











ELECTRIC VEHICLES ACCEPTANCE: A TAM-DERIVED MODEL

 **Flavio Garcia de Oliveira Soares Filho** 
Centro Universitário SENAI CIMATEC
Piatã, Salvador - BA – Brazil
flavioxsp@hotmail.com

 **Paulo Soares Figueiredo** 
Universidade Federal da Bahia
Canela, Salvador - BA – Brazil
paulo_s_figueiredo@hotmail.com

 **Rodrigo Santiago Coelho** 
Centro Universitário SENAI CIMATEC
Piatã, Salvador - BA – Brazil
rodrigo.coelho@fieb.org.br

 **Lis Lisboa Bernardino** 
Universidade Federal da Bahia
Canela, Salvador, BA – Brazil
lis.admufba@gmail.com

 **Xisto Lucas Travassos** 
Universidade Federal de Santa Catarina
Trindade, Florianópolis - SC – Brazil
lucas.travassos@ufsc.br

Objective: This study aims to develop and empirically test a derivation of the Technology Acceptance Model (TAM) on the acceptance of electric vehicles (EV).

Theoretical Approach/Method: The analysis was based on an original theoretical model adapted from the TAM, a theory based on information systems that models how users start to accept and use a given piece of technology. An online questionnaire applied to graduate students in Brazil was used, and the answers were analyzed using structural equations. The final sample consisted of 209 graduate students from three universities in Brazil. The data collection instrument was validated by Confirmatory Factor Analysis. For the hypothesis test, path analysis was used.

Results: The results indicated a positive relationship between the intentions of use of electric vehicles and the perceptions about Ease of Use, Green Utility, and Potential Infrastructure Readiness. The results also showed that there is no evidence of a direct positive relationship between the Environmental Concern factor and the intention to use EVs.

Theoretical and managerial contributions: The original theoretical model proposed and tested here contributes to the TAM theory. By studying factors that stimulate or encourage the purchase intention and potential consumer behavior of EVs in the Brazilian market, it contributes to future management and governmental policies in this segment.

Relevance/Originality: The theoretical model adds original factors to the TAM, to explain the acceptance of EVs.

Keywords: Electric vehicles. TAM model. Usage intention. Consumer behavior.

How to cite the article

American Psychological Association (APA)

Soares Filho, F. G. de O., Figueiredo, P. S., Coelho, R. S., Bernardino, L. L., & Travassos, X. L. (2024, Oct./Dec.). The acceptance of electric vehicles: a model derived from TAM. *Brazilian Journal of Marketing*, 23(4), 1315-1339. <https://doi.org/10.5585/remark.v23i4.24015>



1 Introduction

The impact of electric vehicles (EVs) on greenhouse gas (GHG) emissions is directly linked to the sources of electricity generation (Woo et al., 2017). Depending on the mix of generating sources and electricity, EVs can be less effective mobility solutions when it comes to reducing GHG emissions. In countries such as China and India, where coal accounts for over 70% of electricity generation, EVs emissions are around four times higher than in countries such as Brazil and Canada, where more than 65% of electricity comes from hydroelectric sources (Woo et al., 2017). Brazil is also seen as a leading nation in clean electricity generation, and a possible hub for the development of EVs from the point of view of environmental sustainability. Considering the increasing traffic in Brazil and the growing need to meet the emissions targets of the Paris Agreement, it is constructive and meaningful to understand the public's attitude towards the development of the EV market in the country (Anfavea, 2023).

The Technology Acceptance Model (TAM) is a classic for determining technology acceptance (Davis et al., 1989). This model, however, leaves out factors that are very important in the context of EVs, especially in Brazil; such factors are related to Potential Infrastructure Readiness, especially with regard to the availability of EV charging stations. In this sense, Costa et al. (2021) concluded that the Brazilian EV market is still in its infancy, and the most critical factors affecting the future of EVs in Brazil are adequate market regulation, incentive policies and adequate charging infrastructure. These factors must be considered when studying the market acceptance of EVs in Brazil.

Electric vehicles have electric motors in their structure, and these demand energy from batteries, which are also internal to the vehicles. For battery electric vehicles (BEV) and plug-in hybrid electric vehicles (PHEV), battery charging requires a power source external to the vehicle (Das et al., 2020). Charging stations for EVs are therefore essential for the development of this segment.

The still small infrastructure of charging stations is a barrier to consumer adoption of EVs (Funke et al., 2019). China, one of the most advanced countries when it comes to EVs, had, in 2019, a combined stock of BEVs and PHEVs of approximately 3 million units and around 500,000 non-domestic charging stations (NDCS) (GSE, 2020) — these figures are consistent with other mature markets such as the USA and Europe (Funke et al., 2019). In the Brazilian context, on the other hand, the combined fleet of BEVs and PHEVs was approximately 3,000 units in 2019, supported by just over 900 ECNDs (GSE, 2020).

To strengthen the development of the EV fleet, government interventions are necessary

and present in the most advanced countries in this segment (Fang et al., 2020). These vehicles have a higher sales value compared to similar combustion models, and tax incentives for their purchase are an important tool (Wang et al., 2019). In addition, high investments in research and technological development, as well as in the recharging infrastructure for electrified vehicles, are relevant factors of State intervention (Habich- Sobiegalla et al., 2018).

In this context, this study aims to develop and empirically test a derivation of the TAM on the acceptance of EVs, testing a series of hypotheses in this regard. The theory on which this study is based is mainly the classic and seminal TAM created by Davis et al. (1989). This model is an information systems theory that models how users come to accept and use a given piece of technology. The actual use of the system is the end point, where people use the technology. The intention to use is the factor that leads people to use the technology. Part of the hypotheses tested here derive from the TAM framework, but were applied here in a pioneering way in the context of EVs in Brazil, adding important factors specific to the Brazilian reality: the perception of readiness in terms of infrastructure and technology for EVs. This study is similar in design to structural equation studies focused on TAM and the electric vehicle market, especially Wu et al. (2019), which focuses on environmental concerns, but is focused on a different topic: the acceptance of fully autonomous electric vehicles in China, which are still an unavailable product in the Brazilian market.

2 Theoretical framework and hypotheses

2.1 Previous studies based on the technology acceptance model

Technological innovation is one of the important factors in the development of human society. In the early stages, the TAM, developed from the Theory of Reasoned Action (TRA) (Fishbein & Ajzen, 1977), was used to explore public acceptance of new technologies (Davis, 1989). The TAM explains how perceived usefulness and perceived ease of use can decide the intention to use personnel (Davis, 1989). Perceived usefulness refers to “the extent to which people believe that overall job performance can be improved by a specific system or technology,” and perceived ease of use is defined as “the extent to which people believe that using a specific system or technology can be free of physical and mental effort” (Davis, 1989). The TAM theory is based on two main constructs: Perceived Ease of Use and Perceived Usefulness (Davis, 1989).

TAM allows other factors to play a role through the moderating effects of perceived usefulness and perceived ease of use (Venkatesh & Davis, 2000). Another widely used theory is the Theory of Planned Behavior (TCP), which can predict user intention through the construct of attitude, subjective norm and perceived behavior control (Ajzen, 1991). Mathieson (1991) compared the application of TCP and TAM in predicting user intention and concluded that both theories could explain intention quite well, and TAM is better when measuring the overall satisfaction level. TAM has been developed into other versions since it was first proposed. TAM2 is an extended version to include both subjective norm and an external construct (Venkatesh & Davis, 2000), and UTAUT is another version that integrates several existing models related to technology acceptance (Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003). These models have been widely used in new technologies (Ahmed et al., 2014).

Studies have shown that the original TAM is a solid psychometric scale and explains more than 47% of the variance observed in consumer attitudes towards the acceptance of new technologies (Thompson, Higgins & Howell, 1994; Pires & Costa Filho, 2008). The authors Benbasat and Barki (2007) point out that TAM remains the most consistent theoretical framework applied in technology acceptance and that the various subsequent theoretical attempts have always returned to the constructs of the original model.

The choice of TAM is justified here for the following reasons: a) it is a parsimonious model, therefore useful for a first approach; b) it proved to be an adequate model for the size of the sample selected in this study, revealing the chosen characteristics and meeting the objectives of the study; c) it has a relevant degree of explanatory power, explaining almost half of the variation in the intention to use a new technology.

In this sense, several studies have used TAM and its related models to analyze public acceptance of new technologies used in vehicles. For example, Park et al. (2015) used TAM to explain driver acceptance of the in-car navigation system by integrating other constructs. Wu, Wu, Lee, and Lee (2015) illustrated the effects of image, risk and value on consumer intention to use electric motorcycles. These studies are mainly carried out in developed countries where the development of EVs is more advanced.

Other studies have used TAM and extended models to analyze public acceptance of EVs, as in the case of Wu et al. (2019), but little attention has been paid to the effect of environmental concern. The environmental deterioration resulting from large amounts of GHG emissions has attracted widespread attention in recent years. People are beginning to take measures such as purchasing green/ecological products, participating in environmental

protection activities and adapting to low-carbon lifestyles to alleviate environmental deterioration (Kautish & Dash 2017; Wang, Shen, & Jin, 2017). Previous studies have confirmed that personal environmental concern positively affects people's attitude and behavior towards green products (Kahn, 2007; Kautish & Dash 2017). EVs, to some extent, can be seen as a green product as they have potential environmental benefits by adopting new energies and increasing efficiency (Wang, Zhao, Yin, & Zhang, 2017). This article is an investigation to understand the public acceptance of EVs. In line with the development of EVs, this paper focuses on the environmental benefits of EVs and explores the role of public concerns about the environment in relation to EVs through TAM.

2.2 Hypotheses

The study hypotheses are presented below. In this work, six hypotheses were proposed based on previous studies, and an additional 02 hypotheses were considered original to this study.

2.2.1 (1) Perceived green utility

The effect of perceived green utility (PGU) on intention to use has been widely tested in previous studies, and its effects change depending on different external variables and structures. When it comes to green products, consumption can exert greater environmental benefits than conventional alternatives (Maniatis, 2016). EVs have the potential to reform the traditional transportation system. This project refers to the article published by Chen (2016b), who explained the concept of PGU, the extent to which users believe that using new products will increase their environmental impact. This suggests the following derived hypothesis:

H1: Perceived green utility is positively related to intention to use EVs.

2.2.2 (2) Perceived ease of use

Perceived ease of use (PEU) is described as the degree to which use is free of difficulty. People prefer to use products that are relatively easier (Davis, 1989). Unlike PGU, which significantly affects UI, PEU sometimes has only a weak or insignificant effect on UI (Chen, 2016a). According to other research, FUP has a strong and significant effect on attitude and UI (Kaplan et al., 2017; Park et al., 2015). Moreover, there is evidence that PEU affects UI through the significant positive relationship, which means that PEU not only has a direct effect on UI but also has an indirect effect on UI through the mediating effect of PGU (Hsu, Chen, & Lin,

2017). Additionally, in their work (Hsu and Chen, 2018) evidence the positive relationship between PEU and PGU. Therefore, we suggest the hypotheses:

H2: Perceived ease of use is positively related to the intention to use EVs.

H3: Perceived ease of use is positively related to perceived green utility.

2.2.3 (3) *Environmental concern*

As the environment deteriorates, public awareness of environmental protection gradually increases (Wang, Shen, et al., 2017). Environmental concern (EC) is related to public awareness of environmental problems, which can be indicated by attitude, recognition and response to environmental issues (Russell & Joan, 1978). Previous studies have shown evidence that environmental concern is positively correlated with people's favorable attitude towards preserving the environment (Minton & Rose, 1997).

People with high environmental concern show a high willingness to buy green products and participate in environmental protection activities (Greaves, Zibarras, & Stride, 2013; Ha & Janda, 2012). Maniatis (2016) concluded that when people buy green products, their perception of the environment will be intensified. Several studies have confirmed that environmental concern has a significant relationship with individual attitude and intention to purchase green products, such as vehicles that use alternative and "green" energy sources (Ozaki & Sevastyanova, 2011; Wang, Zhao, et al., 2017).

EVs play an important role in the sustainability of future transportation, such as transforming the oil-based transportation system, improving traffic efficiency, decreasing private car ownership, and reducing air pollution (Anderson et al., 2014). Additionally, in their research (Habich-Sobiegalla et al., 2018) shows that PA is positively related to FUP. Therefore, people concerned about the environment will have a positive attitude and a high willingness to use EVs. Thus, three hypotheses are proposed (Wu et al., 2019):

H4: Environmental concern is positively related to the intention to use EVs.

H5: Environmental concern is positively related to the perceived green utility of EVs.

H6: Environmental concern is positively related to the perceived ease of use of EVs.

As mentioned, Costa et al. (2021) concluded that in the still incipient Brazilian EV market, the most critical factors for its viability and expansion in Brazil are adequate market regulation, incentive policies and adequate charging infrastructure. These factors need to be taken into account when studying the market acceptance of EVs in Brazil. In the EV market, perceived readiness, in terms of infrastructure and technology, are very important points, and have a potential impact on the intention to use, and on how easy and accessible EVs will be for the user (Greene et al., 2020; Habich-Sobiegalla, 2018). The following original hypotheses are thus proposed:

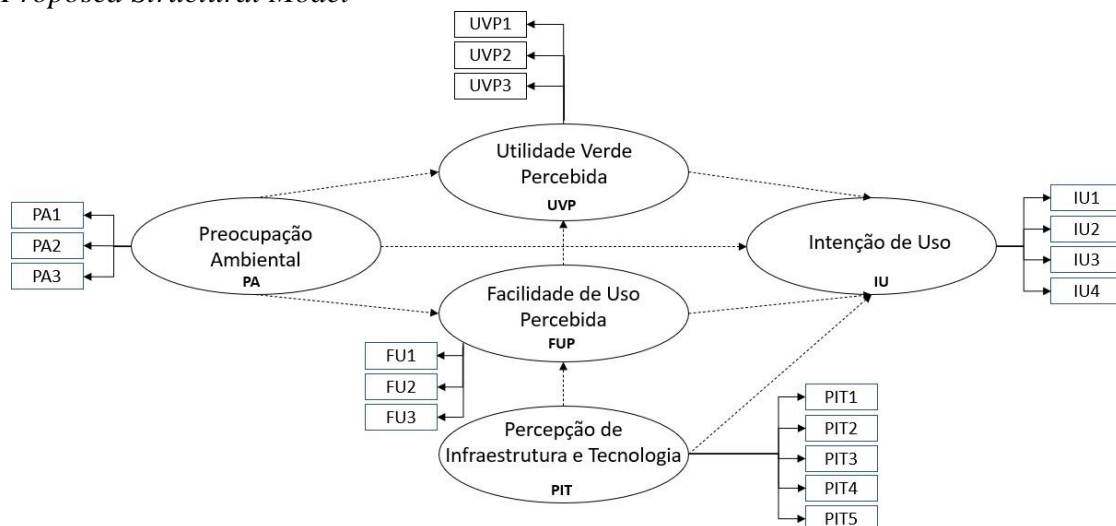
H7: Perceived potential readiness in terms of infrastructure and technology is positively related to perceived ease of use.

H8: Perceived potential readiness, in terms of infrastructure and technology, is positively related to intention to use.

Figure 1 shows the structural model proposed in this study, in which the PGU and PEU constructs are indirectly derived from TAM.

Figure 1

Proposed Structural Model



Source: Own elaboration.

3 Method

This was an inferential empirical study, using a questionnaire as the data collection instrument. The population investigated were graduate students at three different institutions: Centro Universitário Senai CIMATEC, Universidade Federal da Bahia

(UFBA) and Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). The sample size was 209 respondents in total, with all graduate students at the institutions receiving an email inviting them to take part in the survey. This size is in line with that recommended by Kline (2005) and Weston & Gore (2006), who recommend a minimum sample size of 200 for structural equation modeling analyses. The sample covered different age groups, regions and careers. Since this research aimed to investigate the impact of environmental concerns on public acceptance of EVs in Brazil, the target population came from this non-probability sample. The response rate to the questionnaire could not be determined because the institutions did not disclose the size of the population.

This research was guided by the precepts of Resolution 466/12 of the National Health Council and was evaluated and approved by CIMATEC's Research Ethics Committee. In accordance with Resolution 466/12, to avoid any risk of sharing negative perceptions or information, the questionnaires were completed anonymously and neither the institutions nor the individuals were identified by name in the reports and publications, preserving confidentiality.

The students in the sample were contacted via e-mail and invited to take part in the research voluntarily. The emails were sent by the Graduate Coordinating Offices of the participating educational institutions. The questionnaires were filled in on the Google Forms platform and the data was then collected in a spreadsheet. The questionnaires included an Informed Consent Form. The inclusion and exclusion criteria were defined and clarified, establishing that only those over 18 and legally capable could take part. This information was included in the consent form.

The instrument used a seven-point Likert scale, ranging from 1 to 7, to measure the items of each construct in the questionnaire, where 1 represents high disagreement and 7 represents high agreement (Ryu & Jang, 2006). Each item was adopted based on the literature, and some modifications and adaptations were made, as shown in Table 2. There are eighteen questions linked to the structural model, having been Covariance-Based (CB), with the application of the Maximum Likelihood Estimates (MLE) method, standard in SPSS AMOS software (Ringle et al., 2014). The questionnaire items were translated from English into Portuguese, followed by semantic validation. The questions were evaluated by six professors with a PhD in business administration who checked the comprehension, cultural appropriateness and semantic clarity of the terms used in the translation (Souza, Alexandre & Guirardello, 2017).

Table 1

18 Questionnaire Questions Linked to the Structural Model

Questions	Source:	Constructs to be tested:
1 - I believe that the use of EVs can improve traffic quality	(Chen, 2016a, 2016b; Davis, 1989; Wu et al.2019)	PGU
2 - I believe that using EVs can make me healthier		
3 - I believe that the use of EVs can improve environmental quality		
4 - I think it would be easy to use EVs	(Davis, 1989; Madigan et al., 2017; Park et al., 2015; Wu et al.,2019)	PEU
5 - I think it would be easy for me to use EVs to go anywhere I wanted.		
6 - My interaction with EVs would be clear and understandable to me		
7 - I am very concerned about current environmental pollution in Brazil and its impact on health	(Ha & Janda, 2012; Kim & Choi, 2005; Shi et al., 2017; Wu et al., 2019)	PA
8 - Combustion gas emissions from cars are one of the main sources of air pollution		
9 - I have a responsibility to adopt a low-carbon mode of transport		
10 - I am going to use EVs	(Davis, 1989; Madigan et al., 2017; Park et al., 2015; Wu et al.,2019)	UI
11 - I would like to use EVs regularly		
12 - I will recommend EVs to other people		
13 - I would like to buy EVs		
14 - I believe that electric vehicles can be charged quickly	(Greene, 2020; Habich-Sobiegalla, 2018)	PIT
15 - I believe that electric vehicles will have an adequate range, in terms of distance traveled with each recharge, in Brazil		
16 - I believe there will be adequate availability of public charging stations (streets/roads) for electric vehicles in Brazil		
17 - I believe there will be adequate availability of domestic charging stations (home/garage) for electric vehicles in Brazil		
18 - I believe that there will be adequate availability of both domestic and public fast chargers for electric vehicles in Brazil		

Source: Own elaboration.

The structural equation modeling method was chosen to analyze the results. The data collected was analyzed using SPSS AMOS software.

4 Results and discussion

The profile of the sample can be seen in Table 2.

Table 2

Sample Profile

Gender	N	%	Undergraduate Course Area	N	%
Female	102	48.8%	Biology	57	27.3%
Male	106	50.7%	Exact sciences	65	31.1%
Other	1	0.5%	Humanities	87	41.6%
Marital status	N	%	Monthly Income in Minimum Wages	N	%
Married	97	46.4%	Up to 2	37	17.7%
Unmarried	2	1.0%	Between 3 and 6	61	29.2%
Divorced	9	4.3%	Between 7 and 10	52	24.9%
Single	101	48.3%	Between 11 and 14	20	9.6%
Level of education already completed	N	%	Over 15	39	18.7%
Doctorate	16	7.7%	Has One or More Cars at Home	N	%
Specialization	44	21.1%	Yes	53	25.4%
Graduation	32	15.3%	No	156	74.6%
Master's Degree	117	56.0%			

Source: Research data, 2022

The confirmatory factor analysis (CFA) identified the adherence of the factor structure of the theoretical dimensions used in this research as satisfactory. As shown in Table 3, the number of items per factor ranged from three to five. This proportion is in line with what several researchers on the subject suggest (e.g. Maccallum, et al., 1999; Raubenheimer, 2004). Along these lines, as emphasized by Hulin, Netemeyer and Cudeck (2001), Cronbach's alpha values depend on the number of items in the scale and to be considered acceptable it is suggested that they be above 0.6 (Yusoff et al., 2011).

Based on the reference value mentioned in the previous paragraph, it was possible to confirm that the five factor structures tested had Cronbach's alphas greater than 0.6 (Yusoff et al., 2011). This demonstrates the internal consistency of the constructs.

Table 3

Cronbach's Alpha (n=209)

Factors	Cronbach's alpha	Number of items
Perceived Green Utility	0,736	3
Perceived Ease of Use	0,818	3
Environmental Concern	0,756	3
Intention to Use	0,931	4
Perceived Readiness of Infrastructure and Technology	0,906	5

Source: Research data, 2022.

Factor loadings were measured using normalized coefficients, and all items were considered acceptable. According to Hair et al (2014), factor loadings should be greater than 0.5, and ideally greater than 0.7. In addition, all the parameters estimated using the bootstrapping procedure were statistically significant ($p < 0.001$). Both results, factor loadings and significance, can be seen in Table 4, which can be found in the Appendix of this document. In identifying the model proposed in this work, each item was specified as belonging to a single factor, with no cross-loadings. In addition, it was specified that the measurement errors were not correlated.

The convergent validity of the model was tested using the cut-off criteria method for fit indices in the analysis of covariance structure (Hu et al, 1999). This defines reference values for validation, with Composite Reliability (CR) always being above 0.7 and Average Variance Extracted (AVE) above 0.5. The results are all within acceptable values (Hu et al, 1999), and can be seen in Table 5.

Table 5

Confirmatory Factor Analysis Validity Test (n=209)

Factors	CR	AVE
Perceived Green Utility	0.774	0.544
Perceived Ease of Use	0.825	0.612
Environmental Concern	0.771	0.535
Intention to Use	0.934	0.782
Perceived Readiness of Infrastructure and Technology	0.902	0.653

Source: Research data, 2022.

To verify the normality of the data distribution, the Mardia multivariate normality test (1970, 1974) was used. This test is based on the asymmetry and kurtosis coefficients and indicates that critical ratios greater than 1.96 indicate non-normality. In this study, the critical

ratio found was 36.7 (Mardia’s normalized estimate of multivariate kurtosis), well above 1.96, which reflects multivariate non-normality.

Table 6

Normality Test

Multivariable kurtosis of Mardia	136,668
Critical Multivariable Rate	36,728

Source: Research data, 2022

Thus, following the recommendations of Byrne (2010), the bootstrapping technique was applied to rectify normality problems. From this point of view, the recommendations of Marôco (2010) were applied. Therefore, the parameters were estimated using the bootstrapping procedure for 20,000 samples.

In addition, as shown below in Table 7, the adherence of the model according to the “Chi-squared divided by the degrees of freedom” test was less than 3, an acceptable value according to that suggested by Kline (2015). Hu and Bentler (1999) recommend evaluating the fit statistics of a model using the SRMR, CFI and RMSEA indicators. The fit of this study was assessed using four indicators: Minimum discrepancy divided by its degree of freedom (CMIN/DF), Comparative fit index (CFI), Root mean square error of approximation (RMSEA) and Standardized root mean square residual (SRMR). Schweizer (2010) emphasizes that the fit of the model is considered good when the CMIN/DF indicator, the nomenclature given to the “Chi-squared divided by the degrees of freedom” in the SPSS software, is less than 2 and the fit is acceptable when it is less than 3. In the data from this investigation, an acceptable 2.716 fit value was found.

Table 7

Model Adherence

Chi – Square χ^2	344,902
Degrees of freedom	127
χ^2	

Degrees of freedom	2,715

Source: Research data, 2022.

As for the CFI indicator, which indicates the proportion of the population variance that is explained by the model, models with a CFI above 0.90 are considered acceptable (Hooper; Coughlan; Mullen, 2008). This study found a 0.914 CFI. Similarly, the RMSEA, which indicates how well the model parameters reproduce population covariance, is an index that reduces its value for models that are more consistent with the data based on analysis of the residuals. Kline (2015) considers values below 0.1 to be acceptable. This research found a 0.091 RMSEA.

The SRMR indicator represents the standardized root of the mean residual. As indicated by Schweizer (2010), values lower than 0.1 are considered acceptable. This study found a 0.1143 SRMR value. This result is probably associated with the small sample size ($n=209$), which according to Kenny (2015) results in higher SRMR values. In view of the values for CFI (0.914) and RMSEA (0.091), there is no problem with the model's fit, but the SRMR result (0.1143) suggests that the model is parsimonious.

In this study, the sample of respondents is characterized by graduate students from three Brazilian institutions, which is clearly a homogeneous and non-probabilistic sample. In their research, Jaiswal et al (2021) stated that the selection of students as respondents was because they represented a well-informed and educated group, which implied not only a better understanding of the phenomenon of environmental sustainability, but also greater familiarity with digital technologies (online questionnaire) and a preference for technological innovation products, as in the case of EVs. This logic was also applied in this study.

In addition to the research by Jaiswal et al (2021), which consisted of 418 respondents, these being students enrolled in undergraduate, graduate and doctoral programs from various educational institutions in India, again composing a non-probabilistic and homogeneous sample, another relevant work with a similar strategy to this research can be cited. Khazaei (2019) studied the impact of various factors on the UI of EVs in Malaysia, including social influence, perceived value, performance expectations and individual sense of innovation. The sample in this case consisted of 323 respondents, including undergraduate and postgraduate students, as well as employees from five companies in Kuala Lumpur.

Path analysis was used to test the hypotheses in this study. It was possible to verify that the R-squared (R^2) of the theoretical dimensions showed good explanatory power of the variance in the endogenous variables (Perceived Ease of Use, Perceived Green Utility and Usage Intention). The values obtained can be seen in table 8.

Table 8

R-squared (R2) of Endogenous Variables

Endogenous Variables	R-squared (R2)
Perceived Green Utility	0.538
Perceived Ease of Use	0.411
Usage Intention	0.581

Source: Research data, 2022.

For the hypothesis test, the statistical values found are shown in Table 9. The results indicate that the first hypothesis (H1) of this study was accepted, as it was found that the effect of perceived green usefulness (PGU) has a positive relationship with usage intention (IU) ($p < 0.001$). This evidence is in line with the work of Maniatis (2016), who refers to the consumption of green products being able to exert greater environmental benefits than conventional alternatives.

For the test of the second hypothesis (H2), which relates the positive effects of PEU on UI, the results found also show that it was accepted ($p = 0.002$). This result corroborates the studies of several authors (Kaplan et al., 2017; Park et al., 2015), in which PEU is positively and significantly associated with attitude and UI.

A similar situation occurred when testing the third hypothesis (H3), which relates PEU and PGU. The significance found shows that this hypothesis was accepted ($p = 0.002$). This result resonates with the work of Hsu, Chen, and Lin (2017), who found evidence that PEU affects CI through causal pathways, meaning that PEU not only has a direct effect on CI but also has an indirect effect on CI through the mediating effect of UP.

In the case of the fourth hypothesis (H4), the statistical result found for significance ($p = 0.744$) does not prove the direct positive effect of environmental concern (EC) on usage intention (UI). This result diverges from the work of Greaves, Zibarras, and Stride (2013) and Ha and Janda (2012), who suggest that people with high environmental concern also show a high willingness to buy ecological products and participate in environmental protection activities. Even more specifically, it diverges from the results found by Ozaki & Sevastyanova (2011) and Wang et al. (2017) who showed that environmental concern has a significant relationship with individual attitude and intention to purchase green products, such as vehicles that use alternative and “green” energy sources.

One of the possible causes of these differences may be related to the lack of perception of EVs as an effectively “green” product. According to Woo et al. (2017), although EVs do not

directly emit gases harmful to the ozone layer, depending on the sources of electricity related to battery recharging, EVs can indirectly have a level of emissions even higher than combustion vehicles. Another possible reason for the low significance of the direct positive relationship between EC and UI can be seen in the work of Habich-Sobiegalla et al. (2018), who conducted a parallel survey in China, Russia and Brazil, demonstrated that it is micro factors, such as knowing someone who already owns an EV, that can be the preponderant factors in the purchase decision.

For the fifth hypothesis (H5), the statistical significance found ($p < 0.001$) points to a positive relationship between EC and perceived green utility (PVU). This result is in line with that presented by Anderson et al. (2014), which points to EVs playing important roles in the sustainability of future transportation, such as transforming the oil-based transportation system, improving traffic efficiency, decreasing private car ownership and reducing air pollution.

Similarly, the sixth hypothesis (H6) of this research was confirmed by the results found (p - value < 0.001), showing evidence that EC is significantly related to the PEU of EVs. This finding is in line with the results of the *survey* by Habich-Sobiegalla et al. (2018), which showed that, specifically for Brazilian consumers, macro factors such as concern about GHG emissions and their impact on global warming, as well as the availability of charging stations, are relevant to the decision to buy EVs.

The seventh hypothesis (H7) of this study was also confirmed ($p < 0.001$), significantly relating the perception of infrastructure and technology readiness (PIT) with PEU. This result is corroborated by the work of Greene et al. (2020), who pointed out that EV charging infrastructure creates substantial value for current and future customers of this technology, increasing the perception of the capacity of electric mobility, and counterbalancing the perception of low autonomy of EVs. Finally, hypothesis eight (H8) was confirmed ($p = 0.023$), demonstrating a positive relationship between PIT and I. In their work, Habich- Sobiegalla et al. (2018) demonstrated through a survey that factors related to charging infrastructure are especially important to Brazilian consumers, and directly affect their intention to purchase an EV. The results found here corroborate Habich-Sobiegalla et al. (2018). Summarizing the analysis of the results of the investigation proposed in this research, only hypothesis four (H4) was rejected, as it was found that EC does not directly contribute to usage intention of EVs. For the other hypotheses, the significance between the factors was satisfactorily confirmed.

Table 9

Test of Hypotheses

Hypothesis Testing			Standardized Regression Weights	p-value	Hypothesis status
H1	Perceived Green Utility	→ Usage Intention	0.546	***	Accepted
H2	Perceived Ease of Use	→ Usage Intention	0.272	.002	Accepted
H3	Perceived Ease of Use	→ Perceived Green Utility	0.268	.002	Accepted
H4	Environmental Concern	→ Intention to Use	-.033	.744	Rejected
H5	Environmental Concern	→ Perceived Ease of Use	0.579	***	Accepted
H6	Environmental Concern	→ Perceived Readiness of Infrastructure and Technology	0.420	***	Accepted
H7	Perceived Readiness of Infrastructure and Technology	→ Perceived Ease of Use	0.485	***	Accepted
H8	Perceived Readiness of Infrastructure and Technology	→ Usage Intention	0.156	.023	Accepted
***significance level less than 0.001					

Source: Research data, 2022.

In view of the evidence gathered in this research, it is possible to suggest the integration of the ITP dimension as one of the determining factors related to the adoption of electric vehicles, which is an original contribution of this work.

5 Conclusion

This study aimed to develop and empirically test a derivation of the TAM on the acceptance of EVs, by applying an original conceptual model derived from the classic TAM. The proposed and tested model adds important factors to explain the acceptance of EVs, and contributes to the TAM theory by verifying this importance and significance. The data collection instrument was validated qualitatively by an ethics committee and quantitatively through CFA. Path analysis was applied to test hypotheses. Considering the potential benefits

related to EVs, this positivist research investigates the effect of environmental concern on public acceptance of electric vehicles, and translates their perceived utility into perceived green utility.

The results indicated that there is a positive relationship between people's intentions to use EVs and three of the factors raised in the conceptual model, that is, Green Utility, Ease of Use, Potential Infrastructure Readiness. The results also showed that there is no positive relationship between the EC factor and usage intention of EVs in Brazil, diverging from the work of Greaves, Zibarras, and Stride (2013) and Ha and Janda (2012), who suggest that people with high environmental concern also show a great willingness to buy ecological products and participate in environmental protection activities. Even more specifically, it diverges from the results found by Ozaki & Sevastyanova (2011) and Wang et al. (2017) who showed that environmental concern has a significant relationship with individual attitude and intention to purchase green products, such as vehicles that use alternative and "green" energy sources. The direct effect of PA on UI was not significant (H4), while the mediated effects were significant (H5 and H6), indicating evidence in favor of a possible complete mediation. One of the possible causes for the aforementioned differences may be related to the lack of perception of electric vehicles (EVs) as an effectively "green" product. According to Woo et al. (2017), although EVs do not directly emit gases harmful to the ozone layer, depending on the sources of electricity related to battery recharging, EVs can indirectly have higher emissions than combustion vehicles. Another possible reason for the reduced significance can be seen in the work of Habich-Sobiegalla et al. (2018), who conducted a survey in parallel in China, Russia and Brazil, demonstrated that it is micro factors, such as knowing someone who already owns an EV, that can be the preponderant factors in the purchasing decision. This study is a pioneer in verifying the impact of additional contextual factors that are important for the Brazilian reality, not present in the TAM or in the other articles cited here: the perception of readiness in terms of infrastructure and technology for EVs.

Further analysis of the results showed a positive relationship between EC and two other factors: PGU and PEU. In addition, a positive relationship was observed in the UI of EVs based on these two factors. In conclusion, it was also possible to ascertain the significant influence of PEU on PGU.

The rapid development of EVs requires market acceptance. It is clear that the development of the EV market in Brazil requires public acceptance. It was possible to map three factors directly linked to EVs UI in the country: PGU, PEU and PIT. In the case of the relationship between PIT and PGU (H7 and H8), the partial mediation based on PEU (H2) could

be proven. In the proposed model, PEU mediation was also tested in the relationship between PIT and PGU (H3 and H7). In view of this, it is recommended that public policymakers and other stakeholders focus some of their energy on propagating the green utility associated with EVs, and develop adequate recharging infrastructure throughout the country, thereby contributing positively to EV-related ease of use.

In addition, this study provides some implications for the government to increase the intention to use EVs. (1) The government can intensify the public perception of green utility by emphasizing the environmental benefits of EVs, as they can reduce fossil fuel consumption and improve energy efficiency. The government can strengthen the dissemination of EVs to increase public recognition of their green utility. (2) Charging stations can be installed and improved extensively for the convenient use of EVs. The autonomy of EVs and the associated charging problems are hindering the mass deployment of EVs (Franke & Krems, 2013), whereas privacy laws and safety standards should be enacted regarding charging points. In addition, public perception of infrastructure and technological readiness is an important factor to consider, and depends mainly on public and private investment in improving the availability of charging stations (Rietmann & Lieven, 2019). Even if the public sector is not in control of all these issues, investments can increase the likelihood of them occurring faster (Vaz, Barros and De Castro, 2015). These significant factors already mentioned can also be exploited by the private sector, in automakers' marketing campaigns, for example.

This work sought to fill the gap in the production of knowledge on factors that stimulate the intention to use and the behavior of potential consumers of EVs in the Brazilian market. The use of the factor perceived readiness of potential infrastructure, and the analysis of its positive relationship with perceived ease of use and usage intention is a contribution and a differential of this work.

One of the limitations of this study is the sample size, which was just over 200 respondents. The evidence gathered here is therefore related to a non-representative sample. Although it is adequate for methodological purposes, with samples of at least 200 being indicated as adequate in the works by Kline (2005) and Weston and Gore (2006), its relatively small size ended up being one of the factors leading to a result considered less satisfactory for the SRMR indicator. An SRMR value of more than 0.1 indicates that the model is parsimonious and that there are cases of low correlation between factors.

Still regarding the study limitations, it was impossible to determine a positive correlation between environmental concern and usage intention for EVs.

Among the opportunities for future studies, we can highlight the adoption of quantitative methodological procedures, with the model proposed in this work, but with more comprehensive and larger-scale samples, as in the case of industrial, commercial and political associations, helping to extend the validation of the conceptual framework proposed in this research—their members being possible consumers of EVs in Brazil, but with a different bias from the first sample. In addition, future studies could test the direct relationship between PIT and PGU, which would make it possible to see if there is evidence in favor of full mediation.

In view of what has been shared so far, the expectation is that the evidence obtained in this research has contributed and will continue to contribute to the subject under investigation, a topic that is dear to the country’s development and that demands in-depth discussions, fostering academic production and, above all, strategic solutions adapted to the national reality.

Authors' contribution

Contribution	Soares Filho, F.G.O.	Figueiredo, P.S.	Coelho, R.S.	Bernardino, L.L.	Travassos, X.L.
Conceptualization	X	X	----	----	----
Methodology	X	X-	----	----	----
Software	X	X	----	----	----
Validation	X	X	X	X	X
Formal analysis	X	X	X	X	X
Investigation	X	X	----	----	----
Resources	X	-----	----	-----	-----
Data Curation	X	X	X	X	X
Writing - Original Draft	X	X	X	X	X
Writing - Review & Editing	X	X	X	X	X
Visualization	X	X	X	X	X
Supervision	-----	X	X	-----	-----
Project administration	X	X	X	X	X
Funding acquisition	----	-----	----	-----	-----

References

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Ahmed, M., Almotairi, M. A., Ullah, S., & Alam, A. (2014). Mobile banking adoption: a qualitative approach towards the assessment of TAM model in an emerging economy. *Academic Research International*, 5(6), 248.
- Anderson, H. (2014). *The Future of Electric Cars*. Retrieved from <http://large.stanford.edu/courses/2014/ph240/anderson-h1/> , accessed on December 4th, 2022.
- Anfavea (2023). *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira*. Retrieved from <https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2023/04/ANUARIO-ANFAVEA-2023.pdf>, accessed on March 24th, 2024.
- Benbasat, I., & Barki, H. (2007). Quo vadis TAM?. *Journal of the association for information systems*, 8(4), 7.
- Byrne, B. M. (2013). *Structural equation modeling with Mplus: Basic concepts, applications, and programming*. Routledge, NY.
- Chen, S. Y. (2016). Green helpfulness or fun? Influences of green perceived value on the green loyalty of users and non-users of public bikes. *Transport Policy*, 47, 149-159. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.01.014>
- Chen, S. Y. (2016). 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*, 88, 58-72. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.03.008>
- Chen, A., Lu, Y., & Wang, B. (2017). Customers' purchase decision-making process in social commerce: A social learning perspective. *International Journal of Information Management*, 37(6), 627-638. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.05.001>
- Cheng, H. H., & Huang, S. W. (2013). Exploring antecedents and consequence of online group-buying intention: An extended perspective on theory of planned behavior. *International Journal of Information Management*, 33(1), 185-198. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2012.09.003>
- Costa, E., Horta, A., Correia, A., Seixas, J., Costa, G., & Sperling, D. (2021). Diffusion of electric vehicles in Brazil from the stakeholders' perspective. *International Journal of Sustainable Transportation*, 15(11), 865-878. <https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1827317>
- Das, H. S., Rahman, M. M., Li, S., & Tan, C. W. (2020). Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 109618. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109618>

- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management science*, 35(8), 982-1003. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>
- Fang, Y., Wei, W., Mei, S., Chen, L., Zhang, X., & Huang, S. (2020). Promoting electric vehicle charging infrastructure considering policy incentives and user preferences: An evolutionary game model in a small-world network. *Journal of cleaner production*, 258, 120753. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120753>
- Franke, T., & Krems, J. F. (2013). What drives range preferences in electric vehicle users? *Transport Policy*, 30, 56-62. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.07.005>
- Fishbein, Martin; Ajzen, Icek. (1977): Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research. *Philosophy and Rhetoric*, v. 10, n. 2.
- Funke, S. Á., Sprei, F., Gnann, T., & Plötz, P. (2019). How much charging infrastructure do electric vehicles need? A review of the evidence and international comparison. *Transportation research part D: transport and environment*, 77, 224-242. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.10.024>
- Greaves, M., Zibarras, L. D., & Stride, C. (2013). Using the theory of planned behavior to explore environmental behavioral intentions in the workplace. *Journal of Environmental Psychology*, 34, 109-120. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.02.003>
- Greene, D. L., Kontou, E., Borlaug, B., Brooker, A., & Muratori, M. (2020). Public charging infrastructure for plug-in electric vehicles: What is it worth?. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 78, 102182. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.11.011>
- Habich-Sobiegalla, S., Kostka, G., & Anzinger, N. (2018). Electric vehicle purchase intentions of Chinese, Russian and Brazilian citizens: An international comparative study. *Journal of cleaner production*, 205, 188-200. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.318>
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Babin, B. J., & Black, W. C. (2010). *Multivariate data analysis: A global perspective (Vol. 7)*: Pearson, Upper Saddle River.
- Hooper, D., Coughlan, J., & Mullen, M. (2008). Evaluating model fit: a synthesis of the structural equation modelling literature. In *7th European Conference on research methodology for business and management studies*. pp. 195-200.
- Hsu, C. L., & Chen, M. C. (2018). 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*, 132, 118-129. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.023>

- Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural equation modeling: a multidisciplinary journal*, 6(1), 1-55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Hulin, C., Netemeyer, R., & Cudeck, R. (2001). Can a reliability coefficient be too high? *Journal of Consumer Psychology*, 10(1/2), 55-58.
- Kahn, M. E. (2007). Do greens drive Hummers or hybrids? Environmental ideology as a determinant of consumer choice. *Journal of Environmental Economics and Management*, 54(2), 129-145. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2007.05.001>
- Kaplan, S., Monteiro, M. M., Anderson, M. K., Nielsen, O. A., & Dos Santos, E. M. (2017). 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*, 95, 34-48. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.10.029>
- Kautish, P., & Dash, G. (2017). Environmentally concerned consumer behavior: evidence from consumers in Rajasthan. *Journal of Modelling in Management*, 12, 712-738. <https://doi.org/10.1108/JM2-05-2015-0021>
- Kenny, D. A. (2015). Measuring model fit. Kenny, D. A. (2011). *Measuring model fit*. Retrieved from <http://davidakenny.net/cm/fit.htm> . Accessed on December 4th 2022.
- Kline, R. B. (2005). Principles and practice of structural equation modeling (2nd ed.). Guilford Press.
- Kline, R. B. (2015). *Principles and practice of structural equation modeling*. Guilford publications, NY.
- MacCallum, R. C., Widaman, K. F., Zhang, S., & Hong, S. (1999). Sample size in factor analysis. *Psychological Methods*, 4(1), 84. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.4.1.84>
- Maniatis, P. (2016). Investigating factors influencing consumer decision-making while choosing green products. *Journal of Cleaner Production*, 132, 215-228. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.067>
- Mardia, K. V. (1970). Measures of multivariate skewness and kurtosis with applications. *Biometrika*, 57(3), 519-530. <https://doi.org/10.1093/biomet/57.3.519>
- Mardia, K. V. (1974). Applications of some measures of multivariate skewness and kurtosis in testing normality and robustness studies. *Sankhyā: The Indian Journal of Statistics, Series B*, 115-128.
- Marôco, J. (2010). *Análise de equações estruturais: Fundamentos teóricos, software & aplicações*. Report Number, Pêro Pinheiro, Portugal.
- Mathieson, K. (1991). Predicting user intentions: comparing the technology acceptance model with the theory of planned behavior. *Information Systems Research*, 2(3), 173-191. <https://doi.org/10.1287/isre.2.3.173>

- Minton, A. P., & Rose, R. L. (1997). The effects of environmental concern on environmentally friendly consumer behavior: An exploratory study. *Journal of Business research*, 40(1), 37-48. [https://doi.org/10.1016/S0148-2963\(96\)00209-3](https://doi.org/10.1016/S0148-2963(96)00209-3)
- I. G. E. Outlook (2020). *Entering the decade of electric drive*. International Energy Agency. Retrieved from <https://www.coleurope.eu/global-ev-outlook-2020-entering-decade-electric-drive> , accessed on 01/02/2023.
- Ozaki, R., & Sevastyanova, K. (2011). Going hybrid: An analysis of consumer purchase motivations. *Energy policy*, 39(5), 2217-2227. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.04.024>
- Park, E., Kim, H., & Ohm, J. Y. (2015). Understanding driver adoption of car navigation systems using the extended technology acceptance model. *Behaviour & Information Technology*, 34(7), 741-751. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2014.963672>
- Pires, P. J., Da Costa Filho, B. A. (2008). 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, n. 2, p. 429-4. <https://doi.org/10.1590/S1415-65552008000200007>
- Raubenheimer, J. (2004). An item selection procedure to maximize scale reliability and validity. *SA Journal of Industrial Psychology*, 30(4), 59-64.
- Rietmann, Nele, and Theo Lieven. "How policy measures succeeded to promote electric mobility—Worldwide review and outlook." *Journal of cleaner production* 206 (2019): 66-75.
- Ringle, C. M., Da Silva, D., & de Souza Bido, D. (2014). Modelagem de equações estruturais com utilização do SmartPLS. *REMark-Revista Brasileira de Marketing*, 13(2), 56-73.
- Russell, M. L. (1978). Behavioral consultation: Theory and process. *The Personnel and Guidance Journal*, 56(6), 346-350. <https://doi.org/10.1002/j.2164-4918.1978.tb04645.x>
- Schweizer, K. (2010). Some guidelines concerning the modeling of traits and abilities in test construction. *European Journal of Psychological Assessment*, 26 (1), pp. 1-2. <https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000001>
- Souza, A. C. D., Alexandre, N. M. C., & Guirardello, E. D. B. (2017). Propriedades psicométricas na avaliação de instrumentos: avaliação da confiabilidade e da validade. *Epidemiologia e serviços de saúde*, 26, 649-659. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742017000300022>
- Thompson, R. L., Higgins, C. A., & Howell, J. M. (1994). Influence of experience on personal computer utilization: Testing a conceptual model. *Journal of management information systems*, 11(1), 167-187. <https://doi.org/10.1080/07421222.1994.11518035>

- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management science*, 46(2), 186-204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS quarterly*, 425-478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Wang, B., Shen, Y., & Jin, Y. (2017). 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*, 15(4), 285-291. <https://doi.org/10.1080/10042857.2017.1418276>
- Wang, N., Tang, L., & Pan, H. (2019). A global comparison and assessment of incentive policy on electric vehicle promotion. *Sustainable Cities and Society*, 44, 597-603. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.10.024>
- Weston, R., & Gore, P. A., Jr. (2006). A Brief Guide to Structural Equation Modeling. *The Counseling Psychologist*, 34(5), 719-751. <https://doi.org/10.1177/0011000006286345>
- Woo, J., Choi, H., & Ahn, J. (2017). 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*, 51, 340-350. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.01.005>
- Wu, J. H., Wu, C. W., Lee, C. T., & Lee, H. J. (2015). Green purchase intentions: An exploratory study of the Taiwanese electric motorcycle market. *Journal of Business Research*, 68(4), 829-833. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2014.11.036>
- Wu, J., Liao, H., Wang, J. W., & Chen, T. (2019). 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*, 60, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.09.029>
- Yusoff, M. S. B., Rahim, A. F. A., Mat Pa, M. N., See, C. M., Ja'afar, R., & Esa, A. R. (2011). 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*, 18(4), 293-299.

Appendix

Table 4



Confirmatory Factor Analysis (n=209)



Factors/Items	Factor Load	p-value
Perceived Green Utility		
UVP1	0.532	<0.001
UVP2	0.771	<0.001
UVP3	0.824	<0.001
Perceived Ease of Use		
FU1	0.817	<0.001
FU2	0.802	<0.001
FU3	0.692	<0.001
Environmental Concern		
PA1	0.724	<0.001
PA2	0.628	<0.001
PA3	0.827	<0.001
Usage Intention		
IU1	0.758	<0.001
IU2	0.939	<0.001
IU3	0.943	<0.001
IU4	0.870	<0.001
Perceived Readiness of Infrastructure and Technology		
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



Source: Research data, 2022.







A ACEITAÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: UM MODELO DERIVADO DA TAM

 **Flavio Garcia de Oliveira Soares Filho** 
Centro Universitário SENAI CIMATEC
Piatã, Salvador - BA – Brasil
flavioxsp@hotmail.com

 **Paulo Soares Figueiredo** 
Universidade Federal da Bahia
Canela, Salvador - BA – Brasil
paulo_s_figueiredo@hotmail.com

 **Rodrigo Santiago Coelho** 
Centro Universitário SENAI CIMATEC
Piatã, Salvador - BA – Brasil
rodrigo.coelho@fieb.org.br

 **Lis Lisboa Bernardino** 
Universidade Federal da Bahia
Canela, Salvador, BA – Brasil
lis.admufba@gmail.com

 **Xisto Lucas Travassos** 
Universidade Federal de Santa Catarina
Trindade, Florianópolis - SC – Brasil
lucas.travassos@ufsc.br

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.

Palavras-chave: Veículos elétricos. Modelo TAM. Intenção de uso. Comportamento do consumidor.

Como citar

American Psychological Association (APA)

Soares Filho, F. G. de O., Figueiredo, P. S., Coelho, R. S., Bernardino, L. L., & Travassos, X. L. (2024, out./dez.). A aceitação de veículos elétricos: um modelo derivado da TAM. *Revista Brasileira de Marketing – ReMark*, 23(4), 1340-1365. <https://doi.org/10.5585/remark.v22i4.24015>



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.

2 Referencial teórico e hipóteses

2.1 Estudos prévios baseados no modelo de aceitação de tecnologia

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 & 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.

2.2 Hipóteses

A seguir serão apresentadas as hipóteses do estudo. Neste trabalho, foram propostas seis hipóteses com base em estudos anteriores, e adicionalmente 02 hipóteses consideradas como originais deste estudo.

2.2.1 (1) Utilidade verde percebida

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.

2.2.2 (2) *Facilidade de uso percebida*

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 significativa, 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.

2.2.3 (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 significativa 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 melhoria da eficiência do tráfego, 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:

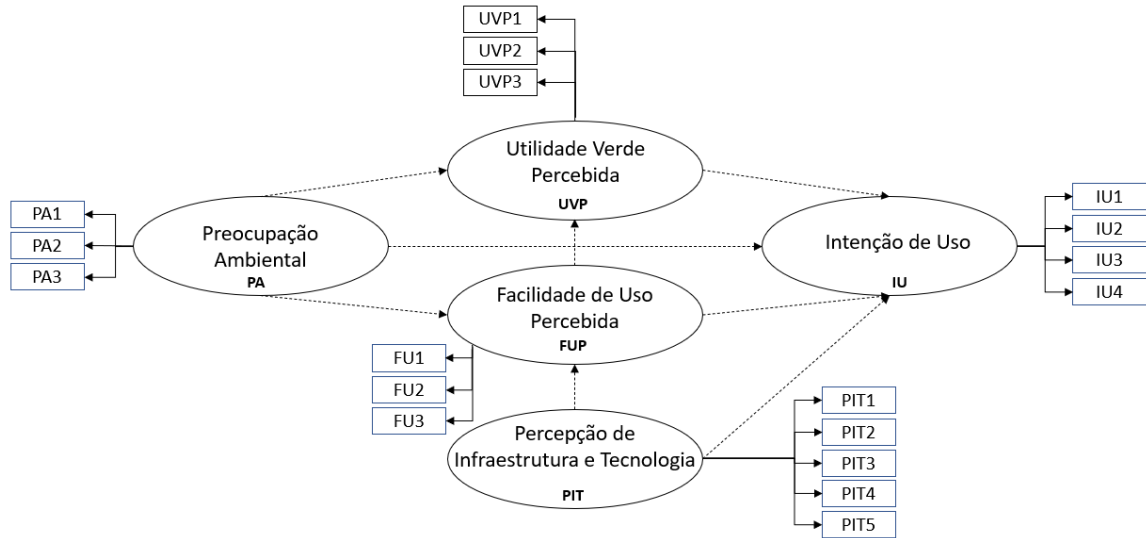
H7: A prontidão potencial percebida, em termos de infraestrutura e tecnologia está positivamente relacionada com a facilidade de uso percebida.

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

Na Figura 1 é possível observar o modelo estrutural proposto neste trabalho, em que os construtos UVP e FUP são indiretamente derivados do TAM.

Figura 1

Modelo Estrutural Proposto



Fonte: Elaboração própria.

3 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 2. 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 1

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		FUP

Perguntas	Fonte:	Construtos a serem Testados:
5 - Eu acho que seria fácil para mim, usar VEs para ir a qualquer lugar que eu quisesse	(Davis, 1989; Madigan et al., 2017; Park et al., 2015; Wu et al.,2019)	
6 - Minha interação com VEs seria clara e compreensível para mim		
7 - Eu me preocupo muito com a poluição ambiental atual no Brasil e seu impacto na saúde	(Ha & Janda, 2012; Kim & 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 et 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: Elaboração 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.

4 Resultados e discussão

O perfil da amostra pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2

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		
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 3, 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 3

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: Dados da Pesquisa, 2022.

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 4, que se encontra no Apêndice deste documento.

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 5.

Tabela 5

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: Dados da Pesquisa, 2022.

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 6

Teste de Normalidade

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

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

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 7, 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 degrees 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 7

Aderência do Modelo

Chi – Square χ^2	344,902
Graus de Liberdade	127
$\frac{\chi^2}{\text{Graus de Liberdade}}$	2,715

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

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 Jaiswal 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 8.

Tabela 8

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: Dados da Pesquisa, 2022.

Para o teste de hipóteses, os valores estatísticos encontrados são apresentados na Tabela 9. 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 significativa 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 significativa 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, Rússia 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 significativa 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 9

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	,002	Aceita
H3	Facilidade de Uso Percebida	→	Utilidade Verde Percebida	0,268	,002	Aceita
H4	Preocupação Ambiental	→	Intenção de Uso	-,033	,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	,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 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 as 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 significativa com a atitude individual e intenção de compra de produtos verdes, tais como veículos que usam fontes alternativas e “ecológicas” de energia. O efeito direto de PA em IU não foi significativo (H4), enquanto que os efeitos mediados foram significativos (H5 e H6), indicando evidências a favor de uma possível mediação completa. 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, Rússia 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). No caso da relação entre PIT e UVP (H7 e H8), a mediação parcial a partir da FUP (H2) pôde ser comprovada. No modelo proposto, a mediação da FUP foi também foi testada na relação entre PIT e UVP (H3 e H7). 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. Além disto, para trabalhos futuros pode ser testada a relação direta entre PIT e UVP, que possibilitaria verificar se há evidência a favor de uma mediação Completa.

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.

Contribuições dos autores

Contribuição	Soares Filho, F.G.O.	Figueiredo, P.S.	Coelho, R.S.	Bernardino, L.L.	Travassos, X.L.
Contextualização	X	X	----	----	----
Metodologia	X	X-	----	----	----
Software	X	X	----	----	----
Validação	X	X	X	X	X
Análise formal	X	X	X	X	X
Investigação	X	X	----	----	----
Recursos	X	-----	----	-----	-----
Curadoria de dados	X	X	X	X	X
Original	X	X	X	X	X
Revisão e edição	X	X	X	X	X
Visualização	X	X	X	X	X
Supervisão	-----	X	X	-----	-----
Administração do projeto	X	X	X	X	X
Aquisição de financiamento	-----	-----	----	-----	-----

Referências

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)

Ahmed, M., Almotairi, M. A., Ullah, S., & Alam, A. (2014). Mobile banking adoption: a qualitative approach towards the assessment of TAM model in an emerging economy. *Academic Research International*, 5(6), 248.

Anderson, H. (2014). *The Future of Electric Cars*. Retrieved from <http://large.stanford.edu/courses/2014/ph240/anderson-h1/> , accessed on December 4th, 2022.

Anfavea (2023). *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira*. Retrieved from <https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2023/04/ANUARIO-ANFAVEA-2023.pdf>, accessed on March 24th, 2024.

Benbasat, I., & Barki, H. (2007). Quo vadis TAM?. *Journal of the association for information systems*, 8(4), 7.

Byrne, B. M. (2013). *Structural equation modeling with Mplus: Basic concepts, applications, and programming*. Routledge, NY.

Chen, S. Y. (2016). Green helpfulness or fun? Influences of green perceived value on the green loyalty of users and non-users of public bikes. *Transport Policy*, 47, 149-159. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.01.014>

- Chen, S. Y. (2016). 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*, 88, 58-72. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.03.008>
- Chen, A., Lu, Y., & Wang, B. (2017). Customers' purchase decision-making process in social commerce: A social learning perspective. *International Journal of Information Management*, 37(6), 627-638. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.05.001>
- Cheng, H. H., & Huang, S. W. (2013). Exploring antecedents and consequence of online group-buying intention: An extended perspective on theory of planned behavior. *International Journal of Information Management*, 33(1), 185-198. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2012.09.003>
- Costa, E., Horta, A., Correia, A., Seixas, J., Costa, G., & Sperling, D. (2021). Diffusion of electric vehicles in Brazil from the stakeholders' perspective. *International Journal of Sustainable Transportation*, 15(11), 865-878. <https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1827317>
- Das, H. S., Rahman, M. M., Li, S., & Tan, C. W. (2020). Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 109618. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109618>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management science*, 35(8), 982-1003. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>
- Fang, Y., Wei, W., Mei, S., Chen, L., Zhang, X., & Huang, S. (2020). Promoting electric vehicle charging infrastructure considering policy incentives and user preferences: An evolutionary game model in a small-world network. *Journal of cleaner production*, 258, 120753. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120753>
- Franke, T., & Krems, J. F. (2013). What drives range preferences in electric vehicle users? *Transport Policy*, 30, 56-62. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.07.005>
- Fishbein, Martin; Ajzen, Icek. (1977): Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research. *Philosophy and Rhetoric*, v. 10, n. 2.
- Funke, S. Á., Sprei, F., Gnann, T., & Plötz, P. (2019). How much charging infrastructure do electric vehicles need? A review of the evidence and international comparison. *Transportation research part D: transport and environment*, 77, 224-242. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.10.024>
- Greaves, M., Zibarras, L. D., & Stride, C. (2013). Using the theory of planned behavior to explore environmental behavioral intentions in the workplace. *Journal of Environmental Psychology*, 34, 109-120. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.02.003>

- Greene, D. L., Kontou, E., Borlaug, B., Brooker, A., & Muratori, M. (2020). Public charging infrastructure for plug-in electric vehicles: What is it worth?. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 78, 102182. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.11.011>
- Habich-Sobiegalla, S., Kostka, G., & Anzinger, N. (2018). Electric vehicle purchase intentions of Chinese, Russian and Brazilian citizens: An international comparative study. *Journal of cleaner production*, 205, 188-200. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.318>
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Babin, B. J., & Black, W. C. (2010). *Multivariate data analysis: A global perspective (Vol. 7)*: Pearson, Upper Saddle River.
- Hooper, D., Coughlan, J., & Mullen, M. (2008). Evaluating model fit: a synthesis of the structural equation modelling literature. In *7th European Conference on research methodology for business and management studies*. pp. 195-200.
- Hsu, C. L., & Chen, M. C. (2018). 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*, 132, 118-129. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.023>
- Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural equation modeling: a multidisciplinary journal*, 6(1), 1-55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Hulin, C., Netemeyer, R., & Cudeck, R. (2001). Can a reliability coefficient be too high? *Journal of Consumer Psychology*, 10(1/2), 55-58.
- Kahn, M. E. (2007). Do greens drive Hummers or hybrids? Environmental ideology as a determinant of consumer choice. *Journal of Environmental Economics and Management*, 54(2), 129-145. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2007.05.001>
- Kaplan, S., Monteiro, M. M., Anderson, M. K., Nielsen, O. A., & Dos Santos, E. M. (2017). 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*, 95, 34-48. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.10.029>
- Kautish, P., & Dash, G. (2017). Environmentally concerned consumer behavior: evidence from consumers in Rajasthan. *Journal of Modelling in Management*, 12, 712-738. <https://doi.org/10.1108/JM2-05-2015-0021>
- Kenny, D. A. (2015). Measuring model fit. Kenny, D. A. (2011). *Measuring model fit*. Retrieved from <http://davidakenny.net/cm/fit.htm> . Accessed on December 4th 2022.
- Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling* (2nd ed.). Guilford Press.
- Kline, R. B. (2015). *Principles and practice of structural equation modeling*. Guilford publications, NY.

- MacCallum, R. C., Widaman, K. F., Zhang, S., & Hong, S. (1999). Sample size in factor analysis. *Psychological Methods*, 4(1), 84. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.4.1.84>
- Maniatis, P. (2016). Investigating factors influencing consumer decision-making while choosing green products. *Journal of Cleaner Production*, 132, 215-228. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.067>
- Mardia, K. V. (1970). Measures of multivariate skewness and kurtosis with applications. *Biometrika*, 57(3), 519-530. <https://doi.org/10.1093/biomet/57.3.519>
- Mardia, K. V. (1974). Applications of some measures of multivariate skewness and kurtosis in testing normality and robustness studies. *Sankhyā: The Indian Journal of Statistics, Series B*, 115-128.
- Marôco, J. (2010). *Análise de equações estruturais: Fundamentos teóricos, software & aplicações*. Report Number, Pêro Pinheiro, Portugal.
- Mathieson, K. (1991). Predicting user intentions: comparing the technology acceptance model with the theory of planned behavior. *Information Systems Research*, 2(3), 173-191. <https://doi.org/10.1287/isre.2.3.173>
- Minton, A. P., & Rose, R. L. (1997). The effects of environmental concern on environmentally friendly consumer behavior: An exploratory study. *Journal of Business research*, 40(1), 37-48. [https://doi.org/10.1016/S0148-2963\(96\)00209-3](https://doi.org/10.1016/S0148-2963(96)00209-3)
- I. G. E. Outlook (2020). *Entering the decade of electric drive*. International Energy Agency. Retrieved from <https://www.coleurope.eu/global-ev-outlook-2020-entering-decade-electric-drive> , accessed on 01/02/2023.
- Ozaki, R., & Sevastyanova, K. (2011). Going hybrid: An analysis of consumer purchase motivations. *Energy policy*, 39(5), 2217-2227. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.04.024>
- Park, E., Kim, H., & Ohm, J. Y. (2015). Understanding driver adoption of car navigation systems using the extended technology acceptance model. *Behaviour & Information Technology*, 34(7), 741-751. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2014.963672>
- Pires, P. J., Da Costa Filho, B. A. (2008). 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, n. 2, p. 429-4. <https://doi.org/10.1590/S1415-65552008000200007>
- Raubenheimer, J. (2004). An item selection procedure to maximize scale reliability and validity. *SA Journal of Industrial Psychology*, 30(4), 59-64.
- Rietmann, Nele, and Theo Lieven. "How policy measures succeeded to promote electric mobility—Worldwide review and outlook." *Journal of cleaner production* 206 (2019): 66-75.

- Ringle, C. M., Da Silva, D., & de Souza Bido, D. (2014). Modelagem de equações estruturais com utilização do SmartPLS. *REMark-Revista Brasileira de Marketing*, 13(2), 56-73.
- Russell, M. L. (1978). Behavioral consultation: Theory and process. *The Personnel and Guidance Journal*, 56(6), 346-350. <https://doi.org/10.1002/j.2164-4918.1978.tb04645.x>
- Schweizer, K. (2010). Some guidelines concerning the modeling of traits and abilities in test construction. *European Journal of Psychological Assessment*, 26 (1), pp. 1-2. <https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000001>
- Souza, A. C. D., Alexandre, N. M. C., & Guirardello, E. D. B. (2017). Propriedades psicométricas na avaliação de instrumentos: avaliação da confiabilidade e da validade. *Epidemiologia e serviços de saúde*, 26, 649-659. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742017000300022>
- Thompson, R. L., Higgins, C. A., & Howell, J. M. (1994). Influence of experience on personal computer utilization: Testing a conceptual model. *Journal of management information systems*, 11(1), 167-187. <https://doi.org/10.1080/07421222.1994.11518035>
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management science*, 46(2), 186-204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS quarterly*, 425-478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Wang, B., Shen, Y., & Jin, Y. (2017). 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*, 15(4), 285-291. <https://doi.org/10.1080/10042857.2017.1418276>
- Wang, N., Tang, L., & Pan, H. (2019). A global comparison and assessment of incentive policy on electric vehicle promotion. *Sustainable Cities and Society*, 44, 597-603. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.10.024>
- Weston, R., & Gore, P. A., Jr. (2006). A Brief Guide to Structural Equation Modeling. *The Counseling Psychologist*, 34(5), 719-751. <https://doi.org/10.1177/0011000006286345>
- Woo, J., Choi, H., & Ahn, J. (2017). 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*, 51, 340-350. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.01.005>
- Wu, J. H., Wu, C. W., Lee, C. T., & Lee, H. J. (2015). Green purchase intentions: An exploratory study of the Taiwanese electric motorcycle market. *Journal of Business Research*, 68(4), 829-833. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2014.11.036>

Wu, J., Liao, H., Wang, J. W., & Chen, T. (2019). 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*, 60, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.09.029>

Yusoff, M. S. B., Rahim, A. F. A., Mat Pa, M. N., See, C. M., Ja'afar, R., & Esa, A. R. (2011). 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*, 18(4), 293-299.

APÊNDICE

Tabela 4

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: Dados da Pesquisa, 2022