

## **ANÁLISE DE POSSIBILIDADES PARA A INTRODUÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO TRÁFEGO URBANO DA CIDADE DE SÃO PAULO: UMA ABORDAGEM POR MEIO DA ANÁLISE MORFOLÓGICA**

**Alexandre Silveira Pupo**

TechCast Virtual Think Tank  
alexandrepupo@yahoo.com.br

### **RESUMO**

As instabilidades político-econômicas e as pressões socioambientais que afetam o mercado de combustíveis têm tornado nebuloso o futuro de médio e de longo prazo das fontes fósseis de energia e, diante dessas incertezas, muitas nações estão buscando soluções como os veículos elétricos ou híbridos para a questão do transporte, pelo fato de demandarem pouco ou nenhum combustível fóssil. Neste trabalho objetivou-se identificar possibilidades válidas e aplicáveis até 2020 para a introdução de veículos elétricos no tráfego urbano da cidade de São Paulo. No desenvolvimento do estudo foi usado o método de pesquisa bibliográfica em fontes secundárias para a apresentação das tecnologias e a identificação das variáveis que, posteriormente, foram avaliadas pelo método de análise morfológica para a estruturação das opções identificadas. Na análise morfológica, o autor selecionou as variáveis para análise e definiu conjuntos de valores para elas. As combinações de tais conjuntos de valores foram estruturadas, opções claramente impossíveis ou pouco viáveis até 2020 foram descartadas e as possibilidades desejáveis ou viáveis foram analisadas de forma mais detalhada. Dessas análises, concluiu-se que existem opções viáveis para a atual realidade da cidade de São Paulo, mas importantes requisitos tecnológicos, políticos, de mercado, de infraestrutura e de inovação em produtos e serviços ainda não foram atendidos e, por isso, os veículos elétricos continuam não sendo percebidos pelos consumidores

como uma opção viável aos veículos com motor de combustão interna. Os desafios ainda são grandes e os atores que se dispuserem a resolvê-los encontrarão um mercado promissor para explorar.

**Palavras-chave:** Veículos elétricos. Análise morfológica. Tráfego urbano.

## **ABSTRACT**

Fuel market is facing political, economic, social and environmental problems that are fuzzing the future of fossil energy sources and in face of these facts, countries are looking for hybrid and electric vehicles as part of solution in transportation sector due to the fact of electric vehicles use few or no fossil fuel. The objective in this article was to identify options until 2020 to introduce electric vehicle in the urban traffic of São Paulo city and to develop this study the method of literature review in secondary sources was used to present electric vehicle technologies and to identify parameters that were assessed through morphological analysis technique. In morphological analysis, sets of values were defined by the author for these parameters, possible combinations were structured, clearly impractical deployment options before 2020 were discarded and some viable solutions were analyzed in details. These analyses concluded that there are viable options for actual days in São Paulo city, but important requirements regarding technology, politic, market, infrastructure and innovation in products and services still need to be addressed and it is the main reason of electric vehicle remain unnoticed by consumers as an viable option. The challenges are great and the actors who are willing to solve them will find a promising market to explore.

**Key-words:** Electric vehicles. Morphological analysis. Urban traffic.

## 1 INTRODUÇÃO

As transformações econômicas, tecnológicas, socioculturais e ambientais pelas quais a sociedade vem passando parecem indicar uma mudança no papel dos veículos. De instrumentos com funções de diferenciação social, eles aparentam estar se transformando em ferramentas cuja função é transportar pessoas ou cargas causando os menores impactos possíveis em termos econômicos e socioambientais.

Rezende, Mota e Duarte (2010, p. 23) mostram que a indústria automobilística brasileira evoluiu ao ponto de colocar o país na sexta posição mundial em termos de escala, na quinta posição em termos de mercado consumidor, na 12ª em termos de exportação e na 13ª quando o assunto é importação, sendo líder na produção de veículos que utilizam combustíveis de origem renovável. Erber (2010, p. 105) apresenta as estimativas da Tabela 1 para a venda de veículos elétricos no Brasil nos próximos 20 anos.

**Tabela 1: Estimativas de venda de veículos elétricos no Brasil (em milhões de unidades)**

Ano	Total de Veículos (elétricos e não elétricos)	Veículo Elétrico Híbrido	Veículo Elétrico a Bateria e <i>Plug-in</i>
2010	2,8	-	-
2015	3,6	0,10	0,04
2020	4,2	0,73	0,30
2025	4,9	1,39	1,31
2030	5,6	1,65	2,47

Fonte: Adaptado de Erber (2010, p. 105)

Inseridos nesse panorama de transformações que ocorrem em um mercado de tamanho e potencial consideráveis, os veículos elétricos têm papel muito importante e, apesar de historicamente não serem algo novo, podem ser classificados como uma evolução dos atuais modelos com motores de combustão interna, uma vez que, segundo Velloso (2010, pp. 7-8), são energeticamente mais eficientes, tecnologicamente mais avançados, menos nocivos ao meio ambiente, mais econômicos em termos de utilização e manutenção, mais integráveis aos sistemas urbanos sob diversos aspectos e, segundo Sacchi (2010, p. 9), apresentam uma eficiência energética 150% maior.

Apesar de todos esses aspectos positivos, Coutinho, Castro e Ferreira (2010, p. 33) afirmam haver desafios conhecidos e não exclusivos do Brasil que

impedem a evolução mais acelerada dos veículos elétricos e eles estão relacionados com o preço elevado, a autonomia da bateria e a necessidade de constituição de infraestrutura específica para a comercialização, operação e manutenção dos veículos e das baterias.

Atualmente, a tecnologia dominante na área de baterias para veículos elétricos é a de íon-lítio e os asiáticos são os maiores produtores, segundo Velloso (2010, p. 11). Do ponto de vista do preço, mesmo com todas as vantagens sobre os veículos com motor de combustão interna, os veículos elétricos ainda não recebem nenhum tipo de incentivo no Brasil e, segundo exemplificado por Coutinho, Castro e Ferreira (2010, p. 33), são taxados com base na alíquota mais alta do imposto sobre produtos industrializados (IPI), que é de 25% na atualidade. Em relação aos requisitos de infraestrutura, há questões relacionadas com a forma e a disponibilidade de postos de recarga, com os modelos de tarifação e, principalmente, com a necessidade de novos modelos de organização do sistema elétrico para lidar com a gestão de oferta e demanda energética que se tornariam maiores, mais dinâmicas e distribuídas.

As projeções do relatório World Energy Outlook (International Energy Agency, 2010, p. 10) estimam que a eletricidade deva ser a forma final de energia com o crescimento mais sólido no mundo até 2035 e que sua geração está sofrendo transformações causadas pelos avanços tecnológicos, pelo aumento dos preços dos combustíveis fósseis e pela ação dos governos que direcionam políticas de incentivo para o desenvolvimento de soluções energéticas mais seguras e de menor impacto ambiental. O relatório também menciona as preocupações com a redução do passivo ambiental gerado nos últimos séculos, afirmando que seria necessária uma transformação profunda do sistema de geração e distribuição de energia para que ele contribuísse para o atingimento de uma meta de redução de 2°C nas estimativas de aumento da temperatura global.

No que diz respeito à quantidade de veículos, a frota total da cidade de São Paulo apresentou um crescimento médio diário de 0,0091% entre janeiro e dezembro de 2011, terminando tal ano com 7.186.724 unidades (Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo, 2011). Essa porcentagem parece pequena, mas em quantidade representa 644 novos veículos introduzidos no tráfego da cidade todos os dias. Quando são considerados apenas automóveis e motocicletas, o crescimento médio diário cai para 0,0079% (Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo, 2011), mas ainda representa o significativo número de quase 480 veículos introduzidos diariamente na frota municipal.

Dado esse panorama em termos de matriz energética, de produção e de consumo no setor automotivo e de mudanças socioculturais e ambientais, os veículos elétricos apresentam vantagens sob todos esses aspectos e elas devem ser aproveitadas com modelos inteligentes que viabilizem a adoção e o uso desse tipo de veículo no Brasil.

Mesmo sendo vistos como uma evolução em relação aos veículos com motor de combustão interna, os veículos elétricos ainda são colocados no mercado usando abordagens tecnológicas e comerciais baseadas no modelo e no ecossistema fóssil. O objetivo proposto neste artigo é o de identificar e analisar possibilidades tecnológicas, de configuração de veículos, de sua aplicação, bem como de modelos de comercialização que possam ser usados para tornar viável a introdução dos veículos elétricos no tráfego urbano da cidade de São Paulo até 2020 de forma que o Brasil, além de não perder uma oportunidade histórica, também possa criar mecanismos que ajudem a identificar soluções para um dos maiores problemas dos grandes centros urbanos em todo o mundo – o trânsito de baixa qualidade e pouco eficiente, que gera externalidades e impactos socioambientais negativos.

Os veículos elétricos considerados para a realização das análises neste artigo são apenas os automóveis e as motocicletas de pequeno e médio portes; a estrutura do trabalho é composta pela pesquisa bibliográfica sobre os veículos elétricos, pela apresentação da metodologia utilizada, pelo desenvolvimento da análise das possibilidades identificadas e pelas considerações finais.

## **2 VEÍCULOS ELÉTRICOS – HISTÓRIA E CONCEITOS**

Apesar de serem apresentados ao público como uma espécie de novidade em relação aos modelos de automóveis existentes hoje, os veículos elétricos são, segundo Larminie e Lowry (2003, p. 1), uma invenção de 1830 que usava baterias não recarregáveis e se tornou comercial por volta do final do mesmo século quando as baterias recarregáveis atingiram escala industrial – conforme ilustra a Figura 1, que exibe um táxi da cidade de Nova York em 1901.



**Figura 1: Veículo elétrico usado como táxi em Nova York em 1901**

Fonte: Larminie e Lowry (2003, p. 2)

Larminie e Lowry (2003, p. 3) afirmam que, apesar de possuírem vantagens sobre os concorrentes a vapor ou com motor de combustão interna da época, os veículos elétricos perderam espaço a partir de 1910. Isso aconteceu porque a autonomia das baterias era baixa, os combustíveis fósseis tornaram-se baratos e a evolução dos motores de combustão interna tornou os veículos elétricos menos atrativos. Também mencionam que, ironicamente, as baterias e os motores elétricos transformaram-se no conjunto de componentes para o acionamento inicial dos motores de combustão interna – hoje conhecido como motor de partida.

Segundo Baran e Legey (2010, p. 215), houve iniciativas para trazer os veículos elétricos ao mercado nas décadas de 1970 e 1980 em função da crise do petróleo, da questão ambiental e das preocupações trazidas pelo relatório *The Limits to Growth*, publicado pelo Clube de Roma em 1972; mas tanto a indústria quanto a sociedade da época ainda não estavam preparados para uma mudança de paradigma.

Entretanto, quase dois séculos depois de terem sido inventados, os veículos elétricos estão retornando, em função dos problemas com a questão ambiental e com o crescente risco da falta de combustíveis fósseis no mundo.

Gomes (2010, pp. 10-19) menciona os veículos puramente elétricos, os veículos elétricos híbridos, os veículos elétricos híbridos recarregáveis pela rede elétrica e os veículos a célula de combustível como os quatro tipos de veículos elétricos existentes na atualidade.

Os veículos puramente elétricos ou Electric Vehicle (EV) são assim chamados porque possuem apenas a bateria como fonte de energia. Em termos de desempenho, os EVs já se equiparam aos veículos com motor de combustão interna, mas é na autonomia, no tempo de recarga e no custo que ainda estão os maiores entraves dessa abordagem tecnológica. Representantes dessa categoria são o sedan Model S, da Tesla Motors, e o Leaf, da Nissan.

Os veículos elétricos híbridos ou Hybrid Electric Vehicle (HEV) são aqueles em que há combinação do conceito dos EVs com o dos veículos com motor de combustão interna em diferentes configurações. Na configuração em série, um motor de combustão interna aciona um gerador que carrega a bateria ou aciona um motor elétrico responsável pela movimentação do veículo. Na configuração paralela, o motor de combustão interna trabalha junto com o motor elétrico para a movimentação do veículo e tal motor elétrico também pode atuar como gerador em determinadas situações. Já na configuração série-paralela, o veículo é capaz de utilizar as vantagens das duas configurações, mas a complexidade mecânica e o custo do sistema são maiores. Representantes dessa categoria são o Prius, da Toyota; o Fusion Hybrid, da Ford, e o S400 Hybrid, da Mercedes-Benz.

Os veículos elétricos híbridos recarregáveis pela rede elétrica ou Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV) apresentam as mesmas características dos HEVs, mas possuem uma funcionalidade extra – herdada dos EVs –, que é a possibilidade de recarga direta da bateria na rede elétrica. Alexander (2006, p. 13) define os PHEVs como veículos híbridos que obtêm parte da energia operacional da eletricidade e parte do combustível químico convencional. Um representante dessa categoria é o Volt, da Chevrolet.

Já os veículos movidos por células a combustível ou Fuel Cell Electric Vehicle (FCV) usam o hidrogênio como fonte energética para a movimentação do veículo ou o carregamento da bateria e, em função dessas características, até poderiam ser categorizados como HEVs na configuração em série em que o motor de combustão interna foi substituído pela célula a combustível. Os grandes impasses para a popularização dos FCVs são a tecnologia das células a combustível, o preço e a rede de abastecimento de hidrogênio. Representantes

dessa categoria são o FCX Clarity, da Honda, e o BMW Hydrogen 7, da BMW.

Falando especificamente sobre os EVs, o National Energy Technology Laboratory (2002, p. 7) menciona que a classificação desses veículos como de emissão zero pode ser enganosa, porque há emissões indiretas nos processos de geração da eletricidade, mas o impacto causado pelo simples fato de os veículos, diretamente, emitirem pouco ou nenhum poluente tem um grande apelo do ponto de vista ecológico e dos problemas associados com os combustíveis fósseis. Respeitadas as proporções e especificidades, esse raciocínio também pode ser aplicado aos HEVs, PHEVs e FCVs.

### **3 METODOLOGIA DE PESQUISA**

Neste artigo, o primeiro método de pesquisa serve de ponto de partida para o segundo.

O primeiro método é o de pesquisa bibliográfica em fontes secundárias para o levantamento, pelo autor, das variáveis usadas pelo segundo método, que é o de análise morfológica, em que se desenvolvem as análises sobre as possibilidades para a introdução dos veículos elétricos no tráfego urbano da cidade de São Paulo até 2020.

A pesquisa bibliográfica em fontes secundárias, segundo Gil (2010, p. 29), pode ser definida como uma pesquisa elaborada em material já publicado e, de acordo com Yin (2001, p. 24), tem o objetivo de responder questões dos tipos "quem", "o que", "onde", "quantos" e "quando", focando acontecimentos do passado e do presente.

Acevedo e Nohara (2007, p. 48) definem o levantamento bibliográfico como a busca por informações em estudos já publicados e que, segundo Medeiros (2006, p. 46), são encontráveis em arquivos públicos ou de empresas, de instituições científicas ou de ensino ou em acervos particulares categorizados por Vergara (2003), em termos de tipos de materiais, sob a forma de livros, banco de dados, revistas, jornais e demais fontes de informação que possam ser acessadas através da Internet.

O segundo método usado neste trabalho é a análise morfológica, proposta por Zwicky (1969, p. 4) e definida como uma técnica concebida para avaliar todos os fatos que necessitam ser considerados quando se deseja encontrar alternativas não tendenciosas ou com viés na busca por soluções para um problema, uma vez que Zwicky argumenta só ser possível escolher a melhor



solução após a avaliação de todas as possibilidades.

Porter, Roper, Mason, Rossini e Banks (1991, p. 65) mencionam que a análise morfológica é um método categorizado como estrutural pelo fato de as alternativas encontradas levarem em consideração as relações entre as tecnologias e os contextos em que elas estão inseridas e de testar tais relações nos processos de busca por soluções.

Para Johnson, Wright e Guimarães (1987, p. 3), Porter et al. (1991, p. 106), Ribeiro (1997, p. 76) e Zwicky (1969, p. 106), a análise morfológica possibilita a exploração de futuros possíveis de forma sistematizada e, em alguns casos, automática a partir da análise de grandes quantidades de combinações que resultam da decomposição de sistemas e tem como objetivo não só evidenciar possíveis novos processos ou produtos, mas permitir a elaboração de cenários, o abandono de padrões preconcebidos, a realização de análise lateral, a identificação de soluções interdisciplinares e a especulação criativa.

De acordo com Silva (2011, p. 24), a análise morfológica tem como hipótese básica o desmembramento de problemas complexos em variáveis fundamentais, de forma que seja possível realizar análises mais aprofundadas para a geração de conjuntos de estados ou de valores alternativos.

Neste artigo, a análise morfológica tem como subsídio os resultados da pesquisa bibliográfica para identificação e seleção das variáveis que o autor considera influenciarem as escolhas relacionadas aos veículos elétricos. Tal pesquisa resulta da análise de textos em livros, teses, dissertações, em revistas e artigos científicos de instituições ligadas ao assunto, bem como da documentação gentilmente fornecida pelo professor Dr. James T. C. Wright – coordenador do Programa de Estudos do Futuro (Profuturo) e do projeto de pesquisa intitulado Introdução de Veículos Elétricos no Tráfego Urbano de São Paulo: Análise de Impactos em Múltiplos Cenários e Contribuições para a Mobilidade Urbana Sustentável, financiado pelo CNPq/Finep.

Uma vez identificadas as variáveis, o autor define conjuntos de valores pertinentes para elas e analisa as combinações geradas, descartando as claramente inviáveis e analisando mais apuradamente as que apresentam viabilidade ou fujam de padrões preconcebidos.

Finalizadas as análises, o artigo é encerrado com as considerações sobre as possibilidades encontradas.

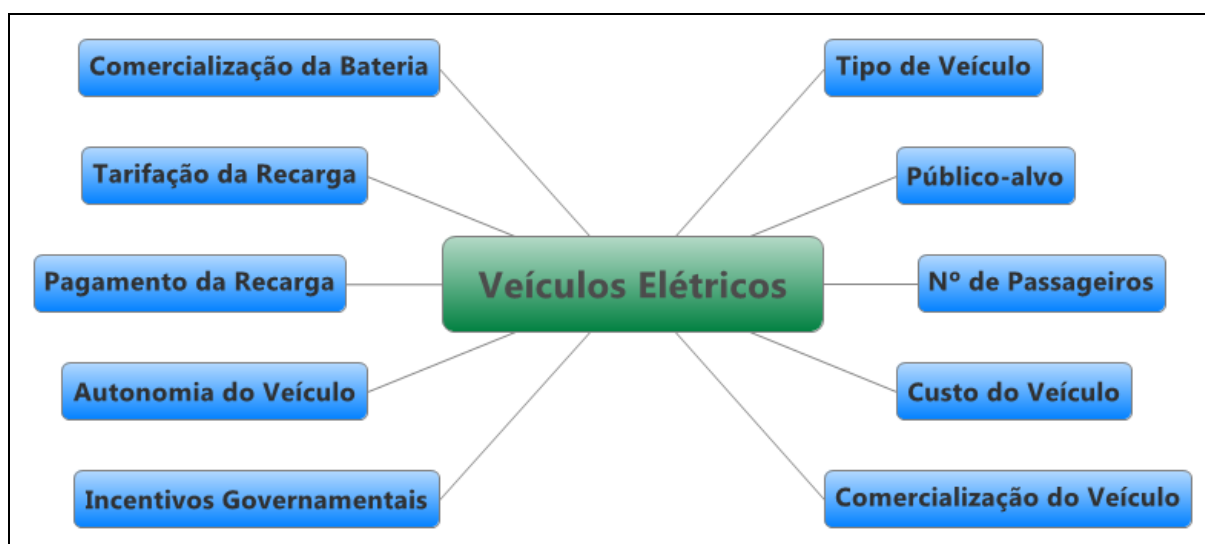
## 4 DESENVOLVIMENTO DA ANÁLISE MORFOLÓGICA

Para Johnson, Wright e Guimarães (1987, p. 3), a análise morfológica pode ser caracterizada como um método não quantitativo que promove o inter-relacionamento de conceitos verbais por meio de uma análise sistemática. Shurig (1984, citado por Porter et al., 1991, p. 66), menciona que o método é capaz de testar os problemas do ponto de vista estrutural com o objetivo de gerar ideias em processos de inovação e de descoberta.

Tais características permitem a utilização do método no tratamento das variáveis identificadas pelo autor na revisão de literatura para investigação das possibilidades combinatórias na geração de propostas para introdução de motocicletas e de automóveis elétricos de pequeno e médio porte no tráfego urbano da cidade de São Paulo até 2020.

### 4.1 ASPECTOS ANALISADOS

Na fase de revisão bibliográfica, foram identificadas as variáveis da Figura 2, embora tal conjunto de variáveis não seja exaustivo, tem impacto direto na forma como os veículos elétricos serão introduzidos no tráfego urbano da cidade de São Paulo até 2020, tanto do ponto de vista dos fabricantes e fornecedores, quanto do público consumidor.



**Figura 2: Variáveis identificadas para análise das possibilidades de introdução de veículos elétricos no tráfego urbano da cidade de São Paulo até 2020**

Fonte: Elaborada pelo autor

Após a escolha das variáveis, cada uma teve definido um conjunto de valores usados na elaboração das análises, conforme mostra a Figura 3.



**Figura 3: Variáveis identificadas para análise das possibilidades de introdução de veículos elétricos no tráfego urbano da cidade de São Paulo até 2020, com os respectivos valores**

Fonte: Elaborada pelo autor

#### 4.2 DESENVOLVIMENTO DA MATRIZ MORFOLÓGICA

Neste artigo as variáveis foram selecionadas, exclusivamente, por meio de pesquisa bibliográfica realizada pelo autor, mas, em métodos estruturados como o de elaboração de cenários desenvolvido pelo Profuturo (Wright & Spers, 2006, pp. 17-18), elas podem ser identificadas por métodos como o Delphi.

Apesar de a Figura 3 apresentar uma maneira mais interessante de visualização do escopo da análise morfológica, das variáveis e dos respectivos conjuntos de valores, tal distribuição não permite uma fácil contabilização do número total de possibilidades, por essa razão foi feita a remodelação da estrutura em formato de matriz.

Conforme pode ser visto na relação de valores do Quadro 1 e nos cálculos do Quadro 2, a quantidade de combinações possíveis – dada pela multiplicação da quantidade de possíveis valores de todas as variáveis – é muito grande.

ESCOPO	VARIÁVEIS	VALORES				
			Motocicleta	Automóvel	Outros	
VEÍCULOS ELÉTRICOS NA CIDADE DE SÃO PAULO ATÉ 2020	Tipo de Veículo					
	Público-alvo	Pessoa Física (alta renda)	Pessoa Física (média renda)	Pessoa Física (baixa renda)	Pessoa Jurídica (setor público)	Pessoa Jurídica (setor privado)
	Nº de Passageiros	Apenas 1	Até 2	Até 5	Até 7	
	Custo do Veículo (R\$)	Baixo (até 20.000)	Médio (entre 20.001 e 100.000)	Alto (acima de 100.000)		
	Comercialização do Veículo	Venda	Locação	Leasing		
	Incentivos Governamentais	Existentes	Inexistentes			
	Autonomia do Veículo (km)	Baixa (até 50)	Média (entre 51 e 150)	Alta (acima de 150)		
	Pagamento da Recarga	Pós-pago	Pré-pago			
	Tarifação da Recarga	Por Valor de Recarga	Por Quilometragem	Livre		
	Comercialização da Bateria	Venda	Locação	Leasing		

**Quadro 1: Distribuição matricial das variáveis identificadas para o escopo da análise das possibilidades de introdução de veículos elétricos no tráfego urbano da cidade de São Paulo até 2020, com os respectivos valores**

Fonte: Elaborado pelo autor

Veículos Elétricos na Cidade de São Paulo até 2020	=	Tipo de Veículo x Público-alvo x Nº de Passageiros x Custo do Veículo x Comercialização do Veículo x Incentivos Governamentais x Autonomia do Veículo x Pagamento da Recarga x Tarifação da Recarga x Comercialização da Bateria
Veículos Elétricos na Cidade de São Paulo até 2020	=	3 x 5 x 4 x 3 x 3 x 2 x 3 x 2 x 3 x 3
Veículos Elétricos na Cidade de São Paulo até 2020	=	58.320

**Quadro 2: Combinações para as possibilidades de introdução de veículos elétricos no tráfego urbano da cidade de São Paulo até 2020**

Fonte: Elaborado pelo autor

A geração de grande quantidade de combinações é uma das características que, de certa forma, limitam o uso da análise morfológica sem o auxílio de outros métodos para a verificação das possibilidades identificadas, porque é praticamente impossível analisar todas sem incorrer no risco de desconsiderar alguma combinação viável ou interessante.

Após segunda análise das variáveis de forma isolada feita pelo autor, alguns valores foram eliminados ou modificados, conforme destacado na nova

relação do Quadro 3 e no novo cálculo das combinações do Quadro 4.

ESCOPO	VARIÁVEIS	VALORES			
		<b>Tipo de Veículo</b>	Motocicleta	Automóvel	Outros
<b>VEÍCULOS ELÉTRICOS NA CIDADE DE SÃO PAULO ATÉ 2020</b>	<b>Público-alvo</b>	Pessoa Física (alta renda)	Pessoa Física (média renda)	Pessoa Física (baixa renda)	Pessoa Jurídica (setor público ou privado)
	<b>Nº de Passageiros</b>	Apenas 1	Até 2	Até 5	Até 7
	<b>Custo do Veículo (R\$)</b>	Baixo (até 20.000)	Médio (entre 20.001 e 100.000)	Alto (acima de 100.000)	
	<b>Comercialização do Veículo</b>	Venda	Locação	Leasing	
	<b>Incentivos Governamentais</b>	Existentes	Inexistentes		
	<b>Autonomia do Veículo (km)</b>	Baixa (até 50)	Média (entre 51 e 150)	Alta (acima de 150)	
	<b>Pagamento da Recarga</b>	Pós-pago	Pré-pago		
	<b>Tarifação da Recarga</b>	Por Valor de Recarga	Por Quilometragem	Livre	
	<b>Comercialização da Bateria</b>	Venda	Locação	Leasing	

**Quadro 3: Nova distribuição matricial das variáveis identificadas para o escopo das possibilidades de introdução de veículos elétricos no tráfego urbano da cidade de São Paulo até 2020, com os valores eliminados (em vermelho) e os modificados (em amarelo)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Veículos Elétricos na Cidade de São Paulo até 2020	=	Tipo de Veículo x Público-alvo x Nº de Passageiros x Custo do Veículo x Comercialização do Veículo x Incentivos Governamentais x Autonomia do Veículo x Pagamento da Recarga x Tarifação da Recarga x Comercialização da Bateria
Veículos Elétricos na Cidade de São Paulo até 2020	=	2 x 4 x 3 x 3 x 3 x 1 x 3 x 2 x 3 x 2
Veículos Elétricos na Cidade de São Paulo até 2020	=	7.776

**Quadro 4: Combinações para as possibilidades de introdução de veículos elétricos no tráfego urbano da cidade de São Paulo até 2020, após a eliminação e a modificação dos valores**

Fonte: Elaborado pelo autor

A opção "Outros" foi eliminada da variável "Tipo de Veículo" porque, apesar de existirem veículos com design e abordagens conceituais inovadoras como os conceitos 3R-C, da Honda; i-REAL, da Toyota, ou Moovie, da Peugeot, o tráfego urbano da cidade de São Paulo ainda não apresenta perspectivas de

tornar-se amistoso o suficiente até 2020 – seja em termos de infraestrutura, seja de comportamento dos atores – para comportar veículos desses tipos.

O setor público e o privado foram unificados sob uma forma única de pessoa jurídica na variável “Público-alvo” porque ambos têm características muito semelhantes em termos de poder de compra e de escala.

Foram eliminadas as opções de veículos com capacidade para mais de cinco passageiros da variável “Nº de Passageiros” porque o estudo tem apenas os automóveis e motocicletas de pequeno e médio porte como foco e, também, pelo fato de veículos elétricos com capacidade para mais de cinco passageiros serem raros em função da atual inviabilidade tecnológica ou de custos.

A inexistência de incentivos foi excluída da variável “Incentivos Governamentais” porque eles são imprescindíveis para a adoção dos veículos elétricos. Tais incentivos podem ser diretos, como a diferenciação ou a isenção do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA); indiretos, como a desoneração da cadeia para os produtores; ou mesmo não fiscais, como o acesso preferencial aos estacionamentos e vias públicas para os usuários, conforme exemplificado por Hensley, Knupfer e Krieger (2011, p. 3).

A opção de leasing foi eliminada da variável “Comercialização da Bateria” porque, segundo Kampman, Braat, Essen e Gopalakrishnan (2011, p. 25), elas apresentam alto custo e uma vida útil definida e mais curta em relação à dos próprios veículos que as utilizam.

#### 4.3 POSSIBILIDADES POUCO VIÁVEIS

Apesar de gerar uma quantidade muito grande de possibilidades e de Zwicky (1969, p. 107) recomendar a verificação de todas, percebe-se que a análise morfológica tem o benefício de mostrar de forma muito clara valores inadequados e arranjos inviáveis para as combinações das variáveis.

Das combinações geradas pelo levantamento feito a partir das variáveis já filtradas do Quadro 3, algumas compuseram propostas inviáveis ou impossíveis, conforme mostra o Quadro 5.

<b>VEÍCULOS ELÉTRICOS NA CIDADE DE SÃO PAULO ATÉ 2020</b>				
	<b>Proposta 1</b>	<b>Proposta 2</b>	<b>Proposta 3</b>	<b>Proposta 4</b>
<b>Tipo de Veículo</b>	Motocicleta	Automóvel	Motocicleta	Automóvel
<b>Público-alvo</b>	Pessoa Física (baixa renda)		Pessoa Jurídica (setor público ou privado)	Pessoa Física (média renda)
<b>Nº de Passageiros</b>		Até 5	Até 5	
<b>Custo do Veículo (R\$)</b>	Alto (acima de 100.000)	Baixo (até 20.000)		Alto (acima de 100.000)
<b>Comercialização do Veículo</b>			Locação	
<b>Incentivos Governamentais</b>		Existentes		
<b>Autonomia do Veículo (km)</b>	Alta (acima de 150)	Alta (acima de 150)		Baixa (até 50)
<b>Pagamento da Recarga</b>			Pré-Pago	
<b>Tarifação da Recarga</b>		Livre		Por Quilometragem
<b>Comercialização da Bateria</b>	Venda			

#### **Quadro 5: Configurações inviáveis ou impossíveis para a introdução de veículos elétricos no tráfego urbano da cidade de São Paulo até 2020**

Fonte: Elaborado pelo autor

A primeira proposta é inviável porque está baseada em uma motocicleta de alto custo e grande autonomia para um público de baixa renda e ainda não contempla nenhum tipo de incentivo governamental para subsidiar a aquisição.

Na segunda proposta, é apresentado um modelo de automóvel de baixo custo, porém inviável, porque define grande capacidade e grande autonomia que não são pontos de fácil resolução em termos tecnológicos e de custo-benefício no curto prazo.

Na terceira opção, há a proposição de um modelo baseado em um tipo de veículo inexistente por questões técnicas e, também, de posicionamento de mercado.

Na quarta proposta, há a questão do custo versus autonomia. Nessa situação, o automóvel seria comercialmente inviável porque já existem soluções de maior autonomia com custo menor.

#### 4.4 POSSIBILIDADES VIÁVEIS

Além de permitir a identificação de valores inadequados para as variáveis

e de combinações inviáveis ou impossíveis de forma muito clara, a análise morfológica tem como outro grande benefício a capacidade de gerar combinações viáveis, interessantes e diferenciadas, conforme mencionam Porter et al. (1991, p. 105). No Quadro 6, podem ser vistas algumas propostas interessantes, geradas a partir dos valores das variáveis do Quadro 3.

<b>VEÍCULOS ELÉTRICOS NA CIDADE DE SÃO PAULO ATÉ 2020</b>				
	<b>Proposta 1</b>	<b>Proposta 2</b>	<b>Proposta 3</b>	<b>Proposta 4</b>
<b>Tipo de Veículo</b>	Motocicleta	Automóvel	Motocicleta	Automóvel
<b>Público-alvo</b>	Pessoa Física (baixa renda)	Pessoa Física (média renda)	Pessoa Jurídica (setor público ou privado)	Pessoa Física (média renda)
<b>Nº de Passageiros</b>	Apenas 1	Até 5	Até 2	Até 2
<b>Custo do Veículo (R\$)</b>	Baixo (até 20.000)	Médio (entre 20.001 e 100.000)	Médio (entre 20.001 e 100.000)	Baixo (até 20.000)
<b>Comercialização do Veículo</b>	Venda	<i>Leasing</i>	Locação	Venda
<b>Incentivos Governamentais</b>	Existentes	Existentes	Existentes	Existentes
<b>Autonomia do Veículo (km)</b>	Média (entre 51 e 150)	Alta (acima de 150)	Média (entre 51 e 150)	Média (entre 51 e 150)
<b>Pagamento da Recarga</b>		Pós-pago		Pré-pago
<b>Tarifação da Recarga</b>	Livre	Por Valor de Recarga	Por Quilometragem	Por Valor de Recarga
<b>Comercialização da Bateria</b>	Locação	Locação	Locação	Locação

**Quadro 6: Exemplos de configurações viáveis ou desejáveis para a introdução de veículos elétricos no tráfego urbano da cidade de São Paulo até 2020**

Fonte: Elaborado pelo autor

Na primeira proposta, é apresentado um panorama para a substituição de motocicletas com motor de combustão interna por motocicletas elétricas em deslocamentos de curtas distâncias – como no setor de serviços regionais de pequeno porte em que o espaço para o segundo ocupante seria utilizado para o transporte de carga. Essa substituição é desejável porque, segundo o Ministério do Meio Ambiente (2010, p. 19), a frota nacional de motocicletas e de automóveis foi responsável por 83% das emissões de monóxido de carbono (CO) do setor automotivo brasileiro em 2009.

O fato de não lançarem gases diretamente na atmosfera e de circularem em velocidades menores – poluindo menos e reduzindo a quantidade e a



gravidade de acidentes de trânsito – serve como argumento para sustentar a concessão de incentivos governamentais, bem como a isenção de tarifação da recarga das baterias.

Na segunda proposta, há uma aproximação daquilo que está emergindo como uma espécie de padrão para a adoção dos veículos elétricos.

Baseada em automóveis de pequeno para médio em termos de porte, preço e autonomia e contando com um público consumidor disposto a pagar preços superiores aos de veículos com motor de combustão interna de características semelhantes, essa proposta é fundamentada na concessão de incentivos governamentais diretos ou indiretos – assim como ocorreu no Programa Nacional de Álcool (Proálcool), segundo Puerto Rico (2007, p. 102) – para a aquisição de veículos sem baterias e, na maioria dos casos, por meio de leasing.

Por ser o item mais caro do automóvel e por ter um ciclo de vida diferente, nessa proposta, a bateria seria fornecida por empresas especializadas na locação desse componente, que prestariam serviços por meio de redes de postos de troca e recarga.

Na terceira proposta, vislumbra-se a substituição de motocicletas com motor de combustão interna por motocicletas elétricas em nichos específicos de prestação de serviços corporativos de maior valor agregado – tanto no setor público quanto no privado – em que o preço não é fator determinante, mas a alta qualidade dos veículos é um pré-requisito.

Exemplos desse tipo de nicho são os de serviços de entregas, conforme mencionado por Kley, Lerch e Dallinger (2011, p. 11), de escolta ou de segurança no setor privado e o de frotas dos serviços de segurança pública nas três esferas do poder público nacional.

Na quarta proposta, há um panorama em que os proprietários teriam o automóvel elétrico como um veículo de uso secundário para deslocamentos de curtas e médias distâncias, majoritariamente, em perímetros urbanos.

Nessa situação, seria possível a união dos serviços de locação de baterias com os de estacionamento, de forma que os proprietários não necessitassem manter os veículos em casa e, caso achassem conveniente, ainda poderiam disponibilizá-los para locação. Além disso, com as tecnologias de smart grid em funcionamento, os automóveis poderiam ter uma segunda finalidade que seria a de atuarem como armazenadores de energia, sendo carregados em períodos de baixa demanda e usados como fonte energética em momentos de maior

demanda.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os veículos elétricos são uma opção promissora para o futuro do transporte em cidades com as características de São Paulo e têm ganhado força mundialmente com a mudança do panorama para os combustíveis fósseis.

No Brasil, apesar do tamanho do setor automotivo e da matriz energética favorável, as iniciativas ainda são incipientes e a tendência é de que a introdução dos veículos elétricos no tráfego das cidades ocorra de forma pontual e em velocidade abaixo da esperada por especialistas e entusiastas.

O método de análise morfológica mostrou-se uma ferramenta eficaz para a identificação de possibilidades porque, ao levar implicitamente em consideração as questões relacionadas com a estrutura do problema analisado, permitiu a enumeração de opções viáveis – convencionais ou não – e o levantamento de configurações inviáveis ou improváveis de serem adotadas na cidade de São Paulo, no prazo proposto neste estudo.

Para tornar viável a adoção dos veículos elétricos no Brasil, guardadas as devidas proporções, cabe ao governo ações semelhantes às tomadas no período do Proálcool em termos de incentivos; à sociedade – seja sob a perspectiva ambiental ou econômica – cabe pressionar os atores do setor para que a produção e a aquisição de veículos elétricos sejam viabilizadas.

Do ponto de vista tecnológico, um dos aspectos mais importantes dos veículos elétricos é o fato de eles serem as primeiras cargas elétricas móveis de alta potência introduzidas no sistema elétrico e essa característica cria a necessidade de mudanças tratáveis apenas com a adoção de tecnologias de smart grid para a tarifação justa e eficaz e para o gerenciamento da oferta e de uma demanda móvel de energia.

Em função dessa necessidade de ferramentas de gestão mais modernas para o sistema elétrico, é possível visualizar uma integração muito maior da infraestrutura urbana de modo que, no longo prazo, haja a possibilidade de surgirem cidades verdadeiramente inteligentes onde os veículos elétricos estariam totalmente integrados ao sistema elétrico que, por sua vez, estaria integrado aos demais sistemas que compõem a infraestrutura de uma região, permitindo uma configuração realmente dinâmica e baseada em previsões mais confiáveis.

## REFERÊNCIAS

- Acevedo, C. R. & Nohara, J. J. (2007). *Monografia no curso de administração: guia completo de conteúdo e forma* (3a ed.). São Paulo: Atlas.
- Alexander, M. (2006). *Plug-in hybrid electric vehicle powertrain requirements* (Relatório de Pesquisa), Palo Alto, CA, Electric Power Research Institute.
- Baran, R. & Legey, L. F. L. (2010). Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil. *Anais do Congresso Brasileiro de Energia*, 13, Rio de Janeiro RJ, Brasil.
- Coutinho, L. G., Castro, B. H. R. & Ferreira, T. T. (2010). Veículo elétrico, Políticas Públicas e o BNDES: oportunidades e desafios. In J. P. R. Velloso (Coord.), *Estratégia de implantação do carro elétrico no Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Altos Estudos (INAE), Cadernos Fórum Nacional 10.
- Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo. (2011). *Estatísticas do trânsito: frota de veículos em SP - por tipo de veículo*. Recuperado em 01 de outubro, 2012, de <http://goo.gl/zC5oq>.
- Erber, P. (2010). Automóveis elétricos a bateria: uma política para sua utilização no Brasil. In J. P. R. Velloso (Coord.), *Estratégia de implantação do carro elétrico no Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Altos Estudos (INAE), Cadernos Fórum Nacional 10.
- Gil, A. C. (2010). *Como Elaborar Projetos de Pesquisa* (5a ed.). São Paulo: Atlas.
- Gomes, L. M. M. (2010). *O veículo elétrico e a sua integração no sistema elétrico*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa: Lisboa, Portugal.
- Hensley, R., Knupfer, S. M. & Krieger, A. (2011). The fast lane to the adoption of electric cars. *McKinsey Quarterly, Automotive & Assembly Practice*, 3.
- International Energy Agency. (2010). *World energy outlook 2010 Executive Summary* (Relatório de Pesquisa), Paris, França.
- Johnson, B. B., Wright, J. T. C. & Guimarães, P. P. D. (1987). *Prognósticos tecnológicos como atividade complementar do planejamento: a experiência do CENPES em águas profundas*. São Paulo: Fundação Instituto de Administração (FIA).
- Kampman, B., Braat, W., Essen, H. & Gopalakrishnan, D. (2011). *Impacts of electric vehicles – deliverable 4 – economic analysis and business models* (Relatório Técnico), Delft, Netherlands, CE Delft.
- Kley, F., Lerch, C. & Dallinger, D. (2011). New business models for electric cars - a holistic approach. *Energy Policy*, 39(6), 3392-3403.
- Larminie, J. & Lowry, J. (2003). *Electric vehicle technology explained*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Medeiros, J. B. (2006). *Redação científica: a prática de fichamento, resumos, resenhas* (8ª ed.). São Paulo: Atlas.

- Ministério do Meio Ambiente. (2010). *1º Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários* (Relatório de Pesquisa), Brasília, DF, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, Diretoria de Mudanças Climáticas.
- National Energy Technology Laboratory. (2002). *Battery-powered electric and hybrid electric vehicle projects to reduce greenhouse gas emissions: a resource guide for project development* (Relatório Técnico), Pittsburgh, PA.
- Porter, A. L., Roper, A. T., Mason, T. W., Rossini, F. A. & Banks, J. (1991). *Forecasting and management of technology*. New York: Wiley Interscience.
- Puerto Rico, J. A. (2007). *Programa de biocombustíveis no Brasil e na Colômbia: uma análise da implantação, resultados e perspectivas*. Dissertação de Mestrado, Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo: São Paulo, SP, Brasil.
- Rezende, S., Mota, R. & Duarte, A. (2010). Os veículos elétricos e as ações do Ministério da Ciência e Tecnologia. In J. P. R. Velloso (Coord.), *Estratégia de implantação do carro elétrico no Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Altos Estudos (INAE), Cadernos Fórum Nacional 10.
- Ribeiro, J. M. F. (1997). *Prospectiva e cenários – uma breve introdução metodológica* (Série Prospectiva – Métodos e Aplicações). Lisboa: Departamento de Prospectiva e Planeamento.
- Sacchi, R. (2010). VE, legislação do setor de energia elétrica e impacto sobre as concessionárias de distribuição. In *Anais do Seminário Veículos Elétricos & Rede Elétrica*, 2. Rio de Janeiro: VER 2010.
- Silva, L. L. C. D. (2011). Morphological analysis of the introduction of electric vehicles in São Paulo's Urban Traffic. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, 3(1), 14-36.
- Velloso, J. P. R. (Coord.). (2010). *Estratégia de implantação do carro elétrico no Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Altos Estudos (INAE), Cadernos Fórum Nacional 10.
- Vergara, S. C. (2003). *Projetos e relatórios de pesquisa em administração* (4a ed.). São Paulo: Atlas.
- Wright, J. T. C. & Spers, R. G. (2006). O país no futuro: aspectos metodológicos e cenários. *Estudos Avançados*, 20(56), 13-28.
- Yin, R. K. (2001). *Estudo de caso: planejamento e métodos* (2a ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Zwicky, F. (1969). *Discovery, invention, research: through the morphological approach*. Toronto: The Macmillan Company.