abastecimento de energia sempre

devem ser integrados a um amplo processo de planejamento. Inicialmente, devem ser desenvolvidos operações viáveis e modelos de negócios para os componentes individuais e devem ser criados ou ajustados os parâmetros administrativos e políticos. Com relação aos padrões de recarga apoiados, deve-se dar atenção especial à questão da compatibilidade com as redes de eletricidade locais e com a capacidade de carga, pois, por exemplo, a tecnologia de recarga rápida pode exigir muito da capacidade e estabilidade da rede. Não menos importante, a implementação bem-sucedida de soluções também deve levar em conta os fatores sociais. Isto inclui a disponibilidade de produtos e serviços baratos para o público em geral e a imagem e o valor simbólico dos veículos para seus usuários (ver Quadro 8).

Considerando a diversidade dos possíveis usos da eletromobilidade e a heterogeneidade dos desafios específicos, as etapas de desenvolvimento e as condições do quadro encontradas em diferentes países e cidades, apenas pode-se dar recomendações gerais para cada aglomeração:

Áreas com baixa densidade demográfica e uma infraestrutura rudimentar oferecem possibilidades limitadas

Quadro 8: Casos comuns de uso de eletromobilidade de acordo com diferentes parâmetros

	Área metropolitana	Área rural
	<ul style="list-style-type: none"> Alta densidade de tráfego, poluição atmosférica, curtas distâncias de transporte 	<ul style="list-style-type: none"> Baixa densidade de tráfego, baixos poluição atmosférica, maiores distâncias de transporte
<p>... infraestrutura avançada</p> <ul style="list-style-type: none"> Alta capacidade da rede energética, rede de dados necessária 	<p>Cidades Tóquio (Japão), Xangai, Pequim (China), Cingapura, Gumi (Coreia do Sul)</p> <p>Exemplos compartilhamento de carros, aluguel de carros elétricos ônibus elétricos indutivos</p>	<p>Lugares Ilhas Goto, Nagasaki (Japão) portos/aeroportos</p> <p>Exemplos aluguel de carros elétricos, transportadores elétricos de carga, ônibus elétricos</p>
<p>... infraestrutura básica</p> <ul style="list-style-type: none"> Baixa capacidade de carga da rede elétrica rede e não há necessidade de nenhum dado da rede 	<p>Cidades Manila (Filipinas), Delhi (Índia)</p> <p>Exemplos jipes elétricos/ônibus elétricos, triciclos elétricos, scooters elétricas, bicicletas elétricas</p>	<p>Lugares zona rural</p> <p>Exemplos veículos utilitários com sistema de mudança de bateria, triciclos elétricos, transportadores de carga elétricos, bicicletas elétricas</p>

Fonte: Dados próprios

para a implementação imediata e ampla da eletromobilidade. Na maioria dos casos, as redes de energia e transportes não estão desenvolvidas o suficiente para permitir uma infraestrutura confiável e abrangente para soluções de eletromobilidade que devem ser construídas. Se as fatias de geração de energias renováveis no mix de eletricidade são baixas, os usos da eletromobilidade causam poucos benefícios ambientais. É por isso que é fundamentalmente importante para promover inicialmente o desenvolvimento de um abastecimento de eletricidade descentralizado baseado em fontes de energia renováveis — por exemplo, através de sistemas fotovoltaicos — para criar a fundação da infraestrutura para uma eletromobilidade que seja ecologicamente sustentável. O uso de veículos totalmente elétricos é restrito à pequena escala. E neste contexto, a conexão de um sistema fotovoltaico doméstico com um veículo elétrico proporciona estabilidade para o abastecimento de energia elétrica doméstico. De outro modo, é o veículo híbrido, com sua compatibilidade com as infraestruturas convencionais de abastecimento, que oferece a variedade necessária para atingir cidades vizinhas e centros de abastecimento. Sob essas circunstâncias, as estações de recarga primeiramente devem ser construídas em instalações de geração elétrica descentralizadas para evitar colocar mais tensão na já não confiável rede de eletricidade.

Ao contrário das regiões com infraestruturas menos desenvolvidas, são áreas com baixa densidade demográfica e infraestrutura bem desenvolvida — desenvolvimentos para turistas, por exemplo — que exibem os pré-requisitos necessários para o uso eficiente da eletromobilidade. As redes de eletricidade normalmente têm uma maior capacidade e confiabilidade, permitindo uma recarga rápida com maior carga, por exemplo. Aqui também, os benefícios ambientais da eletromobilidade dependem da fatia do mix de eletricidade que vem de fontes energéticas renováveis. Neste caso, o desenvolvimento de uma infraestrutura de recarga é relativamente barato, pois as estações de recarga individuais não precisam de baterias estacionárias em larga escala para o armazenamento da energia elétrica gerada de forma descentralizada. A promoção da eletromobilidade poderia ter a forma da aquisição de uma frota de veículos elétricos pelo governo da cidade e a primeira instalação de estações de recarga públicas. Além de medidas de apoio para promover o uso de veículos elétricos em nível municipal, há outros usos da eletromobilidade que devem ser

considerados: Um programa para promover o uso de ônibus elétricos, o aluguel de carros e a entrega de veículos em lugares turísticos ou em hotéis e restaurantes locais são outros possíveis usos.

Na Ásia é comum encontrar áreas com alto desenvolvimento somente com infraestrutura rudimentar. A ampliação de um sistema renovável do abastecimento com eletricidade e a criação de uma infraestrutura de recarga apresentam desafios para essas regiões. Por este motivo, a instalação de geração de eletricidade e sistemas de recarga descentralizados e autônomos são vantajosos. No contexto de uma expansão do sistema de geração de eletricidade renovável, poderia haver uma interligação das construções e instalações, por exemplo em “redes inteligentes”, o que seria desenvolvido em ilhas com estabilidade perto do abastecimento que eventualmente podem incorporar usos de eletromobilidade através da recarga controlada e das funções de veículo à rede. Esta etapa oferece benefícios para o desenvolvimento de infraestruturas, aumenta a autonomia de energia e pode criar as fundações de infraestrutura para a implementação de soluções de eletromobilidade. Em comparação com cidades norte-americanas e europeias, as cidades asiáticas têm uma densidade demográfica muito maior por quilômetro quadrado. Velhos ônibus a diesel e veículos de entrega, motos e scooters, e outros fatores contribuintes têm levado a altos níveis de poluição atmosférica. O uso de veículos elétricos, particularmente ônibus e veículos de entrega, riquixás e taxis, é um passo importante para a diminuição da poluição. Uma vez que esses tipos de usos geralmente empregam frotas gerenciadas centralmente, rotas fixas ou estacionamentos, inicialmente há somente uma necessidade limitada de construir novas infraestruturas de recarga. Programas de compra parecem ser uma abordagem útil nesses casos. No setor de duas rodas, a eletromobilidade também pode contribuir com significativas melhorias; neste caso, não são necessários grandes programas de infraestrutura, embora a regulamentação para restringir o uso de veículos de combustão interna — por exemplo, em zonas ambientais — seja recomendada. O transporte individual motorizado, particularmente o uso de carros de passageiros, está atingindo seu limite rapidamente devido ao espaço que precisa em áreas de alta densidade com infraestrutura subdesenvolvida. No entanto, enquanto o uso de veículos elétricos pode ajudar a mitigar poluição atmosférica, ele não resolverá completamente por si só os

problemas de congestionamentos e escassez de estacionamentos. A promoção dos carros elétricos particulares não parece ser útil neste sentido, ao contrário da gestão restritiva de estacionamentos. Modelos de compartilhamento de carros tendem a ser bem-sucedidos em cidades mais ricas, com altos padrões de segurança, já que os veículos podem ser alvo de furto e vandalismo.

Áreas com alta densidade e infraestrutura de transportes, dados e energia altamente desenvolvidos apresentam uma arena para os sistemas integrados de transportes. O planejamento de transportes e espacial a longo prazo é complementado por um sistema eficiente de gestão de tráfego. Uma apresentação ótima informações intermodais em tempo real, possivelmente complementada por sistemas de preço baseados nos níveis de carga e poluição, poderiam criar um efeito de incentivo favorável à eletromobilidade. A integração das soluções de eletromobilidade pode ser realizada em um primeiro estágio através da introdução de ônibus elétricos no sistema de transportes públicos, o proporcionaria uma redução inicial dos níveis de poluição. Isto poderia ser seguido por serviços publicamente disponíveis, como táxis elétricos, compartilhamento de carros elétricos, compartilhamento de scooters elétricas, compartilhamento de bicicletas elétricas, etc. Entretanto, esses estágios devem correr em paralelo com a expansão da geração de eletricidade por fontes energéticas renováveis, se as metas de proteção climáticas forem ser colocadas em prática. A introdução de táxis elétricos, e um grau ainda maior de modelos de compartilhamento de carros elétricos, dará o impulso para a construção e desenvolvimento de uma infraestrutura pública de recarga que posteriormente poderá ser usada também para o transporte privado. Ademais, os serviços publicamente disponíveis também permitirão que grande parte da população teste os novos meios de transporte baseados em eletromobilidade. Quaisquer possíveis desvantagens econômicas isoladas oriundas da operação dos sistemas de transporte elétricos devem ser vistas no contexto de amplos benefícios sociais. As soluções eficientes de recursos e de economia de espaço são especialmente dignas de medidas de apoio em áreas metropolitanas com alta densidade demográfica. Se os benefícios sociais superam as desvantagens, então são adequadas medidas de financiamento e/ou restrições e aumento nos preços para alternativas convencionais menos desejáveis.

Precisamente quais os tipos de usos de eletromobilidade devem ser ativamente promovidos nos dias de hoje e o mix de medidas específicas que os governos locais devem implementar é uma questão que os tomadores de decisão devem determinar. As possíveis medidas variam dos instrumentos de financiamento e dos usos piloto financiados a restrições legislativas (por exemplo, proibição de direção e exigências para os fabricantes) e incentivos políticos financeiros (por exemplo, sistemas de tributação e de pedágio). É importante que as medidas sejam sustentáveis e escalonáveis e que sejam o ponto de partida tanto para iniciativas a longo prazo quanto a curto prazo. Por um lado, a entrada na era da mobilidade pós-combustíveis fósseis precisa de perseverança, já que o processo das fontes energéticas renováveis deve ser desenvolvido, a infraestrutura deve ser construída e as barreiras para compra e utilização devem ser eliminadas. Por outro lado, o sucesso a curto prazo também é importante para remover os gargalos de desenvolvimento mais urgentes, para ganhar o apoio da população e também para reconhecer e corrigir desenvolvimentos equivocados suficientemente cedo.

Países que já tem altas fatias de geração de eletricidade ecológica e que continuam expandindo o uso das energias renováveis devem promover estudos, testes e operações de soluções sistêmicas combinadas. Isto poderia beneficiar diversas indústrias (indústria automotiva, setor de fabricação de veículos e de eletrônicos e indústrias de geração de energia e de reciclagem). As condições quadro devem ser projetadas de forma que os atores do setor privado possam implementar facilmente os modelos de negócios necessários. Entretanto, um sistema permanente, com subsídios apenas do lado da oferta deve ser criticamente considerado, pois a longo prazo isto tencionaria os orçamentos estatais e poderia reduzir os incentivos para a implementação de modelos de negócios autossustentáveis. Atualmente a estratégia de financiamento chinesa está passando por uma transformação dos subsídios financeiros aos sistemas de incentivos baseados no mercado. Por exemplo, está sendo discutido atualmente um programa de empréstimos baseado no modelo usado no estado norte-americano da Califórnia: Isto necessitaria que grandes fabricantes de carros forneçam um determinado número dos chamados créditos de veículos com emissão zero. Os empréstimos estatais só seriam fornecidos àqueles fabricantes que vendem veículos com baixas emissões. No entanto, os fabricantes poderiam vender

esses créditos entre si, levando à criação de um mercado de créditos de VEZ (China Observer, 2015).

Tão importante quanto o apoio à política industrial na forma de medidas de pressão é a definição dos incentivos sociais como medidas de impulso para estimular a demanda por soluções de eletromobilidade sustentáveis. O que importa é como as pessoas aceitam a eletromobilidade e a utilizam em seu cotidiano. Conceitos integrados amplos que podem competir com soluções convencionais em termos de custos relativos determinarão se haverá sucesso a longo prazo ou não. A redução dos impostos de importação e das restrições de importação para veículos elétricos, ou seja, uma exceção da tributação como “artigos de luxo” para os veículos elétricos poderia ser uma forma promissora para promover a eletromobilidade.

Um país europeu que implementou um amplo mix de medidas de impulso com sucesso é a Noruega (isenção do imposto de importação, renúncia de 25 % do imposto sobre o valor agregado e das taxas rodoviárias, possibilidade de usar linhas de ônibus, estacionamentos gratuitos municipais, recarga gratuita). Como consequência dessa combinação de medidas, 20% dos registros de novos veículos na Noruega agora são de veículos elétricos (dpa, 2015). Porém, incentivos da demanda não seriam um estímulo suficiente se não fosse para a recepção pública global positiva dos veículos elétricos. Para garantir que os custos da operação e as mudanças necessárias na rotina dos usuários são mínimas, o acesso aos serviços de transporte devem ser projetados para serem simples e uniformes com relação ao uso intermodal.

Visando as economias em desenvolvimento e emergentes, devem ser identificados os seguintes pontos como pré-requisitos necessários para uma implementação bem-sucedida e inteligente das soluções de eletromobilidade:

O financiamento estatal é necessário para o desenvolvimento inicial da eletromobilidade. Deve ocorrer uma abordagem consistente e integrada incorporando tanto as medidas políticas de transporte quanto as de energia.

Exigências energéticas:

- Uma proporção alta de energias renováveis no mix de eletricidade nacional;
- Um quadro político claro e de longo prazo para a expansão da capacidade de geração de energias renováveis;

- Estabelecimento de redes de eletricidade estáveis para cobrir as necessidades de geração, transmissão e distribuição de forma eficiente e estável, também no caso de flutuações de carga;
- Criação capacidade de buffer para flutuações da geração de energias renováveis (por exemplo, instalações de armazenamento bombeado, sistemas de armazenamento estacionário, etc.);
- Apoio para construção e expansão de uma infraestrutura de recarga padronizada (plugs, serviços, acessos e sistemas de pagamento).

Exigências de transporte:

- Países com restrições e tarifas de importação para meios de transporte devem considerar facilitar ou reduzir as normas para veículos totalmente elétricos ou para peças e componentes desses veículos.
- As autoridades nacionais e locais devem apoiar ativamente a demonstração, pesquisa e projetos-piloto na área de eletromobilidade através de medidas técnicas, financeiras e regulatórias (inclusive o registro de veículos, privilégios para o uso das ruas e de estacionamentos), medidas de comunicação e devem liderar o caminho avançando na eletrificação de frotas públicas de veículos.
- Além da promoção da eletromobilidade, devem ser consideradas medidas para regulamentar ou restringir meios de transporte menos sustentáveis. Isto poderia implicar na remoção dos subsídios para os combustíveis convencionais, na proibição das misturas de combustível altamente contaminantes, nos motores e veículos de combustão interna e na introdução da gestão de estacionamentos e nos sistemas de tarifação rodoviária que excluem a eletromobilidade.
- Sob determinadas condições, veículos operados eletricamente têm vantagens tanto ambientais quanto econômicas, por exemplo quando usados na frota de transportes públicos, como taxis ou como veículos de entrega. Nesses cenários, as soluções de eletromobilidade são direcionadas para a população em geral (ônibus elétricos, veículos de duas e três rodas) ao invés de serem relevantes apenas para a classe alta. A introdução da eletromobilidade deve focar-se neste aspecto.
- Particularmente nas áreas urbanas, a eletromobilidade deve ser definida como parte de um sistema de mobilidade integrado em soluções multimodais em rede.

7. Fontes on-line

ADB, 2009	http://www.adb.org/sites/default/files/publication/27519/electric-bikes-ind-vie.pdf
ADB, 2014	http://www.adb.org/sites/default/files/publication/42808/sustainable-urbanization-asia-and-latin-america.pdf
ADFC, 2015	http://www.adfc.de/pedelecs/elektro-rad-typen/elektro-rad-typen
AECOM, 2011	http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/studies/doc/2011-smartcards-final-report.pdf
Admin, 2014	http://www.adaderana.lk/bizenglish/electric-cars-in-sri-lanka-too-will-be-cheaper
Alibaba, 2015	http://ceytrolanka.fm.alibaba.com/product/11121370-10773674/Ceytro_Electric_Three_Wheeler.html
Asian Development Bank, 2012	http://www.adb.org/news/300-million-green-transportation-revolution-philippines-ADB
Avda, 2013	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Berlin_-_Potsdamer_Platz_-_E-Mobility-Charging.jpg
bcs, 2007	http://www.carsharing.de/alles-ueber-carsharing/studien/wirkungen-und-entlastungspotenziale-neuer-verkehrsdienstleistungen
Berlin Institut, 2007	http://www.berlin-institut.org/online-handbuchdemografie/bevoelkerungsdynamik/regionale-dynamik/lateinamerika.html
Berhart <i>et al.</i> , 2014a	http://www.rolandberger.de/media/pdf/Roland_Berger_Index_Elektromobilitaet_Erstes_Quartal_2014_20140301.pdf
Bernhart <i>et al.</i> , 2014b	http://www.rolandberger.de/media/pdf/Roland_Berger_Index_Elektromobilitaet_3_Quartal_2014_20140919.pdf
Bierau <i>et al.</i> , 2014	http://www.japan.ahk.de/fileadmin/ahk_japan/Publikationen/PDF/Trendbericht_Elektromobilitaet_in_Japan_Februar_2014_Klein.pdf
blogspot, 2013	http://newsandfeaturesonindonesia.blogspot.de/2013/01/the-entire-national-electric-car.html
Böhler-Baedeker/Hüging, 2012	http://www2.giz.de/wbf/4tDx9kw63gma/SUT_module5h.pdf
Bosch, 2011	https://www.bosch-si.com/solutions/mobility/our-solutions/test-bed-singapore.html
Brown, 2014	http://wallstreetpr.com/the-car-share-program-of-kandi-technologies-group-inc-nasdaqkndi-32695
Bulut, 2013	http://www.busplaner.de/aktuelles/omnibus-news-touristik-nachrichten/9665/Bogota-setzt-auf-Elektromobilitaet/Volvo-erhaelt-Hybridbus-Grossauftrag-in-Sue
BYD, 2013	https://bydcompany.wordpress.com/2013/03/22/56-reduction-anticipated-in-hong-kong-vehicle-emissions-through-electrified-public-transportation
BYD, 2015a	http://www.byd.com/news/news-305.html
BYD, 2015b	http://www.byd.com/news/news-316.html
Chademo, 2016	http://www.chademo.com/wp
Chamon/Mauro/Okawa, 2008	http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1108502##

Central Bank of Sri Lanka, 2013	http://www.cbsl.gov.lk/pics_n_docs/10_pub/_docs/statistics/other/econ_&_ss_2013_e.pdf
China Observer, 2015	http://www.china-observer.de/index.php/2015/10/09/forderung-von-elektromobilitat-in-china
China Auto Web, 2015a	http://chinaautoweb.com/2015/01/2014-ev-sales-ranking
China Auto Web, 2015b	http://chinaautoweb.com/2015/07/chinese-ev-sales-ranking-in-the-first-half-of-2015
CIA Factbook, 2010	https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/bt.html
Dalkmann/Brannigan 2007	http://star-www.giz.de/dokumente/bib/07-1296.pdf
Disgnmind, 2014	https://designmind.frogdesign.com/2014/01/chinas-electric-bike-charging-cultures
Drewitz/Rommerskirchen, 2011	http://www.internationalesverkehrswesen.de/fileadmin/user_upload/pdfs/www.internationalesverkehrswesen.de_1_2011_Progrtrans.pdf
GDV, 2013	http://www.gdv.de/2013/04/pedelec-ist-nicht-gleich-pedelec
Government of India, 2012	http://dhi.nic.in/NEMMP2020.pdf
Destatis, 2014	http://de.statista.com/statistik/daten/studie/222155/umfrage/herstellung-von-omnibussen-in-china
DNAIndia, 2014	http://www.dnaindia.com/bangalore/report-bangalore-to-get-quick-charging-stations-for-electric-cars-1963458
Doll/Tauber, 2014	http://www.welt.de/wirtschaft/article132561785/Daimlers-indische-Geheimwaffe-gegen-China-Trucks.html
dpa, 2015	http://www.handelsblatt.com/auto/nachrichten/norwegen-elektroauto-boom-dank-staatlicher-foerderung/12211510.html
eco-business, 2014	http://www.eco-business.com/news/singapore-concludes-electric-vehicle-test-bed-may-conduct-further-trials
Economynext, 2015	http://www.economynext.com/Sri_Lanka_tax_hike_prompted_by_\$100,000_electric_cars_coming_at_2.5_pct__Ravi-3-3590-1.html
Edelstein, 2015	http://www.greencarreports.com/news/1085908_one-new-york-cabbie-loves-his-nissan-leaf-electric-taxi
Electric car news, 2015	http://electriccarsreport.com/2015/01/kandi-deliver-5000-electric-vehicles-chengdu-city
Electricvehicle news, 2010	http://www.electric-vehiclenews.com/2010/05/byd-e6-electric-taxi-hit-roads-in.html
Electricvehicle news, 2013	http://www.electric-vehiclenews.com/2013/01/indonesian-official-breaks-speed-limit.html
electricvehiclenews, 2014	http://www.electric-vehiclenews.com/2014/04/electric-car-sales-set-to-take-off-in.html
Emobil-umwelt.de, 2015	http://www.emobilumwelt.de/index.php/projektergebnisse/gesamtbilanzen/batterieelektrische-pkw
Fan, 2014	http://usa.chinadaily.com.cn/world/2014-11/10/content_18891185.htm
Goonewardene, 2015	http://www.ft.lk/article/433871/Is-Sri-Lanka-ready-for-electric-mobility?
Gopalan, 2014	http://www.thehindubusinessline.com/companies/mm-to-steer-bhutans-electric-mobility/article5732334.ece

Gunasekara, 2014	http://www.ceylontoday.lk/90-75800-news-detail-await-vega-sls-first-electric-lamborghini.html
Hamiltion, 2009	http://www.technologyreview.com/news/415773/next-stop-ultracapacitor-buses/?a=f
Handelsblatt online, 2014	http://www.wiwo.de/unternehmen/industrie/chinesisches-elektroauto-daimler-beginnt-mit-produktion-von-denza/10674266.html
Hillebrand/Hüging, 2015	http://www.dlr.de/dlr/presse/Portaldata/1/Resources/documents/2015/DLR_Stuttgart_STROMbegleitung_Abschlussbericht.pdf
Hubject, 2015	http://www.hubject.com
ICLEI, 2011	http://www.ecomobility.org/fileadmin/template/project_templates/ecomobility/files/Publications/Case_stories_EcoMobility_Hangzhau_PDF_print.pdf
IEA, 2013	https://www.iea.org/publications/globalevoutlook_2013.pdf
Ifeu, 2010	http://www.ifeu.de/verkehrundumwelt/pdf/Helms%20et%20al.%20(2010)%20Electric%20vehicles%20(TAP%20conference%20paper).pdf
India Today, 2011	http://indiatoday.intoday.in/story/a-single-travel-card-for-all-public-transport-on-cards/1/163126.html
INSG Insight – No. 23, 2014	http://www.insg.org/docs/INSG_Insight_23_Global_Ebike_Market.pdf
International Transport Forum/OECD, 2014	http://internationaltransportforum.org/Pub/pdf/14IrtadReport.pdf
Jaffe, 2015	http://www.citylab.com/tech/2015/06/singapore-is-already-planning-for-a-future-of-driverless-taxis/396707
Jing, 2015	http://www.globaltimes.cn/content/900877.shtml
Jung, 2015	https://sustainabletransport.org/fewer-cars-more-mobility-can-carsharing-work-in-china
KAIST, 2010	http://olev.kaist.ac.kr/en/olevco/2.php
KAIST, 2015	http://www.smfir.co.kr
Kandi Technologies, 2012	http://uk.reuters.com/article/2012/08/13/idUS104247+13-Aug-2012+MW20120813
Kandi Technologies, 2014a	http://en.kandivehicle.com/ProductDetail.aspx?kid=72
Kandi Technologies, 2014b	http://en.kandivehicle.com/NewsDetail.aspx?newsid=145
Khandelwal, 2015	http://thetechportal.in/2015/02/14/meet-vega-supercar
Klötzle <i>et al.</i> , 2013	http://elib.dlr.de/87884/1/14%20STROMbegleitung%20Arbeitspapier%202013%20-%20Ergebnisse%20Forschungsreise%20Indien_anonym.pdf
Knoblach, 2013	http://www.berliner-zeitung.de/wirtschaft/elektromobilitaet-e-scooter-statt-e-auto,10808230,23700954.html
Korea IT Times, 2015	http://www.koreaittimes.com/story/44319/seoul-city-introduce-50000-eva-2018
Korea Transport Institute, 2014	http://english.koti.re.kr/board/report/index.asp?code=research_report&cate=2&mCode=040200
Kühl, 2014	http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/analyse-chinas-neue-foerderung-stuetzen-absatzboom-bei-elektroautos-a-993067.html

Kuther, 2012	http://www.elektromobilitaet-praxis.de/e-antriebe/technologie-und-forschung/articles/377747
Leonzon, 2010	https://www.devex.com/news/as-ADB-shifts-gears-a-new-lending-focus-on-urban-transport-67408
LeSage, 2013	http://green.autoblog.com/2013/12/27/kandi-ev-vending-machine-carsharing-china
LeSage, 2014	http://www.autoblog.com/2014/01/09/sri-lanka-wants-to-import-more-evs
Leuphana Universität, 2013	http://www.leuphana.de/news/meldungen/titelstories/oekobilanz-von-elektroautos-untersucht.html
Li Zoe, 2014	http://edition.cnn.com/2014/04/24/world/asia/china-electric-vehicles
live mint, 2015	http://www.livemint.com/Politics/noBxmpkbhRAqTKP60sBI8M/Govt-earmarks-Rs1000-crore-to-boost-electric-vehicle-sales.html
Lockström/Callarman/Lei, 2011	http://www.ide.go.jp/English/Publish/Download/Jrp/154.html
Loveday, 2014	http://insideevs.com/ceo-e-lanka-automotive-sri-lanka-will-100000-electric-vehicles-road-just-2-years
Luan, 2015	http://news.xinhuanet.com/english/china/2015-02/25/c_134016535.htm
Ma JianYong, 2014	http://www.cev-pc.or.jp/event/pdf_n/japanese/7-2.pdf
Marchán/Viscidi, 2015	http://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2015/10/Green-Transportation-The-Outlook-for-Electric-Vehicles-in-Latin-America.pdf
Mahindra, 2015	http://mahindrareva.com
Marchetti, 2013	http://earthtechling.com/2013/11/100000-electric-cars-target-of-chinese-car-sharing-project
Mein Elektroauto, 2012	http://www.mein-elektroauto.com/2012/02/batterien-fur-elektroautos-werden-laut-tesla-motors-immer-gunstiger/4683
Meissner, 2014	http://www.merics.org/fileadmin/templates/download/china-monitor/China_Monitor_No_17.pdf
Ministry of Heavy Industries and Public Enterprises, 2012	http://planningcommission.nic.in/aboutus/committee/wrkgrp12/wg_auto1704.pdf
Mishra, 2014	http://forbesindia.com/article/auto-expo/electric-cars-hit-by-poor-infrastructure-and-government-inaction/37123/1
MYrapid, 2015	http://www.myrapid.com.my/projects/brt-sunway-line/about-project
Nicola, 2013	http://kojects.com/2013/02/08/namsan-e-bus-first-commercial-electric-bus-worldwide
Neubert, 2012	http://www.urbanophil.net/urbane-mobilitat/chinas-road-to-e-bike
Nugraha, 2014	http://en.voi.co.id/voi-editorial/6507-indonesian-electric-cars-cannot-be-mass-produced
OECD/IEA, 2015	http://www.iea.org/evi/Global-EV-Outlook-2015-Update_1page.pdf
Öko-Institut, 2011	http://www.oeko.de/fileadmin/pdfs/oekodoc/1283/2011-413-de.pdf
Omnibusarchiv, 2009	http://www.omnibusarchiv.de/include.php?path=content&mode=print&contentid=269

Pabst/Trentmann, 2014	http://www.welt.de/print/die_welt/wirtschaft/article131357139/Gegen-den-Strom.html
Pandit, Kapur; 2015	http://khub.niua.org/wp-content/uploads/2015/05/Electric_Vehicles_-_Policies_Opportunities_Scenario_1-SPandit.pdf
Patoni, 2012	http://blogs.wsj.com/indonesiarealtime/2012/07/24/indonesia-powers-ahead-with-electric-car-plans/?mg=blogs-wsj&url=http%253A%252F%252Fblogs.wsj.com%252Fsearealtime%252F2012%252F07%252F24%252FIndonesia-powers-ahead-with-electric-car-plans%252F
Pedelec-portal, 2011	http://www.pedelec-portal.net/was-bedeutet-watt-ampere-und-kwh/0059
Pflanzelt, 2014	http://www.spiegel.de/spiegel/spiegelwissen/d-130025982.html
Pluta, 2013	http://www.golem.de/news/elektromobilitaet-suedkoreanische-stadt-elektrifiziert-nah-verkehr-1308-100839.html
Präfektur Nagasaki, 2011a	http://www.pref.nagasaki.jp/ev/ev&its/en/eng_ev&its5.pdf
Präfektur Nagasaki, 2011b	https://www.pref.nagasaki.jp/ev/ev&its/en/index.html
Praveen, Kalyan; 2013	http://www.ripublication.com/aeeee/61_pp%20%2020471-476.pdf
Rogowski, 2013	http://www.forbes.com/sites/markrogowsky/2013/12/28/kandi-crush-an-electric-car-vending-machine-from-china-could-upend-the-auto-industry
Roland Berger, 2013	http://www.rolandberger.com/media/studies/2013-10-29-rbsc-pub-Are_we_running_out_of_oil.html
Roland Berger, 2014a	http://www.rolandberger.de/pressemitteilungen/Car_Sharing_in_China_2014.html
Roland Berger, 2014b	http://www.rolandberger.de/media/pdf/Roland_Berger_Index_Elektromobilitaet_3_Quartal_2014_20140919.pdf
Roland Berger, 2015a	http://www.rolandberger.de/media/pdf/Roland_Berger_E_Mobility_Index_Q1_2015_e_20150325.pdf
Roland Berger, 2015b	http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_e_mobility_index_Q3_2015_20150911.pdf
S2R Consulting, 2009	http://www.trolley-motion.eu/www/uploads/tx_sbdownloader/DLR_062009_asm.pptx
Saving-volt, 2015	http://www.saving-volt.de/2015/01/geschichte-der-elektromobilitaet-bei-nissan-zukunft-mit-tradition
Scherf, 2008	https://bibliothek.wzb.eu/pdf/2008/iii08-103.pdf
Schiffer, 2015	http://www.et-energie-online.de/AktuellesHeft/Topthema/tabid/70/NewsId/1518/Bedeutung-der-Wasserkraft-fur-die-weltweite-Stromerzeugung.aspx
Schwarzer, 2014	http://www.zeit.de/mobilitaet/2014-11/alternative-antriebe-elektroautos-induktives-laden
Schwarzer, 2015	http://www.zeit.de/mobilitaet/2015-02/elektroauto-bosch-batterie
SG Carmart, 2013	http://www.sgcarmart.com/news/article.php?AID=7482
Shao, Wagner; 2015	http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_China_MVEC_benefits-costs_20150629.pdf
Silva, 2014	http://www.thesundayleader.lk/2014/04/06/100000-e-cars-in-two-years

Sirap bandung, 2015	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RapidKL_electric_bus.jpg
SloCat, 2014	http://www.slocat.net/climatesummit
Sorge, 2014	http://www.manager-magazin.de/unternehmen/artikel/niedrigpreise-schwaechen-chinas-monopolstellung-fuer-seltene-erden-a-998373.html
Statista, 2016	http://de.statista.com/statistik/daten/studie/244999/umfrage/weltweiter-pkw-und-nutzfahrzeugbestand
straitstimes, 2014	http://www.straitstimes.com/singapore/transport/driverless-vehicles-take-to-the-tarmac-three-examples-in-singapore-and-overseas?page=47
Sundas, 2015	http://www.wheels24.co.za/News/Tiny-kingdom-chasing-clean-cars-lead-20150610
Teslamotors, 2015	http://www.teslamotors.com/findus/list/superchargers/China
Thai PBS, 2015	http://englishnews.thaipbs.or.th/bangkok-ranked-among-worlds-top-10-cities-worst-traffic
THECRWODFUNDINGCENTER, 2015	http://thecrowdfundingcentre.com/?page=project&id=XRAK8P
The dep. of national Planning, 2010	http://www.treasury.gov.lk/publications/mahindaChintanaVision-2010full-eng.pdf
TomTom, 2014	http://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/#/list
Terra Motors, 2015	http://www.terra-motors.com/ph/tricycle/y6
Trentmann, 2015	http://www.welt.de/wirtschaft/article139707971/Jetzt-entdecken-auch-Chinesen-das-Car-sharing.html
Tshering, 2014	http://www.uncred.or.jp/content/documents/22548EST-P2_Bhutan.pdf
UNDP, 2005	https://sgp.undp.org/index.php?option=com_sgpprojects&view=projectdetail&id=423&Itemid=205
UNFCCC, 2010	http://unfccc.int/secretariat/momentum_for_change/items/7102.php
UTIP, 2015	http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/FINAL_UTIP_brochure_trolleybus_DIGITAL_mail.pdf
VDMA, 2014	http://www.forum-elektromobilitaet.de/assets/mime/-UTQ3ZSydci,2IhxsCWJpIRWny-Tpw0eicET+TsD2iIPmIljtC/Roadmap-Batterie-Produktionsmittel-2030.pdf
Venugopal/Sampath, 2012	http://mnre.gov.in/file-manager/akshay-urja/november-december-2012/EN/24-26.pdf
Vertretung der Bundesrepublik Deutschland, 2010	http://www.china.diplo.de/Vertretung/china/de/03-wi/verk/elektromobilitaet/120104-02-elektromobilitaet-in-ch-s.html
VDA, 2013	https://www.vda.de/de/services/Publikationen/tatsachen-und-zahlen-2013.html
VDI/VDE, 2016a	http://www.erneuerbar-mobil.de/de/schlagwortverzeichnis/battery-electric-vehicles-bev
VDI/VDE, 2016b	http://www.erneuerbar-mobil.de/de/schlagwortverzeichnis/plug-in-hybrid-electric-vehicle-phev
VDI/VDE, 2016c	http://www.erneuerbar-mobil.de/de/schlagwortverzeichnis/range-extended-electric-vehicle-reev
Weißborn, 2015	http://www.welt.de/motor/article136100544/Sie-kennen-SUV-aber-was-ist-ein-FCEV.html

World Bank, 2011	http://data.worldbank.org/indicator/IS.VEH.NVEH.P3
WWF, 2008	http://assets.panda.org/downloads/plugged_in_full_report___final.pdf
ZSW, 2015	http://www.zsw-bw.de/ifoportal/aktuelles/aktuelles-detail/mehr-als-740000-autos-wel-tweit-fahren-mit-strom.html

Publicado pelo
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Escritórios registrados
GIZ Bonn e Eschborn, República Federal da Alemanha

Projeto Setorial “Assessoramento da Política de Transportes”
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn, República Federal da Alemanha
Tel. +49 (0) 6196 79-2650
Fax +49 (0) 6196 79-802650
transport@giz.de
www.giz.de/transport

Autores
Christian Scherf, Dr. Frank Wolter

Gestor
Manfred Breithaupt

Leiaute
Klaus Neumann, SDS

Tradução
A tradução da publicação original foi realizada por Joao Guilherme de Alvarenga Lacerda. A GIZ não pode ser responsabilizada por quaisquer erros, omissões ou danos que surgirem de seu uso.

Créditos fotográficos
Foto da Capa
Táxi elétrico na Cidade do México © Manfred Breithaupt, 2012
Ver no interior da contracapa para detalhes

Versão de
Maio de 2016 (Tradução de Fevereiro de 2017)

GIZ é responsável pelo conteúdo desta publicação.

Em nome do
Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ)
Divisão 312 – Água, Desenvolvimento Urbano, Transporte

Endereços postais das sedes do BMZ

BMZ Bonn	BMZ Berlin
Dahlmannstraße 4	Stresemannstraße 94
53113 Bonn	10963 Berlin
República Federal da Alemanha	República Federal da Alemanha
Tel. +49 (0) 228 99 535 – 0	Tel. +49 (0) 30 18 535 – 0
Fax +49 (0) 228 99 535 – 3500	Fax +49 (0) 30 18 535 – 2501
poststelle@bmz.bund.de – Página web www.bmz.de	

