



# ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01  
de dezembro 2023

## **Aplicação do método de Fuzzy-Delphi em tomada de decisão: Priorização de fatores determinantes na aquisição de veículos elétricos do ponto de vista dos consumidores**

**Vinicius Moretti**

Grupo de Otimização e Tomada de decisão (GPOTD) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Cleiton Hluszko**

Laboratório de Estudos em Sistemas Produtivos Sustentáveis (LESP) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Micaela Ines Castillo Ulloa**

Laboratório de Estudos em Sistemas Produtivos Sustentáveis (LESP) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Diego Alexis Ramos Huarachi**

Laboratório de Estudos em Sistemas Produtivos Sustentáveis (LESP) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**João Carlos Colmenero**

Grupo de Otimização e Tomada de decisão (GPOTD) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Resumo:** Os veículos elétricos (VEs) vem ganhando espaço ao longo do tempo, alinhados à necessidade de tecnologias mais atrativas tanto no quesito econômico, quanto ambiental. Neste cenário, diversos países e fabricantes de VEs tentam entender o comportamento dos consumidores para impulsionar a demanda, e conseqüentemente a venda deste tipo de produto. Com base neste contexto, este estudo visou aplicar o Fuzzy-Delphi Method (FDM) para a priorização de fatores determinantes que influenciam a compra de veículos elétricos por parte dos consumidores. Dentre 18 Fatores Determinantes (FD) levantados na literatura, os resultados mostram que os FDs pertencentes às categorias de “custo” e “bateria” possuem maior peso para os consumidores, assim, os consumidores buscam veículos com menor custo de aquisição e manutenção e com subsídios governamentais, atrelados a um baixo tempo de carregamento da bateria, maior duração e alcance do veículo. Este estudo tem o potencial de auxiliar os fabricantes e governos a entenderem melhor o comportamento dos consumidores, e quais estratégias utilizar do ponto de vista técnico e governamental, para aumentar a demanda por estes produtos.

**Palavras-chave:** Veículos elétricos, Fuzzy-Delphi Method, Tomada de decisão, Sustentabilidade.

## **Application of the Fuzzy-Delphi method in decision making: Prioritization of determining factors in the acquisition of electric vehicles from the consumers' point of view**

**Abstract:** Electric vehicles (EVs) have been gaining ground over time, in line with the need for more attractive technologies both from an economic and environmental perspective. In this scenario, several countries and EV manufacturers are trying to understand consumer behavior to boost demand, and consequently the sale of this type of product. Based on this context, this study aimed to apply the Fuzzy-Delphi Method (FDM) to prioritize determining factors that influence the purchase of electric vehicles by consumers. Among 18 Determining Factors (DF) surveyed in the literature, the results show that DFs belonging to the “cost” and “battery” categories have greater weight for consumers, thus, consumers look for vehicles with lower acquisition and maintenance costs and with government subsidies, linked to a shorter battery charging time, longer vehicle life and range. This study has the potential to help manufacturers and governments to better understand consumer behavior, and what strategies to use from a technical and governmental point of view, to increase demand for these products.

**Keywords:** Electric Vehicles, Fuzzy-Delphi Method, Decision-Making, Sustainability.

## 1. Introdução

As preocupações recentes com o aquecimento global e problemas climáticos, impulsionam os países a adotarem novas tecnologias e produtos eco inovadores. No setor de transportes, os veículos ecológicos (elétricos e híbridos) tem ganhado espaço na pauta das empresas automobilísticas, com o objetivo de reduzir o consumo de petróleo e a poluição atmosférica (ZHANG ET AL., 2014; LUTSEY,2015). Nos últimos tempos o número de projetos de Veículos Elétricos (VE) aumentou de forma substancial em comparação aos projetos implementados na década de 1990 (DIJK ET AL., 2013). A difusão dos veículos elétricos colabora com a geração de eletricidade mais limpa e é considerada um caminho promissor para mitigar a poluição atmosférica causada por veículos a combustão (LI ET AL., 2017). Além disso, o transporte rodoviário é o meio de transporte mais utilizado, sendo essencial à atividade humana, pois é responsável pela mobilidade de pessoas e mercadorias (Bączkiewicz e Kizielewicz, 2021).

O desempenho da bateria melhorou. As principais barreiras à adoção de VE pelos consumidores, como o preço elevado dos VE e a dúvida quanto à autonomia, estão diretamente relacionadas com as baterias dos VE. Os desenvolvimentos recentes fornecem sinais encorajadores com relação à melhoria das novas tecnologias baseados no apoio financeiro e tecnológico dos governos, bem como no enorme investimento dos fabricantes e fornecedores de automóveis (KIM et al., 2017).

Existe um crescimento de apoio governamental com o intuito de promover a inovação e a procura dos consumidores por VEs, mas ainda não aconteceu uma transição radical no mercado de automóveis, havendo um aumento substancial nas vendas de veículos elétricos nos últimos anos (PINKSE et al., 2014; KIM et al., 2017). Recentemente, os Veículos Elétricos (VE) alcançaram popularidade devido à sua natureza ecológica. Sua principal vantagem envolve a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (BHASKAR, 2017). Os VEs fazem menos ruído, envolvem uma operação simples, além de reduzir os custos de combustível associados aos veículos convencionais. No entanto, existem alguns desafios para a adoção de VE em grande escala, que são: o alto custo devido às baterias e células de combustível, o alcance limitado devido à capacidade e velocidade da bateria, o longo período de carregamento dependendo do tipo de bateria e do carregador e a insuficiência de estações de carregamento (BHASKAR, 2017; JENSEN E MABIT, 2017; PREETHA et al., 2019).

Mesmo com alguns desafios em relação à adoção de VEs, as vendas deste tipo de produto aumentaram a uma taxa de 94% entre 2011 e 2015 em todo o mundo, lideradas pela China, EUA e Europa. As baterias são o componente mais significativo de um veículo elétrico, representando 40% do custo total de produção. Os preços dessas

baterias caíram pela metade de 2012 para 2017, acelerando assim a adoção de veículos elétricos, incentivado pela integração com as Fontes de Energia Renováveis (FER) (PREETHA et al., 2019).

Os desenvolvimentos tecnológicos em equipamentos de geração de energia renovável, redes elétricas inteligentes e soluções de transporte permitem novas formas inovadoras para os consumidores participarem na transição para a sustentabilidade que ocorre em vários setores, inclusive a de transporte. Energia e transporte juntos contribuem com 49% dos gases de efeito estufa emitidos na atmosfera (FIELD & BARROS, 2014).

Com vários benefícios ecológicos vindos dos VEs, a utilização de veículos de baixo consumo e/ou combustíveis limpos é cada vez mais importante. A poluição do ar causada por combustíveis fósseis, uma ameaça extremamente grave ao meio ambiente, pode ser significativamente reduzida com o uso de veículos elétricos (VEs). Os VEs vem ganhando espaço no mercado com o aumento da consciência pública sobre iniciativas ambientais verdes e a promoção de incentivos governamentais (GIANSOLDATI, et al., 2020). A simulação matemática prevê que a fatia de mercado dos veículos híbridos ou elétricos representará mais de 40% da frota privada até 2050 (ALLAHMORADI et al., 2022).

Para desenvolver permanentemente o mercado de VEs, deve existir uma melhor compreensão do comportamento e dos estilos de condução dos clientes, bem como uma melhoria da qualidade dos VEs (HU et al., 2018). Desde 2008, os avanços no design, na tecnologia das baterias, na gestão da rede elétrica, nas preocupações com os preços do petróleo e nas necessidades ambientais do planeta para reduzir os gases de efeito estufa levaram a uma grande mudança em direção à produção de VEs (DE CAUWER et al., 2015). Portanto, existem algumas perguntas por parte dos fabricantes de VEs que ainda devem ser respondidas, como por exemplo: Com que características produzir e como estimular a procura de VE por parte dos clientes? Isto exige a necessidade de compreender as percepções dos clientes sobre as vantagens e características desejadas dos VE.

Considerando a quantidade, diversidade e complexidade dos modelos de VE existentes, selecionar um VE que seja mais apropriado às necessidades e exigências de cada um, e ponderar as suas vantagens e desvantagens é uma tarefa complicada. Em muitas situações reais de tomada de decisão, diversas soluções possíveis podem ser consideradas, exigindo que os decisores considerem diferentes pontos de vista (Vieira et al., 2017; Gomes et al., 2023). Para este fim, a Análise de Decisão Multicritério (MCDA) tem se mostrado útil para resolução deste tipo de problema (Burak et al., 2022). Um MCDA pode ser definido como um conjunto de técnicas projetadas para buscar diversas alternativas dentro de critérios multicritérios e objetivos conflitantes (DO CARMO SILVA et al., 2020).

Este trabalho tem como objetivo priorizar os fatores determinantes para a compra de veículos elétricos, por parte dos consumidores. Os fatores determinantes utilizados para este fim foram levantados por Anastasiadou e Gavanis (2022), e será utilizado o Fuzzy Delphi Method (FDM) para a priorização. O restante deste trabalho está organizado da seguinte maneira: A próxima seção compreende o referencial teórico sobre o FDM, a terceira seção apresenta a metodologia e os cálculos utilizados, a quarta seção compreende os resultados e discussões gerados pelo estudo, e por fim, as conclusões necessárias a partir dos resultados e discussões.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1 Fuzzy Delphi Method (FDM)**

A tomada de decisão é um fenômeno que está presente diariamente na vida das pessoas, tanto na parte profissional, quanto pessoal, além de ser um dos problemas mais antigos da humanidade (HUSSAIN et al., 2023). Diversos são os problemas de tomada de decisão, e ao longo do tempo, algumas ferramentas foram sendo desenvolvidas para melhorar a qualidade da tomada de decisão, isto é, novas ferramentas e abordagens foram sendo desenvolvidas na tentativa de traduzir as decisões, em números (MASHAL et al., 2020).

A técnica de Delphi é um método quantitativo utilizado para coletar a opinião de sobre alguma questão específica e atingir consenso entre especialistas, foi proposto por Dalkey e Helmer (1963) (HSU et al., 2010). Esta técnica é uma abordagem razoável a ser adotada quando há falta de diretrizes nítidas sobre qualquer aspecto e explora as dimensões possíveis por meio de discussão entre um grupo de especialistas (BOUZON et al., 2016).

No método Delphi tradicional é necessário resumir as opiniões dos especialistas e, em seguida, dar-lhes feedback anônimo (DI ZIO E MARETTI, 2014). Geralmente, esse processo precisa ser repetido por 4 rodadas (CHANG et al., 1995), o que é demorado e ineficiente, além de que pode ser complicado unificar as opiniões (LU et al., 2023). portanto, possui muita subjetividade e demora no atingimento das respostas (PADILLA-RIVERA et al., 2021).

Para superar estes problemas, um método híbrido entre o DELPHI e a teoria fuzzy foi proposto por Murray et al., (1985) e é chamado de Fuzzy Delphi Method (FDM). O método *Fuzzy Delphi* combina a teoria *Fuzzy* e o método Delphi tradicional. No método *Fuzzy Delphi*, os especialistas convidados precisam utilizar o número *Fuzzy* triangular (TFN) para avaliar os fatores determinantes (KUO E CHEN, 2008). No FDM o julgamento dos experts é feito através de números *fuzzy* representados por variáveis linguísticas. A principal vantagem do FDM com relação ao método tradicional é que ele considera a incerteza e a ambiguidade do pensamento subjetivo dos experts, onde a opinião de cada especialista pode ser coletada, incluída e descrita na decisão, então os resultados obtidos são objetivos e práticos. A obtenção da decisão final apenas através de um único round, evitando vários rounds de pesquisa que são feitos no Delphi tradicional, também economiza tempo (KUO; CHEN, 2008; ZHANG, 2017).

A tabela 1 apresenta diversas aplicações recentes do método do FDM, qual o objetivo do estudo e se foi uma aplicação simples ou uma aplicação híbrida de métodos para tomada de decisão.

<b>Autores</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Métodos utilizados</b>
Akram et al., (2023)	Gerenciamento do abastecimento de água	Fuzzy Delphi Method (FDM), Fuzzy Élimination Et Choix Traduisant la Realité (FELECTRE)
Puppala et al., (2023)	Barreiras para adoção de novas tecnologias em áreas rurais	Fuzzy Delphi Method (FDM) e Analytic Hierarchy Process (AHP)
Namavar et al., (2023)	Criação de uma metodologia para avaliar a sustentabilidade do gerenciamento de água urbano	Fuzzy Delphi Method (FDM)
Lee., et al (2023)	Definição do melhor sistema de distribuição de água a ser implementado	Fuzzy Delphi Method (FDM) e Analytic Hierarchy Process (AHP)

Jahanvand et al., (2023)	Determinação de critérios essenciais em técnicas de avaliação de risco em saúde ocupacional	Fuzzy Delphi Method (FDM)
Lu et al., (2023)	Avaliação de desempenho de sistemas de armazenamento de energia	Fuzzy Delphi Method (FDM) e Best-Worst Method (BWM)
Lin et al., (2023)	Identificação de tópicos relevantes na ciência dos materiais dentários	Fuzzy Delphi Method (FDM)
Chuang (2023)	Identificação de insights para plataformas inteligentes de serviços turísticos	Fuzzy Delphi Method (FDM)
Lin et al., (2023)	Identificação de tópicos relevantes em odontologia pediátrica	Fuzzy Delphi Method (FDM)
Khan et al., (2023)	Levantamento dos desafios para desenvolvimento da cadeia de suprimentos de projetos em agricultura	Fuzzy Delphi Method (FDM)
Vikram et al., (2023)	Priorização de fatores que influenciam a propensão à combustão espontânea do carvão	Fuzzy Delphi Method (FDM) e Analytic Hierarchy Process (AHP)
Mishra et al., (2023)	Metodologia para facilitar a adoção omnicanal em logística	Fuzzy Delphi Method (FDM), Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) e Fuzzy VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (FVIKOR)
Ruano et al., (2023)	Investigação de indicadores de turismo sustentável em Belize	Fuzzy Delphi Method (FDM) e Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL)
Shao et al., (2023)	Desenvolvimento de indicadores para construções verdes em Taiwan	Fuzzy Delphi Method (FDM) e Analytic Hierarchy Process (AHP)
Nguyen et al., (2023)	Desenvolvimento de um modelo de causa e efeito para explorar as percepções do gerenciamento de resíduos tóxicos nas indústrias vietnamitas	Fuzzy Delphi Method (FDM) e Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL)
Noorzadeh e Malekian (2023)	Identificar e priorizar diversos critérios sustentáveis em um ecoparque no Irã	Fuzzy Delphi Method (FDM), Entropy method, Tomada de decisão multivariada e Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

### 3. Metodologia

O trabalho foi dividido em duas etapas: 1 - Identificação dos fatores determinantes para a compra de VEs do ponto de vista dos clientes; 2 – Aplicação do FDM para priorização dos fatores.

Para a etapa de identificação dos fatores determinantes foi utilizado como base o trabalho de Anastasiadou e Gavanas (2022), onde através de uma revisão da literatura foram apontados os fatores determinantes para compra de VEs de acordo com os clientes. A segunda etapa teve como objetivo a priorização dos fatores elencados anteriormente através do método FDM, assim, aplicando uma ferramenta quantitativa no intuito de oferecer maiores possibilidades para os clientes tomarem a decisão, quando forem optar pela compra de um VE. Para a etapa de priorização dos fatores determinantes, cinco potenciais consumidores participaram da pesquisa.

O Procedimento de cálculo para o *Fuzzy Delphi Method* (FDM) é detalhado a seguir (SHEN *et al.*, 2010; ZHANG, 2017; PADILLA-RIVERA *et al.*, 2021;):

- a) Coletar a opinião dos consumidores através das variáveis linguísticas e questionários. Utilizando uma escala de cinco termos, os consumidores julgarão o quão significativo é cada um dos fatores determinantes propostos. Estes termos serão posteriormente traduzidos em números triangulares *fuzzy*.
- b) Cálculo do índice geral para cada um dos fatores determinantes julgados. Este procedimento visa agregar a opinião de todos os  $k$  consumidores utilizados no processo de tomada de decisão. O valor de importância para o  $j^{th}$  fator determinante é dado pelo  $k^{th}$  consumidor com  $W_j = (a_{jL}, b_{jM}, c_{jN})$   $j = 1, 2, \dots, m$ . equação abaixo ilustra o procedimento:

$$W_j = (a_{jL}, b_{jM}, c_{jN}) = \left( \min_k a_{jL}^k, \left( \prod_{k=1}^k b_{jM}^k \right)^{\frac{1}{k}}, \max_k c_{jN}^k \right)$$

O  $W_j$  é o número *fuzzy* triangular agregado do fator determinante  $j$ ,  $J$  representa o conjunto de fatores determinantes,  $K$  representa o conjunto de consumidores.  $jL$  é o valor mínimo de julgamento dos consumidores,  $jM$  indica a média geométrica de todas as avaliações dos consumidores para o fator determinante  $j$  e  $jN$  indica o máximo da avaliação dos consumidores. Nesta etapa os valores máximos e mínimos das opiniões dos consumidores são colocados como os pontos extremos dos números *fuzzy* triangulares, e a média geométrica é colocada como o valor médio dos números *fuzzy* triangulares, para evitar alguns efeitos como o impacto de valores extremos.

- c) Defuzzificação: Para obter o peso final  $P_j$  os valores dos números *fuzzy* triangulares coletados no passo anterior são defuzzificados e transformados em números *crisp* utilizando o *Simple Center of Gravity Method* (SCGM), proposto por (HSU *et al.*, 2010). O método SCGM é um dos mais utilizados para a criação de um número *crisp* como resultado de uma defuzzificação, gerando uma média simples dos valores de pertencimento do número *fuzzy*. O procedimento é feito através da seguinte equação:

$$P_j = \frac{a_{jL} + b_{jM} + c_{jN}}{3}$$

Onde  $P_j$  é o índice *crisp* que indica a importância final de cada fator determinante  $j$ .

- d) Ainda, o FDM compreende uma etapa de inclusão ou seleção de fatores determinantes, através de uma nota de corte ( $\beta$ ) que deve ser estabelecida. De acordo com (ZHANG, 2017), o valor de corte para uma escala de cinco pontos variando de 1 a 9, seria de  $\beta = 5,6$ , por se situar entre a segundo e a terceira variável linguística da escala *fuzzy*. Desta forma, o último passo do *fuzzy-DELPHI* é comparar os valores *crisp* ( $P_j$ ) gerados no passo anterior para cada fator determinante ( $j$ ).

Se,  $P_j \geq \beta$ , então o fator determinante é relevante para estudo.

Se,  $P_j \leq \beta$ , então o fator determinante é não relevante para o estudo.

A tabela 2 sumariza as variáveis linguísticas utilizadas no problema atual, baseadas nas escalas propostas por Zhang (2017) e Padilla-Rivera *et al.*, (2021).

Tabela 2 - Termos linguísticos e seus respectivos números fuzzy triangulares.

Escala <i>fuzzy</i>	Termo linguístico	Números <i>fuzzy</i> triangulares (a, b, c)
9	Extremamente significativa	7, 9, 9
7	Muito significativa	5, 7, 9
5	Moderadamente significativa	3, 5, 7
3	Pouco significativa	1, 3, 5
1	Insignificante	1, 1, 3

**Fonte: Elaboração própria (2023).**

#### 4. Resultados e discussões

Os fatores determinantes foram levantados de acordo com o trabalho de Anastasiadou e Gavanis (2022), onde encontraram 29 fatores determinantes para adoção de veículos elétricos segundo os consumidores baseando-se no princípio de PESTLE, que elenca fatores determinantes diversos nas seguintes categorias: Políticas, Econômicas, Sociais/Sociodemográficas, Tecnológicas, Legais e de Meio ambiente. No entanto, para este estudo foram utilizados apenas 18 dos 29 elencados pelos autores. A lista completa dos fatores determinantes está na Tabela 3.

Tabela 3 – Fatores determinantes para compras de Veículos Elétricos (VEs) de acordo com os consumidores.

Fatores Determinantes (FD)	
FD1	Subsídios de compra
FD2	Políticas de infraestrutura e investimento público para recarregar baterias
FD3	Redução das tarifas de eletricidade
FD4	Alcance do veículo elétrico

FD5	Funções automatizadas e inteligentes nos veículos
FD6	Tempo de carregamento
FD7	Custo de compra do veículo
FD8	Custo de manutenção do veículo
FD9	Custo de operação e economia de combustível
FD10	Cobertura dos consumidores menos privilegiados
FD11	Obrigação de infraestrutura para carregamento de veículos elétricos em novas construções
FD12	Restrições de uso ou de propriedade do veículo
FD13	Desempenho do veículo em relação a emissão de gases de efeito estufa
FD14	Desempenho do veículo em relação a emissão de gases poluidores em geral
FD15	Reciclagem de baterias de lítio
FD16	Status social e tendência mundial
FD17	Padrões de transporte diários e a distância das viagens
FD18	Experiência com a pilotagem de veículos elétricos

**Fonte: Elaboração própria (2023).**

Os resultados dos cálculos com o FDM com a opinião dos cinco potenciais consumidores que participaram da pesquisa, mostram que apenas dois fatores determinantes foram dados como não relevantes, embora todos os outros possuam relevâncias distintas. A tabela 4 apresenta os valores finais dos scores para cada fator determinante, bem como se ele é relevante ou não para o estudo, de acordo com a metodologia de Zhang (2017).

Tabela 4 – Resultados do Fuzzy-Delphi Method (FDM).

Fator Determinante	Score	Indicativo	Ranking
FD1	7,246754989	Relevante	4
FD2	6,293929529	Relevante	10
FD3	7,379752083	Relevante	1
FD4	6,536517482	Relevante	7
FD5	7,379752083	Relevante	1
FD6	7,379752083	Relevante	1
FD7	6,536517482	Relevante	7
FD8	6,412175855	Relevante	9
FD9	7,246754989	Relevante	4
FD10	5,143669	Não relevante	17
FD11	6,255191151	Relevante	14
FD12	5,054925246	Não relevante	18
FD13	6,293929529	Relevante	10
FD14	7,120277493	Relevante	6
FD15	6,005066854	Relevante	15
FD16	6,293929529	Relevante	10
FD17	5,90677726	Relevante	16
FD18	6,293929529	Relevante	10

**Fonte: Elaboração própria (2023).**



De acordo com o resultado dos cálculos, as preocupações dos consumidores de veículos elétricos estão voltadas a dois aspectos principais: custo e bateria. Através do ranking estabelecido pelo FDM, podemos aferir que os principais Fatores Determinantes (FD) são: Subsídios de compra (FD1), Redução das tarifas de eletricidade (FD3), Alcance do veículo elétrico (FD4), Funções automatizadas e inteligentes nos veículos (FD5), Tempo de carregamento (FD6), Custo de compra do veículo (FD7) e Custo de operação e economia de combustível (FD9). Todos os fatores determinantes citados possuem *score* maior que 7, indicando que possuem bastante peso na decisão de aquisição de um VE. Assim, dos principais FD apenas o FD5 não está contemplado nos aspectos de custo (FD1, FD3, FD7 e FD9) ou bateria (FD4 e FD6).

Os resultados encontrados vão de encontro ao que a literatura aponta como principais fatores para adoção de VEs. Custo e bateria estão entre os quatro aspectos levantados por Singh et al., (2020) para a aquisição de veículos elétricos. Khan e Maoh (2022) colocam ainda que os fatores econômicos como o custo de operação e tarifas de eletricidade fazem toda a diferença para a aquisição de um VE.

## 5. Conclusões

Este trabalho apresentou uma metodologia para a priorização de fatores determinantes para a compra de Veículos Elétricos (VEs), aplicando o *Fuzzy-Delphi Method* (FDM) de acordo com a preferência dos consumidores. Este trabalho foi motivado pelo aumento da oferta de veículos elétricos, além do aumento da demanda. Assim, o emprego de novas ferramentas para entender melhor o comportamento dos clientes e as tendências são importantes de um ponto de vista teórico e prático. A partir dos Fatores Determinantes (FD) levantados por Anastasiadou e Gavanas (2022), este estudo buscou priorizar os FDs através do FDM com a participação de cinco potenciais consumidores de veículos elétricos. Os resultados mostraram que os Fatores Determinantes (FD) mais importantes para os consumidores giram em torno de duas categorias: Custo e Bateria. Os FDs 1,3,7,9 contemplam os primeiros ranqueados da categoria de custo, e os FDs 4 e 6 são contemplados na categoria de bateria. Os resultados encontrados por este estudo vão de acordo com os estudos recentes de Singh et al., (2020) e Khan e Maoh (2022), que analisaram de outras formas os fatores determinantes para aquisição de veículos elétricos e encontraram resultados similares.

Este trabalho contribui com a literatura existente sobre o comportamento de potenciais consumidores de Veículos Elétricos (VE), além da literatura disponível sobre o *Fuzzy-Delphi Method* (FDM) e os métodos para tomada de decisão em geral. Além disso, pode contribuir na prática com as fábricas e montadoras de veículos elétricos, sugerindo os pontos mais importantes a serem trabalhados pelos produtores de VEs para tornar seus veículos mais atrativos. Este trabalho utilizou um número limitado de consumidores, desta forma, em trabalhos futuros este número pode ser aumentado e categorizado, para entender as preferências de grupos heterogêneos de consumidores. Além disto, em trabalhos futuros sugere-se a criação de ferramentas para tomada de decisão e auxílio para seleção de modelos de veículos para os consumidores, considerando fatores determinantes, critérios e alternativas no modelo matemático.

## Referências

AKRAM, Muhammad; ZAHID, Kiran; DEVECI, Muhammet. Multi-criteria group decision-making for optimal management of water supply with fuzzy ELECTRE-based outranking method. **Applied Soft Computing**, v. 143, p. 10403, 2023.

ALLAHMORADI, Elham et al. Policy instruments for the improvement of customers' willingness to purchase electric vehicles: A case study in Iran. **Energies**, v. 15, n. 12, p. 4269, 2022.

ANASTASIADOU, Konstantina; GAVANAS, Nikolaos. State-of-the-Art Review of the Key Factors Affecting Electric Vehicle Adoption by Consumers. **Energies**, v. 15, n. 24, p. 9409, 2022.

BĄCZKIEWICZ, Aleksandra; KIZIELEWICZ, Bartłomiej. Towards sustainable energy consumption evaluation in Europe for industrial sector based on MCDA methods. **Procedia Computer Science**, v. 192, p. 1334-1346, 2021.

BHASKAR, U. India's electric vehicle drive: Challenges and opportunities. 2017.

BOUZON, Marina et al. Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy Delphi method and AHP. **Resources, conservation and recycling**, v. 108, p. 182-197, 2016.

BURAK, Selmin; SAMANLIOGLU, Funda; ÜLKER, Duygu. Evaluation of irrigation methods in Söke Plain with HF-AHP-PROMETHEE II hybrid MCDM method. **Agricultural Water Management**, v. 271, p. 107810, 2022.

CHANG, In Seong et al. An efficient approach for large scale project planning based on fuzzy Delphi method. **Fuzzy sets and systems**, v. 76, n. 3, p. 277-288, 1995.

CHUANG, Chung-Ming. The conceptualization of smart tourism service platforms on tourist value co-creation behaviours: an integrative perspective of smart tourism services. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 10, n. 1, p. 1-16, 2023.

DE CAUWER, Cedric; VAN MIERLO, Joeri; COOSEMANS, Thierry. Energy consumption prediction for electric vehicles based on real-world data. **Energies**, v. 8, n. 8, p. 8573-8593, 2015.

DI ZIO, Simone; MARETTI, Mara. Acceptability of energy sources using an integration of the Delphi method and the analytic hierarchy process. **Quality & Quantity**, v. 48, p. 2973-2991, 2014.

DO CARMO SILVA, Marcela et al. Global Innovation Indicators analysed by multicriteria decision. **Brazilian journal of operations & production management**, v. 17, n. 4, p. 1-17, 2020.

FIELD, Christopher B.; BARROS, Vicente R. (Ed.). **Climate change 2014–Impacts, adaptation and vulnerability: Regional aspects**. Cambridge University Press, 2014.

GIANSOLDATI, Marco et al. Does electric car knowledge influence car choice? Evidence from a hybrid choice model. **Research in Transportation Economics**, v. 80, p. 100826, 2020.

GOMES, Carlos Francisco Simões et al. Multicriteria Methodology for Selection of a Personal Electric Vehicle. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n. 2, p. 1415-1415, 2023.

HSU, Yu-Lung; LEE, Cheng-Haw; KRENG, Victor B. The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 1, p. 419-425, 2010.

HU, Kezhen et al. Exploring the energy efficiency of electric vehicles with driving behavioral data from a field test and questionnaire. **Journal of Advanced Transportation**, v. 2018, 2018.

HUSSAIN, Zahid et al. Similarity measures of Pythagorean fuzzy sets based on L p metric and its applications to multicriteria decision-making with Pythagorean VIKOR and clustering. **Computational and Applied Mathematics**, v. 42, n. 7, p. 301, 2023.

JAHANVAND, Bahar et al. Determining essential criteria for selection of risk assessment techniques in occupational health and safety: A hybrid framework of fuzzy Delphi method. **Safety Science**, v. 167, p. 106253, 2023.

JENSEN, Anders Fjendbo; MABIT, Stefan Lindhard. The use of electric vehicles: A case study on adding an electric car to a household. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 106, p. 89-99, 2017.

KHAN, Shakil; MAOH, Hanna. Investigating attitudes towards fleet electrification—An exploratory analysis approach. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 162, p. 188-205, 2022.

KHAN, Md Raquibuzzaman et al. Supply chain challenges and recommendations for international development agriculture projects: an application of the FGD-fuzzy Delphi approach. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 10, n. 1, p. 1-15, 2023.

KIM, Seiho; LEE, Jaesik; LEE, Chulung. Does driving range of electric vehicles influence electric vehicle adoption?. **Sustainability**, v. 9, n. 10, p. 1783, 2017.

KUO, Ying-Feng; CHEN, Pang-Cheng. Constructing performance appraisal indicators for mobility of the service industries using Fuzzy Delphi Method. **Expert systems with applications**, v. 35, n. 4, p. 1930-1939, 2008.

LEE, Yu-Chen; LEITE, Fernanda; LIEBERKNECHT, Katherine. Prioritizing selection criteria of distributed circular water systems: A fuzzy based multi-criteria decision-making approach. **Journal of Cleaner Production**, p. 138073, 2023.

LI, Shanjun et al. The market for electric vehicles: indirect network effects and policy design. **Journal of the Association of Environmental and Resource Economists**, v. 4, n. 1, p. 89-133, 2017.

LIN, Galvin Sim Siang et al. Expert consensus on relevant topics for undergraduate paediatric dental curriculum using the fuzzy Delphi method: a new direction for Malaysian dental education. **BMC oral health**, v. 23, n. 1, p. 1-11, 2023.

LIN, Galvin Sim Siang et al. Identifying relevant topics and their competency levels for dental materials science: a fuzzy Delphi study. **BMC Oral Health**, v. 23, n. 1, p. 1-9, 2023.

LU, Hao et al. Comprehensive performance assessment of energy storage systems for various application scenarios based on fuzzy group multi criteria decision making considering risk preferences. **Journal of Energy Storage**, v. 72, p. 108408, 2023.

LUTSEY, Nic. Transition to a global zero-emission vehicle fleet: A collaborative agenda for governments. 2015.

MASHAL, Ibrahim et al. A multi-criteria analysis for an internet of things application recommendation system. **Technology in Society**, v. 60, p. 101216, 2020.

MISHRA, Ruchi; SINGH, Rajesh Kr; MANI, Venkatesh. A hybrid multi criteria decision-making framework to facilitate omnichannel adoption in logistics: an empirical case study. **Annals of Operations Research**, v. 326, n. 2, p. 685-719, 2023.

NAMAVAR, Majid; MOGHADDAM, Mohammad Reza Alavi; SHAFIEI, Mojtaba. Developing an indicator-based assessment framework for assessing the sustainability of urban water management. **Sustainable Production and Consumption**, 2023.

- NGUYEN, Tran Thai Ha et al. The toxic waste management towards corporates' sustainable development: A causal approach in Vietnamese industry. **Environmental Technology & Innovation**, v. 31, p. 103186, 2023.
- NOORZADEH, Z.; MALEKIAN, M. Determination and prioritization of eco-park components for sustainable urban development. **International Journal of Human Capital in Urban Management**, v. 8, n. 3, 2023.
- PADILLA-RIVERA, Alejandro et al. Social circular economy indicators: Selection through fuzzy delphi method. **Sustainable Production and Consumption**, v. 26, p. 101-110, 2021.
- PINKSE, Jonatan; BOHNSACK, René; KOLK, Ans. The role of public and private protection in disruptive innovation: The automotive industry and the emergence of low-emission vehicles. **Journal of Product Innovation Management**, v. 31, n. 1, p. 43-60, 2014.
- PREETHA, P. K. et al. Electric vehicle scenario in India: roadmap, challenges and opportunities. In: **2019 IEEE international conference on electrical, computer and communication technologies (ICECCT)**. IEEE, 2019. p. 1-7.
- PUPPALA, Harish et al. Barriers to the adoption of new technologies in rural areas: The case of unmanned aerial vehicles for precision agriculture in India. **Technology in Society**, v. 74, p. 102335, 2023.
- RUANO, Marvin et al. Enhancing Sustainability in Belize's Ecotourism Sector: A Fuzzy Delphi and Fuzzy DEMATEL Investigation of Key Indicators. **Mathematics**, v. 11, n. 13, p. 2816, 2023.
- SHAO, Wen-Cheng et al. Developing Indicators for Healthy Building in Taiwan Using Fuzzy Delphi Method and Analytic Hierarchy Process. **Buildings**, v. 13, n. 7, p. 1860, 2023.
- SHEN, Yung-Chi et al. A hybrid selection model for emerging technology. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 1, p. 151-166, 2010.
- SINGH, Virender; SINGH, Vedant; VAIBHAV, S. A review and simple meta-analysis of factors influencing adoption of electric vehicles. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 86, p. 102436, 2020.
- VIEIRA, José Artur Moraes; GOMES, Carlos Francisco Simões; BRAGA, Igor Engel. Development of a scenario prospecting model with the use of multicriteria decision aiding: Importance of environmental variables. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 14, n. 2, p. 210-217, 2017.
- VIKRAM, Mukesh et al. Determinants of prioritised influencing factors on coal spontaneous combustion propensity—A Fuzzy-Delphi-geometric mean analytic hierarchy process. **Fuel**, v. 356, p. 129541, 2024.
- ZHANG, Jiekuan. Evaluating regional low-carbon tourism strategies using the fuzzy Delphi-analytic network process approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 141, p. 409-419, 2017.
- ZHANG, Xingping et al. Policy incentives for the adoption of electric vehicles across countries. **Sustainability**, v. 6, n. 11, p. 8056-8078, 2014.