

Viabilidade Econômica de Estações de Recarga de Veículos Elétricos: foco em equipamentos de Carregamento Rápido.

Matheus Francescatto, Cristiano Roos

Resumo: Com a crescente busca por novas soluções tecnológicas para reduzir as emissões danosas ao meio ambiente, especialmente relacionadas ao setor automobilístico, aparecem em crescimento às vendas de veículos elétricos. Entretanto, é necessário que a infraestrutura de recarga destes veículos também seja desenvolvida. Desta maneira, são necessários estudos e pesquisas na área. Mediante a isto, o objetivo do presente trabalho é realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica considerando diferentes modelos de estações de recargas para veículos elétricos. Para cumprir com este objetivo, foram analisados cinco diferentes modelos de estações de recarga organizados conforme sua potência em equipamentos de carregamento rápido. Após, foram definidos 60 cenários envolvendo os modelos selecionados, as bandeiras tarifárias de energia elétrica vigentes e os horários de funcionamento do estacionamento abordado. O método de Engenharia Econômica utilizado foi o Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE). Desta forma, o principal resultado obtido foi um CAUE máximo de R\$ 687.864,51 e um CAUE mínimo de R\$ 224.200,22. Conclusivamente, verificou-se que o modelo mais viável para o ambiente estudado é o CSI 60K750-EJA.

Palavras chave: Estações de Recarga, Veículos Elétricos, Engenharia Econômica.

Economic Feasibility of Electric Vehicles Charging Stations: focus on Fast Charging equipment.

Abstract: With the increasing search for new technologic solution to reduce the damage to the environment caused by pollution, especially related to the automotive sector, the growth in sales of electric vehicles start appearing. However, it is necessary that the charging infrastructure of this type of automobiles also grow. Meaning that studies and researches are necessary in this area. Therefore, the objective of the present work is to perform a technical and economic feasibility analysis involving the use of different models of charging station for electric vehicles. To fulfill this objective, five different models of recharging stations classified according to their power in fast charging equipment were analyzed. After that, 60 scenarios were defined involving the models, the tariffs of electric energy and the hour of operation of the parking lot approached. The Economic Engineering method used was the Equivalent Annual Uniform Cost (EAUC). With that, the main results obtained were a maximum EAUC of R\$ 687.864,51 and a minimum EAUC of R\$ 224.200,22. In conclusion, it was verified that the most viable model for the studied environment is the CSI 60k750-EJA.

Key-words: Charging Stations, Electric Vehicles, Economic Engineering.

1. Introdução

A popularização dos veículos elétricos está sendo cada vez mais incentivada e apoiada por entidades governamentais em diferentes países. Entre estes se destaca a China como líder mundial em novos registros, seguida pelos EUA, juntamente com o crescimento em países como a Noruega e a Holanda, aonde o *market share* desses veículos chega a 23% e 10%, respectivamente (FGV ENERGIA, 2017). Ainda mais, segundo a International Energy Agency (2016), estima-se que em 2020 o *market share* global dos veículos elétricos chegará até 1,7%,

o que representa um aumento significativo comparado com os dados de 2017, onde, de acordo com FGV Energia (2017), os veículos elétricos ocupavam apenas 0,1% do estoque mundial.

No Brasil os incentivos para o consumidor de carros elétricos ainda são muito insignificantes quando comparados com outros países. Em adição, existe ainda o problema relacionado com a falta de estrutura para a recarga dos veículos elétricos, pois sem a presença de estações de recargas espalhados pelo território brasileiro, a utilização desses automóveis se torna pouco viável. Com este contexto em mente, a fim de popularizar os veículos elétricos no Brasil, é necessário antes viabilizar a infraestrutura de postos de recarga.

Para esse intuito, se fazem necessários estudos de viabilidade técnica e econômica comparando diversos fornecedores de estações de recarga. O objetivo geral do presente trabalho é realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica considerando diferentes modelos de estações de recargas para veículos elétricos.

2. Revisão bibliográfica

Esta seção foi dividida em quatro subseções: veículos elétricos; estações de recarga de veículos elétricos; estudos aplicados envolvendo estações de recarga; Engenharia Econômica.

2.1 Veículos elétricos

De acordo com Calçado (2015), os veículos elétricos surgiram com o objetivo de ser uma alternativa aos impactos danosos ao meio ambiente devido à contaminação do ar e à emissão de ruídos causados pelos motores de combustão interna. Segundo Xiong et al. (2019), uma das funções dos veículos elétricos é conseguir obter um menor uso de energia, uma boa economia e uma forte praticidade, tudo isso ao mesmo tempo.

Muitas pessoas ainda não são familiarizadas com os veículos elétricos, sendo um dos motivos para isso o fato de muitas concessionárias ainda, exclusivamente, venderem apenas veículos convencionais (LANGBROEK et al. 2018). Além disso, principalmente no Brasil, ocorre a presença de barreiras financeiras e técnicas que devem ser superadas a fim de que os veículos elétricos adentrem o mercado nacional. Segundo Bravo, Meirelles e Giallonardo (2014), veículos elétricos surgem como uma alternativa tecnologicamente viável, mas acabam limitados com questões como preço e autonomia.

Conforme ocorrem avanços nas tecnologias relacionadas com os veículos elétricos como: maior autonomia, menores custos e mais incentivos para o consumidor, o mercado mundial para esses automóveis começa a crescer exponencialmente. Segundo a International Energy Agency (2018), o estoque global de veículos elétricos em 2017 atingiu um novo recorde, sendo vendidas 3,1 milhões de unidades, um crescimento de cerca de 57% quando comparado ao ano de 2016.

No Brasil, apesar dos veículos elétricos comporem uma pequena parcela da frota automobilística, estímulos e incentivos começam a ser implementados a fim de aumentar a porcentagem de veículos elétricos no mercado. De acordo com a ANFRAVEA (2018), em 2017 o número de veículos elétricos no Brasil estava em torno de 3.296 mil unidades, representando um valor pequeno quando comparado com a totalidade da frota brasileira. Porém, esse número possui uma tendência de aumento. Segundo projeções realizadas pela Empresa de Pesquisa Energética (2017), apesar dos híbridos convencionais ainda

representarem uma parcela pequena dos licenciamentos, os mesmos chegarão a 2,0% da frota de veículos ao final de 2030.

2.2 Estações de recarga de veículos elétricos

Segundo Gonzáles, Siavichay e Espinoza (2019), a principal função das estações de recarga para veículos elétricos (EVCS) é fornecer e controlar a energia que é transferida para a bateria do veículo. As estações de recarga tem uma participação crítica no desenvolvimento dos veículos elétricos, sendo no seu uso diário ou na sua interação com a rede elétrica (SBORDONE et al. 2014). Segundo Zhang et al. (2018), uma das principais barreiras para a disseminação do uso de veículos elétricos é a falta de infraestrutura de recarga pública. De acordo com Neaimh et al. (2017), uma infraestrutura de recarga apropriada pode ser o aspecto necessário para a adoção em massa dos veículos elétricos.

Para Sbordone et al. (2014), uma estação de recarga deve possuir a função de carregar a bateria de um veículo elétrico rapidamente, detectar o estado da carga da bateria e se adaptar aos diferentes modelos de carros e baterias, em qualquer caso, o tempo de carregamento deve se adequar com as características da bateria do veículo a fim de garantir uma recarga ideal, prolongando a vida da bateria.

Segundo Lokesh e Min (2017), o tempo de carregamento da bateria depende do tipo de estação de recarga que é utilizada e também da carga inicial presente na bateria. Com isso em mente, as estações de recarga podem ser separadas em grupos levando em conta os seus diferentes modos. Segundo Gonzáles, Siavichay e Espinoza (2019), esta classificação tem como base os níveis de energia das estações de recarga juntamente com o tempo necessária para efetuá-la, o que define as três categorias em:

- Nível 1: esse nível é utilizado em residências com uma voltagem de até 120 volts e capacidade energética de 3,7 kW. Nesse tipo de estação o carregamento do veículo elétrico demora um tempo elevado, podendo estar entre 6 a 24 horas. A conversão de energia deve ser feito pelo conversor do veículo elétrico.
- Nível 2: possui uma voltagem entre 208 e 240 volts, capacidade de 3,7 kW até 22 kW e uma corrente que pode chegar a 32 A. O tempo de carregamento pode ser menor que 6 horas dependendo do *status* atual do veículo. A conversão elétrica também deve ser feita pelo conversor do veículo elétrico.
- Nível 3: nessa categoria estão os chamados *fast chargers* ou carregamento rápido, sendo a faixa de energia máxima que este tipo de estação de recarga consegue suportar é de 50 kW até 240 kW com uma corrente elétrica chegando em até 400 A. Nesse nível as estações de recarga são responsáveis por fazer a conversão entre corrente alternada e corrente direta, onde a voltagem chega a até 600 V e é resultante da corrente direta.

Atualmente, seguido do crescimento dos veículos elétricos no mercado internacional, as estações de recarga começam a ficarem cada vez mais populares, tanto os modelos particulares quanto os modelos públicos. No Brasil têm sido instaladas diferentes estações de recargas para veículos elétricos junto com eletrovias interestaduais em busca de incentivar a utilização dessa nova tecnologia. Segundo a Associação Brasileira de Veículos Elétricos (2018), a ligação entre São Paulo e Rio de Janeiro é considerada a primeira eletrovia interestadual do Brasil e possui em sua totalidade 434 km de distância com um intervalo de 100 km entre cada

eletroposto. Em adição, segundo Oliveira (2018), a BR-277 no Brasil, que liga Paranaguá a Foz Iguaçu, conta com pontos de recarga para carros elétricos no trajeto, sendo oito eletropostos distribuídos pela rodovia.

2.3 Estudos econômicos aplicados envolvendo estações de recargas

Os estudos econômicos envolvendo estações de recarga são importantes porque ajudam a definir as melhores opções de investimento. Para isso foram buscadas neste trabalho algumas bibliografias que mostram diferentes aplicações da Engenharia Econômica em estudos envolvendo estações de recarga de veículos elétricos.

Nesse contexto, Schroeder e Traber (2012), realizaram um estudo de viabilidade econômica sobre as estações de recarga classificadas como carregamento rápido, utilizando as condições econômicas da Alemanha como cenário de pesquisa. Nesse estudo, o Retorno sobre o Investimento (ROI) foi utilizado como o indicador de rentabilidade e assim, os autores concluíram que, baseado no contexto econômico alemão, seria difícil obter uma infraestrutura de recarga classificada como carregamento rápido que provesse lucro, visto que, o ROI para o valor inicial de 95 mil EUR necessários para implementar a estação de recarga, ficaria longe de viável economicamente. Na Figura 1, estão alguns parâmetros levados em consideração nos cálculos dos autores.

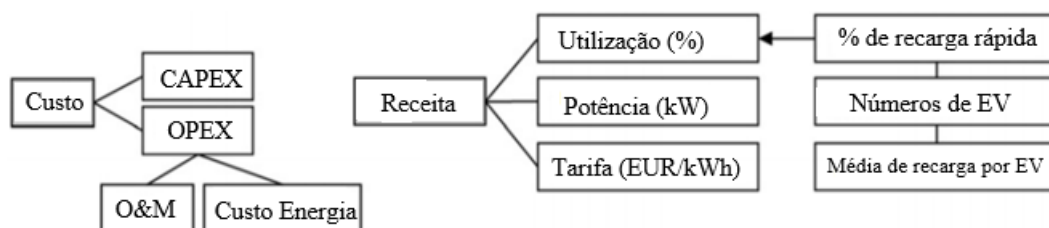


Figura 1 - Parâmetros utilizados no estudo (Adaptado Schroeder e Traber, 2012)

Um estudo de viabilidade realizado por New York State Energy Research and Development Authority (2015), na cidade de Nova Iorque, envolvendo uma estação de recarga de nível 2, fez uso de dois métodos: o *payback* simples e o Valor Presente Líquido (VPL). As circunstâncias utilizadas levaram em conta uma premissa de crescimento anual em torno de 12% na utilização das estações de recarga, um período de 20 anos, preço de recarga de US \$0,45/kWh e uma taxa mínima de atratividade de 7% ao ano. O VPL obtido foi de US\$ 7.482,00 juntamente com um *payback* de 8,71 anos, confirmando a viabilidade econômica do investimento.

Outros autores como Vagropoulos, Kleidas e Bakirtzis (2014), fizeram uso do VPL e da Taxa Interna de Retorno (TIR) para analisar a lucratividade das estações de recarga de nível 2 na Grécia. No estudo os autores consideraram dois tipos de estações, uma de 3,3 kW e outra de 7,2 kW, dentro de um período de 5 dias (entre segunda-feira e sexta-feira) e um período de 6 dias (de segunda-feira até sábado). Os resultados obtidos que mostram a viabilidade econômica do estudo estão apresentados no Quadro 1.

Potência do Carregador	Segunda – Sexta		Segunda - Sábado	
	TIR	VPL	TIR	VPL
3,3 kW	11,7%	1.055 €	22,4%	4.473 €
7,2 kW	13,3%	1.453 €	24,9%	5.180 €

Fonte: Adaptado de Vagropoulos, Kleidas e Bakirtzis (2019)

Quadro 1 - Resultados do estudo de Vagropoulos, Kleidas e Bakirtzis.

Do mesmo modo Liu et al. (2016), realizaram o estudo de viabilidade econômica de uma estrutura de recarga na China utilizando um cenário composto por um eletroposto com 4 unidades de recarga rápida e 16 unidades de recarga de nível 2. Os autores fazem uso de métodos como VPL, ROI, *payback* e TIR. Dentre os resultados obtidos tem-se: 15,84 anos de *payback*, ROI de 7,55%, TIR de 3,78% ao ano e uma margem de lucro de 5,66% para o investimento.

2.4 Engenharia Econômica

Segundo Hess et al. (1992), um estudo de Engenharia Econômica envolve definição do problema, a determinação das alternativas tecnicamente viáveis, a determinação e a avaliação quantitativa das diferenças futuras, a manipulação dos diagramas e a aplicação dos critérios de decisão para a obtenção da alternativa mais econômica e a avaliação qualitativa das alternativas incluindo fatores imponderáveis. Mediante a isso, a Engenharia Econômica está no âmago do processo de tomada de decisões e afeta diretamente o que irá ocorrer com os diversos projetos criados (BLANK; TARQUIN, 2008).

Um dos métodos de cálculo na Engenharia Econômica é o Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE). Hess et al. (1992) ressalta que, por ser de mais fácil interpretação, o método CAUE pode ser frequentemente utilizado com ampla vantagem sobre os demais, tanto em comparação de custos, quanto de receitas. A Equação 1, retirada de Hirschfeld (1979), é utilizada para calcular o CAUE.

$$CAUE = [A_P - A_F] + \sum_1^m A_i \quad (1)$$

Onde: CAUE é o custo anual uniforme [R\$], P é o custo do equipamento [R\$], A_P são as anuidades equivalentes provindas do custo de equipamento P considerado aplicado à taxa de $i\%$, A_F são as anuidades equivalentes provindas da Receita do Valor Residual F consideradas e aplicadas à taxa de $i\%$, $\sum_1^m A_i$ é a somatória de outros m eventuais custos uniformes equivalentes anuais.

3. Procedimentos metodológicos

A presente pesquisa foi aplicada na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Em específico, o estudo foi direcionado para a implementação de uma estação de recarga de veículos elétricos no campus sede da universidade. A fim de obter os resultados da pesquisa foram utilizados os seguintes parâmetros para a análise da viabilidade econômica: despesas com energia elétrica, investimentos no equipamento, despesas com instalação, despesas com manutenção, depreciação, taxa mínima de atratividade e correção monetária.

Para obter os valores dos investimentos nos equipamentos, realizou-se uma consulta com cada um dos cinco fabricantes escolhidos propositalmente para este estudo. A despesa com a instalação e a despesa com a manutenção foram obtidas a partir de estimativas contidas na bibliografia consultada. Para a depreciação, escolheu-se o valor padrão de vida útil determinado para equipamentos elétricos, utilizando o método linear para determinar o valor da depreciação ao longo deste tempo.

Para determinar a taxa mínima de atratividade, analisou-se o rendimento médio anual da poupança nos últimos cinco anos. De forma semelhante, para a inflação, analisaram-se os dados da taxa média anual nos últimos dez anos fazendo o uso da Calculadora do Cidadão (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2019). Para a correção monetária utilizou-se o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPC-A), calculado pelo IBGE. Por fim, o custo tarifário foi obtido com base nas tarifas fornecidas pela UFSM, onde foi determinado o valor da energia elétrica para os diferentes tipos de horários. Junto a isto, a tarifa da energia elétrica foi corrigida pelo reajuste médio dos últimos 8 anos.

Com o objetivo de realizar uma análise técnica e econômica mais ampla, consideraram-se diferentes cenários onde os modelos de estações de recarga foram comparados entre si. Neste contexto, foram utilizados três parâmetros para modelar 60 cenários. Os cenários foram obtidos combinando a relação entre as quatro bandeiras tarifárias (verde, amarela, vermelha patamar 1 e vermelha patamar 2), a variação no horário de funcionamento do estacionamento (manhã, tarde e integral) e os modelos de estações de recarga fornecidos pelos fabricantes.

Após a obtenção de todas as informações necessárias para a análise de viabilidade técnica e econômica, iniciou-se a aplicação de um dos métodos de cálculo da Engenharia Econômica, o método do Custo Anual Uniforme Equivalente. Para os cálculos fez-se uso do *software* Microsoft Excel. Por fim, os dados obtidos foram organizados e analisados.

4. Resultados e análises

Com o intuito de comparar neste trabalho diferentes estações de recarga, se buscou informações técnicas que auxiliassem a determinar qual a opção mais adequada para cada aplicação. Estes dados técnicos são utilizados para diferenciar cada uma das estações de recarga e também para que o cliente possa escolher o produto que melhor se adeque no seu projeto. Assim, na Tabela 1, se encontram dados técnicos de cada um dos cinco modelos selecionados nesta pesquisa.

Modelos Recarga Rápida	Potência (kW)		Corrente (A)		Voltagem (V)	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC
Terra 54 CJG	43	50	143	143	98	200 a 500
ChargePoint Express 250	N/A	62,5	N/A	125	N/A	480
50kW Public OCPPEvCharger	N/A	50	N/A	30	N/A	350 a 750
CSI 60K750-EJA	3,7 a 43	60	16 a 63	160	230 ou 400	100 a 500
A60K500CJ	22	60	32	0 a 150	400	150 a 550

Fonte: Autores (2019)

Tabela 1 - Dados técnicos dos modelos selecionados

Outro fator que influencia a escolha das estações de recarga para um estacionamento é o perfil dos motoristas que são atendidos. O perfil dos motoristas tem uma influência direta no tempo de utilização da estação de recarga pelo veículo elétrico. Neste contexto, devido ao ambiente de estudo ser uma universidade, existem diferentes perfis coexistindo. Assim, optou-se por dividir o horário do estacionamento em três situações: turno da manhã, turno da tarde e turno integral. Esta distribuição é mostrada na Tabela 2.

Turnos	Horário de Funcionamento	Total de Horas
Manhã	6h30min até 12h30min	6 horas
Tarde	12h30min até 18h30min	6 horas
Integral	6h30min até 20h30min	14 horas

Fonte: Autores (2019)

Tabela 2 - Horários de funcionamento

Para encontrar os dados econômicos que foram utilizados na determinação do CAUE dos equipamentos, foi realizada uma consultada com cada um dos fabricantes das estações de recarga. Depois de realizado o contato com os fabricantes dos modelos selecionados neste trabalho, foi possível elencar todas as despesas relacionadas as mesmas, como mostra a Tabela 3 e a Tabela 4.

Fabricante	Modelo	Custo do Equipamento	Custo de Instalação
ABB	Terra 54 CJG	R\$ 175.500,00	R\$ 225.390,53
ChagePoint	ChargePoint Express 250	R\$ 218.610,38	R\$ 249.929,58
Setec Power	50kW Public OCPPEvCharger	R\$ 109.916,21	R\$ 225.390,53
JFY	CSI 60K750-EJA	R\$ 91.596,85	R\$ 247.929,58
ARK	A60K500CJ	R\$ 122.129,13	R\$ 225.390,53

Fonte: Autores (2019)

Tabela 3 - Custos dos equipamentos adicionados os impostos e as despesas de instalação

Fabricante	Modelo	Custo de Manutenção	Depreciação Anual
ABB	Terra 54 CJG	R\$ 40.890,05	R\$ 15.000,00
ChagePoint	ChargePoint Express 250	R\$ 46.654,00	R\$ 14.400,55
Setec Power	50kW Public OCPPEvCharger	R\$ 33.530,67	R\$ 7.240,50
JFY	CSI 60K750-EJA	R\$ 33.952,64	R\$ 6.033,75
ARK	A60K500CJ	R\$ 34.751,97	R\$ 8.045,00

Fonte: Autores (2019)

Tabela 4 - Custos de manutenção e depreciação anual dos modelos

Com a obtenção dos dados para cada modelo, se realizou o estudo da viabilidade econômica onde foi obtido o CAUE e realizada uma comparação entre os modelos a fim de definir o investimento mais adequado para a UFSM.

O estudo de viabilidade econômica inicia-se na obtenção dos dados referentes aos modelos de estações de recarga, seguido da organização dos mesmos de acordo com os cenários definidos. Os cálculos são baseados nas equações do método CAUE, o qual é o mais adequado para a finalidade deste trabalho. Para a aplicação do método foram desenvolvidos fluxos de caixa para cada um dos 60 cenários, definidos previamente neste artigo na seção dos procedimentos metodológicos. Os resultados obtidos foram analisados em conjunto, de modo a comparar cada modelo de estação de recarga. Para isto, os resultados são divididos com base nas bandeiras tarifárias vigentes, facilitando a comparação entre os modelos estudados em uma mesma realidade tarifária.

Vale ressaltar que não há a necessidade de mostrar os resultados relacionadas à bandeira tarifária amarela e à bandeira tarifária vermelha patamar 1. Isto acontece pelo fato de não ocorrer mudanças significativas nos valores obtidos no CAUE para estas bandeiras que se encontram em uma posição intermediária aos resultados mostrados na sequência. Desta forma, ao apresentar os resultados da bandeira tarifária verde e da bandeira tarifária vermelha patamar 2 tem-se os resultados para as condições ideais, onde o CAUE é mínimo e máximo, respectivamente. Com isto, na Figura 2, tem-se o gráfico dos resultados do CAUE para os modelos, utilizando a bandeira tarifária verde.

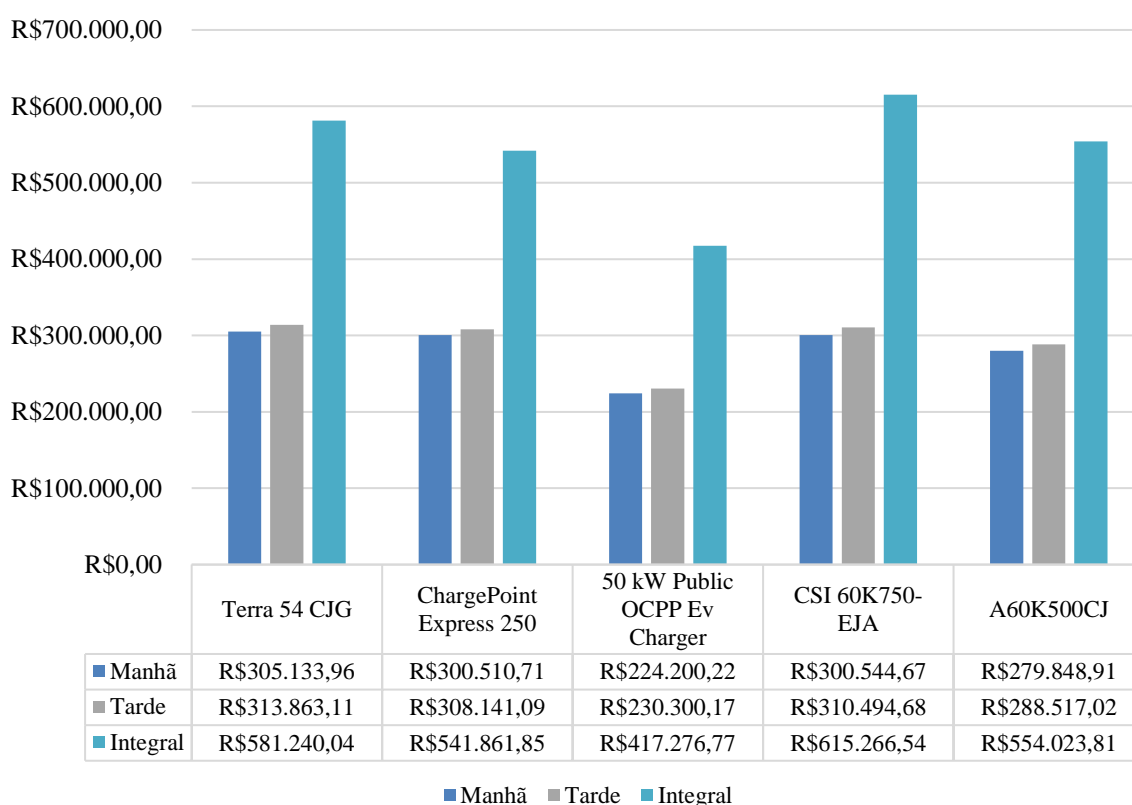


Figura 2 - Comparação do CAUE dos carregadores rápidos com bandeira verde (Autores, 2019)

Para os equipamentos de carregamento rápido, o modelo CSI 60K750-EJA apresenta o maior custo quando colocado no cenário de funcionamento Integral, devido ao fato de possuir a alternativa de recargar três veículos simultaneamente, junto com uma potência de 43 kW para a corrente alternada e uma potência de 60 kW para a corrente contínua. Assim, este tipo de

carregador tem a possibilidade de recarregar um dos veículos com a potência menor, enquanto os outros dois são carregados com a potência máxima disponível.

Entretanto, ao analisar os cenários de funcionamento da Manhã e da Tarde, percebe-se que o modelo que apresenta o maior custo é o Terra 54 CJG, devido ao fato da despesa do equipamento ser bem mais elevada do que os outros modelos de recarga rápida. Assim, conforme o tempo de funcionamento do equipamento aumenta, as despesas iniciais como, investimento no produto e custo da instalação começam a diminuir sua influência no CAUE, de forma que, o custo com a energia se torna o fator de maior influência.

Percebe-se também que o equipamento que apresenta o menor CAUE é o modelo 50 kW *Public OCPP Ev Charger*, sendo um modelo com a capacidade de recarga para dois veículos com uma potência máxima de 50 kW. Considerando todos os fatores envolvidos, apesar de possuir o CAUE mais elevado, o CSI 60K750-EJA, torna-se o modelo mais vantajoso, pois além de ter a possibilidade de recarga de três veículos simultaneamente, ainda possui uma potência maior do que os outros modelos, de forma a recarregar um número maior de veículos diariamente. A Figura 3 mostra os resultados relacionados à bandeira tarifária vermelha patamar 2.

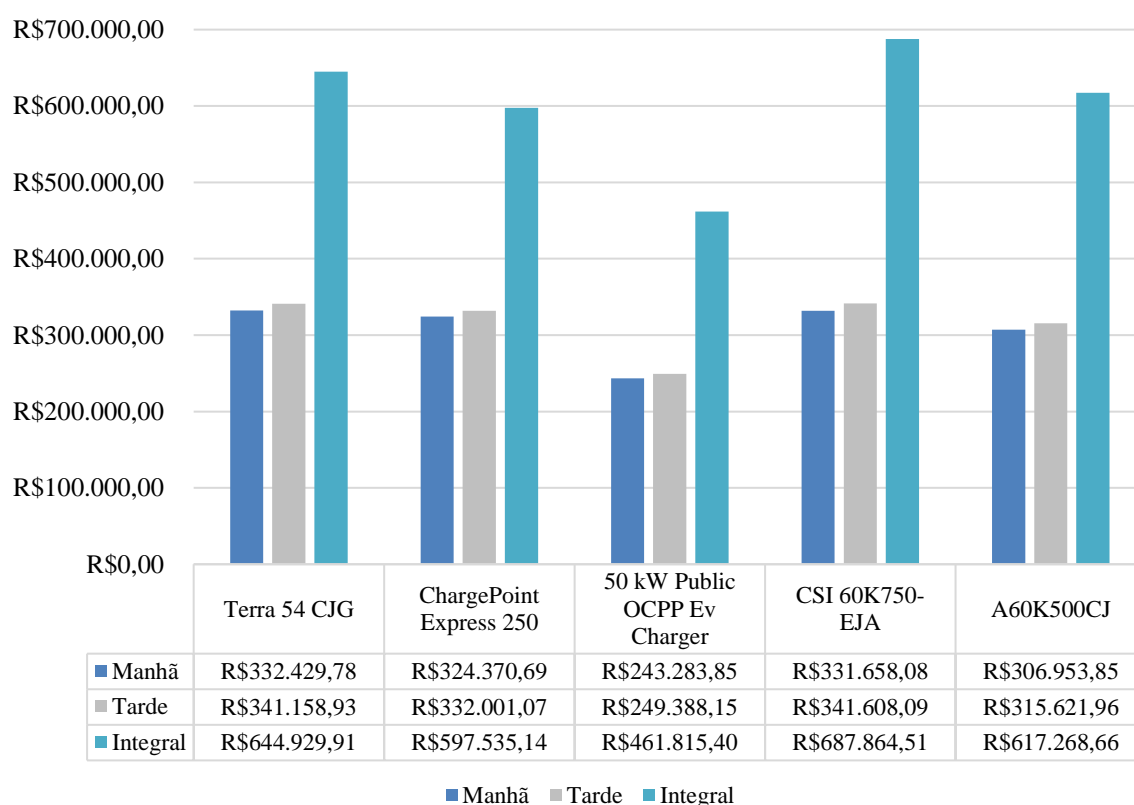


Figura 3 - Comparação do CAUE dos carregadores rápidos com bandeira vermelha patamar 2 (Autores, 2019)

Com a bandeira tarifária vermelha patamar 2, ocorre um crescimento já esperado no CAUE, servindo como um parâmetro máximo para o CAUE. Do mesmo modo, o modelo CSI 60K750-EJA, continua sendo o equipamento mais vantajoso dentre as estações de recarga rápida, tendo em vista suas características técnicas e econômicas quando comparado com os outros modelos. É válido ressaltar que, para este tipo de investimento, não se deve considerar

apenas o CAUE dos modelos como fator determinante e sim, uma combinação do mesmo junto com as características técnicas apresentadas pelos equipamentos, de forma a escolher a opção mais viável para o projeto em questão.

5. Conclusões

O atual trabalho de pesquisa teve como objetivo geral realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica considerando diferentes modelos de estações de recargas para veículos elétricos. O dimensionamento da estação de recarga teve como base o estacionamento localizado no campus cede da Universidade Federal de Santa Maria. Para isso, 60 cenários foram modelados, envolvendo cinco diferentes modelos de estações de recarga, as quatro bandeiras tarifárias vigentes e três diferentes horários de funcionamento do estacionamento. Para realizar a análise econômica, utilizou-se o método do CAUE.

Do ponto de vista técnico, levando em consideração o ambiente analisado, o estudo foi direcionado para implementar apenas uma estação de recarga para veículos elétricos. Desta forma, informações técnicas referentes aos diferentes modelos estudados foram obtidas. Depois se realizou uma comparação entre os equipamentos, determinando assim, sua viabilidade técnica. Com isso, as informações técnicas foram inseridas nos resultados da análise de viabilidade econômica pela grande influência que possuem no custo destes equipamentos. De todo modo, todas as estações de recarga analisadas, do ponto de vista técnico, são viáveis para a utilização no estacionamento da UFSM.

Para os modelos de carregamento rápido, o CSI 60K750-EJA apresenta o maior valor de CAUE, sendo de R\$ 687.864,51, considerando o horário integral. Entretanto, ao levar em conta os diferentes horários de funcionamento do estacionamento o equipamento Terra 54 CJG apresenta o CAUE mais elevado no turno da manhã, e o CSI 60K750-EJA para o turno da tarde, levando em conta a bandeira tarifária vermelha patamar 2. Do mesmo modo, a estação de recarga que apresentou o menor valor para o CAUE foi o 50 kW *Public OCPP Ev Charger* com R\$ 224.200,22 para o turno da manhã, R\$ 230.300,17 para o turno da tarde e R\$ 417.276,77 para o turno integral.

Baseado nestas informações chega-se à conclusão que, para a aplicação proposta neste trabalho, o modelo mais viável é o modelo CSI 60K750-EJA, porque, apesar de possuir o CAUE mais elevado, apresenta características técnicas superiores, tornando-se o equipamento mais viável para a situação proposta.

Analisando os resultados, percebe-se que os equipamentos que possuem uma maior potência e carregam um maior número de veículos simultaneamente, possuem um valor de CAUE elevado, consequência do maior consumo de energia elétrica. Além da influência destes fatores técnicos, percebe-se que à medida que o horário de funcionamento do estacionamento aumenta, o valor do CAUE tem um crescimento proporcional.

Como sugestão para futuros trabalhos, pode-se realizar um estudo de forma a elencar os perfis de motoristas presentes na UFSM, com a finalidade de determinar qual é o tipo de estação de recarga mais adequado para o estacionamento. Além disto, é possível também realizar um estudo de viabilidade econômica com estes modelos, considerando um ambiente com o objetivo de gerar lucro, de forma a obter um preço de recarga e, baseado neste valor, aplicar métodos como o Valor Presente Líquido, o *Payback* e a Taxa Interno de Retorno, determinando assim a viabilidade do investimento.

Por fim, chega-se à conclusão de que o trabalho cumpriu com o objetivo que foi inicialmente proposto, sendo desenvolvida uma análise de viabilidade técnica e econômica envolvendo diferentes modelos de estações de recarga.

Referências

ABVE. Associação Brasileira de Veículos Elétricos. **Governo anuncia ROTA 30 e corta IPI para elétricos**. Brasil, 2018. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/governo-anuncia-rota-2030-e-corta-ipi-para-eletricos/>>. Acesso em 10 de março de 2019.

ANFRAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Publicação mensal da associação nacional dos fabricantes de veículos automotores 380**. São Paulo, 2018. 11 p.

BCB. Banco Central do Brasil. **Calculadora do Cidadão**. Brasil, 2019. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPUBLICO/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores>. Acesso em: 25 de maio de 2019.

BLANK, L. T.; TARQUIN, A. **Engineering economy**. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2008.

BRAVO, M.; MEIRELLES, P.; GIALONARDO, W. Análise dos desafios para a difusão dos veículos elétricos e híbridos no Brasil. **XXII Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva**, v. 1, n.1, p. 1-22, 2014.

Calçado, T. E. O. **Estudo preliminar de implantação de estações de recarga de veículos elétricos no Centro de Tecnologia da UFRJ**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco energético nacional**. Brasil, 2018. Disponível em:<<http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-397/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%202018-ab%202017vff.pdf>>. Acesso em 02 de março de 2019.

FGV ENERGIA. **Carros elétricos**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://www.fgv.br/fgvenergia/caderno-carros-eletricos/files/assets/basic-html/page-1.html#>>. Acesse em: 23 de março de 2019.

GONZÁLEZ, L.; SIAVICHAY, E.; ESPINOZA, J. Impact of EV fast charging stations on the power distribution network of a Latin American intermediate city. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 107, p. 309-318, 2019.

HESS, G et al. **Engenharia Econômica**. 21. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica**. 1. Ed. São Paulo: Atlas, 1979.

IEA. International Energy Agency. **Global Ev Outlook 2016**. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVO Outlook2016.pdf>>. Acesso em 10 mar. 2019.

IEA. International Energy Agency. **Global Ev Outlook 2018**. Disponível em: <https://webstore.iea.org/download/direct/1045?filename=global_ev_outlook_2018.pdf>. Acesso em 10 mar. 2019.

LANGBROEK, J et al. Electric vehicle rental and electric vehicle adoption. **Research in Transportation Economics**, v. 70, n. 1, p. 1-11, 2018.

LOKESH, B.; MIN, J. A Framework for Electric Vehicle (EV) Charging in Singapore. **Energy Procedia**, v. 143, n. 2, p. 15-20, 2017.

LIU, C et al. Research on Economic Evaluation Method of Electric Vehicle Charging Station. **MMME**, v. 4, n. 28, p. 689-693, 2016.

NEAIMEH, M et al. Analysing the usage and evidencing the importance of fast chargers for the adoption of battery electric Vehicles. **Energy Policy**, v.108, n. 18, p. 474-486, 2017.

NYSERDA. New York State Energy Research and Development Authority. **Review of New York State Electric Vehicle Charging Station Market and Policy, Finance, and Market Development Solutions**. Nova Iorque, 2015. 92 p.

OLIVEIRA, R. **Paraná ganha primeira rodovia com pontos de recarga para elétricos. Paraná, 2018**. Disponível em: <<https://www.noticiasautomotivas.com.br/parana-ganha-primeira-rodovia-com-pontos-de-recarga-para-eletricos/>>. Acesso em 20 de abril de 2019.

SBORDONE, D et al. EV fast charging stations and energy storage technologies: A real implementation in the smart micro grid paradigm. **Electric Power Systems Research**, v. 120, n.5, p. 95-108, 2015.

SCHROEDER, A.; TRABER, T. The economics of fast charging infrastructure for electric vehicles. **Energy Policy**, v.43, n.1, p. 136-144, 2012.

VAGROPOULOS, S.; KLEIDARAS, A.; BAKIRTZIS, A. Financial viability of investmentes on electric vehicle charging stations in workplaces with parking lots under flat rate retail tariff scheme. **International Universities Power Engineering Conference (UPEC)**, v. 49, n.1, p. 1-6, 2014.

XIONG, H et al. An energy matching method for battery electric vehicle and hydrogen fuel cell vehicle based on source energy consumption rate. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 44, n.1, p. 7737-7888, 2019.

ZHANG, Q et al. Factors influencing the economics of public charging infrastructures for EV: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 94, n.50, p. 500-509, 2018.