



SELEÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS PARA SERVIÇOS DE ENTREGAS: UMA ANÁLISE EMBASADA EM PRINCÍPIOS ESG

Luciano Wagner De Menezes¹ – menezes.luciano@gsuite.iff.edu.br

Milton Erthal Junior² – milton.ertal@iff.edu.br

¹ Instituto Federal Fluminense - Campus Centro – Campos dos Goytacazes , RJ, Brasil

² Instituto Federal Fluminense - Campus Centro – Campos dos Goytacazes , RJ, Brasil

Resumo: O interesse pela mobilidade elétrica atingiu um nível muito elevado nas últimas décadas, não há dúvida de que os veículos elétricos se tornarão um dos principais meios de transporte e será a primeira escolha no futuro, mas para dominar o mercado, muitos esforços e estudos continuam a ser dedicados a este propósito. A maior parte dos sistemas de tração convergiu nos últimos anos para algum tipo de motor elétrico, pois existe uma tendência crescente para o aumento da potência e eficiência dessas máquinas, resultando em designs únicos e refinamentos das topologias, bem como na introdução de novos modelos. Este documento apresenta uma decisão utilizando o método multicritério AHP, de diferentes tipos de veículos utilizados no sistema de micromobilidade elétrica, onde a seleção foi voltada para serviços de delivery realizados por bicicletas elétricas, proporcionando uma visão que permita escolher o veículo adequado para essa aplicação.

Palavras-chaves: Mobilidade elétrica; AHP; Bicicleta elétrica; ESG; Delivery.

1. INTRODUÇÃO

O nível de urbanização cada vez mais elevado é observado em escala global, levando a grandes patamares de atividades de transporte relacionado a distribuição de cargas e também a prestação de serviços. Essa situação causa impactos a nível social, ambiental e econômico. Os principais são em relação ao congestionamento de tráfego urbano, poluentes e gases de efeito estufa (GEE) e emissões de ruído, (Oliveira et al., 2015). Entretanto, os agentes que atuam em um sistema de transporte urbano devem ser caracterizados como elementos de mitigação de tais impactos. Diante do fato, as empresas estão se transformando e permitindo formas inovadoras de operação do transporte urbano de carga no que se refere ao desenvolvimento de novas tecnologias (Bjorklund; Gustafsson, 2015).

O aumento da intensidade de uso de veículos de carga tem sido muito evidenciado no mercado, isso acontece devido à elevação do custo com logística que as empresas estão tendo com as entregas (Roumboutsos et al., 2014). De acordo com Joerss et al. (2017), o custo da entrega anual chegou a 70 bilhões de euros no mundo. No entanto, os operadores e toda cadeia interessada são estimulados a reduzir seus custos com transporte de carga, enquanto tentam diminuir o impacto social, ambiental e econômico de suas operações utilizando os princípios do ESG (*Environmental, social and Governance*) que nada mais é do que aplicar ações sustentáveis em suas operações, onde buscam soluções inovadoras através de uma

maior integração de suas atividades, utilizando novas tecnologias e recursos de forma mais eficiente (Stadieseifi et al., 2014).

O Modelo de negócio convencionalmente aplicado deverá ser substituído em virtude das novas tecnologias que chegam ao mercado, como reforça Joerss et al. (2017). Para esses autores, o modelo convencional que utiliza veículos movidos a diesel será responsável por 20% das entregas em áreas urbanas, sendo de forma progressiva substituídos por veículos autônomos e serviços de entregas (*delivery*) por bicicletas elétricas, que são mais eficientes considerando a forma de energia utilizada (Baran et al., 2011).

É evidente que existe um potencial para utilização de novas tecnologias para que transformem as entregas ao cliente final, o que se pode levar a uma nova tendência de mudanças na infraestrutura de transporte e modelos de entrega. Se torna essencial desenvolver iniciativas de estratégia que permitam um melhor entendimento sobre a implementação dessas novas tecnologias em entregas finais ou também chamada de última milha. Pesquisas apontam que um caminho é a adoção de veículos menores (leves) e movidos à eletricidade (Oliveira et al., 2018), porém, ainda há ausência de estudos que indiquem o papel do veículo elétrico como elemento eficiente do ponto de vista energético para operações entrega final e, com isso, tendo um efeito na sustentabilidade do transporte urbano de carga.

Durante a pandemia do COVID-19, a demanda crescente de pedidos por aplicativo ocasionou em um grande número de novos entregadores para as plataformas de entrega. As empresas responsáveis pelos principais aplicativos de *delivery* realizaram parcerias com outras empresas terceirizadas para realização das entregas, visto o grande volume de pedidos ocasionados pela pandemia. Os serviços de entrega centralizados em uma plataforma de rede possuem um desempenho significativamente mais elevado quando comparado aos serviços descentralizados (Swierczek, 2020). Esses mecanismos de entrega centralizados podem contribuir para ampliação da sustentabilidade social e ambiental, que, além dos ganhos diretos, auxiliam também para a imagem da organização empresarial também atendendo aos princípios do ESG (Gimenez e Sierra, 2013 e Rajindra et al., 2019).

Para o setor de alimentos e restaurantes, os pedidos de atendimento imediato entraram em uma demanda crítica devido a esse mercado requerer uma logística de entrega final muito eficiente, mas conseguiu apresentar uma estabilidade e recorrência de pedidos maior, em função do aumento do trabalho remoto de grande parte das pessoas, o que melhorou o fluxo de veículos nos centros urbanos, porém, a disponibilidade de um serviço eficiente de *delivery* ainda é indispensável para a sobrevivência de uma empresa desse ramo, (Unnikrishnan e Figliozzi, 2020).

O encolhimento de 58% do setor de logística e transporte reflete o impacto que houve nos pequenos negócios (IBGE, 2021). Por outro lado, setores que conseguiram se reestruturar e adequar suas vendas ao mercado online e *delivery* obtiveram melhor desempenho em meio à crise causada pela pandemia. Esse comportamento abriu espaço não só para o setor de comércio virtual, mas também para o *delivery* e para a armazenagem em centros de distribuição (Costa et al., 2020). Também foi observado o aumento das vendas de motocicletas, influenciado pela atuação e expansão do mercado *delivery* no Brasil (Sebrae, 2021).

O *delivery* vive um cenário favorável para expansão e isso pode ocasionar futuros investimentos em inovações sustentáveis, fazendo as empresas iniciarem uma nova mentalidade na utilização de motocicletas e bicicletas elétricas aliada a necessidade de busca por uma mobilidade urbana sustentável para manter seus clientes e conquistar outros. Nos últimos anos, o interesse na pesquisa sobre micromobilidade elétrica tem crescido significativamente. Isto é confirmado pelo número crescente de pesquisas de artigos sobre este assunto (Marques, 2022 e Boglietti, 2021).

Os métodos multicritério (MCDA) são também utilizados cada vez mais frequentemente em tais estudos, tanto no caso da micromobilidade clássica como no da micromobilidade

elétrica (e-micromobilidade). Fazio et al. (2021) utilizaram o método SMCA para estudar a adaptação da rede rodoviária as necessidades das scooters elétricas (e-scooters). Kalakoni et al. (2022) desenvolveram um índice de correspondência ambiental para diferentes tipos de micromobilidade com base no método AHP. Torkayesh e Deveci (2021) propuseram uma avaliação de localização baseada na estrutura TRUST para estações de troca de baterias para e-scooters. Tang e Yang (2021) utilizaram a relação de preferência pithagorean fuzzy de valor intercalado para escolher um fornecedor de reciclagem de bicicletas elétricas (e-bikes). Deveci et al. (2021) trataram da questão da avaliação da segurança das e-scooters utilizando os métodos Fuzzy Laaw e Qrofs Einstein Wasps. Bajec et al. (2021), utilizando um conjunto de DAHP e métodos DEA selecionaram o fornecedor do sistema de e-bike compartilhada. Wankmüller et al. (2020) utilizou o método BWM para identificar critérios relevantes para a seleção de veículos de e-micromobilidade para resgate em montanha. Finalmente, Salabun et al. (2019), utilizando o método COMET, escolheram e-bikes para transportes urbanos sustentáveis.

Ao analisar todo cenário de estudos multicritério, é fácil notar que existem poucas publicações em que os veículos pertencentes à categoria de micromobilidade elétrica foram avaliados. Tais questões aparecem apenas no trabalho de Salabun et al. (2019), onde as e-bikes foram consideradas. Os trabalhos de Wankmüller et al. (2020) e Bajec et al. (2021) são também parcialmente semelhante a este tópico. No entanto, em cada um destes artigos, a decisão foi o resultado das opiniões de peritos na área (empresários, professores acadêmicos, funcionários), e, no contexto da micromobilidade elétrica, nenhum estudo foi levado ao fim até agora, levando em conta a opinião contrária dos clientes e proprietários dos veículos.

Este artigo visa determinar sobre as novas formas de operações e tecnologias no serviço de delivery por micromobilidade elétrica em áreas urbanas, buscando identificar pelo método multicritério AHP os principais tipos de veículos que podem ser adotados para aumentar a sustentabilidade deste tipo de operação.

2. METODOLOGIA

Foi utilizado o método multicritério AHP (Analytic Hierarchy Process), Processo Analítico Hierárquico desenvolvido por Saaty, Thomas Lorie (1977) para determinação do melhor veículo elétrico para transporte de cargas para o cliente final, levando em consideração as características técnicas dos veículos. Foi utilizado o método AHP para obtenção dos resultados através dos cálculos utilizados por matrizes, onde critérios técnicos dos veículos como autonomia, velocidade, tipo de bateria, potência do motor e tamanho do aro foram utilizadas alternativas de escolha dentro cinco modelos de veículos elétricos da micromobilidade urbana.

Após a primeira percepção descrita pelo decisor, que é um especialista em projetos de energia e eficiência energética e energia, sendo engenheiro eletricista de sistemas de potência com experiência para discutir parâmetros técnicos de um veículo elétrico dentro os cinco modelos citados nesse artigo.

Foi utilizada a Escala Fundamental de Saaty, na Tabela 1 a seguir, para comparar, par a par, os critérios utilizados para esta seleção e o resultado de tais comparações pode ser visto nas tabelas mostradas no decorrer desse item.

Tabela 1- Escala fundamental de Saaty

Escala Fundamental		
Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma Importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários entre valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Saaty (2000), e Costa (2002)

A decisão do veículo elétrico adequado é fator fundamental para empresas que dependem de um transporte eficiente e de baixo custo de operação de cargas para que o negócio venha a se desenvolver de forma sustentável se inserindo nos princípios fundamentais do ESG, gerindo a empresa de forma que possa contribuir para o meio ambiente e para a sociedade de forma sustentável de maneira que o resultado final gere benefícios econômicos.

A escolha irá fornecer aos interessados um direcionamento no momento da aquisição e utilização do veículo elétrico de pequeno porte, evitando possíveis enganos na compra, evitando assim perdas financeiras pela má escolha, pois o veículo deverá ser o mais recomendado para realização de tarefas do cotidiano empresarial como o delivery, que é nosso propósito principal, mas nada impede que essa escolha também possa ser usada para decidir sobre a compra do veículo elétrico para atividades não profissionais.

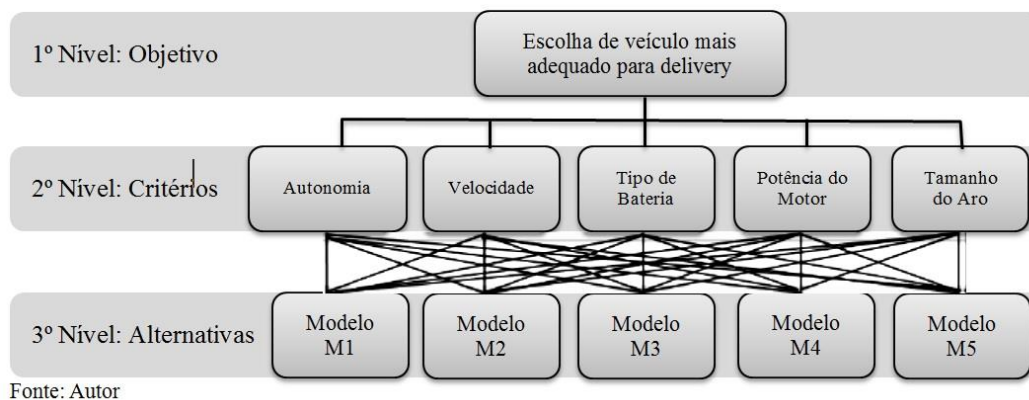
O método multicritério AHP irá fazer a seleção do veículo de melhor autonomia e velocidade, que são os principais fatores que causam impacto na aquisição e uso desse tipo de veículo. O método fará a seleção dentre um total de cinco modelos de e-Bikes. Dentre as alternativas temos a Tabela 2.

Tabela 2 - Características técnicas x Modelos de veículos

Modelo	Autonomia Média (Km)	Velocidade Máxima (km/h)	Tipo de bateria	Potência do Motor (Watts)	Tamanho do Aro (Pol)
M1	70	35	Li	500	10
M2	40	25	Pb	350	10
M3	65	35	Pb removível	500	16
M4	65	35	Li	800	17
M5	60	40	Li	350	14

Fonte: Autor

A decomposição hierárquica proposta para o problema descrito acima pode ser visualizada através de uma árvore de decisão mostrada na Figura 1.



Fonte: Autor

Figura 1- Árvore de decisão do problema descrito

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas simulações pelo método AHP para todos os critérios e modelos. Após a percepção descrita pelo decisor sobre os modelos de e-bikes, foi utilizada a Escala Fundamental de Saaty, para comparar, os critérios utilizados para esta seleção e o resultado de tais comparações pode ser visto na Figura 2 a seguir, onde temos o julgamento de todos os critérios.

A seguir na Figura 2 é mostrada a matriz de julgamento para escolha do critério em relação a “Escolha do veículo mais adequado para delivery”.

Critérios	Autonomia	Velocidade	Tipo de Bateria	Potência do Motor	Tamanho do Aro
Autonomia	1,0000	2,0000	3,0000	4,0000	4,0000
Velocidade	0,5000	1,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Tipo de Bateria	0,3333	0,3333	1,0000	3,0000	5,0000
Potência do Motor	0,2500	0,3333	0,3333	1,0000	2,0000
Tamanho do Aro	0,2500	0,3333	0,2000	0,5000	1,0000

Fonte: Autor

Figura 2 - Julgamento em relação a “Escolha do veículo mais adequado para delivery”

Foram atribuídos pesos para cada critério, obtidos através do processo de normalização mostrados na Tabela 3 a seguir. O processo de normalização usado possui resultados extremamente próximos aos obtidos com o cálculo algébrico do autovetor matricial.

Critérios	Autonomia	Velocidade	Tipo de Bateria	Potência do Motor	Tamanho do Aro	Prioridades	
						Média	Peso
Autonomia	0,4286	0,5000	0,3982	0,3478	0,2667	0,3883	38,8%
Velocidade	0,2143	0,2500	0,3982	0,2609	0,2000	0,2647	26,5%
Tipo de Bateria	0,1429	0,0833	0,1327	0,2609	0,3333	0,1906	19,1%
Potência do Motor	0,1071	0,0833	0,0442	0,0870	0,1333	0,0910	9,1%
Tamanho do Aro	0,1071	0,0833	0,0265	0,0435	0,0667	0,0654	6,5%
Soma	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	100%

Fonte: Autor

Figura 3 - Normalização e obtenção dos pesos

Pode-se notar que os critérios Autonomia e Velocidade foram avaliados como tendo grande importância, enquanto os demais critérios obtiveram pesos de menor importância.

A Figura 4 a seguir mostra os elementos da análise de Consistência.

Critérios	Tamanho do					Vetor Soma	Vetor Consistência
	Autonomia	Velocidade	Tipo de Bateria	Potência do Motor	Aro		
Autonomia	1,0000	2,0000	3,0000	4,0000	4,0000	2,1998	6,3429
Velocidade	0,5000	1,0000	3,0000	3,0000	3,0000	1,6127	6,2000
Tipo de Bateria	0,3333	0,3333	1,0000	3,0000	5,0000	1,0157	4,2414
Potência do Motor	0,2500	0,3333	0,3333	1,0000	2,0000	0,4634	4,7759
Tamanho do Aro	0,2500	0,3333	0,2000	0,5000	1,0000	0,3264	5,7701

Fonte: Autor

Figura 4 - Vetor Soma e Vetor de Consistência

Os valores obtidos para a média aritmética da coluna do Vetor de Consistência (λ máx), o Índice Randômico (RI) e a Relação de Consistência (CR), estão registrados na Tabela 3 a seguir, finalizando, o teste de consistência.

Tabela 3 - Teste de Consistência

λ máx	5,4660
RI	1,1200
CR	0,1

Fonte: Autor

Pelo teste de consistência realizado foi possível constatar que a comparação do decisor obteve uma Relação de Consistência de 0,1, que atende ao requisito de que uma inconsistência aceitável deve ser menor ou igual a 0,1.

Ao comparar cada modelo em relação a cada um dos critérios, temos as seguintes matrizes e suas relativas relações de consistência mostradas na Figura 5.

Autonomia <table border="1"> <thead> <tr> <th>Modelos</th> <th>Modelo M1</th> <th>Modelo M2</th> <th>Modelo M3</th> <th>Modelo M4</th> <th>Modelo M5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modelo M1</td> <td>1,0000</td> <td>5,0000</td> <td>4,0000</td> <td>2,0000</td> <td>2,0000</td> </tr> <tr> <td>Modelo M2</td> <td>0,2000</td> <td>1,0000</td> <td>0,2500</td> <td>0,2500</td> <td>0,2500</td> </tr> <tr> <td>Modelo M3</td> <td>0,2500</td> <td>4,0000</td> <td>1,0000</td> <td>1,0000</td> <td>2,0000</td> </tr> <tr> <td>Modelo M4</td> <td>0,5000</td> <td>4,0000</td> <td>1,0000</td> <td>1,0000</td> <td>2,0000</td> </tr> <tr> <td>Modelo M5</td> <td>0,5000</td> <td>4,0000</td> <td>0,5000</td> <td>0,5000</td> <td>1,0000</td> </tr> </tbody> </table> <p>CR = 0,0623</p>						Modelos	Modelo M1	Modelo M2	Modelo M3	Modelo M4	Modelo M5	Modelo M1	1,0000	5,0000	4,0000	2,0000	2,0000	Modelo M2	0,2000	1,0000	0,2500	0,2500	0,2500	Modelo M3	0,2500	4,0000	1,0000	1,0000	2,0000	Modelo M4	0,5000	4,0000	1,0000	1,0000	2,0000	Modelo M5	0,5000	4,0000	0,5000	0,5000	1,0000	Velocidade <table border="1"> <thead> <tr> <th>Modelos</th> <th>Modelo M1</th> <th>Modelo M2</th> <th>Modelo M3</th> <th>Modelo M4</th> <th>Modelo M5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modelo M1</td> <td>1,0000</td> <td>6,0000</td> <td>2,0000</td> <td>1,0000</td> <td>1,0000</td> </tr> <tr> <td>Modelo M2</td> <td>0,1667</td> <td>1,0000</td> <td>0,3333</td> <td>0,2500</td> <td>0,2000</td> </tr> <tr> <td>Modelo M3</td> <td>0,5000</td> <td>3,0000</td> <td>1,0000</td> <td>3,0000</td> <td>0,3333</td> </tr> <tr> <td>Modelo M4</td> <td>1,0000</td> <td>4,0000</td> <td>0,3333</td> <td>1,0000</td> <td>0,3333</td> </tr> <tr> <td>Modelo M5</td> <td>1,0000</td> <td>5,0000</td> <td>3,0000</td> <td>3,0000</td> <td>1,0000</td> </tr> </tbody> </table> <p>CR = 0,0939</p>						Modelos	Modelo M1	Modelo M2	Modelo M3	Modelo M4	Modelo M5	Modelo M1	1,0000	6,0000	2,0000	1,0000	1,0000	Modelo M2	0,1667	1,0000	0,3333	0,2500	0,2000	Modelo M3	0,5000	3,0000	1,0000	3,0000	0,3333	Modelo M4	1,0000	4,0000	0,3333	1,0000	0,3333	Modelo M5	1,0000	5,0000	3,0000	3,0000	1,0000
Modelos	Modelo M1	Modelo M2	Modelo M3	Modelo M4	Modelo M5																																																																														
Modelo M1	1,0000	5,0000	4,0000	2,0000	2,0000																																																																														
Modelo M2	0,2000	1,0000	0,2500	0,2500	0,2500																																																																														
Modelo M3	0,2500	4,0000	1,0000	1,0000	2,0000																																																																														
Modelo M4	0,5000	4,0000	1,0000	1,0000	2,0000																																																																														
Modelo M5	0,5000	4,0000	0,5000	0,5000	1,0000																																																																														
Modelos	Modelo M1	Modelo M2	Modelo M3	Modelo M4	Modelo M5																																																																														
Modelo M1	1,0000	6,0000	2,0000	1,0000	1,0000																																																																														
Modelo M2	0,1667	1,0000	0,3333	0,2500	0,2000																																																																														
Modelo M3	0,5000	3,0000	1,0000	3,0000	0,3333																																																																														
Modelo M4	1,0000	4,0000	0,3333	1,0000	0,3333																																																																														
Modelo M5	1,0000	5,0000	3,0000	3,0000	1,0000																																																																														
Tipo de Bateria <table border="1"> <thead> <tr> <th>Modelos</th> <th>Modelo M1</th> <th>Modelo M2</th> <th>Modelo M3</th> <th>Modelo M4</th> <th>Modelo M5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modelo M1</td> <td>1,0000</td> <td>5,0000</td> <td>4,0000</td> <td>1,0000</td> <td>1,0000</td> </tr> <tr> <td>Modelo M2</td> <td>0,2000</td> <td>1,0000</td> <td>0,3333</td> <td>0,2000</td> <td>0,2000</td> </tr> <tr> <td>Modelo M3</td> <td>0,2500</td> <td>3,0000</td> <td>1,0000</td> <td>0,2500</td> <td>0,2500</td> </tr> <tr> <td>Modelo M4</td> <td>1,0000</td> <td>5,0000</td> <td>4,0000</td> <td>1,0000</td> <td>3,0000</td> </tr> <tr> <td>Modelo M5</td> <td>1,0000</td> <td>5,0000</td> <td>4,0000</td> <td>0,3333</td> <td>1,0000</td> </tr> </tbody> </table> <p>CR = 0,0759</p>						Modelos	Modelo M1	Modelo M2	Modelo M3	Modelo M4	Modelo M5	Modelo M1	1,0000	5,0000	4,0000	1,0000	1,0000	Modelo M2	0,2000	1,0000	0,3333	0,2000	0,2000	Modelo M3	0,2500	3,0000	1,0000	0,2500	0,2500	Modelo M4	1,0000	5,0000	4,0000	1,0000	3,0000	Modelo M5	1,0000	5,0000	4,0000	0,3333	1,0000	Potência do Motor <table border="1"> <thead> <tr> <th>Modelos</th> <th>Modelo M1</th> <th>Modelo M2</th> <th>Modelo M3</th> <th>Modelo M4</th> <th>Modelo M5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modelo M1</td> <td>1,0000</td> <td>5,0000</td> <td>1,0000</td> <td>0,3333</td> <td>3,0000</td> </tr> <tr> <td>Modelo M2</td> <td>0,2000</td> <td>1,0000</td> <td>0,3333</td> <td>0,2000</td> <td>1,0000</td> </tr> <tr> <td>Modelo M3</td> <td>1,0000</td> <td>3,0000</td> <td>1,0000</td> <td>0,3333</td> <td>3,0000</td> </tr> <tr> <td>Modelo M4</td> <td>3,0000</td> <td>5,0000</td> <td>3,0000</td> <td>1,0000</td> <td>5,0000</td> </tr> <tr> <td>Modelo M5</td> <td>0,3333</td> <td>1,0000</td> <td>0,3333</td> <td>0,2000</td> <td>1,0000</td> </tr> </tbody> </table> <p>CR = 0,0340</p>						Modelos	Modelo M1	Modelo M2	Modelo M3	Modelo M4	Modelo M5	Modelo M1	1,0000	5,0000	1,0000	0,3333	3,0000	Modelo M2	0,2000	1,0000	0,3333	0,2000	1,0000	Modelo M3	1,0000	3,0000	1,0000	0,3333	3,0000	Modelo M4	3,0000	5,0000	3,0000	1,0000	5,0000	Modelo M5	0,3333	1,0000	0,3333	0,2000	1,0000
Modelos	Modelo M1	Modelo M2	Modelo M3	Modelo M4	Modelo M5																																																																														
Modelo M1	1,0000	5,0000	4,0000	1,0000	1,0000																																																																														
Modelo M2	0,2000	1,0000	0,3333	0,2000	0,2000																																																																														
Modelo M3	0,2500	3,0000	1,0000	0,2500	0,2500																																																																														
Modelo M4	1,0000	5,0000	4,0000	1,0000	3,0000																																																																														
Modelo M5	1,0000	5,0000	4,0000	0,3333	1,0000																																																																														
Modelos	Modelo M1	Modelo M2	Modelo M3	Modelo M4	Modelo M5																																																																														
Modelo M1	1,0000	5,0000	1,0000	0,3333	3,0000																																																																														
Modelo M2	0,2000	1,0000	0,3333	0,2000	1,0000																																																																														
Modelo M3	1,0000	3,0000	1,0000	0,3333	3,0000																																																																														
Modelo M4	3,0000	5,0000	3,0000	1,0000	5,0000																																																																														
Modelo M5	0,3333	1,0000	0,3333	0,2000	1,0000																																																																														
Tamanho do Aro <table border="1"> <thead> <tr> <th>Modelos</th> <th>Modelo M1</th> <th>Modelo M2</th> <th>Modelo M3</th> <th>Modelo M4</th> <th>Modelo M5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modelo M1</td> <td>1,0000</td> <td>1,0000</td> <td>0,2500</td> <td>0,2000</td> <td>0,3333</td> </tr> <tr> <td>Modelo M2</td> <td>1,0000</td> <td>1,0000</td> <td>0,3333</td> <td>0,2000</td> <td>0,2500</td> </tr> <tr> <td>Modelo M3</td> <td>4,0000</td> <td>3,0000</td> <td>1,0000</td> <td>0,3333</td> <td>3,0000</td> </tr> <tr> <td>Modelo M4</td> <td>5,0000</td> <td>5,0000</td> <td>3,0000</td> <td>1,0000</td> <td>3,0000</td> </tr> <tr> <td>Modelo M5</td> <td>3,0000</td> <td>4,0000</td> <td>0,3333</td> <td>0,3333</td> <td>1,0000</td> </tr> </tbody> </table> <p>CR = 0,0738</p>						Modelos	Modelo M1	Modelo M2	Modelo M3	Modelo M4	Modelo M5	Modelo M1	1,0000	1,0000	0,2500	0,2000	0,3333	Modelo M2	1,0000	1,0000	0,3333	0,2000	0,2500	Modelo M3	4,0000	3,0000	1,0000	0,3333	3,0000	Modelo M4	5,0000	5,0000	3,0000	1,0000	3,0000	Modelo M5	3,0000	4,0000	0,3333	0,3333	1,0000																																										
Modelos	Modelo M1	Modelo M2	Modelo M3	Modelo M4	Modelo M5																																																																														
Modelo M1	1,0000	1,0000	0,2500	0,2000	0,3333																																																																														
Modelo M2	1,0000	1,0000	0,3333	0,2000	0,2500																																																																														
Modelo M3	4,0000	3,0000	1,0000	0,3333	3,0000																																																																														
Modelo M4	5,0000	5,0000	3,0000	1,0000	3,0000																																																																														
Modelo M5	3,0000	4,0000	0,3333	0,3333	1,0000																																																																														

Fonte: Autor

Figura 5- Matriz comparativa dos Modelos para cada critério

Foi realizado o “Cálculo das Prioridades” de acordo com a metodologia AHP para todos os critérios, onde foram calculados valores numéricos que são mostrados na Figura 6. Os pesos atribuídos para cada critério foram obtidos através do processo de normalização.

Autonomia							Velocidade								
	Modelo M1	Modelo M2	Modelo M3	Modelo M4	Modelo M5	Média	Peso		Modelo M1	Modelo M2	Modelo M3	Modelo M4	Modelo M5	Média	Peso
Modelo M1	0,4082	0,2778	0,5926	0,4211	0,2759	0,3951	39,5%	Modelo M1	0,2727	0,3158	0,3000	0,1212	0,3488	0,2717	27,2%
Modelo M2	0,0816	0,0556	0,0370	0,0526	0,0345	0,0523	5,2%	Modelo M2	0,0455	0,0526	0,0500	0,0303	0,0698	0,0496	5,0%
Modelo M3	0,1020	0,2222	0,1481	0,2105	0,2759	0,1918	19,2%	Modelo M3	0,1364	0,1579	0,1500	0,3636	0,1163	0,1848	18,5%
Modelo M4	0,2041	0,2222	0,1481	0,2105	0,2759	0,2122	21,2%	Modelo M4	0,2727	0,2105	0,0500	0,1212	0,1163	0,1541	15,4%
Modelo M5	0,2041	0,2222	0,0741	0,1053	0,1379	0,1487	14,9%	Modelo M5	0,2727	0,2632	0,4500	0,3636	0,3488	0,3397	34,0%
Tipo de bateria							Potência do motor								
	Modelo M1	Modelo M2	Modelo M3	Modelo M4	Modelo M5	Média	Peso		Modelo M1	Modelo M2	Modelo M3	Modelo M4	Modelo M5	Média	Peso
Modelo M1	0,2899	0,2632	0,3000	0,3593	0,1835	0,2792	27,9%	Modelo M1	0,1807	0,3333	0,1765	0,1613	0,2308	0,2165	21,7%
Modelo M2	0,0580	0,0526	0,0250	0,0719	0,0367	0,0488	4,9%	Modelo M2	0,0361	0,0667	0,0588	0,0968	0,0769	0,0671	6,7%
Modelo M3	0,0725	0,1579	0,0750	0,0898	0,0459	0,0882	8,8%	Modelo M3	0,1807	0,2000	0,1765	0,1613	0,2308	0,1899	19,0%
Modelo M4	0,2899	0,2632	0,3000	0,3593	0,5505	0,3526	35,3%	Modelo M4	0,5422	0,3333	0,5294	0,4839	0,3846	0,4547	45,5%
Modelo M5	0,2899	0,2632	0,3000	0,1198	0,1835	0,2313	23,1%	Modelo M5	0,0602	0,0667	0,0588	0,0968	0,0769	0,0719	7,2%
Tamanho do aro															
	Modelo M1	Modelo M2	Modelo M3	Modelo M4	Modelo M5	Média	Peso								
Modelo M1	0,0714	0,0714	0,0508	0,0968	0,0440	0,0669	6,7%								
Modelo M2	0,0714	0,0714	0,0678	0,0968	0,0330	0,0681	6,8%								
Modelo M3	0,2857	0,2143	0,2034	0,1613	0,3956	0,2521	25,2%								
Modelo M4	0,3571	0,3571	0,6102	0,4839	0,3956	0,4408	44,1%								
Modelo M5	0,2143	0,2857	0,0678	0,1613	0,1319	0,1722	17,2%								

Fonte: Autor

Figura 6 - Cálculo das Prioridades

Temos a seguir na Figura 7 o resultado demonstrado onde se obteve por ordem de relevância onde o veículo em que se obteve o maior valor percentual é considerado o melhor veículo para a modalidade entrega em relação aos critérios informados nesse artigo.

	Autonomia	Velocidade	Tipo de Bateria	Potência do Motor	Tamanho do Aro	Resultado
Peso	38,83%	26,47%	19,06%	9,10%	6,54%	
Modelo M1	39,51%	27,17%	27,92%	21,65%	6,69%	29,91%
Modelo M2	5,23%	4,96%	4,88%	6,71%	6,81%	4,97%
Modelo M3	19,18%	18,48%	8,82%	18,99%	25,21%	16,08%
Modelo M4	21,22%	15,41%	35,26%	45,47%	44,08%	23,75%
Modelo M5	14,87%	33,97%	23,13%	7,19%	17,22%	20,05%

Fonte: Autor

Figura 7- Resultado Final

A maioria das empresas de entrega por aplicativo busca melhorar sua imagem no mercado em relação aos seus usuários por meio de inovações e ideias sustentáveis, o preço elevado de combustíveis fósseis no Brasil, o estágio inicial do mercado de motocicletas e bicicletas elétricas e a busca por fontes alternativas de energia, é importante uma busca da opinião dos entregadores de entrega sobre motocicletas e bicicletas elétricas. Tem-se conhecimento que iniciativas para incentivos de meios de transporte sustentável estão crescendo no Brasil (Costa, 2008). Neste sentido, temos a seguinte questão: Qual a perspectiva do futuro com as motocicletas e bikes elétricas e seus desafios de delivery no cenário atual perante a escolha do equipamento mais adequado para esse tipo de serviço?

Discussões como essa, podem ser levantadas em relação aos serviços que podem ser realizados utilizando a micromobilidade elétrica e qual o melhor veículo para cada finalidade.

4. CONCLUSÕES

O presente artigo sofre as limitações comuns a pesquisas que analisam uma situação única. A partir de seu caráter exploratório, é possível desdobrar propostas para pesquisas futuras, entre as quais se destaca verificar a utilização do modelo AHP, realizando estudos similares em diferentes modelos de bicicletas elétricas.

É possível concluir a viabilidade da utilização do modelo AHP para este tipo de decisão e que com base nos recursos nele disponíveis, análise de sensibilidade e de consistência, os diferentes aspectos da implementação da seleção veículos elétricos da micromobilidade elétrica para delivery podem ser mais facilmente verificados, permitindo ao decisor, mais do que determinar e justificar sua decisão, aprender e aperfeiçoar seu processo decisório.

5. AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

6. REFERÊNCIAS

- Bajec, P.; Tuljak-Suban, D.; Zalokar, E. (2011), A Distance-Based AHP-DEA Super-Efficiency Approach for Selecting an Electric Bike Sharing System Provider: One Step Closer to Sustainability and a Win-Win Effect for All Target Groups. *Sustainability*, (2021),13, 549.
- Baran, Renato; Legey, L.; Loureiro, F. (2011), Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 33, p. 207-224..
- Botelho, L. V.; Cardoso, L. O.; Canella, D. S. (2020), Covid - 19 e ambiente alimentar digital no Brasil: reflexões sobre a influência da pandemia no uso de aplicativos de delivery de comida. *Espaço Temático: Covid -19 - Contribuições Da Saúde Coletiva. Cad. Saúde Pública* 36 (11). Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csp/2020.v36n11/e00148020/#> Acesso em: 12 /09/2022.
- Björklund, M. & Gustafsson, S. (2015), "Toward sustainability with the coordinated freight distribution of municipal goods", *Journal of Cleaner Production*, 98, 194-204. Björklund, M. & Martinsen, U.
- Boglietti, S.; Barabino, B.; Maternini, G. (2021), Survey on E-Powered Micro Personal Mobility Vehicles: Exploring Current Issues towards Future Developments. *Sustainability*, 13, 3692.
- Costa, Marcela Da Silva. (2008), Um índice de mobilidade urbana sustentável.. Tese (Doutorado em Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. doi:10.11606/T.18.2008.tde-01112008-200521.
- Costa, A. S.; Fôro, G. S. S. E VIEIRA, J. L. (2020), COVID-19 e as cadeias de suprimentos: uma revisão bibliográfica dos principais impactos no Brasil. *Revista das Faculdades Integradas Vianna Junior*.11(2) Juiz de Fora, DOI: 10.31994/rvs.v11i2.687.
- Costa, Helder Gomes. (2004), IPÊ: Guia do usuário. Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção da UFF: Revista Eletrônica. Niterói, RJ, Brasil: Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense. ISSN-1678-2399.
- Costa, Helder Gomes. (2006), Auxílio multicritério à decisão: método AHP. Rio de Janeiro: ABEPRO.

- Deveci, M.; Gokasar, I.; Pamucar, D.; Coffman, D.; Papadonikolaki, E. (2022), Safe E-Scooter Operation Alternative Prioritization Using a q-Rung Orthopair Fuzzy Einstein Based WASPAS Approach. *J. Clean. Prod.*, 347, 131239.
- El Hadraoui, Hicham, Mourad Zegrari, Ahmed Chebak, Oussama Laayati, And Nasr Guennouni. (2022), "A Multi-Criteria Analysis and Trends of Electric Motors for Electric Vehicles" *World Electric Vehicle Journal* 13, no. 4: 65. <https://doi.org/10.3390/wevj13040065>.
- Fazio, M.; Giuffrida, N.; Le Pira, M.; Inturri, G.; Ignaccolo, M. (2021), Planning Suitable Transport Networks for E-Scooters to Foster Micromobility Spreading. *Sustainability*, 13, 11422.
- Filgueiras, V. A.; Siquiera, L. M. L. C.; Almeida, P. A. P.; Avelino, R. S.; Pedreira, S. C. E Silva, V. V. V. B. (2020), Levantamento sobre o Trabalho dos Entregadores por Aplicativos no Brasil. Relatório I de Pesquisa, Universidade Federal da Bahia, Recuperado de: <http://www.nec.ufba.br/relatorio-de-pesquisa-levantamento-sobre-o-trabalho-de-entregadores-por-aplicativo-no-brasil/>. Acesso em 30/08/2022.
- Gimenez, C. E Sierra, V. (2013), Sustainable Supply Chains: Governance Mechanisms to greening Suppliers. *Journal of Business Ethics* 116, 189-203. <https://doi.org/10.1007/s10551-012-1458-4>.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. (2021), Painel de Indicadores. Brasil: IBGE. Recuperado de <https://www.ibge.gov.br/indicadores> Acesso em 30/08/2022.
- Joerss, M.; Schröder, J.; Neuhaus, F.; Klink, C.; Mann, F. McKinsey & Company Parcel. (2016), Delivery: The future of last mile 1.
- Marques, D.L.; Coelho, M.C. (2022), A Literature Review of Emerging Research Needs for Micromobility - Integration through a Life Cycle Thinking Approach. *Future Transp.*, 2, 135–164.
- Oliveira, C.M.; D’agosto, M. A.; Mello, A.L.D.; Gonçalves, F.S.; Gonçalves, D.N.S. ; Assumpção, F. C. (2015), Identificando os desafios e as boas práticas para o transporte urbano de cargas, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática.
- Oliveira, C.M.; Bandeira, R. M.; Goes G. V.; Gonçalves, D.N.S.; D’agosto, M. A. (2018), Alternativas sustentáveis para veículos utilizados na última milha do transporte urbano de carga: uma revisão bibliográfica sistemática. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental RGSA*. v. 7, n. 1.
- Psarrou Kalakoni, A.M.; Christoforou, Z.; Farhi, N. A Novel Methodology for Micromobility System Assessment Using Multi-Criteria Analysis. (2022), *Case Stud. Transp. Policy*, 10, 976–992.
- Rajindra, R.; Wekke, I. S.; Sabara, Z.; Pushpalal, D.; Sanadm, N. A. S.; Yani, A. E Umam, R. (2019), Diversity, Resilience, and Tragedy: Three Disasters in Palu of Indonesia. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 5(2), 1592-1607.
- Rouboutsos, A; Kapros S.; Vanelslander, T. (2014), Green city logistics: Systems of Innovation to assess the potential of E-vehicles. *Research in Transportation Business & Management* 11, 43 52.
- Saaty, Thomas Lorie. (1977), A scaling method for priorities in hierarchical structures. *J. Math. Psycho*. Vol. 15: pp. 234-281.
- Salabun, W.; Palczewski, K.; Wałtróbski, J.(2019), Multicriteria Approach to Sustainable Transport Evaluation under Incomplete Knowledge: Electric Bikes Case Study. *Sustainability*, 11, 3314.
- Sebrae. (2021), Boletim de Impactos e Tendências da COVID-19 nos pequenos negócios. 24^aed. Brasil: Sebrae. Recuperado de: [https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4295597c392a7f9b99968b606fc3e7d7/\\$File/30443.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4295597c392a7f9b99968b606fc3e7d7/$File/30443.pdf) Acesso em 30/08/2022.

- Swierczek, A. (2020). The effects of brokered network governance on relational embeddedness in the triadic supply chains: is there a room for the “Coleman rent”?, *Supply Chain Management*, 25(3), 301-323. <https://doi.org/10.1108/SCM-04-2019-0170>
- Stadieseifi, M. & Dellaert, Nico & Nuijten, Wim & Van Woensel, Tom & Raoufi, R. (2014), Multimodal freight transportation planning: A literature review. *European Journal of Operational Research*. 233. 1–15. 10.1016/j.ejor.2013.06.055.
- Tang, Y.; Yang, Y. (2021), Sustainable E-Bike Sharing Recycling Supplier Selection: An Interval-Valued Pythagorean Fuzzy MAGDM Method Based on Preference Information Technology. *J. Clean. Prod.*, 287, 125530.
- Torkayesh, A.E.; Deveci, M. (2021), A Multi-Normalization Multi-Distance Assessment (TRUST) Approach for Locating a Battery Swapping Station for Electric Scooters. *Sustain. Cities Soc.* ,74, 103243.
- Unnikrishnan, A. E Figliozzi, M. (2020), A Study of the Impact of COVID-19 on Home Delivery Purchases and Expenditures. Working Paper. Recuperado de: https://pdxscholar.library.pdx.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1576&context=cengin_fac. Acesso em 29/08/2022.
- Wankmüller, C.; Kunovjanek, M.; Sposato, R.G.; Reiner, G. (2020), Selecting E-Mobility Transport Solutions for Mountain Rescue Operations. *Energies*, 13, 6613.

SELECTION OF ELECTRIC VEHICLES FOR DELIVERY SERVICES: AN ANALYSIS BASED ON ESG PRINCIPLES

Abstract: *The interest in electric mobility has reached a very high level in the last decades, there is no doubt that electric vehicles will become one of the main means of transportation and will be the first choice in the future, but to dominate the market, many efforts and studies continue to be dedicated to this purpose. Most traction systems have converged in recent years towards some type of electric motor, as there is a growing trend towards increasing the power and efficiency of these machines, resulting in unique designs and refinements of topologies, as well as the introduction of new models. This paper presents a decision using the AHP multi-criteria method, of different types of vehicles used in the electric micromobility system, where the selection was focused on delivery services performed by electric bicycles, providing insight to choose the appropriate vehicle for this application.*

Keywords: *Electric mobility; AHP; Electric bicycle; ESG; Delivery.*