CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial

FLÁVIO GARCIA DE OLIVEIRA SOARES FILHO

A ACEITAÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: UM MODELO DERIVADO DO TAM

Salvador
2024

FLÁVIO GARCIA DE OLIVEIRA SOARES FILHO

A ACEITAÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: UM MODELO DERIVADO DO TAM

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial do Centro Universitário SENAI CIMATEC como requisito parcial para a obtenção do título Doutor em Gestão e Tecnologia Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Santiago Coelho

Salvador

2024

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

S676a Soares Filho, Flávio Garcia de Oliveira

A aceitação de veículos elétricos: um modelo derivado do TAM / Flávio Garcia de Oliveira Soares Filho. – Salvador, 2024.

136 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Santiago Coelho.

Tese (Doutorado em Gestão e Tecnologia Industrial) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2024.
Inclui referências.

1. Veículos elétricos. 2. Intenção de uso. 3. Modelo de aceitação de tecnologia. 4. Análise fatorial confirmatória. 5. Fatores sociodemográficos. I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Coelho, Rodrigo Santiago. III. Título.

CDD 629.2293

NDI - 05

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

Doutorado em Gestão e Tecnologia Industrial

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, aprova a Defesa de Doutorado, intitulada "A Aceitação de Veículos Elétricos: Um Modelo Derivado do TAM" apresentada no dia 17 de julho de 2024, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Doutor em Gestão e Tecnologia Industrial.

Orientador:

Electronically signed by:
RODRIGO Santiago Coelho
CPF: ***.303.486-**
Date: 7/30/2024 6:40:33 PM -03:00

Prof. Dr. Rodrigo Santiago Coelho
SENAI CIMATEC

Membro Interno:

Assinado eletronicamente por:
Lilian Lefol Nani Guarieiro
CPF: ***.720.076-**
Data: 30/07/2024 20:28:54 -03:00

Prof.ª Dr.ª Lilian Lefol Nani Guarieiro
SENAI CIMATEC

Membro Interno:

Assinado eletronicamente por:
Renelson Ribeiro Sampaio
CPF: ***.051.205-**
Data: 30/07/2024 18:35:52 -03:00

Prof. Dr. Renelson Ribeiro Sampaio
SENAI CIMATEC

Membro Interno:

Electronically signed by:
Xisto Lucas Travassos Junior
CPF: ***.418.508-**
Date: 7/30/2024 7:01:34 PM -03:00

Prof. Dr. Xisto Lucas Travassos Junior
SENAI CIMATEC

Membro Externo:

Assinado eletronicamente por:
Luciana Alves Rodas Vera
CPF: ***.701.315-**
Data: 30/07/2024 18:29:53 -03:00

Prof.ª Dr.ª Luciana Alves Rodas Vera
UFBA

Membro Externo:

Abel Ribeiro de Jesus
Assinado eletronicamente por:
Abel Ribeiro de Jesus
CPF: ***.827.095-**
Data: 06/08/2024 18:07:34 -03:00

Prof. Dr. Abel Ribeiro de Jesus
UFBA

Dedico este trabalho aos meus pais, Eleonora e Flávio, cujo amor e compreensão permitiram-me realizar mais este sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Eleonora e Flávio, que desde sempre incentivaram o meu desenvolvimento em todas as áreas da vida, e me acolheram nos momentos mais desafiadores dessa jornada. Reconheço que tive os insumos morais e materiais necessários para trilhar um caminho acadêmico de sucesso, e que não teria chegado até aqui sem eles. Agradeço também à minha irmã Carolina, pelo companheirismo, exemplo de calma e ao mesmo tempo de seriedade para tratar dos desafios impostos pela vida acadêmica e profissional.

Agradeço ao Prof. Paulo Figueiredo pela enorme dedicação e paciência demonstradas durante a nossa jornada acadêmica. A sua busca pela excelência e a sua atenção aos detalhes são características muito especiais, que tentarei carregar comigo nos meus próximos desafios. Acima desses pontos, a sua generosidade e disponibilidade comigo durante esses anos de intensa pesquisa acadêmica deixaram claro para mim que para crescermos e nos desenvolvermos precisamos estender a mão aos nossos colegas, e que uma caminhada em conjunto sempre nos levará mais longe.

Agradeço ao Prof. Rodrigo Coelho e ao Prof. Lucas Travassos pelo senso de parceria e colaboração nessa caminhada. Ambos trouxeram conhecimentos complementares e essenciais ao desenvolvimento da nossa pesquisa acadêmica. As contribuições trazidas acrescentaram valor ao nosso trabalho, e uma visão mais ampla sobre a realidade dos veículos elétricos no dentro e fora do Brasil.

Agradeço a minha esposa Lis, grande mentora e responsável direta pelo meu desenvolvimento na área de pesquisa acadêmica. Muito além disso, agradeço pela sua paciência e acolhimento durante todos esses anos. Agradeço ao meu filho Miguel, que chegou durante essa caminhada do doutorado e mudou a minha forma de enxergar a tudo e a todos, trazendo uma inocência e um amor incondicional que estavam guardados em mim.

RESUMO

A demanda da sociedade por alternativas de transporte mais sustentáveis é crescente, sendo a eletrificação veicular uma modalidade com forte tendência de adoção pelos consumidores. Esta pesquisa busca desenvolver um modelo derivado do TAM sobre a aceitação de VEs. O desenvolvimento deste trabalho se dá em três etapas, sendo a primeira a de revisão sistemática da literatura relacionada a VEs, apoiada em análise documental complementar. A segunda etapa busca desenvolver modelo derivado do TAM, sobre a influência de fatores sociodemográficos (FSD) na intenção de uso (IU) de veículos elétricos (VEs), com os resultados sendo analisados por meio de regressão linear múltipla. A terceira etapa busca desenvolver modelo derivado do TAM sobre a aceitação de VEs, validando os resultados encontrados através de Análise Fatorial Confirmatória (AFC) e testando as hipóteses levantadas através da Análise de Caminhos (Path Analysis). Para a segunda e a terceira etapa, a coleta de dados foi realizada a partir de um questionário online aplicado a alunos de pós-graduação de três universidades brasileiras, e as respostas foram analisadas por meio de equações estruturais, com o instrumento de coleta de dados sendo validado por Análise Fatorial Confirmatória (AFC). Os resultados da primeira etapa, de revisão sistemática da literatura, apontaram uma lacuna, tanto quantitativa quanto qualitativa, nas publicações relacionadas à eletrificação veicular associadas ao contexto brasileiro. Na segunda etapa, os resultados encontrados indicaram não haver uma relação significante entre a IU de VEs e os FSDs na amostra. Para a terceira etapa, os resultados indicaram que na amostra há uma relação positiva entre a IU de VEs e as percepções de Utilidade Verde, Facilidade de uso, e Prontidão da Infraestrutura em Potencial, além de demonstrarem também que não há evidências de uma relação positiva direta entre o fator Preocupação Ambiental e a intenção de uso de VEs. Este trabalho busca preencher a lacuna na produção de conhecimento sobre fatores que estimulam ou inibem a intenção de compra e o comportamento do consumidor em potencial de VEs, contribuindo também para futuras políticas gerenciais e governamentais neste segmento.

Palavras-chave: Veículos Elétricos; Intenção de Uso; Modelo de Aceitação de Tecnologia; Análise Fatorial Confirmatória; Fatores Sociodemográficos;

ABSTRACT

Development of a TAM Derived Model on the Acceptance of Electric Vehicles

Society's demand for more sustainable transport alternatives is growing, with vehicle electrification being a modality with a strong tendency for consumer adoption. This research seeks to develop a TAM-derived model on EV acceptance. The development of this work takes place in three stages, the first being a systematic review of the literature related to EVs, supported by complementary documentary analysis. The second stage seeks to develop a model derived from TAM, on the influence of sociodemographic factors (FSD) on the intention to use (IU) of electric vehicles (EVs), with the results being analyzed using multiple linear regression. The third stage seeks to develop a model derived from TAM on the acceptance of EVs, testing the hypotheses raised through Path Analysis. For the second and third stages, data collection was carried out using an online questionnaire applied to postgraduate students from three Brazilian universities, and the responses were analyzed using structural equations, with the data collection instrument being validated by Confirmatory Factor Analysis (CFA). The results of the first stage, a systematic literature review, highlighted a gap, both quantitative and qualitative, in publications related to vehicle electrification associated with the Brazilian context. In the second stage, the results found indicated that there was no significant relationship between the UI of EVs and the FSDs. For the third stage, the results indicated that there is a positive relationship between the UI of EVs and perceptions of Green Utility, Ease of Use, and Potential Infrastructure Readiness, in addition to demonstrating that there is no evidence of a direct positive relationship between the Environmental Concern factor and the intention to use EVs. This work seeks to fill the gap in the production of knowledge about factors that stimulate or inhibit the purchase intention and behavior of potential consumers of EVs, also contributing to future managerial and government policies in this segment.

Keywords: Electric Vehicles; Intent of Use; Technology Acceptance Model; Confirmatory Factor Analysis; Sociodemographic factors;

.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organização do Documento 24
Figura 2. Comparativo de Modelos de Aceitação de Tecnologia 29
Figura 3. Análise Temporal Quantitativa da Amostra de Publicações 37
Figura 4. Análise Metodológica das Publicações da Amostra 38
Figura 5. País de Origem da Pesquisa da Amostra. 38
Figura 6. Periódicos da Amostra. 39
Figura 7. Categorias Temáticas Abordadas na Amostra. 40
Figura 8. Categorização de veículos eletrificados e também à motor de combustão interna 42
Figura 9. Modelo Conceitual. 70
Figura 10. Modelo Estrutural Proposto. 93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Normas Técnicas Brasileiras relacionadas a Veículos Elétricos 52
Tabela 2. Compilação das Publicações e Hipóteses da Pesquisa 67
Tabela 3. Perfil da Amostra 69
Tabela 4. Estatísticas Descritivas: Intenção de Uso (IU) 71
Tabela 5. Coeficiente de determinação e teste Durbin-Watson: Intenção de Uso (IU). ANOVA: Significância do modelo de regressão: Intenção de Uso (IU) sem outliers. Coeficientes da regressão: Intenção de Uso (IU) 72
Tabela 6. 18 Perguntas do Questionário Ligadas ao Modelo Estrutural 94
Tabela 7. Perfil da Amostra 96
Tabela 8. Alfa de Cronbach (n=209) 97
Tabela 9. Análise Fatorial Confirmatória (n=209) 97
Tabela 10. Teste de Validade da Análise Fatorial Confirmatória (n=209) 98
Tabela 11. Teste de Normalidade 99
Tabela 12. Normalização dos Resultados via Método de Bootstrapping 99
Tabela 13. R-quadrado (R2) das Variáveis Endógenas 101
Tabela 14. Teste de Hipóteses 103

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AFC - Análise Fatorial Confirmatória

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CA - Corrente Alternada

CAMEX - Câmara de Comércio Exterior

CC - Corrente Contínua

CFI - Comparative fit index

CM - Minimum discrepancy

DF - Degrees of Freedom

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

ERVEP - Estação de Recarga de Veículo Elétrico Plug-in

FSD - Fatores Sociodemográficos

FUP - Facilidade de Uso Percebida

GEE - Gases de Efeito Estufa

IC - Intenção Comportamental

ISO - International Organization of Standardization

IU - Intenção de Uso

PA - Preocupação Ambiental

PIT - Prontidão de Infraestrutura e Tecnologia

RMSEA - Root mean square error of approximation

SRMR - Standardized Root Mean Squared Residual

TAM - Modelo de Aceitação de Tecnologia

TCP - Teoria do Comportamento Planejado

TRA - Teoria da Ação Racional

UP - Utilidade Percebida

UVP - Utilidade Verde Percebida

VCCH - Veículos à Célula de Combustível de Hidrogênio

VE - Veículo Elétrico

VEB - Veículos Elétricos a Bateria

VEHP - Veículos Elétricos Híbridos Plug-in

VEH - Veículos Elétricos Híbridos

VEP - Veículos Elétricos Plug-in

VMCI - Veículos com Motor de Combustão Interna

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 17

OBJETIVOS 22

1.1 Objetivo Geral 22

1.2 Objetivos Específicos 22

PERGUNTA DE PESQUISA 23

LIMITES E LIMITAÇÕES 23

ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO 23

2 MODELOS DE ACEITAÇÃO DE TECNOLOGIA: UMA BREVE REVISÃO 25

2.1 Introdução Conceitual aos Modelos de Aceitação de Tecnologia 25

2.2 Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM): Uma Breve Revisão de Literatura 25

2.3 Teorias Alternativas Associadas à Aceitação de Tecnologia, e comparativo com a TAM 27

2.4 O TAM e a aceitação de veículos elétricos 29

2.5 Referências 30

3 A DIFUSÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: FATOS RELEVANTES 33

3.1 Introdução 34

3.2 Métodos 35

3.3 Resultados e Discussão 36

3.3.1 Resultados 36

3.3.2 Discussão 40

3.3.2.1 Histórico da Adoção de VEs - Uma Breve Introdução: 40

3.3.2.2 Veículos Elétricos – Breve Contextualização Técnica 41

3.3.2.3 Emissão de Gases de Efeito Estufa 43

3.3.2.4 Veículos Elétricos – Dados e Diagnósticos de Mercado 44

3.3.2.5 Geração de Energia Elétrica 45

3.3.2.6 Incentivos à Eletrificação Veicular 46

3.3.2.7 Veículos Elétricos – Aplicações à Frotas Comerciais 48

3.3.2.8 Comportamento do Consumidor de Veículos Elétricos 48

3.3.2.9 Infraestrutura de Recarga – Dados e Diagnósticos de Mercado 50

3.3.2.10 Infraestrutura de Recarga – Tecnologia, Custos e Tendências 51

3.4 Conclusões 53

3.5 Referências 55

4 FATORES SOCIODEMOGRÁFICOS E A INTENÇÃO DE USO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS 58

4.1 Introdução 58

4.2 Referencial Teórico 61
4.2.1 Intenção de Uso 61
4.2.2 Fatores Sociodemográficos 61
4.2.3 Publicações Relevantes para o Modelo Conceitual 62
4.2.4 Publicações sobre Fatores Sociodemográficos e Intenção de Uso de Veículos Elétricos 62
4.2.5 Publicações em formato Questionário com Amostras Especializadas, Não-Probabilísticas e Homogêneas 65
4.2.6 Compilação das Publicações e Hipóteses da Pesquisa 66
4.3 Procedimentos Metodológicos 68
4.4 Apresentação dos Resultados 71
4.4.1 Regressão da Intenção de Uso (IU) como Variável Dependente 71
4.5 Discussão e Análise de Resultados 73
4.5.1 Hipótese (h1) 73
4.5.2 Hipótese (h2) 73
4.5.3 Hipóteses (h3a, h3b, h4a, h4b, h4c) 74
4.5.4 Hipótese (h5) 74
4.5.5 Hipótese (h6) 74
4.5.6 Hipótese (h7) 75
4.5.7 Hipótese (h8) 75
4.6 Considerações Finais 75
4.7 Referências 77
5 A ACEITAÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: UM MODELO DERIVADO DO TAM 84
5.1 Introdução 85
5.2 Referencial Teórico e Hipóteses 87
5.2.1 Estudos Prévios Baseados no Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) 87
5.2.2 Publicações em formato Questionário com Amostras Especializadas, Não-Probabilísticas e Homogêneas 89
5.3 Hipóteses 90
5.3.1 (1) Utilidade Verde Percebida (UVP) 90
5.3.2 (2) Facilidade de Uso Percebida (FUP) 91
5.3.3 (3) Preocupação Ambiental 91
5.4 Método 93
5.5 Resultados e Discussão 96
5.5.1 Teste de Hipóteses 101
5.6 Conclusão 104
5.7 Referências 107

6 CONCLUSÕES 113
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 116
ANEXO 1 117
PRODUÇÃO TÉCNICA E CIENTÍFICA 126

1 INTRODUÇÃO

A demanda da sociedade por alternativas de transporte sustentáveis é cada vez mais relevante. O estudo das emissões de gases nocivos à camada de ozônio, ou gases de efeito estufa (GEE), e seus efeitos indesejados, vêm ganhando cada vez mais relevância na comunidade acadêmica. Entre os anos de 2019 e 2022, o setor de transporte foi responsável por aproximadamente 23% das emissões de dióxido de carbono do planeta (IEA, 2023). Nesse contexto, a eletrificação veicular surge como uma alternativa de alto impacto para a redução das emissões de GEE. De acordo com Li *et al*. (2019), veículos elétricos e eletrificados mostram-se como alternativas mais eficientes em termos de energia para o setor de transportes.

Nesta pesquisa será utilizada a categorização de veículos eletrificados (VE) proposta por Reddy e Natarajan (2018), sendo estes classificados em quatro categorias principais: veículo elétrico à bateria (VEB), veículo elétrico híbrido (VEH), veículo elétrico híbrido plug-in (VEHP), veículo elétrico à célula de combustível (VECC). Ambos VEB e VEHP fazem parte também da categoria de veículos elétricos plug-in (VEP), pois de acordo com Funke *et al*. (2019) podem conectar-se à rede elétrica externa buscando a recarga de suas baterias. Há ainda uma categoria adicional, correspondente aos veículos à motor de combustão interna (VMCI) (Reddy e Natarajan, 2018).

Para os VEBs, a energia é totalmente proveniente da eletricidade, ou seja, não há tanque de combustível. No caso dos VEH, estes possuem duas fontes de energia em sua arquitetura, usualmente um tanque de combustível e uma bateria, com ambos provendo energia a dois tipos de motores, um à combustão e o outro elétrico (Reddy e Natarajan, 2018). Finalmente, é possível classificar os VEHPs como VEHs de autonomia estendida, sendo a recarga de bateria realizada a partir de uma fonte externa de energia (Reddy e Natarajan 2018).

Em termos mercadológicos e comerciais, os VEHPs encontram-se em um estágio mais avançado quando comparados aos VEBs. No trabalho de Li *et al*. (2019), os VEHPs aparecem como uma alternativa de transporte energeticamente mais eficiente em comparação aos VMCIs, mas ainda são um passo considerado intermediário para a adoção dos VEBs. De acordo com Funke *et al*. (2019), no ano de 2017 as vendas de veículos elétricos plug-in (VEP) representaram mais de 1% das vendas totais em mercados importantes, tais como: China, EUA, França, Alemanha, Japão e Reino

Unido. Os VEs tiveram tendência acelerada e ascendente de vendas a partir de 2018, correspondendo a 4,5% do total de vendas globais de veículos, com crescimento de aproximadamente 100% em relação ao ano anterior (NAPOLI *et al.* 2019). No ano de 2021, é possível afirmar que em torno de 10% das vendas de veículos globalmente corresponderam a VEs (OUTLOOK, 2022). Até o ano de 2035, espera-se que uma frota de cem milhões de VEs circule pelo planeta (DAS *et al.* 2020). O mercado brasileiro de VEs também apresenta tendência de crescimento, mas com números mais modestos do que os encontrados em países mais maduros no segmento. A frota brasileira de VEPs passou de apenas cerca de cem veículos no ano de 2014 para aproximadamente três mil veículos em 2019 (OUTLOOK, 2020). Os dados compartilhados demonstram, portanto, que ainda há um longo caminho para uma penetração relevante dos VEPs no mercado brasileiro.

À adoção de VEs, em qualquer país, associa-se à geração e disponibilidade de energia elétrica. As fontes de energia, geradoras de eletricidade, têm impacto ambiental direto associado a adoção da eletrificação veicular pelo setor de transportes (WOO *et al*. 2017). Os VEBs, apesar de não emitirem diretamente GEEs, a depender da composição da matriz energética, podem ter um nível de emissão semelhante ou até superior à VMCIs (WOO *et al*. 2017). Nações como China, Índia, Austrália e África do Sul possuem mais de 65% de suas matrizes energéticas atreladas à queima de carvão. Outra forma relevante de geração de eletricidade associada à queima de combustíveis fósseis é a queima de gás natural, neste caso destacando-se países como Rússia, Japão, México, Reino Unido e Estados Unidos, com participação superior a 30% em sua matriz energética (WOO *et al*. 2017).

Dentre as principais fontes de energia elétrica apontadas como menos poluentes para a camada de ozônio estão: hidrelétrica, eólica, biomassa, solar e nuclear. Na geração hidrelétrica, Brasil, Noruega e Canadá se destacam com participação superior a 55% de suas matrizes. No caso da geração eólica, Alemanha e o Reino Unido assumem um papel de destaque, com respetivamente 10% e 8% das suas matrizes abastecidas por esta via. Para a geração a partir de biomassa, nações como Brasil, Alemanha e Reino Unido apresentam níveis de produção acima de 7% em suas matrizes. As usinas fotovoltaicas, apesar de ainda terem uma pequena participação na geração mundial de eletricidade, já são uma fonte importante em países como a Alemanha, com 6% de participação em sua matriz nacional. (WOO *et al*. 2017).

A adoção de VEs traz consigo, naturalmente, um crescimento na demanda para

a rede elétrica (HEREDIA *et al*. 2020). Pagani *et al*. (2019) citam que as recargas dos VEs ocorrem na maior parte das vezes nas residências, no período noturno, levando a aumentos da demanda de energia elétrica de até 78%, nos horários de pico. No contexto brasileiro, a partir de 2021, após a fase mais aguda da pandemia de COVID-19, a retomada das atividades comerciais e industriais tiveram impacto direto no consumo de energia elétrica (DE CASTRO *et al*. 2021). De acordo com o Plano Decenal de Energia (PDE) 2026, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a demanda brasileira por energia elétrica de VEPs no ano de 2026 corresponderia a apenas 0,3% da produção total, relacionada a uma frota prevista de 360.000 PEVs (SILVA, 2017).

Além dos tópicos citados anteriormente, os incentivos fiscais apresentam-se como ferramenta estratégica amplamente utilizada pelos governos para promover a eletrificação veicular. Segundo Anjos *et al*. (2020), estes são dados diretamente ao consumidor final por meio de descontos nas taxas e preços relacionados aos VEs. Fang *et al*. (2020) apontam que as intervenções do governo na infraestrutura de carregamento de veículos elétricos plug-in (VEPs) ajudam a mitigar as flutuações no mercado de transporte, mantendo um fornecimento estável de pontos de recarga. De acordo com Wang *et al*. (2019), as isenções parciais aos impostos são baseadas principalmente no nível de emissões do veículo. No Brasil, segundo Consoni *et al*. (2018), as iniciativas observadas se apresentaram como pontuais e isoladas, e não apresentam a robustez necessária para o desenvolvimento do mercado de VEs, carecendo de objetivos bem definidos e continuidade.

Os usuários inclinados a aderir à eletrificação veicular levam em conta tanto os macro fatores, como no caso dos impactos ambientais, quanto os micro fatores, com base em suas relações interpessoais e rotina. Em seu trabalho, Habich-Sobiegalla *et al*. (2018) demonstram, com base em pesquisa realizada paralelamente na China, Rússia e Brasil, que micro fatores, como conhecer alguém que já usa VEs, são preponderantes na decisão de compra. Em relação aos fatores macro, no caso específico do Brasil, os consumidores demonstraram preocupação com as emissões de GEE e seu impacto no aquecimento global, além da disponibilidade de postos de recarga. Abordando a localização das estações de recarga de baterias, Chakraborty *et al*. (2019) e Lee *et al*. (2020) indicaram que os usuários preferem realizar a recarga em seus domicílios. Os dois trabalhos citados constataram que o local de trabalho ocupa o segundo lugar na preferência dos usuários. Em terceiro e último lugar ficaram as estações de recarga

públicas. A disponibilidade de estações de recarga de baterias no destino, e também durante a viagem em uma determinada rota, desempenha um papel importante na escolha de uma determinada rota pelo usuário de VEPs (ASHKROF *et al*. 2020).

Para que os consumidores possam completar suas rotas usando VEPs, é necessário que existam estações de recarga disponíveis, tanto ao longo das rodovias quanto em estacionamentos (ZHANG *et al*. 2020). Em seu artigo, Funke *et al*. (2019) discutem os números de VEPs por infraestrutura de carregamento disponível de forma bastante abrangente, citando a Noruega e os Estados Unidos como líderes em termos dessa relação, estando nações como Suécia e Reino Unido também aparecendo com destaque. Para que o mercado de estações de recarga de veículos elétricos plug in (ERVEP) se desenvolva ainda mais globalmente, espera-se um aumento na frota circulante de VEPs (PERERA *et al*. 2020), tendo em vista os investimentos associados. No contexto brasileiro, apesar dos números absolutos ainda modestos, segundo Outlook (2020), as ERVEPs disponíveis passaram de 476 em 2017 para 1.930 ao final de 2019, correspondendo a um crescimento de aproximadamente 300% em apenas dois anos.

Sendo o objetivo primordial deste trabalho o desenvolvimento de um modelo sobre a aceitação de VEs, é relevante conceituar a intenção de uso (IU) em VEs. Há diversos estudos que abordam o tema, pontuando que as pessoas preocupadas com o meio ambiente apresentarão relevante IU (e compra) de produtos ecológicos, e estarão dispostas a participar de atividades de proteção ambiental (GREAVES, ZIBARRAS e STRIDE, 2013; HA e JANDA, 2012). Em sua publicação Anderson *et al*. (2014) apontam que os VEs desempenham papel relevante na sustentabilidade dos transportes, tais como a transformação da matriz energética baseada no petróleo, uma maior eficiência do tráfego e a redução da emissão de gases de efeito estufa, e a consequente redução na poluição atmosférica, desta forma encaixando-se no conceito de produto ecológico. Em sua pesquisa, Chen (2016b) apresentou o conceito de utilidade verde percebida (UVP), enquanto que o efeito da UVP na IU de VEs foi testado amplamente em diversos trabalhos acadêmicos, como por exemplo (CHEN e LU, 2017; CHENG e HUANG, 2013; MANIATIS, 2016). Em um modelo simplificado, a UVP mostra um impacto significativo na IU (CHEN e LU, 2017).

Um dos objetivos específicos desse trabalho é de desenvolver um modelo, derivado do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM), sobre o papel de fatores sociodemográficos (FSD) na IU em VEs. Nesse contexto, o trabalho de Simsekoglu (2018), por meio de questionário encontrou relação positiva entre o perfil de usuários

de VEs, e 03 FSDs específicos, sendo estes: idade, nível de escolaridade e renda familiar. A pesquisa concluiu que os usuários de VEs são mais jovens, com nível mais alto de escolaridade e também com renda mensal elevada - indo ao encontro do que se espera de um bem com demanda elástica e sensível à renda (VIVANCO *et al*. 2021). Lin e Wu (2018) convergiram com Simsekoglu (2018) no que se refere a associação positiva entre consumidores com rendas mensais mais elevadas e a IU de VEs, ao passo que fatores como idade e gênero foram pontuados como estatisticamente não relevantes. Quanto ao contexto do Brasil, que pode ser potencialmente diferente de outros países, a pesquisa bibliográfica empreendida por este estudo encontrou apenas duas publicações acadêmicas abordando o potencial consumidor brasileiro de VEs. São estas Habich-Sobiegalla *et al*. (2019) e De Oliveira *et al*. (2022). Este pequeno número demonstra o gap na produção acadêmica relacionado primeiramente ao potencial cliente brasileiro de VEs, e de forma mais específica ao estudo da influência de FSDs na IU de VEs.

Além do papel dos FSDs na IU de VEs, um dos objetivos específicos deste trabalho é de desenvolver um modelo, também derivado do TAM, sobre a aceitação de VEs. Neste cenário, é relevante conceituar o TAM, sendo o foco deste em explicar como a percepção da utilidade e a percepção da facilidade de uso podem decidir a intenção comportamental pessoal (DAVIS, 1989). Neste sentido, há estudos utilizando o TAM para analisar a aceitação pública das novas tecnologias utilizadas nos veículos. Por exemplo, Park *et al*. (2015) utilizaram o TAM para explicar a aceitação dos condutores do sistema de navegação automóvel. Wu, Wu, Lee, e Lee (2015) ilustraram os efeitos da imagem, risco e valor na intenção de compra de motocicletas elétricas por parte dos consumidores. Estes estudos foram realizados principalmente em países desenvolvidos onde o desenvolvimento de VEs é mais avançado.

No presente trabalho, buscando atingir o objetivo geral e os objetivos específicos já citados, além de extensa revisão sistemática da literatura sobre o tema, primordialmente executada na plataforma Science Direct, foi realizada uma pesquisa em formato de questionário, em que os respondentes eram estudantes de pós-graduação provenientes de três instituições de ensino brasileiras – a amostra correspondeu a um número total de 209 respondentes. Como no caso desta pesquisa, em se tratando de publicações utilizando amostras com respondentes provenientes de instituições de ensino brasileiras, portanto de amostra não-probabilística e homogênea, pode-se citar o trabalho de Da Cruz *et al* (2020), em que os autores se propuseram a identificar fatores

que influenciam as atitudes de indivíduos em prol do desenvolvimento sustentável, em suas diferentes dimensões. Khazaei (2019) estudou os impactos de diversos fatores na IU de VEs na Malásia, dentre eles: influência social, valor percebido, expectativa de desempenho e senso individual de inovação. A amostra neste caso englobava estudantes de graduação e pós-graduação, além de empregados de cinco empresas de Kuala Lumpur. Jaiswal *et al* (2021) visaram operacionalizar e testar o TAM, a fim de compreender e prever a intenção dos consumidores em adotar VEs, com uma amostra caracterizada por alunos matriculados em programas de graduação, pós-graduação e doutorado de diversas instituições de ensino da Índia, compondo novamente uma amostra não-probabilística e homogênea. Jaiswal *et al* (2021) afirmaram que a seleção de estudantes para a amostra se deu pois estes representariam um grupo bem informado e educado, implicando numa melhor compreensão do fenômeno da sustentabilidade ambiental e também em uma maior familiaridade com tecnologias digitais (questionário online), além de uma preferência por produtos de inovação tecnológica, como no caso dos VEs.

Objetivos

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta tese é o desenvolvimento de um modelo derivado do TAM sobre a aceitação de VEs. Esta verificação se dará através de três frentes complementares, enumeradas nos objetivos específicos logo abaixo.

1.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral do trabalho, foram propostos como objetivos específicos:

- Realizar revisão sistemática da literatura abordando os fatores determinantes para a adoção de veículos elétricos, suportada por análise documental complementar;
- Desenvolver modelo derivado do TAM, sobre a influência de fatores sociodemográficos (FSD) na intenção de uso (IU) de veículos elétricos (VEs), através de pesquisa empírica aplicada à estudantes de pós-graduação.

- Desenvolver modelo derivado do TAM sobre a aceitação de VEs, o aplicando através de pesquisa empírica aplicada à estudantes de pós-graduação, validando preliminarmente os resultados encontrados através de Análise Fatorial Confirmatória (AFC) e testando as hipóteses levantadas através da Análise de Caminhos (Path Analysis).

A tese central aqui defendida é, portanto, que existem fatores sociais, demográficos, pessoais e psicológico-comportamentais, os quais são relacionados com a intenção de uso de VEs nos potenciais consumidores.

Pergunta de Pesquisa

Quais são os fatores que estimulam ou inibem a intenção de compra e impactam o comportamento do consumidor em potencial de veículos elétricos?

Limites e Limitações

Dentre as principais limitações desta pesquisa, podem ser citados o tamanho reduzido da amostra (N: 209) e também a sua característica homogênea e não probabilística. Uma parte relevante dos trabalhos relacionados na revisão bibliográfica utilizou o método questionário com amostragens de número mais elevado. Além disto, uma abordagem menos especializada e controlada, ampliando a amostra além dos estudantes de pós-graduação de três instituições distintas, poderá trazer resultados promissores. Adicionalmente, a pesquisa de fatores econômicos, de infraestrutura e também relacionados à jornada do potencial consumidor de VEs mostram-se como oportunidades para pesquisas futuras. Apesar de ser adequada para os fins metodológicos, o tamanho da amostra relativamente reduzido acabou sendo um dos fatores indutores de um resultado considerado menos satisfatório para o indicador SRMR no artigo # 3, encontrado no capítulo 4 deste trabalho. Um valor de SRMR superior a 0,1 indica que o modelo é parcimonioso e que há casos de baixa correlação entre fatores.

Organização do Documento

Este trabalho aborda o desenvolvimento de um modelo derivado do TAM sobre

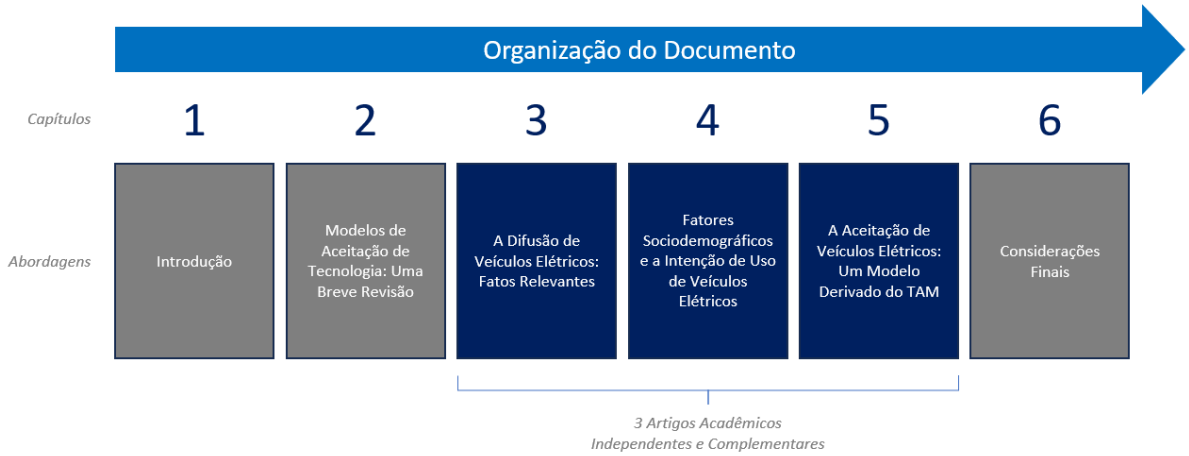
a aceitação de VEs, e foi estruturado a partir do trabalho de (EUROPHD, 2003). Desta forma, esta tese será composta de seis capítulos, sendo estes:

1. Introdução;
2. Modelos de Aceitação de Tecnologia: Uma Breve Revisão;
3. A Difusão de Veículos Elétricos: Fatos Relevantes;
4. Fatores Sociodemográficos e a Intenção de Uso de Veículos Elétricos;
5. A Aceitação de Veículos Elétricos: Um Modelo Derivado do TAM;
6. Considerações Finais.

Dentre os capítulos mencionados acima, há três que podem ser considerados artigos independentes entre si, com cada um podendo ser compreendido individualmente. Estes encontram-se nos capítulos 3, 4 e 5 deste trabalho. No que se refere a formatação, os três trabalhos apresentam-se em formato adequado a publicação em periódicos científicos, contendo entre cinco e dez mil palavras cada um (EUROPHD, 2003).

Os três artigos posicionados nos capítulos 3, 4 e 5 desta tese, são precedidos por uma introdução ao tema geral deste trabalho no capítulo 1, sendo esta complementada no capítulo 2 com uma breve revisão dos Modelos de Aceitação de Tecnologia. No capítulo 6, são então apresentadas as Considerações Finais da tese.

Figura 1. Organização do Documento



Fonte: Autoria Própria

2 MODELOS DE ACEITAÇÃO DE TECNOLOGIA: UMA BREVE REVISÃO

2.1 Introdução Conceitual aos Modelos de Aceitação de Tecnologia

A tecnologia, e mais especificamente os avanços tecnológicos, trouxeram muitas mudanças no estilo de vida das pessoas, abrangendo aspectos como: saúde, educação, economia, governança e entretenimento. Assim, é possível inferir que a tecnologia trouxe impactos positivos ao trabalho e a produtividade. Adicionalmente, a tecnologia também é vista como um facilitador ou mesmo um veículo na disseminação do conhecimento (SAMARADIWAKARA & GUNAWARDENA, 2014).

A aceitação da tecnologia visa compreender como as pessoas aceitam, e adotam alguma tecnologia para seu próprio uso. Desta forma, a aceitação pode ser observada como uma função do envolvimento do usuário no uso da tecnologia. Esta também pode ser descrita como um fator crítico na determinação do sucesso ou fracasso de qualquer tecnologia. Sem a devida aceitação e uso, a tecnologia apresenta um baixo valor relativo. Portanto, a compreensão da aceitação tecnológica é vital para o desenvolvimento de projetos de inovação, pois busca avaliar e prever como os usuários reagirão às novas tecnologias (SAMARADIWAKARA & GUNAWARDENA, 2014).

Diversas teorias foram desenvolvidas e modeladas, buscando prever a aceitação individual da tecnologia pelo usuário para os fins pretendidos. O objetivo primordial destas é investigar e promover o uso de tecnologias, além de também explicar o que dificulta a sua aceitação. Estes modelos propostos fornecem um conjunto de variáveis explicativas que podem ser usadas para prever um determinado fenômeno. (SAMARADIWAKARA & GUNAWARDENA, 2014).

2.2 Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM): Uma Breve Revisão de Literatura

O Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) foi desenvolvido a partir da Teoria da Ação Racional (TRA) (FISHBEIN E AJZEN, 1977), e utilizado para explorar a aceitação pública das novas tecnologias (DAVIS, 1989). O TAM explica como a percepção da utilidade, e a percepção da facilidade de uso, podem decidir a intenção comportamental pessoal (DAVIS, 1989).

A teoria do TAM é baseada em dois construtos principais: Facilidade de uso percebida e Utilidade percebida (DAVIS, 1989), e esta permite também que outros

fatores desempenhem um papel através dos efeitos moderadores da utilidade percebida e da facilidade de uso percebida (VENKATESH & DAVIS, 2000). A percepção da utilidade refere-se a "até que ponto as pessoas acreditam que o desempenho geral do trabalho pode ser melhorado por um sistema ou tecnologia específica", e a percepção da facilidade de uso é definida como "até que ponto as pessoas acreditam que a utilização de um sistema ou tecnologia específica pode ser livre de esforço físico e mental" (DAVIS,1989).

O efeito da utilidade percebida (UP) na intenção de uso (IU) foi amplamente testado em estudos anteriores, e os seus efeitos mudam em função de diferentes variáveis e estruturas externas. Num modelo simples sem variáveis antecedentes, a UP normalmente mostra um impacto significativo e positivo na IU (CHEN e LU, 2017). Quando o TAM inclui outras variáveis antecedentes, a UP também afeta a IU de forma positiva e significante (CHENG e HUANG, 2013).

Quando se refere a produtos verdes, como no caso de VEs, o consumo pode exercer maiores benefícios ambientais do que as alternativas convencionais (MANIATIS, 2016). Dentro do contexto deste trabalho, os VEs têm o potencial de reformar o sistema de transporte tradicional. No artigo publicado por Chen (2016b), que explicou o conceito de utilidade verde percebida (UVP), fica demonstrado que os utilizadores (ou consumidores) acreditam que o uso de novos produtos irá aumentar o impacto ambiental que exercem.

Adicionalmente, a facilidade de uso percebida (FUP) é descrita como o grau em que o uso é livre de dificuldade. As pessoas preferem utilizar os produtos relativamente mais fáceis (Davis, 1989). Além disso, há indícios de que a FUP afeta a intenção comportamental (IC) através de vias causais, o que significa que a FUP não só tem um efeito direto na IC como também tem um efeito indireto na IC pelo efeito moderador da UP (HSU, CHEN, e LIN, 2017).

Com a deterioração do ambiente, a sensibilização do público para a proteção ambiental vem melhorando gradualmente (WANG, SHEN, *et al*. 2017). A preocupação ambiental (PA) então mostra-se como dimensão relevante neste contexto, estando relacionada com a sensibilização do público para os problemas ambientais, que pode ser indicada pela atitude, reconhecimento e resposta às questões ambientais (RUSSEL e JOAN, 1978). Estudos anteriores demonstraram evidências de que a PA está positivamente correlacionada com a atitude amigável ao meio ambiente pelas pessoas (MINTON e ROSE, 1997).

As pessoas com elevada PA mostram uma grande vontade de comprar produtos ecológicos e participar em atividades de proteção ambiental (GREAVES, ZIBARRAS e STRIDE, 2013; HA e JANDA, 2012). Maniatis (2016) concluiu que quando as pessoas compram produtos verdes, a sua percepção do ambiente será intensificada. Vários estudos confirmaram que a preocupação ambiental tem uma relação significante com a atitude individual e intenção de compra de produtos verdes, tais como veículos que usam fontes alternativas e "ecológicas" de energia (OZAKI & SEVASTYANOVA, 2011; WANG, ZHAO, *et al*. 2017).

2.3 Teorias Alternativas Associadas à Aceitação de Tecnologia, e comparativo com a TAM

Há uma série de trabalhos acadêmicos abordando as teorias relacionadas à aceitação de tecnologia. Dentre os principais modelos, podem ser citados: Difusão da Inovação (DOI), Teoria do Comportamento Planejado (TPB), Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM), Modelo de Aceitação de Tecnologia 2 (TAM2), Teoria Unificada da Aceitação e Uso de Tecnologia (UTAUT), e UTAUT2 (LAI *et al*. 2010; POLLOCK 2004; REJALI *et al*. 2003; SAMARADIWAKARA & GUNAWARDENA, 2014).

Em suas pesquisas, Samaradiakawara & Gunawardena (2014) e Lai *et al*. (2010) abordam a DOI como uma teoria focada em avaliar o relacionamento entre características de inovação e o sucesso da sua adoção e difusão. Segundo Lai *et al*. (2010), os trabalhos baseados na DOI geralmente baseiam-se na adoção ou na difusão de inovação. Em seu trabalho, Samaradiakawara & Gunawardena (2014), adicionalmente ao exposto por Lai *et al*. (2010), afirmam que a DOI tem sido amplamente aplicada tanto no nível de inovação individual, mas também nos níveis organizacionais. Lai *et al*. (2010) também comparam em seu trabalho a DOI e a TAM, afirmando que individualmente estas apresentam bom poder explicativo da aceitação numa área específica do conhecimento, no caso internet banking. Adicionalmente, a TAM apresenta relevante poder de explicação da variância da IU, e a UP tem influência notável na IU, enquanto que a força da DOI está no fornecimento de informações específicas sobre as características da inovação e no fornecimento de um construto para medir o desempenho dessas características (LAI *et al*. 2010).

Outra teoria amplamente utilizada é a Teoria do Comportamento Planejado (TCP), que pode prever a intenção dos utilizadores através da atitude, norma subjetiva

e controle do comportamento percebido (AJZEN, 1991). Mathieson (1991) comparou a aplicação de TCP e TAM na previsão da intenção dos utilizadores e concluiu que ambas as teorias poderiam explicar bastante bem a intenção, e a TAM é melhor quando se mede o nível geral de satisfação.

Em seu trabalho, Pollock (2004) afirma que há iterações associadas à TAM, incluindo construtos adicionais. A TAM2 surge como um modelo que busca enriquecer a análise da adoção de tecnologia, adicionando processos de influência social e instrumentos cognitivos à TAM. Desta forma, a TAM2 apresenta-se como uma versão ampliada para incluir tanto a norma subjetiva como um construto externo (VENKATESH & DAVIS, 2000).

O UTAUT é outra versão que integra vários modelos existentes relacionados com a aceitação da tecnologia. Este conta com quatro construtos, sendo: expectativa de desempenho, expectativa de esforço, influência social, e condição de facilidade. Estes construtos foram teorizados na formulação do UTAUT com o objetivo de determinar a aceitação do usuário e o comportamento de uso da tecnologia. (SAMARADIWAKARA & GUNAWARDENA, 2014).

A ascensão de produtos e serviços de consumo cada vez mais tecnológicos exigiu a extensão do modelo UTAUT para o contexto do consumidor, enfatizando o valor hedônico dos usuários de tecnologia, ou sua motivação intrínseca. Isso trouxe três novos construtos adicionais, sendo estes: motivação hedônico, valor do preço, e hábito, sendo esta extensão conhecida como UTAUT2 (TAMILMANI, 2021).

Figura 2. Comparativo de Modelos de Aceitação de Tecnologia

Teoria	*Acrônimo*	*Construtos*	*Comentários*
Modelo de Aceitação de Tecnologia	TAM	1. Utilidade percebida 2. Facilidade de uso percebida 3. Norma subjetiva	Explica como a percepção da utilidade, e a percepção da facilidade de uso, podem decidir a intenção comportamental pessoal
Difusão da Inovação	DOI	1. Vantagem relativa 2. Facilidade de uso 3. Demonstrabilidade dos resultados 4. Testabilidade 5. Visibilidade 6. Imagem 7. Compatibilidade 8. Voluntariedade de uso	Fornece informações específicas sobre as características da inovação e no fornecimento de um construto para medir o desempenho dessas características.
Teoria do Comportamento Planejado	TPB	1. Atitude em relação ao comportamento 2. Norma subjetiva 3. Controle comportamental percebido	Pode prever a intenção dos utilizadores através da atitude, norma subjetiva e controle do comportamento percebido
Modelo de Aceitação de Tecnologia 2	TAM2	1. Utilidade percebida 2. Facilidade de uso percebida 3. Norma subjetiva	Busca enriquecer a análise da adoção de tecnologia, adicionando processos de influência social e instrumentos cognitivos à TAM.
Teoria Unificada da Aceitação e Uso de Tecnologia	UTAUT	1. Expectativa de desempenho 2. Expectativa de esforço 3. Influência social 4. Condições facilitadoras	Integra vários modelos existentes relacionados com a aceitação da tecnologia
Teoria Unificada da Aceitação e Uso de Tecnologia 2	UTAUT 2	1. Expectativa de desempenho 2. Expectativa de esforço 3. Influência social 4. Condições facilitadoras 5. Motivação Hedônica 6. Preço 7. Hábito	Integra ao UTAUT três construtos adicionais

Fonte: Autoria Própria

2.4 O TAM e a aceitação de veículos elétricos

Estudos têm demonstrado que o TAM original é uma escala psicométrica sólida e explica mais de 47% da variância observada nas atitudes do consumidor em relação à aceitação de novas tecnologias (THOMPSON, HIGGINS e HOWELL, 1994; PIRES e COSTA FILHO, 2008). Os autores Benbasat e Barki (2007) destacam que a TAM permanece como sendo o referencial teórico mais consistente aplicado na área de aceitação da tecnologia e que as diversas tentativas teóricas posteriores sempre retornaram aos construtos do modelo original.

Neste sentido, vários estudos têm utilizado o TAM e os seus modelos relacionados para analisar a aceitação pública das novas tecnologias utilizadas nos veículos. Por exemplo, Park *et al*. (2015) utilizaram o TAM para explicar a aceitação dos condutores do sistema de navegação no automóvel. Wu, Wu, Lee, e Lee (2015) ilustraram os efeitos da imagem, risco e valor na intenção de compra de motocicletas elétricas por parte dos consumidores. Estes estudos são realizados principalmente em países desenvolvidos onde o desenvolvimento de VEs é mais avançado.

Trabalhos anteriores usaram o TAM e modelos ampliados para analisar a aceitação pública de VEs, mas pouca atenção tem sido dada ao efeito da preocupação ambiental.

A deterioração ambiental resultante de grandes quantidades de emissões de gases de efeito estufa tem atraído atenção generalizada nos últimos anos. As pessoas começam a tomar medidas, tais como a compra de produtos verdes/ecológicos, a participação em atividades de proteção ambiental e a adaptação a estilos de vida com baixo teor de carbono para aliviar a deterioração ambiental (KAUTISH e DASH 2017; WANG, SHEN, e JIN, 2017). Estudos anteriores confirmaram que a preocupação ambiental pessoal afeta positivamente a atitude e o comportamento das pessoas em relação aos produtos verdes (KAHN, 2007; KAUTISH e DASH, 2017). Os VEs, em certa medida, podem ser vistos como um produto verde, uma vez que têm potenciais benefícios ambientais ao adotarem novas energias e ao aumentarem a eficiência (WANG, ZHAO, YIN, e ZHANG, 2017). Neste trabalho, a investigação busca compreender a aceitação pública dos VEs. De acordo com o desenvolvimento destes, o documento centra-se nos benefícios ambientais dos VEs e explora o papel das preocupações públicas sobre o ambiente em relação aos VEs através do TAM.

2.5 Referências

AJZEN, Icek. The theory of planned behavior. Organizational behavior and human decision processes, v. 50, n. 2, p. 179-211, 1991.

BENBASAT, Izak; BARKI, Henri. Quo vadis TAM?. Journal of the association for information systems, v. 8, n. 4, p. 7, 2007.

CHEN, Shang-Yu. Green helpfulness or fun? Influences of green perceived value on the green loyalty of users and non-users of public bikes. Transport Policy, v. 47, p. 149-159, 2016.

CHEN, Shang-Yu. Using the sustainable modified TAM and TPB to analyze the effects of perceived green value on loyalty to a public bike system. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 88, p. 58-72, 2016.

DAVIS, Fred D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS quarterly, p. 319-340, 1989.

FISHBEIN, Martin; AJZEN, Icek. Belief, attitude, intention and behaviour: An introduction to theory and research. Addison-Wesley, 1975.

GREAVES, Martin; ZIBARRAS, Lara D.; STRIDE, Chris. Using the theory of planned behavior to explore environmental behavioral intentions in the workplace. Journal of Environmental Psychology, v. 34, p. 109-120, 2013.

HSU, Chia-Lin; CHEN, Mu-Chen. How does gamification improve user experience? An empirical investigation on the antecedences and consequences of user experience and its mediating role. Technological Forecasting and Social Change, v. 132, p. 118-129, 2018.

IEA. CO2 Emissions in 2022, 2023.

KAHN, Matthew E. Do greens drive Hummers or hybrids? Environmental ideology as a determinant of consumer choice. Journal of Environmental Economics and Management, v. 54, n. 2, p. 129-145, 2007.

KAPLAN, Sigal *et al*. The role of information systems in non-routine transit use of university students: Evidence from Brazil and Denmark. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 95, p. 34-48, 2017.

KAUTISH, Pradeep; DASH, Ganesh. Environmentally concerned consumer behavior: evidence from consumers in Rajasthan. Journal of Modelling in Management, v. 12, n. 4, p. 712-738, 2017.

LAI, Vincent S.; CHAU, Patrick YK; CUI, Xiling. Examining internet banking acceptance: a comparison of alternative technology adoption models. International Journal of Electronic Business, v. 8, n. 1, p. 51-79, 2010.

MANIATIS, Paraschos. Investigating factors influencing consumer decision-making while choosing green products. Journal of Cleaner Production, v. 132, p. 215-228, 2016.

MINTON, Ann P.; ROSE, Randall L. The effects of environmental concern on environmentally friendly consumer behavior: An exploratory study. Journal of Business research, v. 40, n. 1, p. 37-48, 1997.

OUTLOOK, IEA Global EV. Securing Supplies for an Electric Future. 2022. 2022.

PARK, Eunil; KIM, Heetae; OHM, Jay Y. Understanding driver adoption of car navigation systems using the extended technology acceptance model. Behaviour & Information Technology, v. 34, n. 7, p. 741-751, 2015.

POLLOCK, Michael A. A comparison of alternative technology adoption models: the adoption of a CASE tool at a university. 2004. Dissertação de Mestrado. University of Cape Town.

REJALI, Sina *et al*. Comparison of technology acceptance model, theory of planned behavior, and unified theory of acceptance and use of technology to assess a priori acceptance of fully automated vehicles. Transportation research part A: policy and practice, v. 168, p. 103565, 2023.

RUSSELL, Michael L. Behavioral consultation: Theory and process. The Personnel and Guidance Journal, v. 56, n. 6, p. 346-350, 1978.

SAMARADIWAKARA, G. D. M. N.; GUNAWARDENA, C. G. Comparison of existing technology acceptance theories and models to suggest a well improved theory/model. International technical sciences journal, v. 1, n. 1, p. 21-36, 2014.

TAMILMANI, Kuttimani *et al*. The extended Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT2): A systematic literature review and theory evaluation. International Journal of Information Management, v. 57, p. 102269, 2021.

THOMPSON, Ronald L.; HIGGINS, Christopher A.; HOWELL, Jane M. Influence of experience on personal computer utilization: Testing a conceptual model. Journal of management information systems, v. 11, n. 1, p. 167-187, 1994.

VENKATESH, Viswanath; DAVIS, Fred D. A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. Management science, v. 46, n. 2, p. 186-204, 2000.

WANG, Binbin; SHEN, Yating; JIN, Yangyang. Measurement of public awareness of climate change in China: based on a national survey with 4,025 samples. Chinese Journal of Population Resources and Environment, v. 15, n. 4, p. 285-291, 2017.

WU, Jih-Hwa *et al*. Green purchase intentions: An exploratory study of the Taiwanese electric motorcycle market. Journal of Business Research, v. 68, n. 4, p. 829-833, 2015.

3 A DIFUSÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: FATOS RELEVANTES

A demanda da sociedade por alternativas de transporte mais sustentáveis é crescente, sendo a eletrificação veicular uma modalidade com forte tendência a ser adotada pelos consumidores. Considerando o ainda escasso número de publicações sobre o tema "Veículos Elétricos" (VEs) no Brasil, esta pesquisa exploratória teve como objetivos: identificar as principais áreas temáticas da literatura mundial sobre VEs, analisar os fatores determinantes para a disseminação da eletrificação em um nível global e discutir os limites e possibilidades do mercado brasileiro neste cenário de mudança tecnológica.

Visando atingir os três objetivos acima mencionados, elegeu-se como principal estratégia de pesquisa a abordagem de revisão sistemática da literatura, apoiada em análise documental complementar. A princípio, foram escolhidas oito palavras-chave para compor a busca das publicações. Foram elas: "Infraestrutura de Recarga", "Incentivos Fiscais", "Emissões de Gases de Efeito Estufa", "Frota Comercial", "Brasil", "Comportamento do Consumidor", "Geração de Eletricidade", "Tecnologia". A nona palavra-chave, "Veículo Elétrico", foi combinada com cada uma das oito palavras-chave mencionadas. A inclusão de "Veículo Elétrico" em todos os pares de palavras-chave correspondentes garantiu a convergência da busca por publicações associadas a esse tema central.

A busca por palavras-chave na base de dados Science Direct resultou em uma amostra de 36 artigos, publicados entre 2016 e 2020, relacionados ao tema eletrificação

veicular. Buscando mitigar qualquer viés, foi criada uma tabela de análise, exibindo as informações compiladas de cada uma das publicações citadas, como: título, autoria, ano de publicação, país de origem, métodos, entre outros. Buscando enriquecer a análise do Brasil, foi realizada pesquisa documental na plataforma Google Acadêmico, considerando o mesmo período de 2016 a 2020, que resultou em onze publicações especificamente associadas ao contexto brasileiro.

Este trabalho cumpriu os três objetivos propostos, pois identificou oito grandes áreas temáticas de pesquisa sobre o assunto (Emissões de Gases de Efeito Estufa, VEs – Dados e Diagnósticos de Mercado, Geração de Eletricidade, Incentivos à Eletrificação Veicular, VEs – Aplicações em Frotas Comerciais, Comportamento do Consumidor de VEs, Infraestrutura de Estação de Recarga – Dados de Mercado e Diagnósticos, Infraestrutura de Estação de Recarga – Tecnologias, Custos e Tendências. Analisou os fatores determinantes para a disseminação da eletrificação veicular em nível global, sendo que os principais apontados pela literatura foram: disponibilidade de infraestrutura de recarga, incentivos fiscais, disponibilidade e atratividade de energia elétrica, e o aumento da demanda social por alternativas de transporte com menor impacto ambiental. Por fim, discutiu os limites e possibilidades do mercado brasileiro.

Embora a geração brasileira de eletricidade tenha se mostrado ambientalmente favorável, sua capacidade é insuficiente para a adoção de VEs em larga escala, o mesmo podendo ser dito sobre a infraestrutura de recarga praticamente inexistente. Esses dois fatores surgem como caminhos críticos para o sucesso da adoção dos VEs no país, e se somam a uma política descentralizada de incentivos, sendo esses fatores críticos e estratégicos que demandam atenção urgente dos stakeholders.

3.1 Introdução

O estudo das emissões de gases nocivos à camada de ozônio, ou gases de efeito estufa (GEE), e seus efeitos indesejados, vêm ganhando cada vez mais relevância na comunidade acadêmica. Em 2017, o setor de transporte foi responsável por 23% das emissões de dióxido de carbono do planeta (LEMME *et al*. 2019). Nesse contexto, a eletrificação veicular surge como uma alternativa de alto impacto para a redução das emissões de GEE.

Atualmente, os veículos eletrificados (VEs) podem ser subdivididos em duas grandes categorias: veículos híbridos e veículos puramente elétricos (DAS *et al.* 2020). Esse

mercado vem ganhando escala, em 2035 a expectativa é que existam cerca de cem milhões de VEs circulando nas ruas, globalmente (DAS *et al.* 2020).

Os VEs invariavelmente têm motores elétricos, e estes requerem energia da bateria. Tal como acontece com os veículos com motor de combustão interna (VMCI), que possuem tanques de combustível e precisam de reabastecimento periódico, as baterias de VEs requerem recarga. Para veículos elétricos a bateria (VEB) e também para veículos elétricos híbridos plug-in (VEHP), o carregamento das baterias requer uma fonte de energia externa (DAS *et al.* 2020).

Nesse contexto, o Brasil desponta como um mercado praticamente inexplorado em termos de eletrificação veicular. Os VEs representaram 0,5% das vendas no país em 2021 (OUTLOOK, 2022). É consenso entre os autores Consoni (2018) e Lemme *et al*. (2019) que a aceleração da eletrificação veicular no Brasil envolve iniciativas governamentais, entre elas isenções fiscais.

Considerando o crescente comprometimento da sociedade e dos governos com o impacto específico do setor de transporte nas emissões de GEE, os VEs estão ganhando relevância globalmente (HEREDIA *et al.* 2020). Nesse sentido, este estudo visa identificar as principais áreas temáticas da literatura mundial sobre VEs, analisando também os fatores determinantes para a disseminação da eletrificação veicular em nível global e, por fim, discutir os limites e possibilidades do mercado brasileiro nesse cenário de mudança tecnológica.

3.2 Métodos

Visando atingir o objetivo da pesquisa, é necessário contextualizar a eletrificação veicular e consequentemente as tecnologias e infraestrutura necessárias para o carregamento de baterias de VEs. Nesse sentido, esta pesquisa exploratória propõe uma revisão sistemática da literatura, por meio da coleta, tratamento e apresentação de dados abrangentes, levando em consideração o contexto específico do setor de transportes e também a realidade do mercado brasileiro.

A princípio, foram eleitas 8 palavras-chave para compor a busca das publicações: “Recharge Infrastructure”, “Tax Incentives”, “Greenhouse Gas Emissions”, “Commercial Fleet”, “Brazil”, “Consumer Behavior”, “Electricity Generation”, “Technology". A nona palavra-chave, “Electric Vehicle”, foi combinada com cada uma das oito palavras-chave mencionadas neste parágrafo, e oito buscas

separadas foram então realizadas, com pares individuais de palavras-chave. A inclusão de “Electric Vehicle” em todos os pares de palavras-chave correspondentes garantiu a convergência da busca de publicações associadas a esse tema central.

Posteriormente, utilizou-se a base de dados Science Direct para publicações realizadas entre os anos de 2016 a 2020, somando um total de 36 artigos, os quais são pertinentes aos temas centrais deste trabalho: identificação das grandes áreas temáticas da literatura mundial sobre VEs, analisar os fatores determinantes para a disseminação da eletrificação veicular em nível global, discutir os limites e possibilidades do mercado brasileiro neste cenário de mudança tecnológica. Esses artigos foram publicados em 14 diferentes periódicos internacionais, que abordaram os temas levantados no período supracitado. Para as 36 obras citadas, foi realizada leitura cuidadosa.

Buscando mitigar qualquer viés, foi criada uma tabela de análise, extraindo as informações consideradas essenciais de cada um dos 36 artigos mencionados. Foram coletadas informações referentes à autoria do trabalho, título da publicação, temas abordados, métodos aplicados, ano de publicação e país de origem da pesquisa. O resultado dessa análise será compartilhado ao longo deste trabalho.

Os resultados da busca na plataforma Science Direct apontaram uma lacuna, tanto quantitativa quanto qualitativa, nas publicações relacionadas à eletrificação veicular associadas ao contexto brasileiro. Como o Brasil é um dos pilares desta pesquisa, foi necessário complementar a busca utilizando a plataforma Google Acadêmico, aplicando o mesmo processo já descrito para a plataforma Science Direct. Foram encontrados onze documentos, abordando especificamente o contexto brasileiro, e estes foram utilizados para enriquecer o conhecimento sobre a eletrificação veicular neste país. Foi realizada leitura criteriosa de cada um dos 11 documentos citados, e elaborados resumos individuais enfocados em cada uma das publicações.

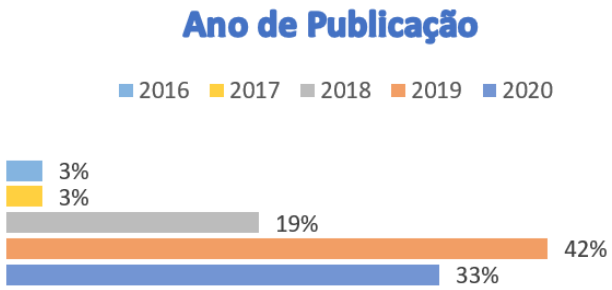
3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Resultados

Por meio da análise da amostra de 36 artigos publicados entre os anos de 2016 e 2020, relacionados ao tema eletrificação veicular, foram levantados e serão apresentados dados quantitativos e qualitativos. Serão apresentadas análises temporais, temáticas e metodológicas, juntamente com informações sobre os periódicos e países de origem das publicações.

Constatou-se um aumento, ao longo do tempo, no número de publicações voltadas para a eletrificação veicular. Os artigos publicados entre os anos de 2019 e 2020 representaram 75% do total pesquisado. Isso demonstra a crescente relevância da eletrificação de veículos no setor de transportes, e seu consequente impacto na sociedade. A Figura 3 mostra o número de publicações da amostra, na linha do tempo, entre os anos de 2016 e 2020.

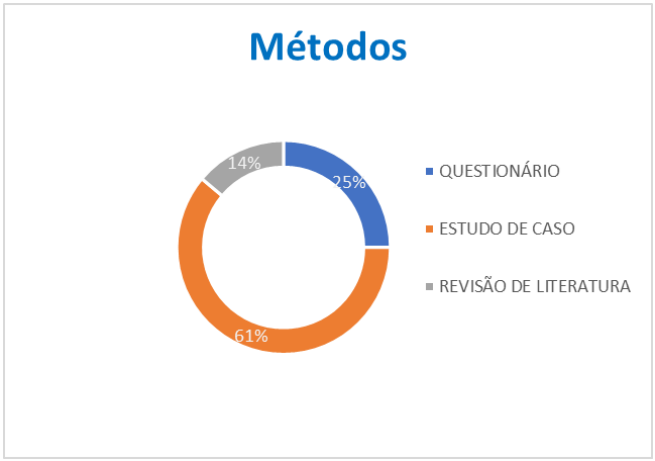
Figura 3. Análise Temporal Quantitativa da Amostra de Publicações



Fonte: Autoria Própria

Analisando os métodos aplicados na amostra, é possível observar que três diferentes estratégias foram adotadas: Questionário, Estudo de Caso e Revisão Sistemática da Literatura. As metodologias de Questionário e Revisão Sistemática da Literatura corresponderam, respectivamente, a 25% e 14% das publicações. Com isso, a categoria Estudo de Caso foi preponderante, respondendo por 61% dos artigos da amostra. Surge então a lacuna quanto à elaboração de Revisões Sistemáticas da Literatura sobre a eletrificação veicular e também a posição brasileira nesse cenário.

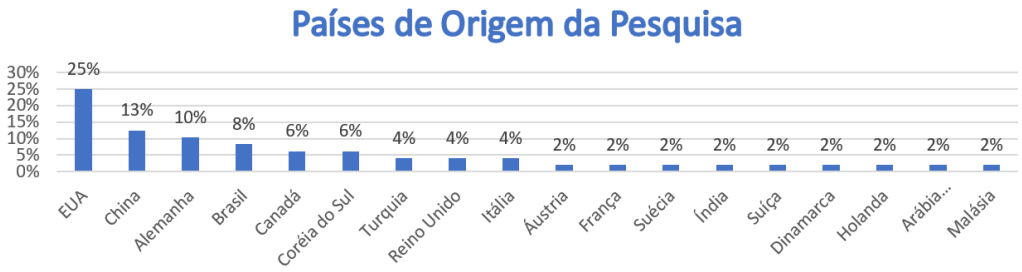
Figura 4. Análise Metodológica das Publicações da Amostra



Fonte: Autoria Própria

Na amostra, três nações podem ser consideradas protagonistas: Estados Unidos, China e Alemanha. Esses países responderam por aproximadamente metade dos artigos, ou 25%, 13% e 10%, respectivamente. Canadá e Coreia do Sul também ocupam posição de destaque, com cada um originando 6% do total de publicações. Pela própria natureza do processo de busca, destacaram-se trabalhos oriundos do Brasil, porém é nítida a escassez de produção acadêmica que aborde o contexto brasileiro na eletrificação veicular. Vale ressaltar também que houve trabalhos publicados com mais de uma origem geográfica em sua lista de instituições associadas. Nesses casos, foram contabilizadas duas ou mais origens geográficas.

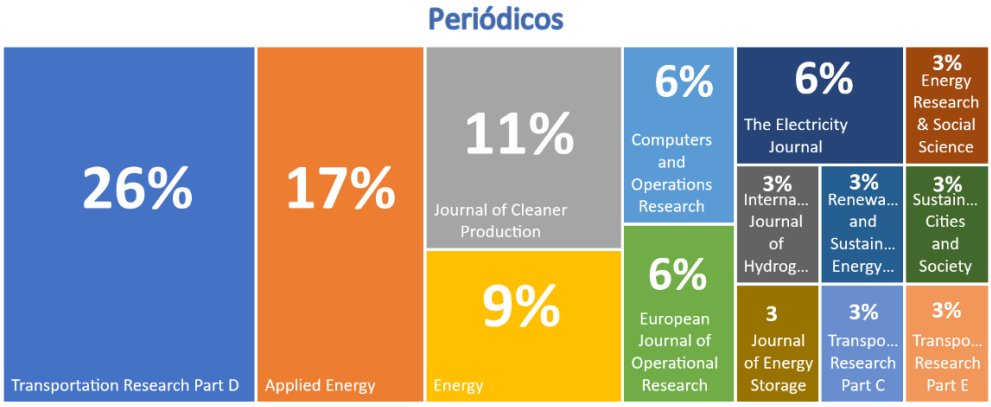
Figura 5. País de Origem da Pesquisa da Amostra.



Fonte: Autoria própria.

Dentro da amostra, pode-se observar que as publicações ocorreram em 14 periódicos diferentes. Há uma concentração relevante, de 63%, em quatro periódicos: Transportation Research Part D, Applied Energy, Journal of Cleaner Production e Energy. Os demais periódicos representaram 37% das publicações.

Figura 6. Periódicos da Amostra.



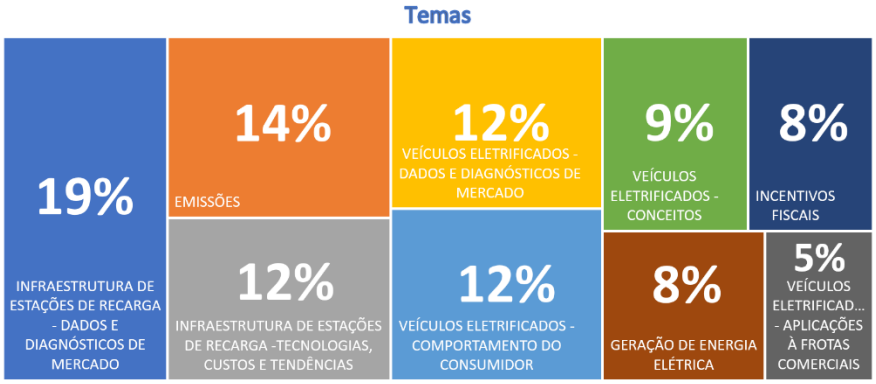
Fonte: Autoria própria.

A partir da análise dos trabalhos, foi possível subdividi-los e classificá-los em nove temas distintos e complementares, a saber: Infraestrutura de Estações de Recarga - Dados e Diagnósticos de Mercado; Infraestrutura de Estações de Recarga - Tecnologias, Custos e Tendências; Emissão de Gases de Efeito Estufa; Veículos Elétricos - Dados e Diagnósticos de Mercado; Comportamento do Consumidor; Geração de Energia Elétrica; Incentivos à Eletrificação Veicular; Veículos Elétricos - Aplicações a Frotas Comerciais. Pela própria natureza do trabalho e da coleta de dados, também é possível observar a presença de um tema adicional, o Brasil.

Dentre os temas citados, foi possível observar que prevaleceu aquele relacionado à Infraestrutura dos Estações de Recarga - Dados e Diagnósticos de Mercado, tendo aparecido em 18% da amostra de publicações. O tema Infraestrutura de Estações de Recarga - Tecnologias, Custos e Tendências teve importante contribuição, sendo observado em 12% dos artigos. Dentre os demais temas, dois se destacaram pela frequência com que apareceram nas publicações. O primeiro é o das Emissões de Gases de Efeito Estufa, presente em 13% das publicações, e o segundo foi o que aborda o Comportamento do Consumidor, aparecendo em 12% dos artigos analisados.

A Figura 7 apresenta a distribuição temática da amostra de publicações. É importante ressaltar que foi possível observar a ocorrência de mais de um tema em cada um dos artigos. A subseção Discussão realizará uma análise qualitativa dos artigos que serviram de base para a revisão sistemática da literatura realizada neste estudo.

Figura 7. Categorias Temáticas Abordadas na Amostra.



Fonte: Autoria própria.

3.3.2 Discussão

O objetivo desta subseção é aprofundar a análise qualitativa em oito dos temas associados à eletrificação veicular da Figura 7. Pela própria natureza deste estudo, o tema “Brasil” não terá uma subseção, mas será contextualizado ao longo de cada subseção deste trabalho, quando necessário. Cada tema será apresentado em uma subseção específica, buscando a construção de um cenário abrangente. As duas primeiras subseções abordarão, respectivamente, um breve histórico da introdução de veículos elétricos - localizando esta tecnologia de transporte na linha do tempo, e uma contextualização técnica sobre as diferentes modalidades de veículos elétricos. Logo após, será dado início às subseções relacionadas aos temas levantados neste trabalho, iniciando pelas emissões de GEE.

3.3.2.1 Histórico da Adoção de VEs - Uma Breve Introdução:

Nos Estados Unidos, entre 1890 até o início dos anos de 1900, os veículos elétricos competiram com sucesso com os carros a gasolina e a vapor. Em 1900, o registro nacional de 4.192 veículos nos EUA era composto de: 1.681 a vapor, 1.575 elétricos e 936 a gasolina. A ênfase aqui é dada aos EUA pois já em 1914 havia uma frota de aproximadamente vinte mil veículos elétricos no país, contra apenas 1600 no mesmo período em toda a Europa (SANTINI, 2011).

No início do século 20, os EUA eram uma nação predominantemente rural. No ano de 1907, menos de 10% das famílias norte americanas possuíam eletricidade em suas residências. Adicionalmente, à época a padronização da infraestrutura de distribuição de eletricidade ainda estava em discussão, com a concorrência tecnológica entre corrente contínua (CC) e corrente alternada (CA) trazendo incertezas também para a infraestrutura de recarga (SANTINI, 2011).

Enquanto isso, neste mesmo período a gasolina era fornecida a um baixo custo relativo, a partir de muitos locais espalhados por grandes regiões geográficas. Em 1906, a Standard Oil operava 3.573 estações graneleiras, recebendo barris e cargas de vagões-tanque, distribuindo localmente querosene. A gasolina, neste contexto utilizada como solvente, estava amplamente disponível para as populações urbanas e rurais, até mesmo antes da popularização do automóvel. Associados a esta realidade, podem ser citados o interesse, influência e *lobby* das grandes produtoras de petróleo para a promoção do veículo a combustão (SANTINI, 2011).

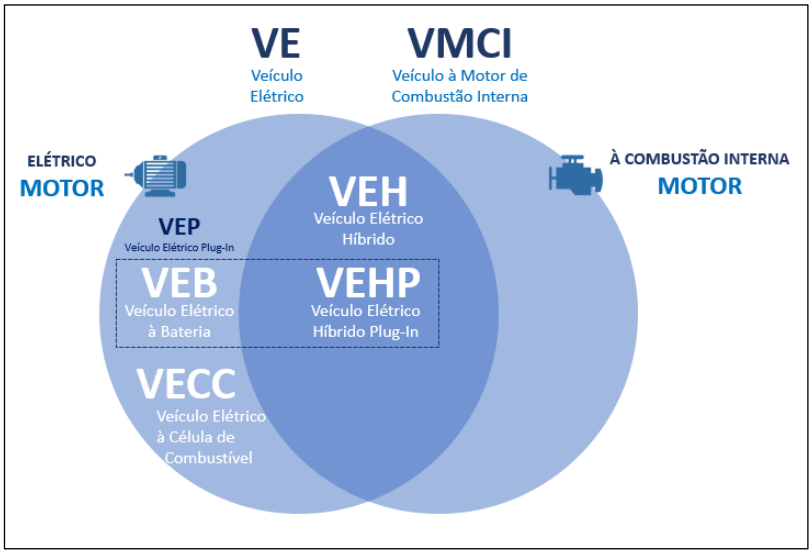
Houveram também fatores reconhecidamente sociais, e de interação do usuário com os VEs, que se tornaram obstáculos para a adoção massiva desta categoria de transporte. Entre eles, podem ser citados o medo relacionado à eletrocussão e a percepção de que os VEs, à época, tinham uma performance inferior à de veículos a combustão. Durante a promoção do uso de Corrente Contínua (CC), Thomas Edison associou maiores riscos de eletrocussão à utilização de Corrente Alternada (CA), trazendo uma relutância a manutenção de máquinas elétricas em geral, enquanto que familiaridade com equipamentos agrícolas a vapor motorizados fez com que a transição dos veículos a gasolina parecesse mais amigável. Na década de 1920, os veículos à gasolina obtinham velocidades médias mais elevadas, fazendo com que o VE passasse a ser comercializado como um “carro feminino”, sendo reconhecido pela incapacidade de subir colinas rápido o suficiente (SANTINI, 2011).

3.3.2.2 Veículos Elétricos – Breve Contextualização Técnica

Neste trabalho será utilizada a categorização de veículos eletrificados (VE) proposta por Reddy e (2018), sendo estes classificados em quatro categorias principais: veículo elétrico à bateria (VEB), veículo elétrico híbrido (VEH), veículo elétrico híbrido plug-in (VEHP), veículo elétrico à célula de combustível (VECC). Ambos VEB e VEHP pertencem também à categoria de veículos elétricos plug-in (VEP), pois de

acordo com Funke *et al*. (2019) podem conectar-se à rede elétrica externa buscando o carregamento de suas baterias. Há ainda uma categoria adicional, correspondente aos veículos à motor de combustão interna (VMCI) Reddy e Natarajan (2018).

Figura 8. Categorização de veículos eletrificados e também à motor de combustão interna



Fonte: Autoria própria.

A análise terá início pelos veículos puramente elétricos, os VEBs. Para estes, a energia é totalmente proveniente da eletricidade, ou seja, não há tanque de combustível Reddy e Natarajan (2018). Das *et al*. (2020) citam alguns modelos de VEB, entre eles Nissan Leaf, Renault Zoe e Tesla Model S, com autonomias de 243km, 400km e 506km, respectivamente, sendo a autonomia diretamente proporcional à capacidade da bateria.

Os VEH possuem duas fontes de energia em sua arquitetura, usualmente um tanque de combustível e uma bateria, com ambos provendo energia a dois tipos de motores, um à combustão e o outro elétrico Reddy e Natarajan (2018). Finalmente, a categoria de VEHP possui também duas fontes de energia em sua estrutura Reddy e Natarajan (2018). É possível classificar VEHP como um VEH de autonomia estendida Reddy e Natarajan (2018). Além disso, o carregamento de baterias de VEHP é realizado a partir de uma fonte externa de energia Reddy e Natarajan (2018), diferentemente do VEH, que tem sua bateria, de menor porte, carregada internamente apenas pelo movimento do veículo.

Adicionalmente, podem ser citados também os veículos à célula de combustível de hidrogênio (VCCH). A tecnologia de membrana polimérica trocadora de prótons é

vista como promissora nos setores de transporte devido à sua capacidade de partida em temperaturas frias e emissões mínimas, sendo esta um dispositivo eletroquímico que converte hidrogênio em eletricidade, água e calor. As principais desvantagens da VCCH estão relacionadas à segurança de operação, e custo. Em caso de vazamento de hidrogênio e acumulação em local confinado, havendo fogo, há alto risco de explosão. A aplicação de catalisadores de Platina apresenta-se como um fator para os ainda altos custos de operação, quando comparados a veículos à combustão e também a veículos elétricos movidos à bateria. (AMINUDIN *et al.* 2023).

3.3.2.3 Emissão de Gases de Efeito Estufa

De acordo com Woo *et al*. (2017), o setor de transportes consumiu 27,6% de toda a energia produzida no planeta no ano de 2013. Especificamente em termos de emissões de dióxido de carbono, um dos GEEs, o setor de transportes vem contribuindo com uma parcela relevante das emissões globais. No ano de 2016, segundo Rupp *et al*. (2019), o setor de transporte foi responsável por 25,5% do total de emissões de GEE.

De acordo com Li *et al*. (2019), veículos elétricos híbridos (VEH), veículos elétricos híbridos plug-in (VEPH) e veículos elétricos a bateria (VEB) estão surgindo como alternativas mais eficientes em termos de energia para o setor de transporte. Segundo Teixeira e Sodré (2018), para uma frota de aplicação com veículos elétricos a bateria (VEB), as emissões podem ser de 10 a 26 vezes menores quando comparadas a uma frota de veículos com motor de combustão interna (VMCI).

É válido ressaltar também que a análise das emissões de GEEs precisa também levar em consideração as diferentes modalidades de geração de energia elétrica, e os seus respectivos impactos ambientais (Well-to-Wheel). Em seu trabalho, Woo *et al.* (2017) mostraram que as emissões de GEE atribuídas aos VEBs que utilizam eletricidade gerada por combustíveis fósseis foram consideravelmente superiores às emissões atribuídas aos VEBs que utilizam eletricidade gerada por fontes nucleares ou renováveis. Ficou claro também que os VEBs que utilizam eletricidade gerada com carvão ou petróleo podem estar associados a emissões de GEE mais elevadas do que os ICEVs. Estas conclusões confirmam que é necessário considerar o mix da geração de eletricidade para estudar os impactos ambientais de VEBs versus veículos à combustão (WOO *et al.* 2017).

Com uma abordagem complementar à de Woo *et al.* (2017), Lavrador *e* De Sá Teles (2022) apontam que os impactos ambientais relacionados aos veículos leves no Brasil podem ser mitigados com a adoção de bioetanol ou com a eletrificação da frota. Nesta revisão, foram confrontadas pesquisas recentes do ciclo de vida que comparam VEBs e veículos à combustão movidos à etanol. Em termos de emissões de GEE, os resultados obtidos por estes estudos foram divergentes entre si, sendo a principal divergência metodológica identificada entre eles relacionada à inclusão, ou não, da mudança indireta do uso do solo para o cultivo de cana-de-açúcar. Portanto, é possível concluir que existe um limite ambiental acima do qual os impactos ligados ao uso indireto da terra relacionado ao cultivo da cana-de-açúcar superam os benefícios do uso do veículo à combustão movido à etanol. Simultaneamente, considerando os atuais terrenos utilizados para este fim, observa-se que os veículos à combustão movidos à etanol parecem ter níveis de emissão inferiores aos do BEV (LAVRADOR E DE SÁ TELES, 2022).

3.3.2.4 Veículos Elétricos – Dados e Diagnósticos de Mercado

Os VEHPs estão em um estágio comercial mais avançado quando comparados aos VEBs. De acordo com Li *et al.* (2019), os VEHPs são uma alternativa de transporte energeticamente mais eficiente em comparação aos VMCIs, mas ainda são considerados um passo intermediário para a adoção dos VEBs.

Segundo Outlook (2022), no ano de 2021 as vendas de veículos eletrificados dobraram em relação ao ano anterior, somando 6,6 milhões de unidades. Os veículos eletrificados corresponderam a aproximadamente 10% das vendas globais de veículos em 2021, representando um aumento de quatro vezes em relação a fatia de mercado aferida no ano de 2019. A frota global de veículos eletrificados atingiu 16,5 milhões de unidades em 2021, o triplo do número apresentado em 2018 (OUTLOOK, 2022).

O aumento nas vendas de VEs em 2021 foi liderado pela China, com 3,33 milhões de unidades vendidas no período. As vendas na Europa seguiram apresentando forte tendência de crescimento em 2021, com um aumento de 65% em relação ao ano anterior, correspondendo a 2,3 milhões de unidades. No caso dos EUA, foram comercializados 630 mil veículos em 2021 (OUTLOOK, 2022).

O mercado brasileiro de VEs também apresenta tendência de crescimento, mas com números bem mais modestos do que os encontrados em países mais maduros no

segmento, como China e EUA. As vendas de VEs no ano de 2021 corresponderam a 0,5% do total no Brasil, ou 9 mil unidades (OUTLOOK, 2022).

3.3.2.5 Geração de Energia Elétrica

A adoção de VEs está diretamente relacionada à geração de eletricidade, sendo dependente de uma matriz robusta, confiável e limpa para ser incrementada. As fontes de energia utilizadas para geração de eletricidade influenciam diretamente no impacto ambiental associado à adoção da eletrificação veicular pelo setor de transporte (WOO *et al.* 2017). Embora esses veículos não emitam diretamente GEEs, os VEBs, dependendo da composição da matriz energética, podem ter um nível de emissão semelhante ou até superior a VMCI (WOO *et al.* 2017).

Em termos de queima de carvão, países como China, Índia, Austrália e África do Sul têm mais de 65% de suas matrizes energéticas atreladas a essa fonte específica de energia. Diferentes, mas ainda altos níveis de queima de carvão - acima de 35%, vêm de países como Indonésia, Alemanha, Coréia do Sul e EUA. Outra forma relevante de geração de eletricidade associada à queima de combustíveis fósseis é a queima de gás natural. Nesse caso, destacam-se países como Rússia, Japão, México, Reino Unido e Estados Unidos - com participação superior a 30% na geração de eletricidade a partir do gás natural (WOO *et al.* 2017).

Entre as principais fontes de eletricidade consideradas menos poluentes para a camada de ozônio estão as hidrelétricas, eólicas, biomassa, solar e nuclear. Países como Noruega, Brasil e Canadá se destacam na geração de energia hidrelétrica, com participação de mais de 55% em suas matrizes energéticas. No que respeita à geração eólica, a Alemanha e o Reino Unido assumem um papel de destaque, com respetivamente 10% e 8% das suas matrizes abastecidas por esta via. Em termos de geração de energia a partir de biomassa, nações como Brasil, Alemanha e Reino Unido apresentam níveis de produção acima de 7% por esse método específico. Também é possível citar as usinas fotovoltaicas, movidas a energia solar, que apesar de ainda terem uma pequena participação na geração mundial de eletricidade, são uma fonte importante em países como a Alemanha, com 6% de participação em sua matriz nacional. (WOO *et al.* 2017).

O aumento na adoção de VEs traz consigo um relevante aumento de demanda para a rede elétrica (HEREDIA *et al.* 2020), além do já mencionado impacto ambiental.

Pagani *et al*. (2019) citam que as recargas dos VEs ocorrem em sua maioria na casa do usuário, durante a noite, e o aumento da demanda de energia elétrica, em seus modelos simulados, pode chegar a 78% nos horários de pico.

No contexto do Brasil, durante o ano de 2020, devido às restrições de circulação da pandemia de Covid-19, impôs-se uma diminuição do consumo industrial e comercial. Em 2021, a retomada do crescimento econômico teve impacto direto no consumo de energia elétrica, sendo que ao final de junho, o consumo em 12 meses cresceu 4,4% (DE CASTRO *et al.* 2021). Ainda em 2021, a geração hidrelétrica respondeu por 63% da matriz energética nacional. Até julho, as chuvas acumuladas em 12 meses atingiram apenas 67% da média histórica (DE CASTRO *et al.* 2021). Fica claro que há uma necessidade estratégica de alternativas de geração de eletricidade e crescimento para atender a demanda atual e futura de eletricidade brasileira.

Ainda no contexto brasileiro, Silva (2017) sugere um cenário relevante relacionado à eletrificação da frota nacional. Em um cenário hipotético e extremo, se todos os 36 milhões de veículos da frota brasileira em 2016 fossem VEBs, rodando em média 20.000 quilômetros por ano, com rendimento médio de 4,37km/kWh, seriam necessários aproximadamente 163TWh de energia no período para abastecer esses veículos, representando 31% do consumo total de energia elétrica em 2016. Esse cenário demandaria grandes investimentos na matriz energética brasileira. Em um cenário mais realista trazido pelo Plano Decenal de Energia (PDE) 2026, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a demanda brasileira por energia elétrica de VEPs no ano de 2026 corresponderia a apenas 0,3% da produção total, relacionado a uma frota prevista de 360.000 PEVs (SILVA, 2017).

3.3.2.6 Incentivos à Eletrificação Veicular

Os incentivos fiscais são uma ferramenta estratégica amplamente utilizada pelos governos para promover a eletrificação veicular. Segundo Anjos *et al*. (2020), estes são dados diretamente ao consumidor final por meio de descontos nas taxas e preços relacionados aos VEs. Fang *et al*. (2020) aborda um aspecto muito importante dos incentivos fiscais para eletrificação de veículos, não diretamente relacionados aos veículos. O autor aponta que as intervenções do governo na infraestrutura de carregamento de veículos elétricos plug-in (VEPs) ajudam a mitigar as flutuações no mercado de transporte, mantendo um fornecimento estável de pontos de carregamento.

Além disso, de acordo com Fang *et al*. (2020), por meio de subsídios, a operação dos VEPs é blindada das oscilações do preço da energia elétrica, outro fator determinante neste cenário de VEs.

De acordo com Wang *et al*. (2019), existem quatro categorias principais de impostos governamentais sobre veículos, eletrificados ou não. São eles: IVA (Imposto sobre Valor Agregado), Imposto de Registro de Veículo (no momento da compra), Imposto Anual de Circulação e Imposto sobre Vendas (pago pela empresa que vendeu o veículo). De acordo com Wang *et al*. (2019), as isenções parciais aos impostos mencionados acima são baseadas principalmente no nível de emissões do veículo. Emissões mais baixas recebem maiores incentivos governamentais.

Os custos de aquisição, muito mais elevados para os VEs, ainda são considerados como a principal barreira para o crescimento deste mercado (WANG *et al.* 2019). Como exemplo prático de incentivos fiscais para VEs, Moon *et al*. (2018) cita o governo sul-coreano, destacando os US$ 21.900 em subsídios por compra oferecidos em 2016 – valor quatro vezes superior ao fornecido pela França, Reino Unido e Alemanha no mesmo período. Ainda, segundo Napoli *et al*. (2019), na Itália, em 2019, 2020 e 2021 foram introduzidos pelo governo incentivos entre 1.500 e 6.000 euros para quem comprasse veículos certificados como de "baixa emissão".

No caso do Brasil, as ações relacionadas aos incentivos fiscais podem ser subdivididas entre federais e estaduais/municipais. Entre as ações federais, vale citar a resolução nº 97 da Câmara de Comércio Exterior (CAMEX), que em 2015 zerou as tarifas de importação para VEBs com autonomia superior a 80km (CONSONI, 2018). No caso dos VEPHs, a alíquota do imposto de importação passou de 35% para entre 2% e 7%, dependendo da eficiência energética dos veículos (CONSONI, 2018). No âmbito municipal, incentivos monetários foram associados ao Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores, com descontos de até 40% na arrecadação anual (CONSONI *et al.* 2018). As iniciativas observadas se apresentaram como pontuais e isoladas, em termos macroeconômicos, segundo Consoni *et al.* (2018), as ações governamentais no Brasil não apresentam a robustez necessária para o desenvolvimento do mercado de VEs, carecendo de objetivos bem definidos e continuidade.

3.3.2.7 Veículos Elétricos – Aplicações à Frotas Comerciais

A aplicação em frotas é um segmento muito relevante na indústria de transportes. De acordo com Ke *et al*. (2019), a Didi, uma gigante do compartilhamento de viagens, anunciou em 2018 que acrescentaria mais de um milhão de veículos elétricos à sua frota nos cinco anos subsequentes. Para uma disseminação mais aguda das frotas de VEs, ainda existem alguns desafios, como altos custos de compra/aluguel, autonomia da bateria, disponibilidade de estações de carregamento e os próprios custos de carregamento.

Dentro da realidade brasileira, destacam-se três aplicações práticas específicas para frotas de VEs, sendo elas: VOLVO na cidade de Curitiba (CONSONI *et al.* 2018), NISSAN no Rio de Janeiro (CONSONI *et al.* 2018) e VAMO na Fortaleza (LEMME *et al.* 2019). A iniciativa da montadora sueca Volvo está relacionada à montagem de ônibus híbridos para abastecimento da frota local da cidade de Curitiba, desde o ano de 2009 (CONSONI *et al.* 2018). No caso da japonesa Nissan, foi realizado em 2013 um programa de táxi piloto na cidade do Rio de Janeiro, com uma frota de 50 veículos. A VAMO é uma locadora de VEBs na cidade de Fortaleza, na qual os usuários pagam pelo uso dos VEBs, retirando os veículos nas estações centrais e devolvendo-os nas estações após o término de seus itinerários.

De acordo com Ke *et al*. (2019), após investigarem as distâncias percorridas por taxistas em Pequim (China), foi determinado um valor médio diário de 241km, enquanto a distância máxima diária situou-se em 402km. Nas próximas subseções, será possível observar que autonomias superiores a 168km ainda não são uma realidade para boa parte dos VEBs disponíveis no mercado.

3.3.2.8 Comportamento do Consumidor de Veículos Elétricos

As motivações do consumidor para comprar VEs e seus hábitos antes e depois de adquiri-los serão abordadas nesta seção. Um dos grandes desafios para a adoção da eletrificação veicular, segundo Zhang *et al*. (2020), é a adequação desta modalidade às atividades diárias dos usuários, dada a percepção de menor autonomia e maior tempo de recarga nos VEs em relação aos VMCIs.

Os usuários inclinados a aderir à eletrificação veicular levam em conta tanto os macro fatores, como no caso dos impactos ambientais, quanto os micro fatores, com base em suas relações interpessoais e rotina. Em seu trabalho, Habich-Sobiegalla *et al*.

(2018) demonstram, com base em pesquisa realizada paralelamente na China, Rússia e Brasil, que micro fatores, como conhecer alguém que já usa VEs, são preponderantes na decisão de compra. Em relação aos fatores macro, no caso específico do Brasil, segundo Habich-Sobiegalla *et al*. (2018) os consumidores demonstraram preocupação com as emissões de GEE e seu impacto no aquecimento global, além da disponibilidade de postos de recarga.

Moon *et al*. (2018) destacam que as preferências do consumidor em relação ao carregamento da bateria de seus VEs podem ser subdivididas em: cronograma de carregamento, localização da estação de carregamento e tipo de estação de carregamento. O método do autor foi uma pesquisa, realizada em 2016, com um pool de entrevistados da Coreia do Sul.

Em termos de onde carregar as baterias de seus VEPs, Chakraborty *et al*. (2019) e Lee *et al*. (2020) indicaram que os usuários preferem realizar o carregamento domiciliar. Aqueles que dependem apenas da recarga caseira representaram mais da metade das ocorrências em Lee *et al*. (2020), enquanto Chakraborty *et al*. (2019) constataram que entre 50% e 80% das recargas ocorreram nas residências dos consumidores no caso dos VEPs.

Tanto Lee *et al*. (2020) quanto Chakraborty *et al*. (2019) constataram que o local de trabalho ocupa o segundo lugar na preferência dos usuários por eventos de recarga de baterias de VEPs. No caso de Lee *et al*. (2020), 16% dos usuários usaram estações de carregamento exclusivamente no local de trabalho, enquanto em Chakraborty *et al*. (2019) estudam esse uso específico respondendo por 15% a 20% das ocorrências. Em terceiro e último lugar ficaram as estações de recarga públicas, sendo utilizadas por 13% e 5% dos consumidores, respectivamente, nos estudos de Lee *et al*. (2020) e Chakraborty et al. (2019).

Outro fator de extrema relevância para os consumidores é o timing dos eventos de recarga. Os resultados da pesquisa realizada por Moon *et al*. (2018) mostram que aproximadamente 60% dos usuários preferem carregar a bateria de seus VEPs à noite, entre 18h e 6h, enquanto o restante, correspondendo a aproximadamente 40% dos entrevistados, optam por recarregar durante o dia, entre 6h e 18h.

A disponibilidade de estações de carregamento de baterias no destino, e também durante a viagem em uma determinada rota, desempenha um papel importante na escolha de uma determinada rota pelo usuário de VEPs (ASHKROF *et al.* 2020). Zhang *et al*. (2020) descobriram que as estações de recarga em estacionamentos também são

infraestruturas críticas para a adoção em massa de VEPs. Não foram encontrados estudos com foco no comportamento do consumidor relacionado aos VEs no Brasil, e é razoável supor que isso se deva à incipiente penetração dos VEs no país.

3.3.2.9 Infraestrutura de Recarga – Dados e Diagnósticos de Mercado

Para que os consumidores possam completar suas rotas usando VEPs, é necessário que existam estações de recarga disponíveis, tanto ao longo das rodovias quanto em estacionamentos (ZHANG *et al.* 2020). Em seu artigo, Funke *et al*. (2019) discutem os números de VEPs por infraestrutura de carregamento disponível de forma bastante abrangente, citando a Noruega e os Estados Unidos como líderes em termos dessa relação, com 19 e 17 estações de carregamento por VEP. Nações como Suécia e Reino Unido também aparecem com destaque, com 12 e 10 postos de recarga por VEP respectivamente (FUNKE *et al.* 2019). Globalmente, o número médio de pontos de carregamento por VEP é 7, e nações como França, China e Alemanha operam perto da média global (FUNKE *et al.* 2019).

No continente europeu, Napoli *et al*. (2019) mencionam a existência de aproximadamente 120 mil ERVEP, distribuídos em sua maioria, em números absolutos, entre Reino Unido, França, Alemanha e Holanda. Em 2020, os ERVEPs devem atingir 440.000 pontos disponíveis na Europa, atingindo 2 milhões de pontos em 2025, suportando assim uma fatia de mercado esperada de 7% de VEs.

Funke *et al*. (2019) mostram que para a Noruega e os Estados Unidos existem 1400 e 1600 VMCIs para cada posto de abastecimento, respectivamente, um número muito superior aos 19 e 17 VEPs por ERVEP no mesmo período. Cenário semelhante ocorre em outros países considerados mais maduros em relação à eletrificação veicular.

Fang *et al*. (2020) abordam o caso da China, onde em 2018 havia uma relação inferior a 20% entre ERVEPs e VEPs em circulação. Além disso, de acordo com Fang *et al*. (2020), o governo chinês está ciente da demanda e planeja entregar 12.000 estações de carregamento adicionais até 2020.

Para que o mercado de ERVEPs se desenvolva ainda mais globalmente, espera-se um aumento na frota circulante de VEPs (PERERA *et al.* 2020), uma vez que os investimentos associados, que serão discutidos na próxima seção, ainda são altos em comparação com a demanda atual. Fang *et al*. (2020) também abordam a viabilidade de estações de recarga, apontando áreas urbanas e grandes centros como preferíveis para sua instalação.

No contexto brasileiro, segundo Outlook (2020), as ERVEPs disponíveis passaram de 476 em 2017 para 1.930 ao final de 2019, correspondendo a um crescimento de aproximadamente 300% em apenas dois anos. Das 1.930 ERVEPs distribuídos pelo país em 2019, 908 eram postos de recarga lenta, com potências inferiores a 22kW. Apesar do relevante crescimento da disponibilidade de ERVEPs, os números absolutos no Brasil mostram claramente que existe uma lacuna relevante de postos de recarga para suportar o itinerário diário do consumidor de VEPs.

3.3.2.10 Infraestrutura de Recarga – Tecnologia, Custos e Tendências

Apesar da preferência do consumidor anteriormente mencionada pela recarga em casa, existe uma fração de usuários que não dispõe de meios para realizar a recarga doméstica de bateria (MURATORI *et al.* 2019). Nesse contexto, as estações públicas surgem como uma alternativa para suprir essa demanda, além de atender também rotas mais longas. Zhang *et al*. (2020) mencionam a disponibilidade de estações nas estradas e também em estacionamentos como crucial para reduzir a ansiedade dos consumidores em relação à autonomia limitada dos VEPs, se comparados aos VMCIs.

Em seu trabalho, Das *et al*. (2020) realizam um estudo tecnológico detalhado em relação a fatores como: Fonte de Corrente; Tensão; Corrente Máxima. Dependendo do conjunto dessas características, uma estação se enquadra em um determinado Nível ou Modo. Em termos de Fonte de Corrente, as estações podem ser de Corrente Alternada (CA) ou Corrente Contínua (CC). Já a Tensão pode variar de 120V a 600V, assim como as Correntes, Alternadas ou Contínuas, variando entre 16A e 400A. Das *et al*. (2020) também subdividem o hardware de carregamento em Recarga Lenta (Níveis 1 e 2) e Recarga Rápida (Níveis 3 e 4).

As tecnologias de carregamento para VEPs seguem padrões de Órgãos Reguladores localizados em diferentes partes do mundo. Enquanto organizações como IEC (International Electro-Technical Commission), SAE (Society of Automotive Engineers), JEVA (Japan Electric Vehicle Association) e SAC (Standardzation Administration of China), entre outras, se preocupam com a padronização de Componentes, a ISO (International Organization of Standardization) visa regularizar os padrões relacionados aos VEs como um todo (DAS *et al.* 2020).

O mercado brasileiro utiliza a IEC como principal fonte para o estabelecimento de normas e regulamentações (CONSONI, 2018). O órgão responsável pelas normas e regulamentações no país é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Na tabela 1 é possível observar as normas brasileiras diretamente relacionadas aos VEs.

Tabela 1. Normas Técnicas Brasileiras relacionadas a Veículos Elétricos

Norma	**Descrição**
ABNT NBR IEC 61851-1	Sistema de recarga condutiva para VEs – Requisitos gerais;
ABNT NBR IEC 61851-21	Sistema de recarga condutiva para VEs – Requisitos;
ABNT NBR IEC 61851-22	Sistema de recarga condutiva para VEs – Estação;
ABNT NBR IEC 62196-1	Plugues, Tomadas, Tomadas Móveis para VE e Plugues;
ABNT NBR IEC 62196-2	Plugues, Tomadas, Tomadas Móveis para VE e Plugues;
ABNT IEC/TR 60783	Fiação e conectores dos VEs rodoviários;
ABNT NBR IEC 62660-1	Células de lítio-íon secundárias para propulsão de veículos;
ABNT NBR IEC 62660-2	Células de lítio-íon secundárias para propulsão de veículos;
ABNT NBR IEC 61434	Células e baterias secundárias contendo eletrólitos alcalino.

Fonte: Autoria própria.

Os padrões seguidos por diferentes países costumam ser diferentes uns dos outros, incluindo o design de portas e conectores. Enquanto a China usa Guobiao (GB/T) para seus veículos, o Japão usa CHAdeMO, a Europa geralmente usa IEC e os Estados Unidos usam padrões SAE-J1772 e também o design proprietário da Tesla (DAS *et al.* 2020). Fabricantes de veículos e reguladores ainda estão tentando chegar a um acordo sobre um padrão global proposto, evitando assim os atuais conflitos entre os padrões existentes.

Em termos de custos de implantação relacionados aos ERVEPs, enquanto Huang e Kockelman (2020) optaram por agregar custos de aquisição de terrenos para

instalação de estações, Pagani *et al*. (2019) enfocaram os custos diretamente ligados às tecnologias. Huang e Kockelman (2020) mencionam um custo de instalação, por ponto de carregamento, de aproximadamente USD 20.000, enquanto Pagani *et al*. (2019) mencionaram custos que variam entre CHF 20.000 e CHF 110.000, representando em 8 de fevereiro de 2021, valores entre USD 22 mil e USD 122 mil, dependendo da tecnologia.

No caso dos VEPs, as tendências relacionadas aos ERVEPs públicos vão em favor de fontes de corrente contínua para carregamento rápido, permitindo o uso desses veículos para percursos mais longos. A proporção de estações de carregamento rápido para todas as estações de carregamento públicas disponíveis, de acordo com Funke *et al*. (2019) variou de aproximadamente 10% para países como França e Alemanha, para cerca de 15% na Noruega, Estados Unidos e Reino Unido, e Suécia, chegando a 25% no Japão e, finalmente, 40% no caso da China, que aparece como destaque na comparação. No Brasil, não foi possível definir a proporção de postos de recarga rápida, quando comparados a todos os ERVEPs disponíveis no país.

3.4 Conclusões

Este estudo apresentou e analisou as principais tendências da literatura recente sobre o tema dos VEs no contexto global e brasileiro, trazendo reflexões para o desenvolvimento de estratégias para este cenário emergente de mudança tecnológica. A análise sistemática da literatura realizada confirmou uma tendência mundial crescente no número de publicações sobre o tema, bem como a aceleração da adoção de VEs pela sociedade. Foram identificadas oito grandes áreas temáticas de pesquisa sobre o tema: emissões de gases de efeito estufa, VEs – dados e diagnósticos de mercado, geração de eletricidade, incentivos à eletrificação veicular, VEs – aplicações em frotas comerciais, comportamento do consumidor de VEs, infraestrutura de postos de recarga – dados e diagnósticos de mercado, Infraestrutura de postos de recarga – tecnologias, custos e tendências.

Em seguida, foram abordados os impactos da adoção de VEs relacionados às emissões de GEE, bem como os desafios relacionados à geração de eletricidade e disponibilidade de infraestrutura de carregamento de VEs, enfatizando a relevância dos incentivos fiscais na promoção da eletrificação veicular globalmente. Por fim, foram

elencados os fatores determinantes para a disseminação da eletrificação veicular: infraestrutura adequada para carregamento de VE, incentivos fiscais para compra, manutenção e carregamento do VE, disponibilidade e atratividade de custo de eletricidade energia e aumento da demanda social por alternativas de transporte com menor impacto ambiental.

No contexto do Brasil, a literatura se mostrou bastante escassa, pois encontrar dados robustos sobre esse tema foi uma das principais dificuldades enfrentadas no período de buscas utilizando a ferramenta Science Direct. No Brasil, embora a matriz energética seja ambientalmente favorável, a dependência de fontes hidrelétricas e, consequentemente, das chuvas, se mostrou um ponto negativo estratégico, exigindo alternativas de geração de energia elétrica para aumentar a robustez de seu mix. Ainda neste tópico, a capacidade de geração de eletricidade também é um obstáculo para a disseminação dos VEs no país, sendo atualmente incapaz de suportar um aumento relevante da demanda proveniente do transporte.

A infraestrutura brasileira de carregamento de VEs também se mostrou incipiente, ou praticamente nula, enquanto os incentivos fiscais associados aos VEs se mostraram pontuais, faltando claramente uma estratégia centralizada. Não é à toa que o Brasil é um grande mercado automotivo praticamente inexplorado no que diz respeito à eletrificação de sua frota. É necessária uma matriz de geração de eletricidade maior e mais diversificada, bem como uma estratégia centralizada na infraestrutura de carregamento de VEs e incentivos fiscais. Esses são temas críticos de atenção para liberar o potencial do mercado de VEs no Brasil, seguindo as melhores práticas globais sobre o assunto.

Por fim, o presente estudo cumpriu seu objetivo principal ao trazer contribuições para o avanço da literatura sobre o tema e apresentar os aspectos estratégicos para a aceleração da eletrificação veicular, incluindo o Brasil neste contexto. Estratégias relacionadas à geração de energia elétrica, tecnologias de infraestrutura e recarga e incentivos fiscais aparecem como temas a serem explorados com mais profundidade pela academia, órgãos governamentais e também pela própria sociedade brasileira.

3.5 Referências

AMINUDIN, M. A. *et al*. An overview: Current progress on hydrogen fuel cell vehicles. International Journal of Hydrogen Energy, v. 48, n. 11, p. 4371-4388, 2023.

ANJOS, Miguel F.; GENDRON, Bernard; JOYCE-MONIZ, Martim. Increasing electric vehicle adoption through the optimal deployment of fast-charging stations for local and long-distance travel. European Journal of Operational Research, v. 285, n. 1, p. 263-278, 2020.

CHAKRABORTY, Debapriya *et al*. Demand drivers for charging infrastructure-charging behavior of plug-in electric vehicle commuters. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 76, p. 255-272, 2019.

CONSONI, F. L. *et al*. Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos. 2018.

DAS, Himadry Shekhar *et al*. Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 120, p. 109618, 2020.

DE CASTRO, Nivalde José; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme de A. O Avanço da Crise Hídrica no Brasil. Rio de Janeiro. Brasil, 2021.

FANG, Yujuan *et al*. Promoting electric vehicle charging infrastructure considering policy incentives and user preferences: An evolutionary game model in a small-world network. Journal of cleaner production, v. 258, p. 120753, 2020.

FUNKE, Simon Árpád *et al*. How much charging infrastructure do electric vehicles need? A review of the evidence and international comparison. Transportation research part D: transport and environment, v. 77, p. 224-242, 2019.

HABICH-SOBIEGALLA, Sabrina; KOSTKA, Genia; ANZINGER, Niklas. Electric vehicle purchase intentions of Chinese, Russian and Brazilian citizens: An international comparative study. Journal of cleaner production, v. 205, p. 188-200, 2018.

HUANG, Yantao; KOCKELMAN, Kara M. Electric vehicle charging station locations: Elastic demand, station congestion, and network equilibrium. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 78, p. 102179, 2020.

LAVRADOR, Rafael Belém; DE SÁ TELES, Beatriz Arioli. Life cycle assessment of battery electric vehicles and internal combustion vehicles using sugarcane ethanol in Brazil: A critical review. Cleaner Energy Systems, v. 2, p. 100008, 2022.

LEE, Jae Hyun *et al*. Exploring electric vehicle charging patterns: Mixed usage of charging infrastructure. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 79, p. 102249, 2020.

LEMME, Rafael FF; ARRUDA, Edilson F.; BAHIENSE, Laura. Optimization model to assess electric vehicles as an alternative for fleet composition in station-based car sharing systems. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 67, p. 173-196, 2019.

MOON, HyungBin *et al*. Forecasting electricity demand of electric vehicles by analyzing consumers' charging patterns. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 62, p. 64-79, 2018.

MURATORI, Matteo *et al*. Technology solutions to mitigate electricity cost for electric vehicle DC fast charging. Applied Energy, v. 242, p. 415-423, 2019.

NAPOLI, Giuseppe *et al*. Optimal allocation of electric vehicle charging stations in a highway network: Part 1. Methodology and test application. Journal of Energy Storage, v. 27, p. 101102, 2020.

OUTLOOK, IEA Global EV. Entering the decade of electric drive. International Energy Agency, 2020.

PERERA, Piyaruwan; HEWAGE, Kasun; SADIQ, Rehan. Electric vehicle recharging infrastructure planning and management in urban communities. Journal of Cleaner Production, v. 250, p. 119559, 2020.

REDDY, K. Jyotheeswara; NATARAJAN, Sudhakar. Energy sources and multi-input DC-DC converters used in hybrid electric vehicle applications–A review. International journal of hydrogen energy, v. 43, n. 36, p. 17387-17408, 2018.

RUPP, Matthias *et al*. Contribution of country-specific electricity mix and charging time to environmental impact of battery electric vehicles: A case study of electric buses in Germany. Applied energy, v. 237, p. 618-634, 2019.

SANTINI, D. J. Electric vehicle waves of history: lessons learned about market deployment of electric vehicles. IntechOpen, 2011.

SILVA, Tatiana de Fátima Bruce da. Recarga de veículos elétricos: o que Esperar quando o combustível dos nossos carros for a eletricidade? 2017.

TEIXEIRA, Ana Carolina Rodrigues; SODRÉ, José Ricardo. Impacts of replacement of engine powered vehicles by electric vehicles on energy consumption and CO2 emissions. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 59, p. 375-384, 2018.

WANG, Ning; TANG, Linhao; PAN, Huizhong. A global comparison and assessment of incentive policy on electric vehicle promotion. Sustainable Cities and Society, v. 44, p. 597-603, 2019.

WOO, JongRoul; CHOI, Hyunhong; AHN, Joongha. Well-to-wheel analysis of greenhouse gas emissions for electric vehicles based on electricity generation mix: A global perspective. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 51, p. 340-350, 2017.

ZHANG, Anpeng; KANG, Jee Eun; KWON, Changhyun. Multi-day scenario analysis for battery electric vehicle feasibility assessment and charging infrastructure planning. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, v. 111, p. 439-457, 2020.

4 FATORES SOCIODEMOGRÁFICOS E A INTENÇÃO DE USO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

Este trabalho busca verificar a relação direta de fatores sociodemográficos (FSD) na intenção de uso (IU) de veículos elétricos (VEs). A coleta de dados ocorreu através de questionário online aplicado à estudantes de pós-graduação de três instituições de ensino brasileiras, com amostra final de 209 respondentes, desta forma homogênea e não probabilística. Por outro lado, por se tratarem de estudantes de pós-graduação, estes podem ser considerados como mais informados e embasados para a tomada de decisão sobre um produto ainda relativamente inédito no mercado. A análise de dados ocorreu por regressão linear múltipla. Os resultados indicaram não haver relação significante entre a IU de VEs e FSDs. Além da contribuição acadêmica, esta pesquisa auxilia governos e empresas a direcionarem seus esforços na promoção de VEs. Tais esforços não devem focar em segmentos sociodemográficos específicos, visando aumentar e promover a IU. Estudos com amostras ampliadas e heterogêneas são necessários para confirmar os indícios apresentados.

O conteúdo deste capítulo foi submetido, com modificações, para a publicação no periódico científico *RIMAR* (Revista Interdisciplinar de Marketing, ISSN: 1676-9783), em 09 de junho de 2024, e aguarda retorno por parte da banca avaliadora.

4.1 Introdução

O potencial dos VEs, do ponto de vista ambiental, precisa ser demonstrado levando em conta o ciclo de vida completo, incluindo sua fabricação, uso e fim de vida,

assim como, o fornecimento de energia. Como observado no trabalho de Woo *et al*. (2017), o setor de transportes consumiu 27,6% de toda a energia produzida no planeta no ano de 2013. Além do exposto, segundo Rupp *et al*. (2019) o setor de transportes também foi responsável por 25,5% do total de emissões de gases de efeito estufa (GEE) no ano de 2016.

No trabalho de Li *et al*. (2019), os veículos elétricos híbridos (VEH), veículos elétricos híbridos plug-in (VEHP) e veículos elétricos a bateria (VEB) são apontados como alternativas de transporte mais eficientes em termos de consumo de energia. Na pesquisa de Teixeira e Sodré (2018), para uma frota de veículos elétricos a bateria (VEB), as emissões podem ser entre 10 a 26 vezes menores na comparação com uma frota de veículos com motor de combustão interna (VMCI).

Pela origem da amostra ser de estudantes de pós-graduação provenientes de instituições brasileiras, é relevante situar o país no que diz respeito ao contexto dos VEs. Do ponto de vista ambiental, o Brasil possui características aderentes à eletrificação veicular, dentre elas uma matriz de geração de energia elétrica com baixo impacto relativo nas emissões de gases de efeito estufa (WOO *et al*. 2017), ao mesmo tempo em que o consumidor demonstra preocupação com o meio ambiente e também com a disponibilidade de estações públicas de recarga (HABICH-SOBIEGALLA *et al.* 2018).

Apesar dos números absolutos ainda reduzidos, a disponibilidade de estações de recarga no Brasil apresentou um crescimento superior a 300% entre os anos de 2017 e 2019 (OUTLOOK, 2020). Diferentes países adotam políticas públicas distintas para estimular a intenção de uso de VEs. Conforme apontam Vaz, Barros e De Castro (2015), no Brasil, poucos são os incentivos públicos existentes para VEs, apesar do grande potencial da eletrificação veicular encontrado no país.

Rietmann e Lieven (2019) investigaram a eficácia de diferentes medidas de promoção de VEs por parte dos governos de 20 países, medindo a influência de incentivos monetários, regulamentos de trânsito que favorecem os VEs, bem como a infraestrutura de carregamento na participação de mercado dos VEs nesses países. Os resultados mostraram que todas as medidas de política influenciam positivamente a adoção de VEs, especificamente as medidas monetárias em interação com a infraestrutura de carregamento. Além disso, os resultados indicam que as medidas governamentais que promovem a mobilidade elétrica refletem as preferências dos consumidores nos respectivos países. Ou seja, é importante adaptar as medidas de

incentivo com relação aos públicos-alvo. Os autores ainda fizeram um exame mais aprofundado da Noruega, dos Países Baixos, da Alemanha e do Brasil, onde os VEs foram adotados com mais ou menos sucesso. Essa análise também enfatiza a necessidade de colaboração entre as partes interessadas dos setores público e privado, a fim de promover os VEs (RIETMANN e LIEVEN, 2019).

No caso do Brasil, Rietmann e Lieven (2019) apontam que o país ainda carece de projetos locais, nacionais e internacionais para promover os VEs, o que pode explicar ainda mais suas baixas participações de mercado. Mas há, obviamente, um conjunto amplo de políticas que podem ser adotadas, com maior ou menor custo (VAZ, BARROS e DE CASTRO, 2015). A expansão dos veículos elétricos exigirá regulamentação do mercado, políticas de incentivo e infraestrutura de carregamento adequada (COSTA *et al*. 2020). Contudo, uma vez escolhidas as políticas públicas, como direcioná-las para que os públicos-alvo adequados sejam atingidos com rapidez, eficiência e eficácia? Parece razoável supor que alguns grupos sociodemográficos possuem maior ou menor intenção de uso de VEs, o que resultaria em diferentes e específicos alvos para essas políticas. Tendo em vista este breve panorama, e buscando responder a essa última pergunta, o objetivo geral deste trabalho constituiu-se na verificação da relação direta de fatores sócio demográficos (FSDs) na intenção de uso de VEs. Dentre os FSDs pesquisados, podem ser citados: idade, gênero, escolaridade, renda, posse de veículo, posicionamento político e engajamento religioso.

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, foi observado que trabalhos empíricos e inferenciais que investiguem tais relações no contexto brasileiro ainda são pouco explorados. Devido à natureza deste estudo e do gap identificado a partir da revisão da literatura, oito hipóteses foram definidas e testadas por meio de regressão linear múltipla.

Foi apontado por alguns autores (CONSONI, 2018; LEMME *et al*. 2019; RIETMANN e LIEVEN, 2019) que a aceleração da adoção de VEs envolve esforços diretamente governamentais e também da sociedade. Além da contribuição no campo acadêmico, este trabalho visa auxiliar governos, empresas e tomadores de decisão a direcionarem seus esforços na promoção de veículos elétricos de forma mais assertiva.

4.2 Referencial Teórico

Este capítulo apresenta primeiramente os dois construtos centrais e norteadores desta pesquisa: fatores socioeconômicos e intenção de uso. Na sequência são enumerados os principais trabalhos relacionados ao papel dos FSDs na intenção de uso de VEs. Por fim são discutidos o contexto brasileiro e as hipóteses levantadas neste trabalho.

4.2.1 Intenção de Uso

Há diversos estudos que definem e quantificam a intenção de uso (IU) de VEs. De acordo com Anderson *et al*. (2014), os VEs desempenham papel relevante na sustentabilidade dos transportes, tais como a transformação da matriz energética baseada no petróleo, uma maior eficiência do tráfego e a redução da emissão de gases de efeito estufa, e a consequente redução na poluição atmosférica. Por conseguinte, as pessoas preocupadas com o meio ambiente apresentarão relevante IU (e compra) de produtos ecológicos, e de participar em atividades de proteção ambiental (GREAVES, ZIBARRAS e STRIDE, 2013; HA e JANDA, 2012).

Chen (2016b) apresentou em seu trabalho o conceito de utilidade verde percebida (UVP), enquanto que o efeito da UVP na IU de VEs foi testado amplamente em diversos trabalhos acadêmicos, como por exemplo (CHEN e LU, 2017; CHENG e HUANG, 2013; MANIATIS, 2016). Em um modelo simplificado, a UVP mostra um impacto significativo na IU (CHEN e LU, 2017). Além disto, uma vasta gama de estudos confirmou que a preocupação ambiental (PA) tem relação significativa com a IU de produtos verdes, como no caso de VEs (OZAKI e SEVASTYANOVA, 2011; WANG *et al*. 2017).

4.2.2 Fatores Sociodemográficos

Informações sobre fatores sociodemográficos são utilizadas nas mais diversas aplicações, auxiliando os stakeholders em momentos estratégicos de tomada de decisão. No contexto governamental brasileiro, a cada dez anos é publicado pelo IBGE o Censo Demográfico, fundamental para o desenvolvimento e implementação de políticas públicas e para a realização de investimentos. No contexto dos VEs, pode-se citar o levantamento da Consoni *et al.* (2018), que mapeia a distribuição de VEs por estado da federação, além da quilometragem diária média percorrida pelos EVs em circulação.

Ainda abordando a eletrificação veicular, serão citados nas próximas seções deste trabalho uma série de pesquisas acadêmicas que utilizaram em suas análises informações como: idade, gênero, escolaridade, renda, posse de veículo, posicionamento político e engajamento religioso –fatores sociodemográficos que podem ter impacto na IU de VEs.

4.2.3 Publicações Relevantes para o Modelo Conceitual

Essa seção apresenta trabalhos acadêmicos pesquisados nas plataformas Elsevier e Google Scholar. Estes possuíam as expressões em inglês a seguir: "Veículos Elétricos E Intenção de Uso", "Intenção de Uso E Fatores Sociodemográficos", "Veículos Elétricos E Fatores Sociodemográficos". Foram priorizados os artigos publicados nos últimos 5 anos (2017 – 2022), havendo apenas três exceções que foram mantidas por sua aderência ao tema desta pesquisa, no caso Cooper e Carling (2012), Sierzchula *et al*. (2014) e Sang e Behet (2015). Os resultados das buscas foram ordenados por relevância, e apenas os 50 primeiros resultados de cada busca foram considerados, sendo que uma leitura dos abstracts, seguida de leitura dos documentos, foram usadas como dois filtros em sequência, para a obtenção dos artigos realmente úteis para o presente estudo.

4.2.4 Publicações sobre Fatores Sociodemográficos e Intenção de Uso de Veículos Elétricos

Simsekoglu (2018), por meio de um questionário encontrou relação positiva entre o perfil de usuários de VEs, e 03 FSDs específicos, sendo estes: idade, nível de escolaridade e renda familiar. A pesquisa concluiu que os usuários de VEs são mais jovens, com nível mais alto de escolaridade e também com renda mensal elevada - indo ao encontro do que se espera de um bem com demanda elástica e sensível à renda (VIVANCO *et al*. 2021). Estes achados de Simsekoglu (2018) são parcialmente convergentes com o trabalho de Habich-Sobiegalla *et al*. (2019), que também apontou os níveis mais altos de escolaridade como fator positivo para a IU de VEs, enquanto que não encontrou relação estatisticamente significante no que se relaciona ao fator idade.

Lin e Wu (2018) convergiram com Simsekoglu (2018) no que se refere a associação positiva entre consumidores com rendas mensais mais elevadas e a IU de VEs, ao passo que fatores como idade e gênero foram pontuados como estatisticamente não relevantes. Nosi *et al*. (2017) segue caminho semelhante, pontuando que a população de millenials na Itália, por ainda não possuir uma renda mensal relevante, tem uma menor IU de VEs.

Através de questionário, Dong *et al*. (2020) aponta que a posse atual de veículo (não necessariamente VE) é um FSD de relação positiva com a IU de VEs, sendo este um fator não conclusivo segundo o trabalho de revisão de literatura apresentado por Singh *et al*. (2020), em que são citados os trabalhos divergentes com relação à posse de veículos (ZHANG *et al*. 2018; PETER *et al*. 2018).

Em sua revisão de literatura, Li *et al*. (2017) convergem com os trabalhos de Simsekoglu (2018) no que diz respeito a relação positiva entre a IU de VEs e os FSDs idade e nível de escolaridade, e também com a pesquisa de Habich-Sobiegalla *et al*. (2019) no que se refere ao FSD nível de escolaridade. Ainda no trabalho de Li *et al*. (2017), houve convergência com os trabalhos de Lin e Wu (2018) e Simsekoglu (2018) sobre a influência positiva do FSD renda familiar. Entre os principais trabalhos citados por Li *et al*. (2017), podem ser mencionados Bjerkan *et al*. (2016), Carley *et al*. (2013) e Hackbarth e Madlener (2016).

Na pesquisa questionário empreendida por Park *et al*. (2021), apesar do tema ser relacionado a veículos autônomos, é possível fazer uma correlação com VEs. Observa-se uma divergência com os trabalhos de Simsekoglu (2018), Habich-Sobiegalla *et al*. (2019) e Li *et al*. (2017), pois neste trabalho os potenciais consumidores de VEs aparecem como sendo de menor escolaridade. Adicionalmente, Park *et al*. (2021) não observam relevância estatística nos FSDs relacionados ao gênero feminino e renda familiar, desta forma divergindo das pesquisas de Simsekoglu (2018), Lin e Wu (2018) e Li *et al*. (2017).

Os questionários de Hu *et al*. (2021) e Acheampong e Siiba (2020) abordam o tema de car-sharing, num contexto em que também é possível fazer correlações com VEs. Hu *et al*. (2021) convergem com os resultados encontrados por Simsekoglu (2018), Lin e Wu (2018), Li *et al*. (2017) no que se refere à influência do FSD renda familiar, e por conseguinte divergindo da pesquisa de Park *et al*. (2021). O trabalho de Acheampong e Siiba (2020) aponta a relação positiva entre os FSDs nível de escolaridade e gênero feminino com a IU de VEs, desta forma convergindo com

Simsekoglu (2018) e Habich-Sobiegalla *et al*. (2019) no que tange o nível de escolaridade, e divergindo dos achados de Park *et al*. (2021) relacionados à gênero.

A pesquisa de Simsekoglu e Klöckner (2019) estuda as intenções de compra de bicicletas elétricas, enquanto que o trabalho de Minton *et al*. (2022) abordam a influência da religiosidade no consumo sustentável, sendo possível correlacionar estes dois temas com o consumo de VEs. No caso de Simsekoglu e Klöckner (2019), através de questionário seu trabalho aponta relação positiva entre o FSD idade e a IU de bicicletas elétricas, enquanto que Minton *et al*. (2022) abordam a influência positiva dos valores religiosos com o consumo de produtos sustentáveis, como no caso de VEs. Apesar de não abordarem diretamente a IU ou consumo sustentável, os trabalhos de Cooper e Carling (2012), Ping (2020), Boettcher (2022), Zagonari (2020) abordam a relação entre os valores religiosos e a ética e consciência associadas ao meio ambiente, podendo ser indiretamente associados à pesquisa de Minton *et al*. (2022).

Em seu trabalho de revisão bibliográfica, Sierzchula *et al*. (2014) apontam que a adoção de VEs associa-se de forma significativa a fatores como incentivos fiscais e infraestrutura de recarga, não tendo sido observada a relação direta de fatores sociodemográficos na IU de VEs. Há uma série de publicações acadêmicas focando nos temas relacionados a incentivos fiscais e infraestrutura de recarga de VEs, para os incentivos fiscais podem ser citados Anjos *et al*. (2020), Fang *et al*. (2020) e Wang *et al*. (2019), enquanto que a relevância da infraestrutura de recarga é central nos trabalhos de Zhang *et al*. (2020) e Fang *et al*. (2020).

Quanto ao contexto Brasileiro, que pode ser potencialmente diferente de outros países, a pesquisa bibliográfica empreendida por este estudo encontrou apenas duas publicações acadêmicas abordando o potencial consumidor brasileiro de VEs. São estas Habich-Sobiegalla *et al*. (2019) e De Oliveira *et al*. (2022). Este pequeno número demonstra o gap na produção acadêmica relacionado primeiramente ao potencial cliente brasileiro de VEs, e de forma mais específica ao estudo da relação direta de FSDs na IU de VEs.

Em seu trabalho, De Oliveira *et al*. (2022) estudam através de questionário os fatores relevantes associados à IU de VEs no Brasil. Com uma amostra de 488 respondentes, a pesquisa adota o método Decomposed Theory of Planned Behavior e estuda a influência das emoções dos consumidores na intenção de uso de VEs. Os resultados demonstram que o uso em potencial de VEs tem um efeito positivo nas atitudes do consumidor brasileiro, e que este efeito gera um impacto positivo na IU de

VEs. Apesar do exposto, o estudo também demonstra que há ainda preocupações do consumidor com fatores como infraestrutura de recarga, tempo de recarga, autonomia da bateria e o preço de aquisição de VEs.

A pesquisa de Habich-Sobiegalla *et al*. (2019) realizou questionário com 929 respondentes brasileiros, buscando analisar a potencial intenção de compra VEs. Os resultados demostraram que a intenção de compra foi relevante para indivíduos com ampla rede social, e que conheciam algum consumidor efetivo de VEs. Além disto, a preocupação com a poluição apresentou efeito positivo relevante na intenção de compra, enquanto que a disponibilidade de infraestrutura de recarga apresentou-se como empecilho para a adoção de VEs. O trabalho também abordou FSDs como idade e educação, e não encontrou nenhum efeito estatisticamente significativo.

Não foram encontrados estudos focados no papel do tipo de formação (e.g. graduação em exatas, humanas ou biológicas) na IU, contudo Visentini (2007) evidenciou que os problemas ecológicos e ambientais têm caráter universal, sendo problemas complexos que envolvem várias áreas do conhecimento, incluindo as ciências exatas, humanas e biológicas. Nesse sentido, uma relação não significante desse fator na IU se torna uma hipótese razoável.

4.2.5 Publicações em formato Questionário com Amostras Especializadas, Não-Probabilísticas e Homogêneas

Em se tratando de pesquisas utilizando amostra com respondentes provenientes de instituições de ensino brasileiras, pode-se citar o trabalho de Da Cruz et al (2020). Em sua pesquisa, os autores se propuseram a identificar fatores que influenciam as atitudes de indivíduos em prol do desenvolvimento sustentável, em suas diferentes dimensões. Neste, foi levantada uma amostra de 254 respondentes, provenientes de 02 instituições de ensino no estado da Bahia. Em seus resultados, foram levantadas evidências de que o conhecimento sobre sustentabilidade possui impacto positivo e significante na atitude do discente nas Dimensões Ambiental, Econômica, Social e de Educação. A associação com o presente trabalho se dá de forma indireta, através da percepção de sustentabilidade associada aos VEs.

Em sua pesquisa, Khazaei (2019) estudou os impactos de diversos fatores na IU de VEs na Malásia, dentre eles: influência social, valor percebido, expectativa de

desempenho e senso individual de inovação. A amostra neste caso consistia de 323 respondentes, englobando estudantes de graduação e pós-graduação, além de empregados de cinco empresas de Kuala Lumpur. Os resultados encontrados evidenciaram que o fator "influência social", dentre outros, possui relação direta positiva para a compra de um VE.

Em seu trabalho, Jaiswal *et al* (2021) visaram operacionalizar e testar o Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM), a fim de compreender e prever a intenção dos consumidores em adotar VEs. A amostra nesta pesquisa foi de 418 respondentes, sendo estes alunos matriculados em programas de graduação, pós-graduação e doutorado de diversas instituições de ensino da Índia, compondo novamente uma amostra não-probabilística e homogênea. Jaiswal *et al* (2021) afirmaram que a seleção de estudantes como respondentes se deu pelo fato de que estes representariam um grupo bem informado e educado, o que implicou não só em uma melhor compreensão do fenômeno da sustentabilidade ambiental, mas também uma maior familiaridade com tecnologias digitais (questionário *online*) e uma preferência por produtos de inovação tecnológica, como no caso dos VEs.

4.2.6 Compilação das Publicações e Hipóteses da Pesquisa

As conclusões oriundas das pesquisas anteriormente analisadas confirmam a falta de consenso (ou variação de resultados entre países) acerca das inter-relações entre os dois construtos centrais do presente trabalho. Além do exposto, foi possível aferir o gap de publicações acadêmicas abordando a relevância dos FSDs na IU de VEs no contexto Brasileiro. Alguns autores, como Sierzchula *et al*. (2014), Yan *et al*. (2019), Ping (2020), não encontraram nenhuma relação significante entre os FSD testados e a IU de VEs.

É relevante e se faz necessário pontuar que dentre os trabalhos citados nesta pesquisa foram utilizadas abordagens, modelos teóricos, metodologias e variáveis distintas entre si, demonstrando a não uniformidade das métricas utilizadas para medir os dois construtos foco do presente trabalho, FSDs e IU.

Por meio da análise dos artigos supracitados, são listadas a seguir as hipóteses geradas para o presente estudo, alinhadas ao objetivo específico explanado na

Introdução deste trabalho, de: desenvolver modelo, utilizando uma dimensão do TAM, sendo esta a Intenção de Uso, sobre a influência de fatores sociodemográficos (FSD) na intenção de uso (IU) de veículos elétricos (VEs). Procurou-se seguir as tendências mais evidentes na literatura mencionada, muito embora não houve, em alguns casos, total convergência ou consenso quanto à significância do efeito do FSD na IU.

Tabela 2. Compilação das Publicações e Hipóteses da Pesquisa

Hipóteses:	**Fonte:**
h1: O fator sociodemográfico "Idade" (FI) impacta positivamente a intenção de uso do potencial consumidor de VEs no Brasil.	Simsekoglu (2018); Habich-Sobiegalla *et al*. (2019); Newell e Green (1997); Sang e Behet (2015); Park *et al*. (2021); Bjerkan *et al*. (2016); Simsekoglu e Klöckner (2019); Lin and Wu (2018)
h2: O fator sociodemográfico "gênero feminino" (GF) impacta positivamente a intenção de uso do potencial consumidor de VEs no Brasil.	Lin e Wu (2018); Newell e Green (1997); Daziano e Bolduc (2013); Sang e Behet (2015); Bjerkan *et al*. (2016); Acheampong e Siiba (2020)
h3a: O fator sociodemográfico "graduação em ciências biológicas" (GCB) não impacta a intenção de uso do potencial consumidor de VEs no Brasil.	Habich-Sobiegalla *et al*. (2019); Sierzchula *et al*. (2014); Sang e Behet (2015); Park *et al*. (2021); Mohamed *et al*. (2018); Bjerkan *et al*. (2016); Acheampong e Siiba (2020)
h3b: O fator sociodemográfico "graduação em ciências exatas" (GCE) não impacta a intenção de uso do potencial consumidor de VEs no Brasil.	Habich-Sobiegalla *et al*. (2019); Sierzchula *et al*. (2014); Sang e Behet (2015); Park *et al*. (2021); Mohamed *et al*. (2018); Bjerkan *et al*. (2016); Acheampong e Siiba (2020)
h4a: O fator sociodemográfico "pós-graduação especialização" (PGE) impacta positivamente a intenção de uso do potencial consumidor de VEs no Brasil.	Habich-Sobiegalla *et al*. (2019); Sierzchula *et al*. (2014); Sang e Behet (2015); Park *et al*. (2021); Mohamed *et al*. (2018); Bjerkan *et al*. (2016); Acheampong e Siiba (2020)
h4b: O fator sociodemográfico "pós-graduação mestrado" (PGM) impacta positivamente a intenção de uso do potencial consumidor de VEs no Brasil.	Habich-Sobiegalla *et al*. (2019); Sierzchula *et al*. (2014); Sang e Behet (2015); Park *et al*. (2021); Mohamed *et al*. (2018); Bjerkan *et al*. (2016); Acheampong e Siiba (2020)
h4c: O fator sociodemográfico "pós-graduação doutorado" (PGD) impacta positivamente a intenção de uso do potencial consumidor de VEs no Brasil.	Habich-Sobiegalla *et al*. (2019); Sierzchula et al. (2014); Sang e Behet (2015); Park et al. (2021); Mohamed et al. (2018); Bjerkan *et al*. (2016); Acheampong e Siiba (2020)

h5: O fator sociodemográfico "renda familiar" (RF) impacta positivamente a intenção de uso do potencial consumidor de VEs no Brasil.	Lin e Wu (2018); Sierzchula *et al*. (2014); (Brownstone *et al.* 2000); Mohamed *et al*. (2018)
h6: O fator sociodemográfico "posse de veículo" (PV) impacta positivamente a intenção de uso do potencial consumidor de VEs no Brasil.	Zhang *et al*. (2018a,b,c); Peter *et al*. (2018); Dong *et al*. (2020)
h7: O fator sociodemográfico "posição política à direita" (PPD) impacta positivamente a intenção de uso do potencial consumidor de VEs no Brasil.	Gromet *et al*. (2013); Allen *et al*. (2007); Cheng e Huang, (2013); Costa e Kahn, (2013)
h8: O fator sociodemográfico "engajamento religioso" (ER) impacta positivamente a intenção de uso do potencial consumidor de VEs no Brasil.	Minton *et al*. (2022); Cooper e Carling (2012); Ping (2020); Boettcher (2022); Zagonari (2020);

Fonte: Autoria própria.

4.3 Procedimentos Metodológicos

Para atingir o objetivo deste trabalho, foi desenvolvida uma pesquisa empírica inferencial, utilizando o questionário estruturado como instrumento de coleta de dados. Composta de discentes de cursos de pós-graduação de três instituições brasileiras distintas, a população investigada contou com contribuições do alunado do Centro Universitário Senai CIMATEC, da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O tamanho total da amostra foi de 209 respondentes, tendo sido composta de diferentes grupos sociodemográficos. Uma vez que esta pesquisa visou investigar o impacto de FSDs na IU de VEs, a população alvo é proveniente dessa amostra não probabilística. A taxa de resposta ao questionário não pôde ser determinada, devido à não divulgação do tamanho da população, por parte das instituições.

Este projeto seguiu os direcionais Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e foi aprovado por um Comitê de Ética, desta forma evitando qualquer risco relacionado ao compartilhamento de percepções ou informações negativas. Os questionários foram preenchidos anonimamente, e nem as instituições nem os indivíduos foram identificados nos relatórios. Os participantes da amostra foram

contatados via e-mail e convidados a participar voluntariamente do estudo, com a execução das comunicações ficando sob responsabilidade das Coordenações de Pós-Graduação das instituições participantes.

O preenchimento dos questionários pelos participantes se deu na plataforma Google Forms, e os dados foram posteriormente coletados e tratados em uma planilha. Estes incluíram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que estabelecia que apenas maiores de 18 anos e legalmente capazes poderiam participar. O perfil da amostra pode ser observado na tabela 3.

Tabela 3. Perfil da Amostra

Gênero	**N**	**%**
Feminino	102	48,8%
Masculino	106	50,7%
Outro	1	0,5%
Estado Civil	**N**	**%**
Casado(a)	97	46,4%
Desquitado(a)	2	1,0%
Divorciado(a)	9	4,3%
Solteiro(a)	101	48,3%
Nível de Instrução Concluído	**N**	**%**
Doutorado	16	7,7%
Especialização	44	21,1%
Graduação	32	15,3%
Mestrado	117	56,0%
Posicionamento Político	**N**	**%**
1 - Esquerda	67	32,1%
2	37	17,7%
3	35	16,7%
4	25	12,0%
5	21	10,0%
6	16	7,7%
7 – Direita	8	3,8%

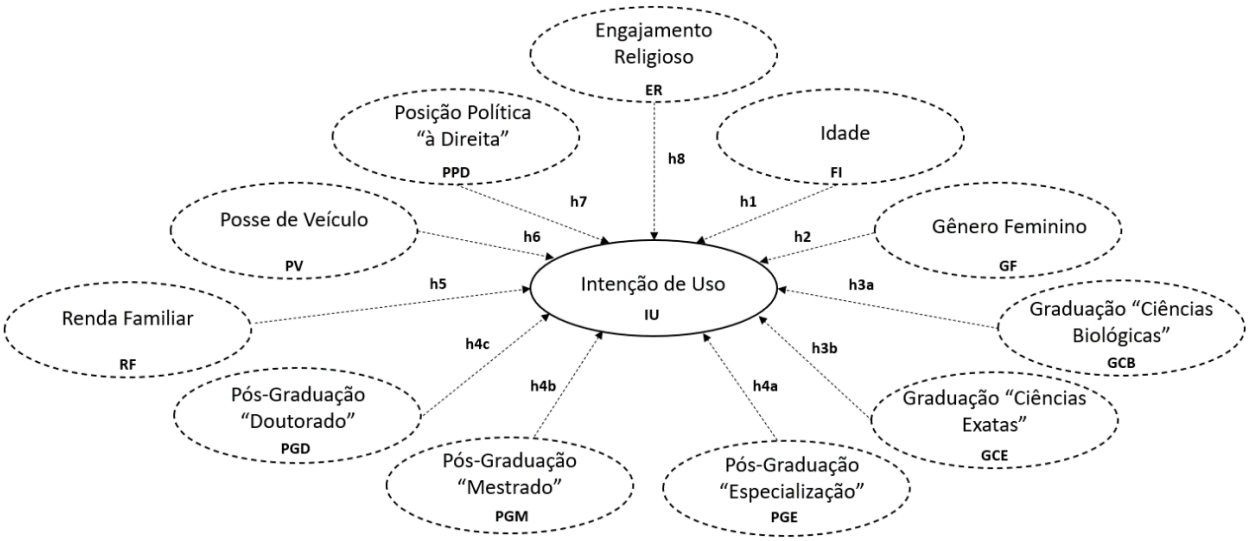
Área do Curso de Graduação	**N**	**%**
Biológicas	57	27,3%
Exatas	65	31,1%
Humanas	87	41,6%
Renda Mensal em Salários Mínimos	**N**	**%**
Até 2	37	17,7%
Entre 3 e 6	61	29,2%
Entre 7 e 10	52	24,9%
Entre 11 e 14	20	9,6%
Acima de 15	39	18,7%
Possui +1 Veículo	**N**	**%**
Sim	53	25,4%
Não	156	74,6%
Engajamento Religioso	**N**	**%**
0 - Nada Religioso	15	7,2%
1	10	4,8%
2	8	3,8%
3	11	5,3%
4	10	4,8%
5	23	11,0%
6	14	6,7%
7	36	17,2%
8	44	21,1%
9	21	10,0%
10 - Muito Religioso	17	8,1%

Fonte: Autoria própria.

Para medir os itens do construto “Intenção de Uso”, o instrumento utilizou perguntas de múltipla escolha em escala Likert (RYU e JANG, 2006). Os itens foram adotados com base na literatura, e foram traduzidos e retraduzidos para conferência, conforme demonstrado no Quadro 2. As perguntas de IU foram avaliadas por uma banca de seis professores doutores que verificaram: compreensão, adequação cultural e clareza semântica dos termos empregados (SOUZA, ALEXANDRE e GUIRARDELLO, 2017). Há oito perguntas ligadas à fatores sociodemográficos (FSD) e 4 perguntas associadas à Intenção de Uso (IU) de VEs. As hipóteses deste trabalho foram testadas por meio de análises de regressão múltipla realizadas com auxílio do software SPSS versão 21 (Statistical Package for the Social Sciences).

O modelo conceitual que embasou as escolhas das variáveis e a formulação das hipóteses de pesquisa é representado na Figura 9.

Figura 9. Modelo Conceitual.



Fonte: Autoria própria.

Em se tratando de pesquisas utilizando amostras homogêneas e não-probabilísticas, como no caso do presente trabalho, foram utilizadas as publicações de Da Cruz *et al* (2020), Jaiswal *et al* (2021) e Khazaei (2019) como principais referências. Em seu trabalho, Jaiswal *et al* (2021) apontam que a seleção de estudantes como respondentes se deu pelo fato de que estes representariam um grupo bem informado e educado, o que implicou não só em uma melhor compreensão do fenômeno da sustentabilidade ambiental, mas também uma maior familiaridade com tecnologias digitais (questionário *online*) e uma preferência por produtos de inovação tecnológica, como no caso dos VEs.

4.4 Apresentação dos Resultados

Os dados coletados foram tratados e submetidos a técnica de regressão linear múltipla por meio do software SPSS.

4.4.1 Regressão da Intenção de Uso (IU) como Variável Dependente

A Tabela 4 apresenta as médias e desvios padrões das características presentes na amostra composta por 209 respondentes, após exclusão dos outliers, para IU como variável dependente.

Tabela 4. Estatísticas Descritivas: Intenção de Uso (IU)

	Média	**Desvio Padrão**
Intenção de Uso (IU)	5,9868	1,26003
Idade	37,0865	8,74558
Gênero Feminino	0,4904	0,50111
Nível de Pós-Graduação "Especialização"	0,2115	0,40938
Nível de Pós-Graduação "Mestrado"	0,5577	0,49786
Nível de Pós-Graduação "Doutorado"	0,0769	0,26711
Renda Mensal (Salários mínimos)	9,1428	8,26601
Graduação em "Ciências Biológicas"	0,2740	0,44710
Graduação em "Ciências Exatas"	0,3125	0,46463
Possui Veículo	0,7500	0,43406
Posicionamento Político à "Direita"	2,8942	1,81203
Engajamento Religioso	6,0625	2,87937

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 5 demonstrara que o modelo de regressão com a IU como variável dependente não foi significante, já que o P-valor (significância) do modelo de regressão foi superior a 0,05, considerando as regressões sem e com interações entre as variáveis. Nesta mesma tabela, o R^2 ajustado apresentou o valor de -0,010 e o teste Durbin-Watson com valor 1,950, dentro da faixa aceitável (entre 1.5 e 2.5).

Ainda, a Tabela 5 demonstra que nenhum dos coeficientes foi significante, pois todos os P-valores apresentaram valores acima de 0,1, com exceção da variável gênero feminino. Os testes de multicolinearidade (VIF) foram satisfatórios (com valores menores que 10). É válido salientar que as variáveis foram submetidas a regressões passo a passo, ou stepwise, e os resultados demonstraram, de novo, que nenhuma delas foi considerada significante no que cerne a IU de VEs.

Tabela 5. Coeficiente de determinação e teste Durbin-Watson: Intenção de Uso (IU). ANOVA: Significância do modelo de regressão: Intenção de Uso (IU) sem outliers. Coeficientes da regressão: Intenção de Uso (IU)

Adjusted R Square		**Durbin-Watson**	
-,010		1,950	
Model		**F**	**Significance**
Regression		0,817	0,623
Model	**Coeficientes Normalizados**		
	Beta	**T**	**P-Valor**	**VIF**
(Constant)		12,632	0,000	
Faixa Etária	-0,028	-0,336	0,737	1,378
Gênero Feminino	-0,169	-2,072	0,040	1,365
Pós-Graduação "Especialização"	0,046	0,451	0,653	2,146
Pós-Graduação "Mestrado"	0,000	-0,002	0,998	2,628
Pós-Graduação "Doutorado"	0,112	1,231	0,220	1,699
Renda Mensal	-0,040	-0,500	0,618	1,292
Graduação "Ciências Biológicas"	0,059	0,746	0,456	1,275
Graduação "Ciências Exatas"	-0,020	-0,222	0,825	1,658
Possui Veículo	0,048	0,627	0,531	1,177
Posicionamento Político à "Direita"	-0,027	-0,312	0,755	1,528

Engajamento Religioso	,104	1,406	,161	1,120

Fonte: Autoria própria.

4.5 Discussão e Análise de Resultados

Os resultados levantados a partir deste estudo não demonstraram evidências de relações estatisticamente significantes entre os dois construtos norteadores desta pesquisa, sendo estes: fatores sociodemográficos (FSD), intenção de uso (IU) de VEs. Apesar do exposto, estes resultados podem ser considerados relevantes para a construção de estratégias futuras de incentivo à adoção de VEs. Os resultados encontrados para as oito hipóteses levantadas neste trabalho serão discutidos a seguir.

4.5.1 Hipótese (h1)

A hipótese (h1) testou a associação positiva entre a IU de VEs e a FSD "idade" dos respondentes. Esta relação positiva foi apontada de forma convergente nos questionários de Simsekoglu (2018), Li *et al*. (2017) e Simsekoglu e Klöckner (2019). Por outro lado, houve divergência com os resultados das pesquisas questionário de Habich-Sobiegalla *et al*. (2019) e Lin e Wu (2018), que não apontaram relação estatisticamente relevante entre os construtos, assim como o presente trabalho.

4.5.2 Hipótese (h2)

A associação positiva entre a IU de VEs e a FSD "gênero feminino" foi testada através da hipótese (h2). As publicações de Lin & Wu (2018) e Park *et al*. (2021) não apontaram relação estatisticamente relevante entre os construtos, e a presente pesquisa aferiu resultado semelhante. Enquanto isto, a relação positiva entre foi apontada como relevante no trabalho de Acheampong e Siiba (2020).

4.5.3 Hipóteses (h3a, h3b, h4a, h4b, h4c)

As hipóteses (h3a, h3b, h4a, h4b, h4c) testaram diversas associações positivas e também negativas entre a IU de VEs e FSDs relacionadas à escolaridade dos respondentes. As hipóteses (h3a, h3b) testaram a relação direta não significante dos fatores "graduação" em "ciências biológicas" e "ciências exatas" (em contraponto a "humanas"), respectivamente, enquanto que as hipóteses (h4a, h4b, h4c) testaram a relação direta positiva dos fatores "pós-graduação" em "especialização", "mestrado" e "doutorado", nesta ordem. Não foram encontrados resultados estatisticamente relevantes para nenhuma das cinco hipóteses. Os resultados da presente pesquisa divergem daqueles encontrados nos trabalhos de Simsekoglu (2018), Habich-Sobiegalla *et al*. (2019), Li *et al*. (2017) e Acheampong e Siiba (2020). É válido mencionar também os resultados encontrados por Park *et al*. (2021), que apesar de terem apontado relação positiva relevante entre a IU de veículos autônomos com a maior escolaridade na amostra, foram na contramão dos demais trabalhos pois apontaram consumidores com menor escolaridade como sendo os de maior IU de veículos autônomos.

4.5.4 Hipótese (h5)

A associação positiva entre a IU de VEs e a FSD "renda familiar" foi testada através da hipótese (h5). Os resultados do presente trabalho são convergentes aos encontrados por Park *et al*. (2021), pois não foi encontrada relação estatisticamente relevante. Apesar disto, podem ser citadas pesquisas que encontraram relação relevante e positiva, sendo estas: Simsekoglu (2018), Lin e Wu (2018), Nosi *et al*. (2017), Li *et al*. (2017) e Hu *et al*. (2021).

4.5.5 Hipótese (h6)

A hipótese (h6) testou a associação positiva entre a IU de VEs e a FSD "posse de veículo" dos respondentes. Esta relação positiva foi apontada no trabalho de Dong *et al*. (2020). Por outro lado, houve divergência com o resultado da pesquisa Singh *et al*. (2020), em que não ficou comprovada a relação estatisticamente relevante, assim como no presente trabalho.

4.5.6 Hipótese (h7)

A associação positiva entre a IU de VEs e a FSD "posição política à direita" foi testada através da hipótese (h7), e os resultados encontrados nesta pesquisa não encontraram relação estatisticamente relevante.

4.5.7 Hipótese (h8)

Enquanto isto, a hipótese (h8) testou a associação positiva entre a IU de VEs e a FSD "engajamento religioso" dos respondentes. Esta relação positiva foi apontada no trabalho de Minton *et al*. (2022), levando-se em conta que há uma associação direta entre produtos sustentáveis e o VEs. Nos trabalhos de Cooper e Carling (2012), Ping (2020), Boettcher (2022), Zagonari (2020), os valores religiosos são associados à ética ambiental, sendo que é aceitável considerar os VEs como produtos sustentáveis.

Através da análise dos resultados dos testes de hipóteses do presente trabalho, e também dos resultados das publicações provenientes da revisão de literatura, é possível observar uma inconsistência na relação entre os construtos norteadores desta pesquisa, sendo estes os fatores sociodemográficos e a intenção de uso de veículos elétricos. Em sua publicação, Sierzchula *et al*. (2014) associam a adoção de VEs a fatores não sociodemográficos, como no caso de incentivos fiscais e também a disponibilidade de infraestrutura de recarga, enquanto que apresenta resultados não estatisticamente relevantes no que cerne os FSDs, assim como nos resultados observados nesta pesquisa.

4.6 Considerações Finais

Este estudo teve por objetivo verificar a relação direta de fatores sociodemográficos (FSD) na intenção de uso (IU) de veículos elétricos (VEs). A coleta de dados foi realizada a partir de um questionário online, e a amostra de 209 respondentes foi composta de estudantes de pós-graduação provenientes de três universidades brasileiras. Por esta razão, foi relevante levantar informações a respeito deste mercado consumidor em específico, no que se refere à VEs. A eletrificação veicular ainda está em fase inicial no país, e, portanto, não há vasta produção acadêmica relacionada a este tema. Mais especificamente, pesquisas empíricas e inferenciais que

investiguem tais relações no contexto brasileiro ainda são pouco exploradas, apresentando-se desta forma como um gap que a presente pesquisa busca preencher.

As informações coletadas foram tratadas e analisadas por meio de regressões lineares múltiplas. Os resultados indicaram não haver uma relação significante entre a intenção de uso de veículos elétricos e fatores sociodemográficos, para nenhuma das oito hipóteses levantadas. É válido salientar que as variáveis foram submetidas a regressões stepwise e os resultados demonstraram, novamente, que nenhuma delas foi considerada significante no que cerne a IU de VEs (esses resultados não foram aqui apresentados por motivo de brevidade e parcimônia). Os resultados encontrados no presente trabalho são aderentes às contribuições provenientes de parte da literatura, já citadas ao longo das seções. O resultado não significante da variável Renda é particularmente interessante, já que o carro elétrico é um bem de demanda elástica, e sensível à renda. Os resultados vão contra esta natureza do bem.

Dentre as principais limitações desta pesquisa, podem ser citados o tamanho reduzido da amostra (N: 209) e também a sua característica homogênea e não-probabilística, composta por alunos de pós-graduação de instituições brasileiras. Uma parte relevante dos trabalhos relacionados na revisão bibliográfica utilizou o método questionário com amostragens de número mais elevado.

Além disto, uma abordagem menos especializada e controlada, ampliando a amostra além dos estudantes de pós-graduação de três instituições distintas, poderá trazer resultados promissores. Adicionalmente, a pesquisa de fatores econômicos, de infraestrutura e também relacionados à jornada do potencial consumidor de VEs mostram-se como oportunidades para pesquisas futuras.

Em sua pesquisa, Jaiswal *et al* (2021) apontam que a seleção de estudantes como respondentes se deu pelo fato de que estes representariam um grupo bem informado e educado, o que implicou não só em uma melhor compreensão do fenômeno da sustentabilidade ambiental, mas também uma maior familiaridade com tecnologias digitais (questionário online) e uma preferência por produtos de inovação tecnológica, como no caso dos VEs. Lógica semelhante foi também aplicada ao presente trabalho. Além de Jaiswal *et al* (2021), outras publicações relevantes utilizadas como referência são Da Cruz *et al* (2020) e Khazaei (2019).

Por fim, o presente trabalho teve êxito no cumprimento de seu objetivo central, ao fornecer resultados relevantes para os stakeholders relacionados diretamente à eletrificação veicular, sejam eles órgãos de governo ou entes privados dos mais

diversos. Para além da contribuição no campo acadêmico, este trabalho potencialmente auxiliará governos, fabricantes de veículos, concessionários de energia elétrica e empreendedores relacionados às estações de recarga a direcionarem seus esforços na promoção de veículos elétricos de forma mais abrangente, não precisando esta ser focada ou limitada a determinado segmento sociodemográfico específico. Não se acharam indícios de que tais esforços devem ser focados, ou de haver demanda por atender certos segmentos sociodemográficos específicos, contudo são necessários estudos futuros, com amplas amostras, para confirmar os indícios aqui apresentados.

4.7 Referências

ACHEAMPONG, Ransford A.; SIIBA, Alhassan. Modelling the determinants of car-sharing adoption intentions among young adults: the role of attitude, perceived benefits, travel expectations and socio-demographic factors. Transportation, v. 47, n. 5, p. 2557-2580, 2020.

AGUIAR, HELDER DE SOUZA *et al*. O veículo elétrico: estudo da percepção dos brasileiros. Revista Científica e-Locução, v. 1, n. 15, p. 25-25, 2019.

ALLEN, Richelle S.; CASTANO, Emanuele; ALLEN, Priscilla D. Conservatism and concern for the environment. Quarterly Journal of Ideology, v. 30, n. 3/4, p. 1-25, 2007.

ANJOS, Miguel F.; GENDRON, Bernard; JOYCE-MONIZ, Martim. Increasing electric vehicle adoption through the optimal deployment of fast-charging stations for local and long-distance travel. European Journal of Operational Research, v. 285, n. 1, p. 263-278, 2020.

BERNARDINO, Lis Lisboa *et al*. Do Investments in Innovation and Quality Management Systems Ensure Superior Financial Performance? A Quantitative Study of Brazilian Publicly Traded Companies. BBR. Brazilian Business Review, v. 19, p. 685-708, 2022.

BJERKAN, Kristin Ystmark; NØRBECH, Tom E.; NORDTØMME, Marianne Elvsaas. Incentives for promoting battery electric vehicle (BEV) adoption in Norway. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 43, p. 169-180, 2016.

BOETTCHER, Miranda. A leap of Green faith: the religious discourse of Socio-Ecological Care as an Earth system governmentality. Journal of Environmental Policy & Planning, v. 24, n. 1, p. 81-93, 2022.

CARLEY, Sanya *et al*. Intent to purchase a plug-in electric vehicle: A survey of early impressions in large US cites. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 18, p. 39-45, 2013.

CHEN, Shang-Yu. Using the sustainable modified TAM and TPB to analyze the effects of perceived green value on loyalty to a public bike system. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 88, p. 58-72, 2016.

CHEN, Shang-Yu. Green helpfulness or fun? Influences of green perceived value on the green loyalty of users and non-users of public bikes. Transport Policy, v. 47, p. 149-159, 2016.

CHEN, Aihui; LU, Yaobin; WANG, Bin. Customers' purchase decision-making process in social commerce: A social learning perspective. International Journal of Information Management, v. 37, n. 6, p. 627-638, 2017.

CHENG, Hsiu-Hua; HUANG, Shih-Wei. Exploring antecedents and consequence of online group-buying intention: An extended perspective on theory of planned behavior. International Journal of Information Management, v. 33, n. 1, p. 185-198, 2013.

COOPER, Nigel; CARLING, Robert CJ (Ed.). Ecologists and ethical judgements. Springer Science & Business Media, 2012.

COSTA, Dora L.; KAHN, Matthew E. Energy conservation "nudges" and environmentalist ideology: Evidence from a randomized residential electricity field experiment. Journal of the European Economic Association, v. 11, n. 3, p. 680-702, 2013.

COSTA, Evaldo *et al*. Diffusion of electric vehicles in Brazil from the stakeholders' perspective. International Journal of Sustainable Transportation, v. 15, n. 11, p. 865-878, 2021.

DA CRUZ, Thayse Santos *et al*. Factors influencing the attitudes of individuals in favor of sustainable development: a study with students in the field of management. Revista de Administração da UFSM, v. 13, n. Especial Engema, p. 1133-1153, 2020.

DE OLIVEIRA, Marina Buranelli *et al*. Factors influencing the intention to use electric cars in Brazil. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 155, p. 418-433, 2022.

DONG, Xiaoyang *et al*. Urban households' purchase intentions for pure electric vehicles under subsidy contexts in China: do cost factors matter?. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 135, p. 183-197, 2020.

FANG, Yujuan *et al*. Promoting electric vehicle charging infrastructure considering policy incentives and user preferences: An evolutionary game model in a small-world network. Journal of cleaner production, v. 258, p. 120753, 2020.

GREAVES, Martin; ZIBARRAS, Lara D.; STRIDE, Chris. Using the theory of planned behavior to explore environmental behavioral intentions in the workplace. Journal of Environmental Psychology, v. 34, p. 109-120, 2013.

GROMET, Dena M.; KUNREUTHER, Howard; LARRICK, Richard P. Political ideology affects energy-efficiency attitudes and choices. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 110, n. 23, p. 9314-9319, 2013.

GUNAWAN, Indra et al. Determinants of customer intentions to use electric vehicle in Indonesia: An integrated model analysis. Sustainability, v. 14, n. 4, p. 1972, 2022.

HA, Hong-Youl; JANDA, Swinder. Predicting consumer intentions to purchase energy-efficient products. Journal of Consumer Marketing, v. 29, n. 7, p. 461-469, 2012.

HABICH-SOBIEGALLA, Sabrina; KOSTKA, Genia; ANZINGER, Niklas. Electric vehicle purchase intentions of Chinese, Russian and Brazilian citizens: An international comparative study. Journal of cleaner production, v. 205, p. 188-200, 2018.

HABICH-SOBIEGALLA, Sabrina; KOSTKA, Genia; ANZINGER, Niklas. Citizens' electric vehicle purchase intentions in China: An analysis of micro-level and macro-level factors. Transport Policy, v. 79, p. 223-233, 2019.

HACKBARTH, André; MADLENER, Reinhard. Willingness-to-pay for alternative fuel vehicle characteristics: A stated choice study for Germany. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 85, p. 89-111, 2016.

HU, Jia-Wei; JAVAID, Aneeque; CREUTZIG, Felix. Leverage points for accelerating adoption of shared electric cars: Perceived benefits and environmental impact of NEVs. Energy Policy, v. 155, p. 112349, 2021.

JAISWAL, Deepak et al. Consumer adoption intention for electric vehicles: Insights and evidence from Indian sustainable transportation. Technological Forecasting and Social Change, v. 173, p. 121089, 2021.

KHAZAEI, Hamed. The influence of personal innovativeness and price value on intention to use of electric vehicles in Malaysia. European Online Journal of Natural and Social Sciences, v. 8, n. 3, p. pp. 483-494, 2019.

LEMME, Rafael FF; ARRUDA, Edilson F.; BAHIENSE, Laura. Optimization model to assess electric vehicles as an alternative for fleet composition in station-based car sharing systems. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 67, p. 173-196, 2019.

LI, Wenbo *et al*. A review of factors influencing consumer intentions to adopt battery electric vehicles. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 78, p. 318-328, 2017.

LIN, Boqiang; WU, Wei. Why people want to buy electric vehicle: An empirical study in first-tier cities of China. Energy Policy, v. 112, p. 233-241, 2018.

MANIATIS, Paraschos. Investigating factors influencing consumer decision-making while choosing green products. Journal of Cleaner Production, v. 132, p. 215-228, 2016.

MINTON, Elizabeth A. *et al*. Drivers of sustainability and consumer well-being: An ethically-based examination of religious and cultural values. Journal of Business Ethics, v. 175, p. 167-190, 2022.

MOON, HyungBin *et al*. Forecasting electricity demand of electric vehicles by analyzing consumers' charging patterns. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 62, p. 64-79, 2018.

NOSI, Costanza *et al*. Does value co-creation really matter? An investigation of Italian millennials intention to buy electric cars. Sustainability, v. 9, n. 12, p. 2159, 2017.

OUTLOOK, IEA Global EV. Entering the decade of electric drive. International Energy Agency, 2020.

OZAKI, Ritsuko; SEVASTYANOVA, Katerina. Going hybrid: An analysis of consumer purchase motivations. Energy policy, v. 39, n. 5, p. 2217-2227, 2011.

PARK, Jungkun; HONG, EunPyo; LE, Hoang TPM. Adopting autonomous vehicles: The moderating effects of demographic variables. Journal of Retailing and Consumer Services, v. 63, p. 102687, 2021.

PETERS, Annemijn Maron; VAN DER WERFF, Ellen; STEG, Linda. Beyond purchasing: Electric vehicle adoption motivation and consistent sustainable energy behaviour in The Netherlands. Energy Research & Social Science, v. 39, p. 234-247, 2018.

PING, OWI WEI. An analysis of ecological and sustainability in religious perspective. Quantum Journal of Environmental Studies, v. 1, n. 1, p. 44-52, 2020.

RIETMANN, Nele; LIEVEN, Theo. How policy measures succeeded to promote electric mobility–Worldwide review and outlook. Journal of cleaner production, v. 206, p. 66-75, 2019.

SANG, Yew-Ngin; BEKHET, Hussain Ali. Modelling electric vehicle usage intentions: an empirical study in Malaysia. Journal of Cleaner Production, v. 92, p. 75-83, 2015.

SIERZCHULA, William *et al*. The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. Energy policy, v. 68, p. 183-194, 2014.

SIMSEKOGLU, Özlem. Socio-demographic characteristics, psychological factors and knowledge related to electric car use: A comparison between electric and conventional car drivers. Transport Policy, v. 72, p. 180-186, 2018.

SIMSEKOGLU, Özlem; KLÖCKNER, Christian. Factors related to the intention to buy an e-bike: A survey study from Norway. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, v. 60, p. 573-581, 2019.

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.

SOVACOOL, Benjamin K. *et al*. Income, political affiliation, urbanism and geography in stated preferences for electric vehicles (EVs) and vehicle-to-grid (V2G) technologies in Northern Europe. Journal of Transport Geography, v. 78, p. 214-229, 2019.

VAZ, Luiz Felipe Hupsel; BARROS, Daniel Chiari; CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro de. Veículos híbridos e elétricos: sugestões de políticas públicas para o segmento. 2015.

VISENTINI, Maria Medianeira Machado. O conceito de sustentabilidade na percepção de estudantes, professores e técnicos-admnistrativos do curso de Psicologia da UFSM. 2007.

VIVANCO, David Font *et al*. Economy-wide rebound makes UK's electric car subsidy fall short of expectations. Applied Energy, v. 297, p. 117138, 2021.

WANG, Ning; TANG, Linhao; PAN, Huizhong. A global comparison and assessment of incentive policy on electric vehicle promotion. Sustainable Cities and Society, v. 44, p. 597-603, 2019.

WANG, Binbin; SHEN, Yating; JIN, Yangyang. Measurement of public awareness of climate change in China: based on a national survey with 4,025 samples. Chinese Journal of Population Resources and Environment, v. 15, n. 4, p. 285-291, 2017.

WOO, JongRoul; CHOI, Hyunhong; AHN, Joongha. Well-to-wheel analysis of greenhouse gas emissions for electric vehicles based on electricity generation mix: A global perspective. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 51, p. 340-350, 2017.

YAN, Qingyou *et al*. Research on real purchasing behavior analysis of electric cars in Beijing based on structural equation modeling and multinomial logit model. Sustainability, v. 11, n. 20, p. 5870, 2019.

ZAGONARI, Fabio. Comparing religious environmental ethics to support efforts to achieve local and global sustainability: Empirical insights based on a theoretical framework. Sustainability, v. 12, n. 7, p. 2590, 2020.

ZHANG, Xiang; BAI, Xue; SHANG, Jennifer. Is subsidized electric vehicles adoption sustainable: Consumers' perceptions and motivation toward incentive policies, environmental benefits, and risks. Journal of Cleaner Production, v. 192, p. 71-79, 2018.

ZHANG, Xiang; BAI, Xue; ZHONG, Hua. Electric vehicle adoption in license plate-controlled big cities: Evidence from Beijing. Journal of cleaner production, v. 202, p. 191-196, 2018.

5 A ACEITAÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: UM MODELO DERIVADO DO TAM

Objetivo: Este estudo tem por objetivo desenvolver e testar empiricamente uma derivação do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) sobre a aceitação de veículos elétricos (VEs).

Abordagem Teórica/Método: A análise foi baseada num modelo teórico original adaptado e derivado do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM), uma teoria baseada em sistemas de informação que modela como os usuários passam a aceitar e usar uma tecnologia. Utilizou-se um questionário online aplicado em estudantes de pós-graduação no território Brasileiro, e as respostas analisadas por meio de equações estruturais. A amostra final foi composta por 209 pós-graduandos de três universidades no Brasil. O instrumento de coleta de dados foi validado por Análise Fatorial Confirmatória. Para o teste de hipóteses, foi aplicada a análise de caminhos (Path Analysis).

Resultados: Os resultados indicaram que há uma relação positiva entre as intenções de uso de veículos elétricos e as percepções de Facilidade de Uso, Utilidade Verde, e Prontidão da Infraestrutura em Potencial. Os resultados também demonstraram que não há evidências de uma relação positiva direta entre o fator Preocupação Ambiental e a intenção de uso de VEs.

Contribuições teóricas e para a gestão: O modelo teórico original aqui proposto e testado contribui para a teoria do TAM. Ao estudar fatores que estimulam a intenção de uso e o comportamento do consumidor em potencial de VEs no mercado brasileiro, contribui-se para futuras políticas gerenciais e governamentais neste segmento.

Relevância/Originalidade: O modelo teórico acrescenta fatores originais ao TAM, para explicar a aceitação dos VEs.

5.1 Introdução

O impacto dos veículos elétricos (VEs) nas emissões de gases de efeito estufa (GEEs) está diretamente ligado às fontes geração de energia elétrica (Woo *et al.*, 2017). A depender do mix de fontes geradoras e energia elétrica, os VEs podem se apresentar como soluções de mobilidade menos efetivas no que diz respeito à redução das emissões de GEEs. Em nações como China e Índia, com índices superiores a 70% de geração de eletricidade a partir da queima de carvão, as emissões relativas à VEs são cerca de quatro vezes maiores que em países como Brasil e Canadá, com índices acima de 65% de geração de eletricidade a partir de fonte hidrelétrica (Woo *et al.*, 2017). Observa-se também o Brasil como uma nação de destaque na geração limpa de energia elétrica, e um possível polo para o desenvolvimento de VEs do ponto de vista da sustentabilidade ambiental. Considerando o crescente aumento de tráfego no Brasil, e a crescente necessidade de atender às metas de emissões do Acordo de Paris, é construtivo e significativo compreender a atitude do público em relação ao desenvolvimento do mercado de VEs no país (Anfavea, 2023).

Um modelo clássico de fatores determinantes de aceitação de tecnologias é o modelo TAM (Davis *et al.*, 1989). Esse modelo, contudo, deixa de lado fatores que são muito importantes no contexto de VEs, em especial no Brasil, sendo estes relacionados à Prontidão da Infraestrutura em Potencial, especialmente no que se refere a disponibilidade de estações de recarga de VEs. Neste sentido, Costa *et al.* (2021) concluíram que o mercado brasileiro de VEs ainda é insipiente, e os fatores mais críticos que afetam o futuro dos VEs no Brasil são a regulação adequada do mercado, políticas de incentivo e infraestrutura de carregamento adequada. Estes fatores precisam ser levados em conta, portanto, quando se deseja estudar a aceitação de mercado dos VEs no Brasil.

Veículos elétricos possuem motores elétricos em sua estrutura, e estes demandam energia proveniente de baterias, também internas aos veículos. Para os veículos elétricos à bateria (VEB) e também para os veículos elétricos híbridos plug-in (VEHP), o carregamento de baterias necessita de uma fonte de energia externa ao veículo (Das

et al., 2020). Desta maneira, as estações de carregamento de VEs tornam-se essenciais para o desenvolvimento deste segmento.

A ainda reduzida infraestrutura de estações de recarga é um fator de barreira para a adoção de VEs pelos consumidores (Funke *et al.*, 2019). A China, um dos países mais avançados no que se relaciona à VEs, apresentava em 2019 um estoque combinado de VEBs e VEHPs de aproximadamente 3 milhões de unidades e em torno de 500 mil estações de carregamento não domésticas (ECNDs) (IGE, 2020) – esses números são consistentes entre outros mercados maduros como EUA e Europa (Funke *et al.*, 2019). Já no contexto brasileiro, em 2019 havia uma frota combinada de VEBs e VEHPs de aproximadamente 3 mil unidades, suportados por pouco mais de 900 ECNDs (IGE, 2020).

Para fortalecer o desenvolvimento da frota de VEs, as intervenções governamentais se fazem necessárias e se mostram presentes nos países mais avançados nesse segmento (Fang *et al.*, 2020). Estes veículos possuem um valor de venda mais elevado, se comparado a modelos similares à combustão, sendo os incentivos fiscais para a compra uma ferramenta importante de fomento (Wang *et al.*, 2019). Além disso, altos investimentos em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, e também na infraestrutura de recarga de veículos eletrificados mostram-se como fatores de intervenção estatal relevante (Habich-Sobiegalla *et al.*, 2018).

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo desenvolver e testar empiricamente uma derivação do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) sobre a aceitação de veículos elétricos (VEs), testando uma série de hipóteses a esse respeito. A teoria na qual o presente estudo se baseia é, principalmente, o modelo clássico e seminal de aceitação de tecnologia (TAM) criado por Davis *et al.* (1989). O modelo TAM é uma teoria de sistemas de informação que modela como os usuários passam a aceitar e usar uma tecnologia. O uso real do sistema é o ponto final, onde as pessoas usam a tecnologia. A intenção de usar é o fator que leva as pessoas a utilizarem a tecnologia. Parte das hipóteses aqui testadas deriva da estrutura do TAM, mas foram aqui aplicadas de forma pioneira no contexto de VEs no Brasil. Além disso, fatores importantes e específicos para a realidade brasileira foram adicionados ao modelo conceitual e teórico, de forma pioneira neste contexto: a percepção de prontidão em termos de infraestrutura e tecnologia para os VEs. Este estudo tem seu design semelhante ao dos estudos de equações estruturais focados no TAM e no mercado de veículos elétricos, em especial o de Wu *et al.* (2019), que se concentra na preocupação

ambiental, mas é focado num tema diferente: a aceitação de veículos elétricos inteiramente autônomos na China, os quais ainda são um produto indisponível no mercado brasileiro.

5.2 Referencial Teórico e Hipóteses

Esta seção apresenta uma análise da literatura focada em aceitação de tecnologias e as hipóteses da pesquisa.

5.2.1 Estudos Prévios Baseados no Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM)

A inovação tecnológica é um dos fatores importantes para o desenvolvimento da sociedade humana. Nas fases iniciais, o Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM), desenvolvido a partir da Teoria da Ação Racional (TRA) (FISHBEIN E AJZEN, 1977), foi utilizado para explorar a aceitação pública das novas tecnologias (DAVIS, 1989). O TAM explica como a percepção da utilidade e a percepção da facilidade de uso podem decidir a intenção de usar pessoal (Davis, 1989). A percepção da utilidade refere-se a "até que ponto as pessoas acreditam que o desempenho geral do trabalho pode ser melhorado por um sistema ou tecnologia específica", e a percepção da facilidade de uso é definida como "até que ponto as pessoas acreditam que a utilização de um sistema ou tecnologia específica pode ser livre de esforço físico e mental" (Davis, 1989). A teoria do TAM é baseada em dois construtos principais: Facilidade de uso percebida e Utilidade percebida (Davis, 1989).

O TAM permite que outros fatores desempenhem um papel através dos efeitos moderadores da utilidade percebida e da facilidade de uso percebida (Venkatesh & Davis, 2000). Outra teoria amplamente utilizada é a Teoria do Comportamento Planejado (TCP), que pode prever a intenção dos utilizadores através do construto atitude, norma subjetiva e controle do comportamento percebido (Ajzen, 1991). Mathieson (1991) comparou a aplicação de TCP e TAM na previsão da intenção dos utilizadores e concluiu que ambas as teorias poderiam explicar bastante bem a intenção, e TAM é melhor quando se mede o nível geral de satisfação. O TAM tem sido desenvolvido para outras versões desde que foi proposto. TAM2 é uma versão ampliada para incluir tanto a norma subjetiva como um construto externo (Venkatesh & Davis,2000), e o UTAUT é outra versão que integra vários modelos existentes relacionados com a aceitação da tecnologia (Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003).

Estes modelos têm sido amplamente utilizados em novas tecnologias (Ahmed *et al.*, 2014).

Estudos têm demonstrado que o TAM original é uma escala psicométrica sólida e explica mais de 47% da variância observada nas atitudes do consumidor em relação à aceitação de novas tecnologias (Thompson, Higgins & Howell, 1994; Pires & Costa Filho, 2008). Os autores Benbasat e Barki (2007) destacam que a TAM permanece como sendo o referencial teórico mais consistente aplicado na área de aceitação da tecnologia e que as diversas tentativas teóricas posteriores sempre retornaram aos construtos do modelo original.

Se justifica aqui a escolha do TAM pelas seguintes razões: a) é um modelo parcimonioso, portanto, útil para uma primeira abordagem; b) mostrou-se um modelo adequado ao tamanho da amostra selecionada neste estudo, revelando as características escolhidas e atendendo aos objetivos do estudo; c) tem um grau relevante de poder explicativo, justificando quase metade da variação na intenção de uso de uma nova tecnologia.

Neste sentido, vários estudos têm utilizado o TAM e os seus modelos relacionados para analisar a aceitação pública das novas tecnologias utilizadas nos veículos. Por exemplo, Park *et al.* (2015) utilizaram o TAM para explicar a aceitação dos condutores do sistema de navegação automóvel, integrando outras construções. Wu, Wu, Lee, e Lee (2015) ilustraram os efeitos da imagem, risco e valor na intenção de uso de motocicletas elétricas por parte dos consumidores. Estes estudos são realizados principalmente em países desenvolvidos onde o desenvolvimento de VEs é mais avançado.

Trabalhos anteriores usaram o TAM e modelos ampliados para analisar a aceitação pública de VEs, como no caso de Wu *et al.* (2019), mas pouca atenção tem sido dada ao efeito da preocupação ambiental. A deterioração ambiental resultante de grandes quantidades de emissões de gases de efeito estufa tem atraído atenção generalizada nos últimos anos. As pessoas começam a tomar medidas, tais como a compra de produtos verdes/ecológicos, a participação em atividades de proteção ambiental e a adaptação a estilos de vida com baixo teor de carbono para aliviar a deterioração ambiental (Kautish & Dash 2017; Wang, Shen, & Jin, 2017). Estudos anteriores confirmaram que a preocupação ambiental pessoal afeta positivamente a atitude e o comportamento das pessoas em relação aos produtos verdes (Kahn, 2007; Kautish & Dash 2017). Os VEs, em certa medida, podem ser vistos como um produto

verde, uma vez que têm potenciais benefícios ambientais ao adotarem novas energias e ao aumentarem a eficiência (Wang, Zhao, Yin, & Zhang, 2017). Este artigo é uma investigação para compreender a aceitação pública dos VEs. De acordo com o desenvolvimento de VEs, este documento centra-se nos benefícios ambientais dos VEs e explora o papel das preocupações públicas sobre o ambiente em relação aos VEs através do TAM.

5.2.2 Publicações em formato Questionário com Amostras Especializadas, Não-Probabilísticas e Homogêneas

No presente trabalho, a amostra de respondentes se caracteriza por estudantes de pós-graduação de três instituições brasileiras, sendo claramente esta uma amostragem homogênea e não-probabilística. Em sua pesquisa, Jaiswal *et al* (2021) afirmaram que a seleção de estudantes como respondentes se deu pelo fato de que estes representariam um grupo bem informado e educado, o que implicou não só em uma melhor compreensão do fenômeno da sustentabilidade ambiental, mas também uma maior familiaridade com tecnologias digitais (questionário online) e uma preferência por produtos de inovação tecnológica, como no caso dos VEs. Neste presente trabalho tal lógica foi também aplicada.

Em se tratando de pesquisas utilizando amostra com respondentes provenientes de instituições de ensino brasileiras, pode-se citar o trabalho de Da Cruz *et al* (2020). Neste, os autores se propuseram a identificar fatores que influenciam as atitudes de indivíduos em prol do desenvolvimento sustentável, em suas diferentes dimensões. Foi então levantada uma amostra de 254 respondentes, provenientes de 02 instituições de ensino no estado da Bahia. Nos resultados apresentados, ficou evidenciado que o conhecimento sobre sustentabilidade possui impacto positivo e significante na atitude do discente nas Dimensões Ambiental, Econômica, Social e de Educação. A associação com o presente trabalho se dá de forma indireta, através da percepção de sustentabilidade associada aos VEs.

Em sua pesquisa, Khazaei (2019) estudou os impactos de diversos fatores na IU de VEs na Malásia, dentre eles: influência social, valor percebido, expectativa de desempenho e senso individual de inovação. A amostra neste caso consistia de 323

respondentes, englobando estudantes de graduação e pós-graduação, além de empregados de cinco empresas de Kuala Lumpur.

Por fim, aprofundando mais a compreensão a respeito do trabalho de Jaiswal *et al* (2021), este visou operacionalizar e testar o Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM), a fim de compreender e prever a intenção dos consumidores em adotar VEs. A amostra nesta pesquisa foi de 418 respondentes, sendo estes alunos matriculados em programas de graduação, pós-graduação e doutorado de diversas instituições de ensino da Índia, compondo novamente uma amostra não-probabilística e homogênea.

5.3 Hipóteses

A seguir serão apresentadas as hipóteses do presente estudo, estando diretamente alinhadas ao objetivo específico deste trabalho, de: desenvolver modelo derivado do TAM sobre a aceitação de VEs, o aplicando através de pesquisa empírica aplicada à estudantes de pós-graduação. Estas serão contextualizadas dentro das seguintes percepções da TAM: Utilidade Verde Percebida (UVP), Facilidade de Uso Percebida (FUP) e Preocupação Ambiental (PA), sendo estes fatores decisórios para a intenção comportamental pessoal (DAVIS, 1989). Neste trabalho, foram propostas seis hipóteses com base em estudos anteriores, e adicionalmente 02 hipóteses consideradas como originais deste estudo.

5.3.1 (1) Utilidade Verde Percebida (UVP)

O efeito da utilidade verde percebida (UVP) na intenção de uso foi amplamente testado em estudos anteriores, e os seus efeitos mudam em função de diferentes variáveis e estruturas externas. Quando se refere a produtos verdes, o consumo pode exercer maiores benefícios ambientais do que as alternativas convencionais (Maniatis, 2016). Os VEs têm o potencial de reformar o sistema de transporte tradicional. Este projeto refere-se ao artigo publicado por Chen (2016b), que explicou o conceito de utilidade verde percebida (UVP), a medida em que os utilizadores acreditam que o uso de novos produtos irá aumentar o impacto ambiental que exercem. Isso sugere a seguinte hipótese derivada:

H1: A utilidade verde percebida está positivamente relacionada com a intenção de uso em relação aos VEs.

5.3.2 (2) Facilidade de Uso Percebida (FUP)

A facilidade de uso percebida (FUP) é descrita como o grau em que o uso é livre de dificuldade. As pessoas preferem utilizar os produtos relativamente mais fáceis (Davis, 1989). Ao contrário da UVP, que afeta significativamente a IU, por vezes a FUP apenas apresenta um efeito fraco ou insignificante na IU (Chen, 2016a). Segundo outras pesquisas, a FUP tem um efeito forte e significativo na atitude e IU (Kaplan *et al.*, 2017; Park *et al.*, 2015). Além disso, há indícios de que a FUP afeta a IU através da relação positiva significante, o que significa que a FUP não só tem um efeito direto na IU como também tem um efeito indireto na IU pelo efeito mediador da UVP (Hsu, Chen, & Lin, 2017). Adicionalmente, em seu trabalho (Hsu e Chen, 2018) evidenciam a relação positiva entre FUP e UVP. Por conseguinte, sugerimos as hipóteses:

H2: A facilidade de uso percebida está positivamente relacionada com a intenção de usar VEs.

H3: A facilidade de uso percebida está positivamente relacionada com a utilidade verde percebida.

5.3.3 (3) Preocupação Ambiental

Com a deterioração do ambiente, a sensibilização do público para a proteção ambiental aumenta gradualmente (Wang, Shen, *et al.*, 2017). A preocupação ambiental (PA) está relacionada com a sensibilização do público para os problemas ambientais, que pode ser indicada pela atitude, reconhecimento e resposta às questões ambientais (Russell & Joan, 1978). Estudos anteriores demonstraram evidências de que a preocupação ambiental está positivamente correlacionada com a atitude favorável à preservação do meio ambiente, pelas pessoas (Minton & Rose, 1997).

As pessoas com elevada preocupação ambiental mostram uma grande vontade de comprar produtos ecológicos e participar em atividades de proteção ambiental (Greaves, Zibarras, & Stride, 2013; Ha & Janda, 2012). Maniatis (2016) concluiu que quando as pessoas compram produtos verdes, a sua percepção do ambiente será intensificada. Vários estudos confirmaram que a preocupação ambiental tem uma relação significante com a atitude individual e intenção de compra de produtos verdes, tais como veículos que usam fontes alternativas e "ecológicas" de energia (Ozaki & Sevastyanova, 2011; Wang, Zhao, *et al.*, 2017).

Os VEs desempenham um papel importante na sustentabilidade do transporte futuro, tais como a transformação do sistema de transporte baseado no petróleo, a diminuição da propriedade de automóveis particulares, e a redução da poluição atmosférica (Anderson *et al.*, 2014). Adicionalmente, em sua pesquisa (Habich-Sobiegalla *et al.*, 2018) demonstra que a PA está positivamente relacionada à FUP. Por conseguinte, as pessoas preocupadas com o ambiente irão ter uma atitude positiva e uma elevada vontade de utilização em relação aos VEs. Assim, propõem-se três hipóteses (Wu *et al.*, 2019):

H4: A preocupação ambiental está positivamente relacionada com a intenção de utilizar VEs.

H5: A preocupação ambiental está positivamente relacionada com a utilidade verde percebida dos VEs.

H6: A preocupação ambiental está positivamente relacionada com a facilidade de uso percebida dos VEs.

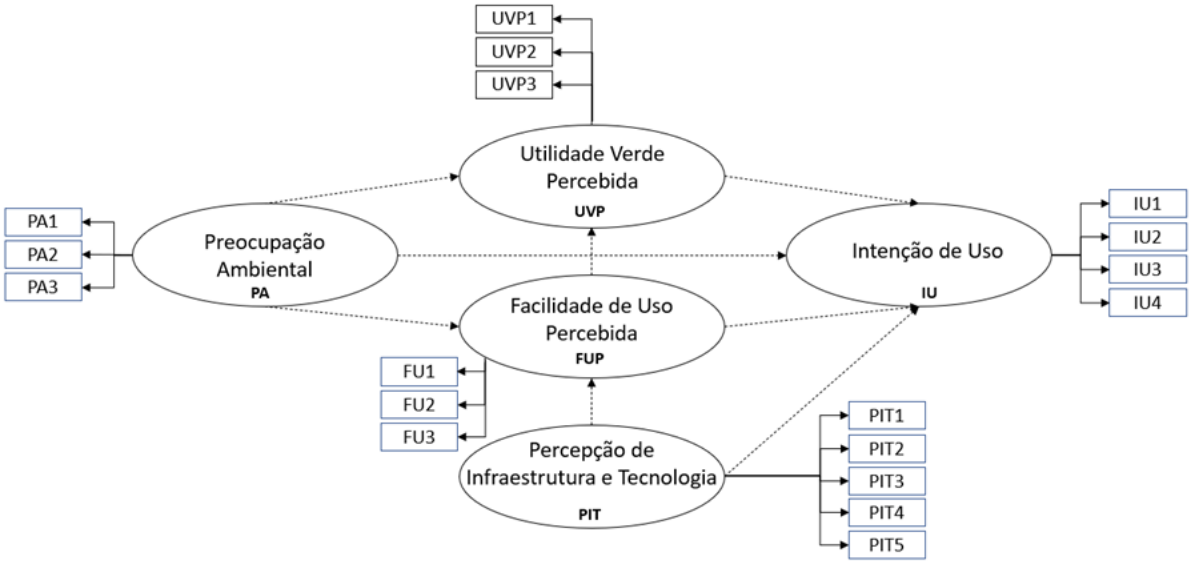
Como foi mencionado, Costa *et al.* (2021) concluíram que no ainda incipiente mercado brasileiro de VEs, os fatores mais críticos para sua viabilidade e expansão no Brasil são a regulação adequada do mercado, políticas de incentivo e infraestrutura de carregamento adequada. Estes fatores precisam ser levados em conta, portanto, quando se deseja estudar a aceitação de mercado dos VEs no Brasil. No mercado de VEs, a prontidão percebida, em termos de infraestrutura e tecnologia, são pontos muito importantes, e tem impacto potencial na intenção de uso, e em quão fácil e acessível serão os VEs para o usuário (Greene *et al.*, 2020; Habich-Sobiegalla, 2018). Desta forma, propõem-se as seguintes hipóteses originais:

H7: A prontidão potencial percebida, em termos de infraestrutura e tecnologia está positivamente relacionada com a facilidade de uso percebida.

H8: A prontidão potencial percebida, em termos de infraestrutura e tecnologia, está positivamente relacionada com a intenção de uso.

Na Figura 10 é possível observar o modelo estrutural proposto neste trabalho.

Figura 10. Modelo Estrutural Proposto.



Fonte: Autoria própria.

5.4 Método

Em busca do objetivo deste trabalho, foi desenvolvida uma pesquisa empírica inferencial, utilizando como instrumento de coleta de dados o questionário. A população investigada corresponde aos discentes de cursos de pós-graduação em três instituições distintas, sendo estas: Centro Universitário Senai CIMATEC, Universidade Federal da Bahia (UFBA) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O tamanho da amostra foi de 209 respondentes no total, sendo que todos os discentes de pós das instituições receberam um e-mail com um convite para participar da pesquisa. Este tamanho está em consonância com o recomendado por Kline (2005) e Weston & Gore (2006), que apontam em seus trabalhos uma amostra mínima de 200 para análises de modelagem de equações estruturais. A amostra abrangeu diferentes grupos etários, regiões e carreiras. Uma vez que esta pesquisa visou investigar o impacto da preocupação ambiental na aceitação pública de VEs no Brasil, a população alvo é proveniente dessa amostra não probabilística. A taxa de resposta ao questionário não pôde ser determinada, devido à não divulgação do tamanho da população, por parte das instituições.

Esta pesquisa foi norteada pelos preceitos da Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e foi avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do CIMATEC. Conforme preceitos da resolução 466/12, para evitar qualquer risco em

função de compartilhar percepções ou informações negativas, os questionários foram preenchidos de forma anônima e, nem as instituições nem os indivíduos foram identificados por nome nos relatórios e publicações, preservando a confidencialidade.

Os discentes da amostra foram contatados via e-mail, sendo convidados a participar voluntariamente na pesquisa. Os e-mails foram enviados pelas Coordenações de Pós-Graduação das instituições de ensino participantes. Os questionários foram preenchidos na plataforma Google Forms, e os dados foram posteriormente coletados numa planilha. Os questionários incluíram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Foram definidos e esclarecidos os critérios de inclusão e exclusão, que estabelecem que apenas maiores de 18 anos e legalmente capazes poderiam participar. Essas informações foram colocadas no termo de consentimento.

O instrumento utilizou uma escala Likert de sete pontos, variando de 1 a 7, para medir os itens de cada construto no questionário, onde 1 representa um desacordo elevado e 7 representa um acordo elevado (Ryu & Jang, 2006). Cada item foi adotado com base na literatura, e foram feitas algumas modificações e adaptações, conforme demonstrado na Tabela 6. Há dezoito perguntas ligadas ao modelo estrutural, tendo este sido do tipo Covariance-Based (CB), com a aplicação do método Maximum Likelihood Estimates (MLE), padrão do software SPSS AMOS (Ringle *et al.*, 2014). Os itens do questionário foram traduzidos do inglês para o português e na sequência foi efetuada a validação semântica. As perguntas foram avaliadas por seis professores doutores em administração que verificaram a compreensão, adequação cultural e clareza semântica dos termos empregados na tradução (Souza, Alexandre & Guirardello, 2017).

Tabela 6. 18 Perguntas do Questionário Ligadas ao Modelo Estrutural

Perguntas	Fonte:	Construtos a serem Testados:
1 - Eu acredito que o uso de VEs podem melhorar a qualidade do tráfego	(CHEN, 2016a, 2016b; DAVIS, 1989; WU *et al.*2019)	UVP
2 - Eu acredito que o uso de VEs pode me tornar mais saudável		
3 - Eu acredito que o uso de VEs pode melhorar a qualidade ambiental		
4 - Eu acho que seria fácil usar VEs	(DAVIS, 1989; MADIGAN *et al.* 2017;	FUP
5 - Eu acho que seria fácil para mim, usar VEs para ir a qualquer lugar que eu quisesse		

6 - Minha interação com VEs seria clara e compreensível para mim	PARK *et al.* 2015; WU *et al.*2019)	
7 - Eu me preocupo muito com a poluição ambiental atual no Brasil e seu impacto na saúde	(HA e JANDA, 2012; KIM e CHOI, 2005; SHI *et al.* 2017; WU *et al.* 2019)	PA
8 - As emissões de gases de combustão pelos carros é uma das principais fontes da poluição do ar		
9 - Eu tenho a responsabilidade de adotar um modo de transporte que emita pouco carbono		
10 - Eu vou usar VEs	(DAVIS, 1989; MADIGAN *et al.* 2017; PARK *al.* 2015; WU *et al.*2019)	IU
11 - Eu gostaria de usar Ves Regularmente		
12 - Eu vou recomendar os VEs a outras Pessoas		
13 - Eu gostaria de comprar VEs		
14 - Eu acredito que os veículos elétricos poderão ser carregados rapidamente	(GREENE, 2020; HABICH-SOBIEGALLA, 2018)	PIT
15 - Eu acredito que os veículos elétricos terão uma autonomia adequada, em termos de distância percorrida a cada recarga, no Brasil		
16 - Eu acredito irá ocorrer uma disponibilidade adequada de estações públicas de recarga (ruas/rodovias) para veículos elétricos no Brasil		
17 - Eu acredito irá ocorrer uma disponibilidade adequada de estações domésticas de recarga (residência/garagem) para veículos elétricos no Brasil		
18 - Eu acredito que irá ocorrer uma disponibilidade adequada de carregadores rápidos, tanto domésticos quanto públicos para veículos elétricos, no Brasil		

Fonte: autoria própria.

Para a análise dos resultados obtidos, foi escolhido o método de modelagem de equações estruturais. A análise dos dados coletados for realizada com o software SPSS AMOS.

5.5 Resultados e Discussão

O perfil da amostra pode ser observado na tabela 7.

Tabela 7. Perfil da Amostra

Gênero	**N**	**%**	**Área do Curso de Graduação**	**N**	**%**
Feminino	102	48,8%	Biológicas	57	27,3%
Masculino	106	50,7%	Exatas	65	31,1%
Outro	1	0,5%	Humanas	87	41,6%
Estado Civil	**N**	**%**	**Renda Mensal em Salários Mínimos**	**N**	**%**
Casado(a)	97	46,4%	Até 2	37	17,7%
Desquitado(a)	2	1,0%	Entre 3 e 6	61	29,2%
Divorciado(a)	9	4,3%	Entre 7 e 10	52	24,9%
Solteiro(a)	101	48,3%	Entre 11 e 14	20	9,6%
Nível de Instrução já concluída	**N**	**%**	Acima de 15	39	18,7%
Doutorado	16	7,7%	**Possui Um ou Mais Carros na Residência**	**N**	**%**
Especialização	44	21,1%	Sim	53	25,4%
Graduação	32	15,3%	Não	156	74,6%
Mestrado	117	56,0%			

Fonte: Dados de Pesquisa, 2022

Por meio da análise fatorial confirmatória (AFC) identificou-se como satisfatória a aderência da estrutura fatorial das dimensões teóricas utilizadas nesta pesquisa. Conforme demonstrado na tabela 8, os números de itens por fator foram de três a cinco. Esta proporção é aderente ao que sugerem diversos pesquisadores sobre o tema (ex. Maccallum, *et al.*, 1999; Raubenheimer, 2004). Nesta linha, conforme enfatizado por Hulin, Netemeyer e Cudeck (2001), os valores do alfa de Cronbach dependem do número de itens da escala e para serem considerados aceitáveis sugere-se que estejam acima de 0,6 (Yusoff *et al.*, 2011).

Partindo do valor de referência citado no parágrafo anterior, foi possível confirmar que as cinco estruturas fatoriais testadas apresentaram alfas de Cronbach superiores a 0,6 (Yusoff *et al.*, 2011). Isso demonstra consistência interna dos construtos.

Tabela 8. Alfa de Cronbach (n=209)

Fatores	Alfa de Cronbach	Número de Itens
Utilidade Verde Percebida	0,736	3
Facilidade de Uso Percebida	0,818	3
Preocupação Ambiental	0,756	3
Intenção de Uso	0,931	4
Percepção de Prontidão de Infraestrutura e Tecnologia	0,906	5

Fonte: Autoria própria.

As cargas fatoriais foram mensuradas através de coeficientes normalizados, e em todos os itens estas foram consideradas aceitáveis. Segundo Hair et al (2014), as cargas fatoriais devem ser superiores a 0,5, e idealmente, maiores que 0,7. Além disso, todos os parâmetros estimados através do procedimento de bootstrapping foram estatisticamente significantes ($p < 0,001$). Ambos os resultados, de cargas fatoriais e significância, podem ser observados na Tabela 9.

Tabela 9. Análise Fatorial Confirmatória (n=209)

Fatores/Itens	Carga Fatorial	p-Valor
Utilidade Verde Percebida		
UVP1	0,532	<0,001
UVP2	0,771	<0,001
UVP3	0,824	<0,001
Facilidade de Uso Percebida		
FU1	0,817	<0,001
FU2	0,802	<0,001
FU3	0,692	<0,001
Preocupação Ambiental		
PA1	0,724	<0,001
PA2	0,628	<0,001
PA3	0,827	<0,001
Intenção de Uso		
IU1	0,758	<0,001
IU2	0,939	<0,001
IU3	0,943	<0,001
IU4	0,870	<0,001

Percepção de Prontidão de Infraestrutura e Tecnologia		
PIT1	0,658	<0,001
PIT2	0,698	<0,001
PIT3	0,860	<0,001
PIT4	0,861	<0,001
PIT5	0,948	<0,001

Fonte: Autoria própria.

Na identificação do modelo proposto neste trabalho, cada item foi especificado como pertencente a um único fator, sem carregamentos cruzados. Além disso, foi especificado que os erros de medição não estavam correlacionados.

Foi realizado o teste de validade convergente do modelo através do método de critério de corte para índices de ajuste na análise de estrutura de covariância (Hu et al, 1999). Neste são definidos valores de referência para a validação, sendo que Confiabilidade Composta, ou Composite Reliability (CR), deve estar sempre acima de 0,7, e a Variância Média Extraída, ou Average Variance Extracted (AVE) acima de 0,5. Os resultados estão todos contidos dentro dos valores aceitáveis (Hu et al, 1999), e podem ser observados na tabela 10.

Tabela 10. Teste de Validade da Análise Fatorial Confirmatória (n=209)

Fatores	CR	AVE
Utilidade Verde Percebida	0,774	0,544
Facilidade de Uso Percebida	0,825	0,612
Preocupação Ambiental	0,771	0,535
Intenção de Uso	0,934	0,782
Percepção de Prontidão de Infraestrutura e Tecnologia	0,902	0,653

Fonte: Autoria própria.

Com o propósito de verificar a normalidade da distribuição dos dados, empregou-se o teste de normalidade multivariado de Mardia (1970, 1974). Este teste é baseado nos coeficientes de assimetria e curtose, e aponta que razões críticas superiores a 1,96 indicam não normalidade. No presente trabalho, a razão crítica encontrada foi de 36,7 (estimativa normalizada de curtose multivariada de Mardia), bem superior a 1,96, que reflete a não normalidade multivariada.

Tabela 11. Teste de Normalidade

Curtose Multivariavel de Mardia	136,668
Taxa Multivariável Crítica	36,728

Fonte: Autoria própria.

Assim, seguindo indicação de Byrne (2010) aplicou-se a técnica de bootstrapping com o objetivo de retificar os problemas de normalidade. Sob esta ótica, aplicaram-se as recomendações de Marôco (2010). Portanto, os parâmetros foram estimados por meio do procedimento de bootstrapping para 20.000 amostras.

Adicionalmente, conforme demonstrado a seguir na tabela 12, a aderência do modelo de acordo com o teste de "Chi-quadrado dividido pelos graus de liberdade" foi menor que 3, um valor aceitável de acordo com o sugerido por Kline (2015). Hu e Bentler (1999) recomendam que sejam avaliadas as estatísticas de ajuste de um modelo através dos indicadores SRMR, CFI e RMSEA. Neste sentido, o ajuste do modelo do estudo foi avaliado a partir de 04 indicadores: Minimum discrepancy divided by its degress of freedom (CMIN/DF), Comparative fit index (CFI), Root mean square error of approximation (RMSEA) e Standardised root mean square residual (SRMR). Schweizer (2010) enfatiza que, o ajuste do modelo é considerado bom, quando indicador CMIN/DF, nomenclatura dada ao "Chi-quadrado dividido pelos graus de liberdade" no software SPSS, é inferior a 2 e o ajuste aceitável quando inferior a 3. Nos dados desta investigação, encontrou-se um valor de ajuste aceitável, de 2,716.

Tabela 12. Normalização dos Resultados via Método de Bootstrapping

$\boldsymbol{Chi - Square\ \chi^2}$	344,902
$\boldsymbol{Graus\ de\ Liberdade}$	127
$\dfrac{\boldsymbol{\chi^2}}{\boldsymbol{Graus\ de\ Liberdade}}$	2,715

Fonte: Autoria própria.

Quanto ao indicador CFI, que indica a proporção da variância populacional que é explicada pelo modelo, considera-se aceitável modelos com CFI acima de 0,90 (Hooper; Coughlan; Mullen, 2008). Nesta pesquisa encontrou-se um indicador CFI de

0,914. De forma similar, o RMSEA, que indica o quão bem os parâmetros do modelo reproduzem a covariância populacional, é um índice que reduz o seu valor para os modelos mais condizentes com os dados a partir da análise dos resíduos. Kline (2015) considera como aceitáveis valores inferiores a 0,1. Nesta investigação, encontrou-se um RMSEA de 0,091.

O indicador SRMR representa a raiz padronizada do resíduo médio. Conforme indicado por Schweizer (2010) consideram-se como aceitáveis valores menores do que 0,1. Neste estudo, encontrou-se valor de SRMR igual a 0,1143. Este resultado provavelmente está associado ao tamanho reduzido da amostra (n=209), que segundo Kenny (2015) resulta em valores de SRMR mais elevados. Tendo em vista os valores relacionados a CFI (0,914) e RMSEA (0,091), observa-se que não há um problema de ajuste do modelo, mas o resultado do SRMR (0,1143) sugere que o modelo é parcimonioso.

No presente trabalho, a amostra de respondentes se caracteriza por estudantes de pós-graduação de três instituições brasileiras, sendo claramente esta uma amostragem homogênea e não-probabilística. Em sua pesquisa, Jaiswal et al (2021) afirmaram que a seleção de estudantes como respondentes se deu pelo fato de que estes representariam um grupo bem informado e educado, o que implicou não só em uma melhor compreensão do fenômeno da sustentabilidade ambiental, mas também uma maior familiaridade com tecnologias digitais (questionário online) e uma preferência por produtos de inovação tecnológica, como no caso dos VEs. Neste presente trabalho tal lógica foi também aplicada.

Além da pesquisa de Jaiwal et al (2021), que consistia de 418 respondentes, sendo estes alunos matriculados em programas de graduação, pós-graduação e doutorado de diversas instituições de ensino da Índia, compondo novamente uma amostra não-probabilística e homogênea, pode ser citado outro trabalho relevante com estratégia similar à da presente pesquisa. Khazaei (2019) estudou os impactos de diversos fatores na IU de VEs na Malásia, dentre eles: influência social, valor percebido, expectativa de desempenho e senso individual de inovação. A amostra neste caso consistia de 323 respondentes, englobando estudantes de graduação e pós-graduação, além de empregados de cinco empresas de Kuala Lumpur.

Para o teste de hipóteses no presente trabalho, foi aplicada a análise de caminhos (Path Analysis). Foi possível verificar que o R-quadrado (R2) das dimensões teóricas demonstrou um bom poder explicativo da variância nas variáveis endógenas

(Facilidade de Uso Percebida, Utilidade Verde Percebida e Intenção de Uso). Os valores obtidos podem ser observados na tabela 13.

Tabela 13. R-quadrado (R2) das Variáveis Endógenas

Variáveis Endógenas	R-quadrado (R2)
Utilidade Verde Percebida	0,538
Facilidade de Uso Percebida	0,411
Intenção de Uso	0,581

Fonte: Autoria própria.

5.5.1 Teste de Hipóteses

Para o teste de hipóteses, os valores estatísticos encontrados são apresentados na Tabela 14. Os resultados indicam que a primeira hipótese (H1) deste estudo foi aceita, pois se constatou que o efeito da utilidade verde percebida (UVP) tem relação positiva com a intenção de uso (IU) (p-valor < 0,001). Essas evidências estão alinhadas com o trabalho de Maniatis (2016), que se refere ao consumo de produtos verdes podendo exercer maiores benefícios ambientais do que as alternativas convencionais.

Para o teste da segunda hipótese (H2), que relaciona os efeitos positivos da facilidade de uso percebida (FUP) nas intenções de uso (IU), os resultados encontrados também demonstram que esta foi aceita (p-valor = 0,002). Este resultado corrobora os estudos de diversos autores (Kaplan *et al.*, 2017; Park *et al.*, 2015), em que a FUP é associada positivamente e de maneira significante na atitude e IU.

Situação semelhante ocorre para o teste da terceira hipótese (H3), que relaciona a facilidade de uso percebida (FUP) e a utilidade verde percebida (UVP). A significância encontrada demonstra que esta hipótese foi aceita (p-valor = 0,002). Este resultado tem ressonância com o trabalho de Hsu, Chen, e Lin (2017), que achou evidências de que a FUP afeta a IC através de vias causais, o que significa que a FUP não só tem um efeito direto na IC como também tem um efeito indireto na IC pelo efeito mediador da UP.

Já no caso da quarta hipótese (H4), o resultado estatístico encontrado para a significância (p-valor = 0,744) não comprova o efeito positivo direto da preocupação ambiental (PA) na intenção de uso (IU). Este resultado diverge dos trabalhos de Greaves, Zibarras, e Stride (2013) e Ha e Janda (2012), que sugerem que pessoas com

elevada preocupação ambiental mostram também uma grande vontade de comprar produtos ecológicos e participar em atividades de proteção ambiental. De forma ainda mais específica, diverge dos resultados encontrados por Ozaki & Sevastyanova (2011) e Wang *et al.* (2017) que demonstraram que a preocupação ambiental tem uma relação significante com a atitude individual e intenção de compra de produtos verdes, tais como veículos que usam fontes alternativas e "ecológicas" de energia.

Uma das possíveis causas para as divergências mencionadas pode estar relacionada à não percepção sobre o veículo elétrico (VE), como um produto efetivamente "verde". Segundo Woo *et al.* (2017), apesar de EVs não emitirem diretamente gases prejudiciais à camada de ozônio, a depender das fontes de energia elétrica relacionadas à recarga de bateria, VEs podem sim ter indiretamente um nível de emissões até superior ao de veículos à combustão. Outra das possíveis razões para a reduzida significância da relação positiva direta entre preocupação ambiental (PA) e a intenção de uso (IU) pode ser observada no trabalho de Habich-Sobiegalla *et al.* (2018), que por meio de uma survey conduzida em paralelo na China, Russia e Brasil, demonstrou que são micro fatores, como conhecer alguém que já possui um EV, que podem ser os fatores preponderantes na decisão de compra.

Para a quinta hipótese (H5), a significância estatística encontrada (p-valor < 0,001) aponta para uma relação positiva entre a preocupação ambiental (PA) e a utilidade verde percebida (UVP). Este resultado está alinhado ao apresentado por Anderson *et al.* (2014), que aponta os VEs desempenhando papéis importantes na sustentabilidade do transporte futuro, tais como a transformação do sistema de transporte baseado no petróleo, a melhoria da eficiência do tráfego, a diminuição da propriedade de automóveis particulares e a redução da poluição atmosférica.

De forma similar, a sexta hipótese (H6) desta pesquisa foi confirmada pelos resultados encontrados (p-valor < 0,001), demonstrando indícios de que a preocupação ambiental (PA) está significativamente relacionada com a facilidade de uso percebida (FUP) dos VEs. Esta apuração está alinhada aos resultados da survey de Habich-Sobiegalla *et al.* (2018), que demonstraram que, especificamente para os consumidores brasileiros, fatores macro como a preocupação com a emissão de gases de efeito estufa e o seu impacto no aquecimento global, além da disponibilidade de estações de recarga, são relevantes para a decisão de compra de EVs.

A sétima hipótese (H7) deste trabalho também se confirmou (p-valor < 0,001), relacionando de forma significante a percepção de prontidão de infraestrutura e

tecnologia (PIT) com a facilidade de uso percebida (FUP). Esse resultado é corroborado pelo trabalho de Greene *et al.* (2020), que apontou que a infraestrutura de recarga de EVs cria valor substancial para os clientes atuais e futuros desta tecnologia, aumentando a percepção sobre a capacidade da mobilidade elétrica, e contrabalançando a percepção de baixa autonomia dos VEs.

Por fim, a hipótese oito (H8) foi confirmada (p-valor = 0,023), demonstrando uma relação positiva entre a percepção de prontidão de infraestrutura e tecnologia (PIT) e a intenção de uso (IU). Em seu trabalho, Habich-Sobiegalla *et al.* (2018) demonstrou através de survey que fatores relacionados a infraestrutura de recarga são especialmente importantes para o consumidor brasileiro, e afetam diretamente sua intenção de compra de um VE. Os resultados aqui encontrados corroboram Habich-Sobiegalla *et al.* (2018). Sintetizando a análise sobre o resultado da investigação proposta nesta pesquisa, apenas a hipótese quatro (H4) foi rejeitada, tendo sido verificado que a preocupação ambiental (PA) não contribui diretamente para a intenção de uso (IU) de VEs. Para as demais hipóteses, a significância entre os fatores foi confirmada de forma satisfatória.

Tabela 14. Teste de Hipóteses

Teste de Hipóteses				Standardized Regression Weights	p-valor	Status da Hipótese
H1	**Utilidade Verde Percebida**	→	**Intenção de Uso**	0,546	***	Aceita
H2	**Facilidade de Uso Percebida**	→	**Intenção de Uso**	0,272	0,002	Aceita
H3	**Facilidade de Uso Percebida**	→	**Utilidade Verde Percebida**	0,268	0,002	Aceita
H4	**Preocupação Ambiental**	→	**Intenção de Uso**	-0,033	0,744	Rejeitada
H5	**Preocupação Ambiental**	→	**Utilidade Verde Percebida**	0,579	***	Aceita
H6	**Preocupação Ambiental**	→	**Facilidade de Uso Percebida**	0,420	***	Aceita
H7	**Percepção de Prontidão de Infraestrutura e Tecnologia**	→	**Facilidade de Uso Percebida**	0,485	***	Aceita
H8	**Percepção de Prontidão de Infraestrutura e Tecnologia**	→	**Intenção de Uso**	0,156	0,023	Aceita

*****nível de significância menor que 0,001**

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022

Diante das evidências levantadas nesta pesquisa, é possível sugerir a integração da dimensão "prontidão de infraestrutura e tecnologia" (PIT), como um dos fatores determinantes relacionados à adoção de veículos elétricos, sendo esta uma contribuição original deste trabalho.

5.6 Conclusão

Este estudo teve por objetivo desenvolver e testar empiricamente uma derivação do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) sobre a aceitação de veículos elétricos (VEs), através da aplicação de um modelo conceitual original derivado da teoria clássica do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM). O modelo aqui proposto e testado acrescenta fatores importantes para explicar a aceitação dos VEs, e contribui para a teoria do TAM ao verificar essa importância e significância. O instrumento de coleta de dados foi validado qualitativamente por um comitê de ética, e quantitativamente através da Análise Fatorial Confirmatória (AFC). Para o teste de hipóteses, foi aplicada a análise de caminhos (Path Analysis). Considerando os potenciais benefícios relacionados aos VEs, esta pesquisa positivista investiga o efeito da preocupação ambiental na aceitação pública dos veículos elétricos, e traduz sua utilidade percebida em utilidade verde percebida.

Os resultados indicaram que há uma relação positiva entre a intenções das pessoas de utilizarem veículos elétricos e três dos fatores levantados no modelo conceitual, sendo estes as percepções de: Utilidade Verde, Facilidade de uso, Prontidão da Infraestrutura em Potencial. Os resultados também demonstraram que não há uma relação positiva entre o fator Preocupação Ambiental e a intenção de uso de VEs no Brasil, divergindo dos trabalhos de Greaves, Zibarras, e Stride (2013) e Ha e Janda (2012), que sugerem que pessoas com elevada preocupação ambiental mostram também uma grande vontade de comprar produtos ecológicos e participar em atividades de proteção ambiental. De forma ainda mais específica, diverge dos resultados encontrados por Ozaki & Sevastyanova (2011) e Wang *et al.* (2017) que demonstraram que a preocupação ambiental tem uma relação significante com a atitude individual e intenção de compra de produtos verdes, tais como veículos que usam fontes alternativas e "ecológicas" de energia. Uma das possíveis causas para as divergências mencionadas

pode estar relacionada à não percepção sobre o veículo elétrico (VE), como um produto efetivamente "verde". Segundo Woo *et al.* (2017), apesar de VEs não emitirem diretamente gases prejudiciais à camada de ozônio, a depender das fontes de energia elétrica relacionadas à recarga de bateria, VEs podem sim ter indiretamente um nível de emissões até superior ao de veículos à combustão. Outra das possíveis razões para a reduzida significância pode ser observada no trabalho de Habich-Sobiegalla *et al.* (2018), que por meio de um questionário conduzido em paralelo na China, Russia e Brasil, demonstrou que são micro fatores, como conhecer alguém que já possui um EV, que podem ser os fatores preponderantes na decisão de compra. Esse estudo é pioneiro em verificar o impacto de fatores contextuais adicionais que são importantes para a realidade brasileira, não presentes no TAM nem nos outros artigos aqui citados: a percepção de prontidão em termos de infraestrutura e tecnologia para os VEs.

Aprofundando a análise de resultados, foi viável comprovar a relação positiva entre a preocupação ambiental (PA) e dois outros fatores, sendo estes a utilidade verde percebida (UVP) e facilidade de uso percebida (FUP). Além do exposto, foi observada a relação positiva na intenção de uso (IU) de VEs a partir desses dois fatores citados. Concluindo, também foi exequível aferir a influência significativa da FUP na utilidade verde percebida (UVP).

O rápido desenvolvimento de VEs requer aceitação de mercado. É bastante claro que o desenvolvimento do mercado de VEs no Brasil requer a aceitação do público. Foi possível mapear três fatores diretamente ligados à intenção de uso (IU) de VEs no país, sendo estes: utilidade verde percebida (UVP), facilidade de uso percebida (FUP) e a percepção de prontidão de infraestrutura e tecnologia (PIT). Diante disto, é recomendado aos formuladores de políticas públicas e demais partes interessadas que concentrem parte de sua energia em propagar a utilidade verde associada ao VE, e também desenvolvam a infraestrutura adequada de recarga ao longo do país, desta forma contribuindo positivamente para a facilidade de uso relacionada a VEs.

Além disso, este estudo fornece algumas implicações para o governo aumentar a intenção de uso de VEs. (1) O governo pode intensificar a percepção pública da utilidade ecológica enfatizando os benefícios ambientais dos VEs, já que estes podem reduzir o consumo de combustíveis fósseis e melhorar a eficiência no consumo de energia. O governo pode fortalecer a disseminação de VEs para aumentar o reconhecimento público da sua utilidade verde. (2) As estações de recarga podem ser instaladas e melhoradas amplamente para o uso conveniente de VEs. A autonomia dos

VEs e os problemas de carregamento associados estão dificultando a implantação em massa de VEs (Franke & Krems, 2013), enquanto que leis e padrões de segurança de privacidade devem ser promulgados quanto aos pontos de recarga. Além disso, a percepção pública sobre a infraestrutura e a prontidão tecnológica é um fator importante a ser levado em consideração, e depende principalmente de investimentos públicos e privados na melhoria da disponibilidade de postos de recarga (Rietmann e Lieven, 2019). Mesmo que o setor público não tenha o controle de todas essas questões, os investimentos podem aumentar a probabilidade de ocorrência delas em um período menor (Vaz, Barros e De Castro, 2015). Esses fatores significantes já mencionados podem ser explorados também pela iniciativa privada, em campanhas de marketing de montadoras, por exemplo.

Este trabalho buscou preencher a lacuna na produção de conhecimento sobre fatores que estimulam a intenção de uso e o comportamento do consumidor em potencial de VEs no mercado brasileiro. A utilização do fator "Percepção da Prontidão da Infraestrutura em Potencial", e a análise do seu relacionamento positivo com a facilidade de uso percebida (FUP) e a intenção de uso (IU) é uma contribuição e um diferencial deste trabalho.

Dentre as limitações deste trabalho, inicialmente pode ser citado o tamanho da amostra, pouco superior a 200 respondentes. Os indícios aqui colhidos são, portanto, relacionados a uma amostra não representativa. Apesar de ser adequada para os fins metodológicos, sendo amostras com tamanho mínimo 200 apontadas como adequadas nos trabalhos de Kline (2005) e Weston e Gore (2006), seu tamanho relativamente reduzido acabou sendo um dos fatores indutores de um resultado considerado menos satisfatório para o indicador SRMR. Um valor de SRMR superior a 0,1 indica que o modelo é parcimonioso e que há casos de baixa correlação entre fatores.

Ainda tratando das limitações deste trabalho, não foi possível determinar uma correlação positiva entre a preocupação ambiental (PA) e a intenção de uso (IU) para EVs.

Dentre as oportunidades de estudos futuros, podem ser destacadas a adoção de procedimentos metodológicos quantitativos, com o modelo proposto no presente trabalho, mas com amostras mais abrangentes e de escala superior, como no caso de associações industriais, comerciais e políticas, ajudando a ampliar a validação da estrutura conceitual proposta nesta pesquisa – sendo seus associados possíveis consumidores de VEs no Brasil, mas com um viés diferente da primeira amostra.

Tendo em vista o compartilhado até aqui, a expectativa é de que as evidências obtidas nesta pesquisa tenham contribuído e sigam contribuindo com a temática investigada, um tema caro ao desenvolvimento do país e que necessita ser discutido em profundidade, fomentando a produção acadêmica e principalmente soluções estratégicas e adaptadas à realidade nacional.

5.7 Referências

ARKES, Hal R. *et al*. Organizational behavior and human decision processes. 1991.

AHMED, Manzoor *et al*. Mobile banking adoption: a qualitative approach towards the assessment of TAM model in an emerging economy. Academic Research International, v. 5, n. 6, p. 248, 2014.

ANDERSON, Henry. The Future of Electric Cars. Retrieved from http://large.stanford.edu/courses/2014/ph240/anderson-h1/ , accessed on December 4th, 2022.

BENBASAT, Izak; BARKI, Henri. Quo vadis TAM?. Journal of the association for information systems, v. 8, n. 4, p. 7, 2007.

BYRNE, Barbara M. Structural equation modeling with Mplus: Basic concepts, applications, and programming. routledge, 2013.

CHEN, Shang-Yu. Green helpfulness or fun? Influences of green perceived value on the green loyalty of users and non-users of public bikes. Transport Policy, v. 47, p. 149-159, 2016.

CHEN, Shang-Yu. Using the sustainable modified TAM and TPB to analyze the effects of perceived green value on loyalty to a public bike system. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 88, p. 58-72, 2016.

COSTA, Evaldo *et al*. Diffusion of electric vehicles in Brazil from the stakeholders' perspective. International Journal of Sustainable Transportation, v. 15, n. 11, p. 865-878, 2021.

DA CRUZ, Thayse Santos *et al.* Factors influencing the attitudes of individuals in favor of sustainable development: a study with students in the field of management. Revista de Administração da UFSM, v. 13, n. Especial Engema, p. 1133-1153, 2020.

DAS, Himadry Shekhar *et al*. Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 120, p. 109618, 2020.

DAVIS, Fred D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS quarterly, p. 319-340, 1989.

DAVIS, Fred D.; BAGOZZI, Richard P.; WARSHAW, Paul R. User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. Management science, v. 35, n. 8, p. 982-1003, 1989.

EUROPHD. The ‘three papers’ Format of PhD thesis. European / International Joint Ph.D. in
Social Representation and Communication, 2003. Disponível em: http://www.europhd.net/%E2%80%98three-papers%E2%80%99-format-phd-thesis

FANG, Yujuan *et al*. Promoting electric vehicle charging infrastructure considering policy incentives and user preferences: An evolutionary game model in a small-world network. Journal of cleaner production, v. 258, p. 120753, 2020.

FRANKE, Thomas; KREMS, Josef F. What drives range preferences in electric vehicle users?. Transport Policy, v. 30, p. 56-62, 2013.

FISHBEIN, Martin; AJZEN, Icek. Belief, attitude, intention and behaviour: An introduction to theory and research. Addison-Wesley, 1975.

FUNKE, Simon Árpád *et al*. How much charging infrastructure do electric vehicles need? A review of the evidence and international comparison. Transportation research part D: transport and environment, v. 77, p. 224-242, 2019.

GREAVES, Martin; ZIBARRAS, Lara D.; STRIDE, Chris. Using the theory of planned behavior to explore environmental behavioral intentions in the workplace. Journal of Environmental Psychology, v. 34, p. 109-120, 2013.

GREENE, David L. *et al*. Public charging infrastructure for plug-in electric vehicles: What is it worth?. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 78, p. 102182, 2020.

GUNAWAN, Indra et al. Determinants of customer intentions to use electric vehicle in Indonesia: An integrated model analysis. Sustainability, v. 14, n. 4, p. 1972, 2022.

HABICH-SOBIEGALLA, Sabrina; KOSTKA, Genia; ANZINGER, Niklas. Electric vehicle purchase intentions of Chinese, Russian and Brazilian citizens: An international comparative study. Journal of cleaner production, v. 205, p. 188-200, 2018.

HAIR, J. F. *et al*. Multivariate data analysis: A global perspective (Vol. 7): Pearson Upper Saddle River. 2010.

HOOPER, Daire; COUGHLAN, Joseph; MULLEN, Michael. Evaluating model fit: a synthesis of the structural equation modelling literature. In: 7th European Conference on research methodology for business and management studies. 2008. p. 195-200.

HSU, Chia-Lin; CHEN, Mu-Chen. How does gamification improve user experience? An empirical investigation on the antecedences and consequences of user experience and its mediating role. Technological Forecasting and Social Change, v. 132, p. 118-129, 2018.

HU, Li-tze; BENTLER, Peter M. Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. Structural equation modeling: a multidisciplinary journal, v. 6, n. 1, p. 1-55, 1999.

HULIN, Charles; NETEMEYER, Richard; CUDECK, Robert. Can a reliability coefficient be too high?. Journal of Consumer Psychology, v. 10, n. 1/2, p. 55-58, 2001.

JAISWAL, Deepak et al. Consumer adoption intention for electric vehicles: Insights and evidence from Indian sustainable transportation. Technological Forecasting and Social Change, v. 173, p. 121089, 2021.

KAHN, Matthew E. Do greens drive Hummers or hybrids? Environmental ideology as a determinant of consumer choice. Journal of Environmental Economics and Management, v. 54, n. 2, p. 129-145, 2007.

KHAZAEI, Hamed. The influence of personal innovativeness and price value on intention to use of electric vehicles in Malaysia. European Online Journal of Natural and Social Sciences, v. 8, n. 3, p. pp. 483-494, 2019.

KAPLAN, Sigal *et al*. The role of information systems in non-routine transit use of university students: Evidence from Brazil and Denmark. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 95, p. 34-48, 2017.

KAUTISH, Pradeep; DASH, Ganesh. Environmentally concerned consumer behavior: evidence from consumers in Rajasthan. Journal of Modelling in Management, v. 12, n. 4, p. 712-738, 2017.

KENNY, David. Measuring Model Fit [en línea]. Available: davidakenney. net/cm/fit. html, 2015.

KLINE, Rex B. Principles and practice of structural equation modeling. Guilford publications, 2023.

MACCALLUM, Robert C. *et al*. Sample size in factor analysis. Psychological methods, v. 4, n. 1, p. 84, 1999.

MANIATIS, Paraschos. Investigating factors influencing consumer decision-making

while choosing green products. Journal of Cleaner Production, v. 132, p. 215-228, 2016.

MARDIA, Kanti V. Measures of multivariate skewness and kurtosis with applications. Biometrika, v. 57, n. 3, p. 519-530, 1970.

MARDIA, Kanti V. Applications of some measures of multivariate skewness and kurtosis in testing normality and robustness studies. Sankhyā: The Indian Journal of Statistics, Series B, p. 115-128, 1974.

MARÔCO, J. Análise de equações estruturais: Fundamentos teóricos, software e aplicações. Pêro Pinheiro: Report Number. 2010.

MATHIESON, Kieran. Predicting user intentions: comparing the technology acceptance model with the theory of planned behavior. Information systems research, v. 2, n. 3, p. 173-191, 1991.

MINTON, Ann P.; ROSE, Randall L. The effects of environmental concern on environmentally friendly consumer behavior: An exploratory study. Journal of Business research, v. 40, n. 1, p. 37-48, 1997.

OUTLOOK, IEA Global EV. Entering the decade of electric drive. International Energy Agency, 2020.

OZAKI, Ritsuko; SEVASTYANOVA, Katerina. Going hybrid: An analysis of consumer purchase motivations. Energy policy, v. 39, n. 5, p. 2217-2227, 2011.

PARK, Eunil; KIM, Heetae; OHM, Jay Y. Understanding driver adoption of car navigation systems using the extended technology acceptance model. Behaviour & Information Technology, v. 34, n. 7, p. 741-751, 2015.

PIRES, Péricles José; COSTA FILHO, Bento Alves da. Fatores do índice de prontidão à tecnologia (TRI) como elementos diferenciadores entre usuários e não usuários de internet banking e como antecedentes do modelo de aceitação de tecnologia (TAM). Revista de Administração Contemporânea, v. 12, p. 429-456, 2008.

RAUBENHEIMER, Jacques. An item selection procedure to maximize scale reliability and validity. SA Journal of Industrial Psychology, v. 30, n. 4, p. 59-64, 2004.

RUSSELL, Michael L. Behavioral consultation: Theory and process. The Personnel and Guidance Journal, v. 56, n. 6, p. 346-350, 1978.

SCHWEIZER, Karl. Some guidelines concerning the modeling of traits and abilities in test construction. European Journal of Psychological Assessment, 2010.

SOUZA, Ana Cláudia de; ALEXANDRE, Neusa Maria Costa; GUIRARDELLO, Edinêis de Brito. Propriedades psicométricas na avaliação de instrumentos: avaliação da confiabilidade e da validade. Epidemiologia e serviços de saúde, v. 26, p. 649-659, 2017.

THOMPSON, Ronald L.; HIGGINS, Christopher A.; HOWELL, Jane M. Influence of experience on personal computer utilization: Testing a conceptual model. Journal of management information systems, v. 11, n. 1, p. 167-187, 1994.

VENKATESH, Viswanath; DAVIS, Fred D. A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. Management science, v. 46, n. 2, p. 186-204, 2000.

VENKATESH, Viswanath *et al*. User acceptance of information technology: Toward a unified view. MIS quarterly, p. 425-478, 2003.

WANG, Binbin; SHEN, Yating; JIN, Yangyang. Measurement of public awareness of climate change in China: based on a national survey with 4,025 samples. Chinese Journal of Population Resources and Environment, v. 15, n. 4, p. 285-291, 2017.

WANG, Ning; TANG, Linhao; PAN, Huizhong. A global comparison and assessment of incentive policy on electric vehicle promotion. Sustainable Cities and Society, v. 44, p. 597-603, 2019.

WOO, JongRoul; CHOI, Hyunhong; AHN, Joongha. Well-to-wheel analysis of greenhouse gas emissions for electric vehicles based on electricity generation mix: A global perspective. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 51, p. 340-350, 2017.

WU, Jih-Hwa *et al*. Green purchase intentions: An exploratory study of the Taiwanese electric motorcycle market. Journal of Business Research, v. 68, n. 4, p. 829-833, 2015.

WU, Jingwen *et al*. The role of environmental concern in the public acceptance of autonomous electric vehicles: A survey from China. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, v. 60, p. 37-46, 2019.

YUSOFF, Muhamad Saiful Bahri *et al*. The validity and reliability of the USM Emotional Quotient Inventory (USMEQ-i): its use to measure Emotional Quotient (EQ) of future medical students. International Medical Journal, v. 18, n. 4, p. 293-299, 2011.

6 CONCLUSÕES

Esta pesquisa buscou desenvolver um modelo derivado do TAM sobre a aceitação de VEs. O desenvolvimento citado se deu através de três iniciativas, tendo cada uma delas produzido resultados complementares ao objetivo deste trabalho. A estrutura desta tese é composta de três artigos desenvolvidos individualmente, e a soma de seus resultados constrói a sua contribuição acadêmica.

O trabalho teve início por uma extensa revisão sistemática da literatura. Esta apresentou e analisou as principais tendências relacionadas a VEs no contexto global e brasileiro, trazendo reflexões para o desenvolvimento de estratégias para este cenário tecnológico. Foi confirmada uma tendência crescente no número de publicações sobre o tema. Foram identificadas oito grandes áreas temáticas de pesquisa sobre o tema, sendo estas: emissões de gases de efeito estufa, VEs – dados e diagnósticos de mercado, geração de eletricidade, incentivos à eletrificação veicular, VEs – aplicações em frotas comerciais, comportamento do consumidor de VEs, infraestrutura de postos de recarga – dados e diagnósticos de mercado, Infraestrutura de postos de recarga – tecnologias, custos e tendências.

Ficou claro que há uma demanda relevante da sociedade por alternativas de mobilidade sustentáveis, por conta do alto impacto do setor de transporte nas emissões

de GEEs, e que os VEs são percebidos como mais eficientes do que os VMCIs. Neste contexto, os VEHPs, apesar de serem um passo intermediário para a adoção de VEBs, encontram-se em um estágio de maturidade comercial mais avançado do que os veículos elétricos puros. Além disso, comercialmente os VEs apresentam tendência acelerada e ascendente de vendas, desta forma comprovando a viabilidade desta categoria de transporte. Para o mercado brasileiro, apesar dos números absolutos ainda modestos, as vendas de VEs também apresentam tendência de crescimento.

Quanto à geração de energia elétrica, além de relevantes para a adoção de VEs, a matriz energética apresenta-se como crítica no que se refere ao impacto ambiental dos veículos elétricos, mesmo no caso de VEBs. Os VEs em nações com geração de energia elétrica majoritariamente associada a queima de combustíveis fósseis apresentam menor eficiência do que países com matrizes energéticas menos poluentes, como: hidrelétrica, eólica, biomassa, solar e nuclear. Em alguns casos pontuais, VEBs podem ter até maior impacto ambiental do que os VMCIs. O crescimento da demanda de energia elétrica relacionado aos VEs possui características específicas, relacionadas diretamente aos eventos de recarga de baterias, que ocorrem na maior parte das vezes nas residências dos consumidores, no turno da noite, desta forma gerando picos de demanda à rede de abastecimento de energia elétrica nesses horários específicos. Adicionalmente, destacam-se os estacionamentos públicos e de escritórios como o segundo local buscado pelos consumidores para o reabastecimento, desta vez em horário comercial, assim como as estações de recarga nas rodovias, sendo estas a terceira opção para os usuários.

Além dos tópicos citados anteriormente, os incentivos fiscais apresentaram-se como ferramenta estratégica amplamente utilizada pelos governos para promover a eletrificação veicular, sendo disponibilizados diretamente ao consumidor final por meio de descontos nas taxas e preços relacionados aos VEs, sendo estes inversamente proporcionais ao nível de emissões do veículo. Ficou nítida também a importância das intervenções governamentais na infraestrutura de recarga de baterias, desta forma garantindo uma jornada robusta para os consumidores de VEs em seus trajetos diários. No Brasil, as iniciativas observadas se apresentaram como pontuais e isoladas, faltando traçar objetivos estratégicos bem definidos.

Foi possível identificar que pesquisas empíricas e inferenciais, derivadas ou associadas ao TAM, que investiguem os fatores de influência na intenção de uso (IU) de VEs, ainda são escassas. Neste trabalho, através de questionário com 209 estudantes

de pós graduação, provenientes de três instituições de ensino brasileiras, foi possível desenvolver e avaliar dois modelos derivados da TAM, sendo o primeiro relacionado à influência de FSDs na UI de VEs, enquanto que o segundo estudou os fatores de aceitação de VEs, validando os resultados encontrados através de Análise Fatorial Confirmatória (AFC) e testando as hipóteses levantadas através da Análise de Caminhos (Path Analysis). Vale ressaltar que a amostra no presente trabalho se apresenta como homogênea a não probabilística, sendo esta uma clara limitação. Por outro lado, a seleção da amostra se deu pois esta representa um grupo bem informado, resultando numa melhor compreensão do fenômeno da sustentabilidade ambiental e também em uma maior familiaridade com tecnologias digitais (questionário online), além da preferência por produtos de inovação tecnológica, como no caso dos VEs.

Para o desenvolvimento do modelo derivado do TAM, sobre a influência de fatores sociodemográficos (FSD) na intenção de uso (IU) de veículos elétricos (VEs), as informações coletadas foram tratadas e analisadas por meio de regressões lineares múltiplas. Os resultados indicaram não haver uma relação significante entre a intenção de uso de VEs e FSDs, para nenhuma das oito hipóteses levantadas. Cada uma das variáveis foi submetida a regressões stepwise e os resultados demonstraram, novamente, que nenhuma delas foi considerada significante no que cerne a IU de VEs no Brasil. Os resultados encontrados são aderentes às contribuições provenientes de parte da literatura, citadas no capítulo 2 desta tese. É válido ressaltar que o resultado não significante da variável Renda é particularmente interessante, já que o VE é um bem de demanda elástica, e sensível à renda. Os resultados encontrados potencialmente auxiliarão governos, fabricantes de veículos, concessionários de energia elétrica e empreendedores relacionados às estações de recarga a direcionarem seus esforços na promoção de VEs de forma mais abrangente.

No caso do desenvolvimento do modelo derivado do TAM sobre a aceitação de VEs, aos resultados da pesquisa empírica foi aplicado um modelo conceitual original derivado da teoria clássica do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM). O modelo aqui proposto e testado acrescenta fatores importantes para explicar a aceitação dos VEs, e contribui para a teoria do TAM ao verificar essa importância e significância. Para o teste de hipóteses, foi aplicada a análise de caminhos (Path Analysis). Considerando os potenciais benefícios relacionados aos VEs, esta pesquisa exploratória investigou o efeito da preocupação ambiental na aceitação pública dos veículos elétricos, e traduz sua utilidade percebida em utilidade verde percebida. A análise dos

resultados indicou que há uma relação positiva entre a intenções das pessoas de utilizarem veículos elétricos e três dos fatores levantados no modelo conceitual, sendo estes as percepções de: Utilidade Verde, Facilidade de uso, Prontidão da Infraestrutura em Potencial. Também ficou demonstrado que não há uma relação positiva entre o fator Preocupação Ambiental e a intenção de uso de VEs. Foi possível mapear três fatores diretamente ligados à intenção de uso (IU) de VEs, sendo estes: utilidade verde percebida (UVP), facilidade de uso percebida (FUP) e a percepção de prontidão de infraestrutura e tecnologia (PIT) –este um fator novo e proposto originalmente nessa pesquisa. Diante disto, é recomendado aos formuladores de políticas públicas e demais partes interessadas que concentrem parte de sua atenção e recursos em propagar a utilidade verde associada ao VE, e também desenvolvam a infraestrutura adequada de recarga, desta forma contribuindo positivamente para a facilidade de uso relacionada a EVs. Este trabalho buscou preencher a lacuna na produção de conhecimento sobre fatores que estimulam ou inibem a intenção de compra e o comportamento do consumidor em potencial de VEs. A utilização do fator "Percepção da Prontidão da Infraestrutura em Potencial", e a análise do seu relacionamento positivo com a facilidade de uso percebida (FUP) e a intenção de uso (IU) é uma contribuição e um diferencial deste trabalho.

Sugestões para Trabalhos Futuros

Aplicar o método questionário com amostragens de número mais elevado, e com uma abordagem menos especializada e controlada, ampliando a amostra além dos estudantes de pós-graduação de três instituições distintas, poderá trazer resultados promissores no futuro. Adicionalmente, a pesquisa de fatores econômicos, de infraestrutura e também relacionados à jornada do potencial consumidor de VEs mostram-se como oportunidades para pesquisas futuras.

Dentre as oportunidades de estudos futuros, podem ser destacadas também a adoção de procedimentos metodológicos qualitativos, como no caso de entrevistas semiestruturadas. Estas poderiam ser realizadas em grupos focais relacionados a potenciais consumidores de EVs, segregados por fatores como renda, região geográfica, grau de instrução e idade.

ANEXO 1

Questionário online referenciado nos capítulos 4 e 5 deste trabalho.

Fatores Determinantes da Aceitação da Tecnologia de Veículos Elétricos (VEs) no Brasil

Prezado(a) aluno(a),

Este estudo faz parte do projeto intitulado "Fatores determinantes da aceitação da tecnologia de veículos elétricos no Brasil".

Este projeto é coordenado por mim, Dr. Paulo Soares Figueiredo, da UFBA, e com a colaboração do professor Dr. Lucas Travassos, da UFSC, e do aluno de doutorado Flávio Garcia, do SENAI CIMATEC.

Os benefícios deste projeto envolvem orientar o poder público e gestores da indústria de veículos elétricos na busca de uma melhor aceitação da tecnologia por parte dos consumidores em potencial.

Quanto à confidencialidade, todas as suas respostas ao questionário serão anônimas. Quando quaisquer resultados forem publicados, isto será feito de modo a não identificar você ou sua escola, e os dados serão apresentados de forma agregada. Portanto não há riscos relacionados à sua participação nessa pesquisa.

Se você tiver qualquer dúvida sobre este estudo, pode contatar o coordenador da pesquisa, Paulo Figueiredo, no telefone (71) 99611-0101. Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia (CIMATEC);

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Eu li as informações acima e concordei em participar neste estudo. Eu assinalo abaixo o meu consentimento e concordância. *

   Marcar apenas uma oval.

   ◯ Sim

Fatores Determinantes da Aceitação da Tecnologia de Veículos Elétricos no Brasil

2. Qual é sua idade? (digite apenas o número correspondente a sua idade) *

_____

3. Qual é o seu gênero? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Masculino
- ◯ Feminino
- ◯ Outro

4. Você é casado(a), solteiro(a), desquitado(a) ou divorciado(a)? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Casado(a)
- ◯ Solteiro(a)
- ◯ Desquitado(a)
- ◯ Divorciado(a)

5. Qual é seu maior nível de instrução já concluída? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Graduação
- ◯ Especialização
- ◯ Mestrado
- ◯ Doutorado

6. Qual é sua renda domiciliar total mensal, aproximadamente, em número de salários mínimos? *

7. No momento, você faz mestrado, doutorado, ou alguma especialização? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Mestrado
- ◯ Doutorado
- ◯ Especialização
- ◯ Não Faço

8. Se você faz mestrado ou doutorado, é um curso profissional ou acadêmico? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Profissional
- ◯ Acadêmico
- ◯ Não Faço

9. O meu curso de graduação foi na área de: *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Exatas
- ◯ Humanas
- ◯ Biológicas

10. O meu curso de pós graduação é na área de: *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Exatas
- ◯ Humanas
- ◯ Biológicas

11. Você possui um ou mais carros na sua residência? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não

12. Com qual categoria de posicionamento político você mais se identifica? Em uma escala de 1 (partidos de esquerda) a 7 (partidos de direita), indique a categoria com a qual você mais se identifica. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Part	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Partidos de Direita

13. Independentemente de você pertencer ou não a uma religião, em uma escala de 0 (nada religioso) a 10 (muito religioso), indique o quão religioso você diria que é. *

Marcar apenas uma oval.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nad	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Muito Religioso

Pular para a pergunta 14

Fatores Determinantes da Aceitação da Tecnologia de Veículos Elétricos no Brasil

Como os veículos elétricos (VEs) ainda não existem amplamente no Brasil, por favor responda às perguntas com base em seu reconhecimento e opiniões. Quando os VEs forem amplamente utilizados no futuro, você concorda com as seguintes declarações? (1-7 representa de muito discordar para muito concordar).

14. Eu acredito que o uso de VEs pode melhorar a qualidade do tráfego. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Totalmente

15. Eu acredito que o uso de VEs pode me tornar mais saudável. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Totalmente

16. Eu acredito que o uso de VEs pode melhorar a qualidade ambiental. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

17. Eu acho que seria fácil usar VEs. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

18. Eu acho que seria fácil para mim, usar VEs para ir a qualquer lugar que eu quisesse. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

19. Minha interação com VEs seria clara e compreensível para mim. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

20. Eu me preocupo muito com a poluição ambiental atual no Brasil e seu impacto na saúde. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

21. As emissões de gases de combustão pelos carros é uma das principais fontes da poluição do ar. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

22. Eu tenho a responsabilidade de adotar um modo de transporte que emita pouco carbono. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

23. Eu vou usar VEs. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

24. Eu gostaria de usar VEs regularmente. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

25. Eu vou recomendar os VEs a outras pessoas. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

26. Eu gostaria de comprar VEs. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

27. Eu acredito que os VEs poderão ser carregados rapidamente. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

28. Eu acredito que os VEs terão uma autonomia adequada no Brasil, em termos de distância percorrida a cada recarga. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

29. Eu acredito irá ocorrer uma disponibilidade adequada de estações públicas de recarga (ruas/rodovias) para VEs no Brasil. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

30. Eu acredito irá ocorrer uma disponibilidade adequada de estações domésticas de recarga (residência/garagem) para VEs no Brasil *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

31. Eu acredito que irá ocorrer uma disponibilidade adequada de carregadores rápidos, tanto domésticos quanto públicos para veículos elétricos, no Brasil. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Disc	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Concordo Completamente

PRODUÇÃO TÉCNICA E CIENTÍFICA

FLÁVIO FABRÍCIO V. M. FERREIRA ; FLÁVIO G. O. SOARES FILHO; WANDERSON GUIMARÃES DE LANA ; RAFAEL PIMENTEL DOS SANTOS ; PHILIPPE CEDRAZ LOPES ; MARCUSV. TOPÁZIO FERNANDES ; RENELSON RIBEIRO SAMPAIO ;THIAGO B. MURARI . Internet Access in the New Brazilian Normal: A Basic Need for Access to Income,Health, and Education. JOURNAL OF BIOENGINEERING ANDTECHNOLOGY APPLIED TO HEALTH, v. 3, p. 298-304, 2020.

FLÁVIO G. O. SOARES FILHO. Do Investments in Innovation and Quality Management Systems Ensure Superior Financial Performance? A Quantitative Study of Brazilian Publicly Traded Companies.. BBR.Brazilian Business Review (English Ed.), v. 19, p.685, 2022.

FLÁVIO G. O. SOARES FILHO. Determinants of the spread of vehicle electrification and directions for the brazilian market. ADVANCED AND SUSTINABLE TECHNOLOGIES FOR AUTOMOTIVE INDUSTRY INNOVATION.1ed.São Paulo: Pimenta Cultural, 2022, v. , p. 105-.

FLÁVIO G. O. SOARES FILHO. CONEMI XXII. Veículos Elétricos – Panorama Tecnológico. 2022.

FLÁVIO G. O. SOARES FILHO. A ACEITAÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: UM MODELO DERIVADO DA TAM. ReMark-Revista Brasileira de Marketing.