

RECARGA ELÉTRICA AUTOMOTIVA EM ESTACIONAMENTO COM SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICO

Ana Paula de Moraes Coimbra¹

Kevin Barbieri de Araujo¹

Annete Silva Faesarella²

Universidade São Francisco

kevinba14@hotmail.com; ana.moraiscoimbra@hotmail.com

¹Alunos do Curso de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco; Campus Itatiba

²Professora Orientadora do Curso de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco; Campus Itatiba.

Resumo. Os veículos elétricos, em breve, irão compor com maior representatividade a frota de automóveis e é sabido que este tipo de veículo demanda uma infraestrutura específica para seu abastecimento. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um projeto de instalação de uma estação de recarga em um estacionamento existente, com alimentação via energia fotovoltaica. São apresentados os requisitos técnicos para elaboração e funcionamento desta instalação, bem como requisitos comerciais, ao realizar a comparação financeira da estação de recarga quando conectada apenas à rede da concessionária contra a estação conectada à rede da concessionária em conjunto com o sistema fotovoltaico. Tendo assim, um sistema que pode ser aplicado para pontos de recarga em estacionamentos, auxiliando o crescimento dessa infraestrutura, de modo a amparar no recebimento da tecnologia dos veículos elétricos.

Palavras-chave: veículos elétricos, geração de energia fotovoltaica, recarga de baterias de veículos elétricos.

1.Introdução

Em meio a crescente evolução da tecnologia utilizada em veículos elétricos, somado ao número de usuários dos mesmos e busca infinita por sistemas que poluem menos o planeta, está cada vez mais evidente que logo as pessoas de todas as classes sociais substituirão seus veículos a combustão por veículos elétricos. “De acordo com a Associação Brasileira do Veículo Elétrico - ABVE, no Brasil, a frota atual de elétricos e híbridos é de 16 mil, e a projeção é que o mercado nacional cresça de 300 a 500% nos próximos cinco anos.” (ABVE, 2019)

Embora veículos elétricos simplifiquem e solucionem problemas da sociedade moderna, alguns cuidados têm de ser tomados para garantir que esta tecnologia seja de fato sustentável e eficiente. Como em geral essa nova tecnologia é atrativa do ponto de vista logístico e ambiental, o grande desafio está em determinar um arranjo de abastecimento que seja eficiente tanto no sentido econômico como no âmbito ambiental.

Diante deste cenário, surgem os eletropostos como uma alternativa para acessibilidade da infraestrutura que um veículo elétrico demanda para ser recarregado. Diversas associações, concessionárias de energia e empresas como a Associação Brasileira do Veículo Elétrico - ABVE, Centrais Elétricas de Santa Catarina - CELESC, Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL, entre outras, apoiam essa causa e incentivam o desenvolvimento desta tecnologia no Brasil. Há o *case* do Wyndham Gramado Termas Resort & Spa, situado em Gramado no Rio

Grande do Sul, que desenvolveu, através da Schneider Electric, a implementação de três pontos de carga, com um total de cinco tomadas para abastecimento de veículos elétricos.

Este artigo tem como objetivo propor uma solução econômica e ambientalmente viável para o problema logístico dos carros elétricos, elaborando um projeto que propõe a implementação de pontos para abastecimento de veículos elétricos dentro do estacionamento da Universidade São Francisco, campus Itatiba, com o diferencial de que o sistema será alimentado por uma energia proveniente de uma fonte renovável, neste caso, um sistema fotovoltaico.

Entende-se que o modal de veículos elétricos possui boa representatividade frente a sustentabilidade, uma vez que não emite gases poluentes, pois dispensa o uso de combustíveis, contudo, compreende-se que para esta representatividade ser ainda maior, a fonte que alimenta o veículo deve prover de uma forma de energia limpa.

Estima-se que os veículos elétricos devem passar de 2 milhões para 56 milhões de unidades na frota mundial até 2040, segundo relatório do Bloomberg New Energy Finance, de acordo com a Revista AutoEsporte (BNEF, apud Oréfice 2019). Deste modo, a infraestrutura para aprovisionamento de energia a esses veículos deve acompanhar o crescimento da frota, carecendo que cada país invista em estudos neste ramo e se prepare para tal, visando além dos benefícios financeiros, os ambientais, levando essa pauta cada vez a mais sério.

É utilizada uma ampla pesquisa a respeito dos assuntos que abrangem este tema, como estação de recarga, tipos de abastecimento de veículos elétricos, entre outros. Com o devido embasamento teórico é realizado a simulação de implantação de pontos de abastecimento para veículos elétricos dentro de um estacionamento, utilizando-se da ótica técnica e econômica e apresentando a viabilidade financeira e sustentável desta aplicação. O trabalho está estruturado da seguinte forma:

- Embasamento Teórico, com descrição do abastecimento de um veículo elétrico, padrão de tomada e o sistema de energia fotovoltaica

- Desenvolvimento, aqui é abordada a aplicação desta tecnologia na inserção dos pontos de abastecimento em um estacionamento, explanando os requisitos necessários e atuando em cima dos dados específicos do local, como clima, dimensional do estacionamento, e outros pontos que serão utilizados como base para a simulação desta implantação.

- Simulação, uma vez que há os dados específicos do local em que se pretende colocar os pontos de abastecimento, a simulação pode ser efetuada, avaliando a solução com um olhar técnico e financeiro, utilizando-se as ferramentas econômicas de *PayBack* e VPL (Valor Presente Líquido).

- Resultados, é apresentado o fechamento do trabalho avaliando os dados obtidos na simulação e mostrando a eficiência do projeto como uma proposta para desenvolvimento da infraestrutura de carregamento de veículos elétricos.

2.Referencial Teórico

2.1 Veículos elétricos

2.1.1 Tipos de Veículos

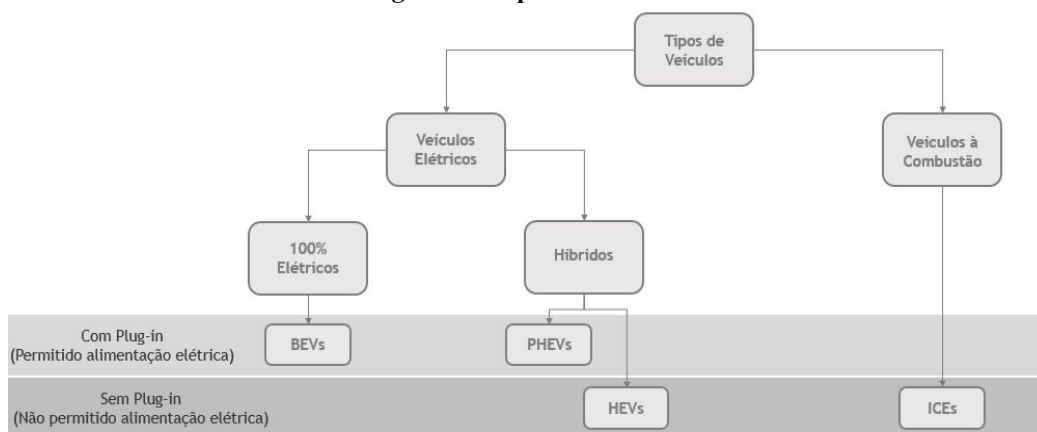
De acordo com (Quintella, 2017) os veículos elétricos (VEs) são aqueles que utilizam um ou mais motores elétricos, em parte ou em sua totalidade para propulsão. E de forma macro, eles podem ser subdivididos em três tipos:

1. BEV (*Battery Electric Vehicle* - Veículo Elétrico a Bateria): sigla usada para os veículos que são 100% movidos a eletricidade com alimentação provinda da energia das baterias. Esse tipo de automóvel possui uma conexão *plug in* para permitir a

ligação física do veículo com a estação de recarga elétrica. Os modelos Tesla Model X, Renault Zoe, JAC iEV 40 se encaixam nesta categoria.

2. HEV (*Hybrid Electric Vehicle* - Veículo Elétrico Híbrido): categoria que abrange os veículos que possuem motores a combustão e eletricidade. Nesta categoria os motores estão em paralelo, sendo o motor de combustão o primordial para mover o veículo, contando com o auxílio do elétrico. No entanto, este automóvel não permite o abastecimento com energia elétrica de forma direta, o carregamento das baterias provém do motor a combustão e da frenagem regenerativa. “A frenagem regenerativa converte a energia cinética que seria dissipada na forma de calor pelas pastilhas de freio em eletricidade para carregar as baterias.” (Calçado, 2015, p. 15). Nesta categoria temos os veículos Fusion Titanium Hybrid da FORD, o CT 200h e NX 300h da Lexus, entre outros.
3. PHEV (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle* - Veículo Elétrico Híbrido Plug-in): nesta categoria é possível uma junção do modelo BEV com o HEV, entretanto o motor principal é o movido a energia elétrica, deixando o motor a combustão como uma opção ao motorista, uma vez que o mesmo além de recarregar as baterias ainda é utilizado como *back-up* quando o motor elétrico se encontra comprometido. Exemplos de veículos deste tipo é o i8 da BMW, o Panamera 4 *E-Hybrid* da Porsche, o Volvo XC90 T8, entre outros. Os tipos de veículos elétricos são mostrados na figura 1.

Figura 1 – Tipos de veículos



(Fonte: Próprio Autor, 2020)

2.1.2 Abastecimento VEs

O abastecimento dos VEs pode ser feito de duas formas: indutiva ou condutiva. A forma indutiva é baseada no carregamento das baterias dos VEs através de um campo eletromagnético. “A carga indutiva (indução eletromagnética) necessita de uma estação de recarga, tem alta durabilidade, é mais segura, mas possui baixa eficiência e é necessário muito tempo para uma recarga completa.” (Oliveira, 2019 apud Escalante Penna e Nascimento, 2018).

A forma condutiva se utiliza de uma conexão física entre o VE e o ponto de abastecimento para recarga e pode ser realizada em três níveis distintos, de acordo com o conselho EPRI (*Electric Power Research Institute*) em 1991 (Osório, 2013), tais métodos são apresentados na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Métodos de Carregamento de Veículos Elétricos

Nível	Tempo de Recarga	Utilização
1	8 a 10 horas	Residências
2	Até 7 horas	Locais públicos e privados
3	1 a 2 horas	Eletropostos

(Fonte: Próprio Autor, 2020)

2.1.3 Estações de recarga

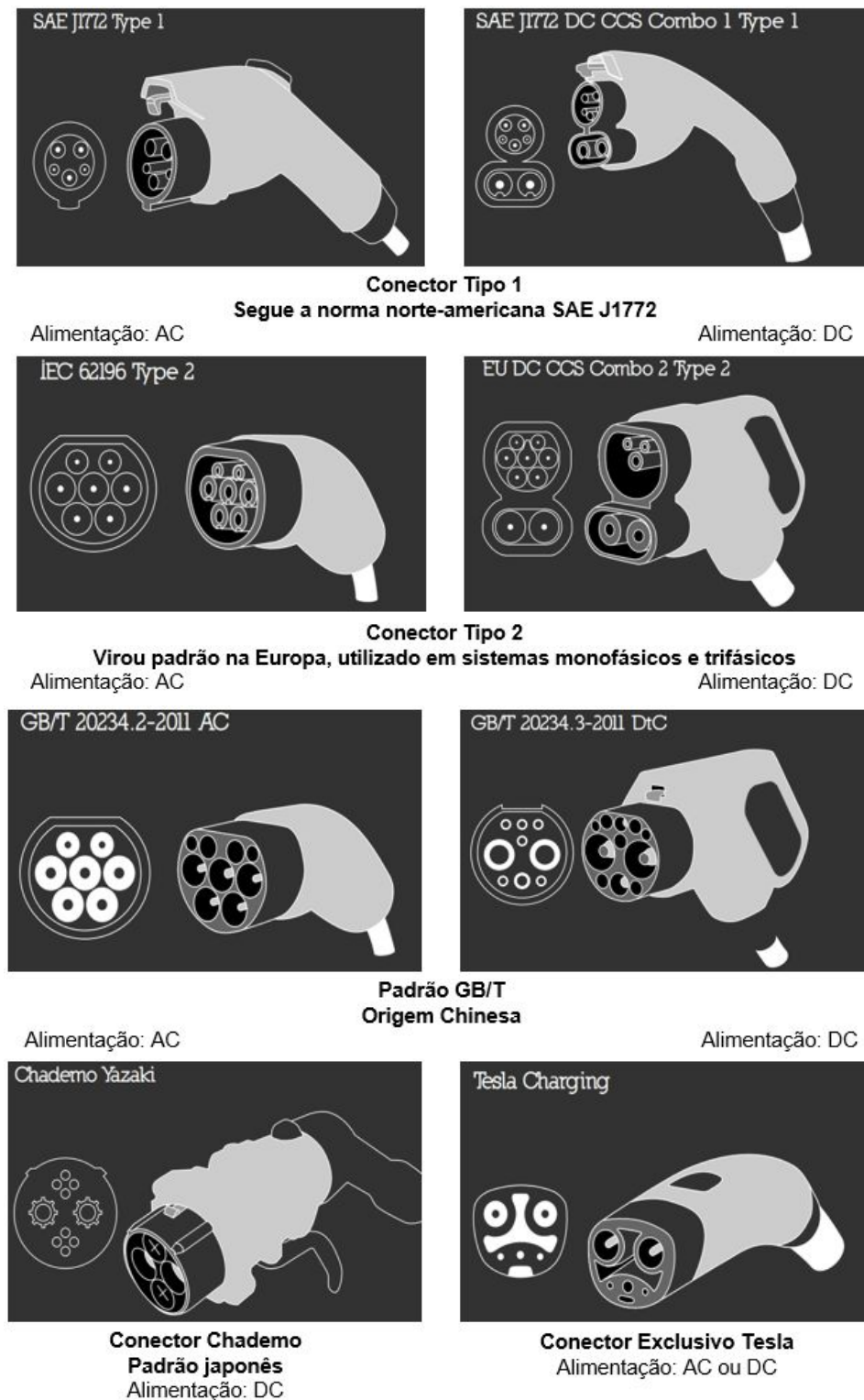
As estações de recarga são as responsáveis por conduzir a energia elétrica da fonte provedora para o VEs. Elas podem ser encontradas em diversos tamanhos e forma, cada qual com seu objetivo, o item que mais impacta o tipo de estação é o tempo de carregamento pretendido. Se a estação for ser utilizada para abastecimentos a longos períodos, sua robustez é menor, uma vez que há a necessidade de fornecer determinado fluxo de energia num tempo x, agora no caso de abastecimentos em curtos períodos, a estação deve fornecer num mesmo tempo x um fluxo bem maior de energia para que o veículo tenha uma boa autonomia após a recarga.

Segundo a empresa Eletric Mobility Brasil, as estações do tipo lenta são as que disponibilizam potências de 3,7 kVA e 7,4 kVA, com um tempo de recarga de 4 a 8 horas. As estações de carga semi-rápida contêm carregadores AC com 22kVA e/ou DC com 25kW de potência, e num veículo com uma bateria de 30 kW o tempo de carga é até 1,5 horas. Já as cargas rápidas, utilizadas nos postos de recarga elétrica, que são comparados aos postos de combustível, possuem uma potência de 43 kVA em AC e 50kW em DC. A empresa ainda experimenta os carregadores ultra-rápidos, com suas primeiras versões implantadas em 2016, os quais contam com uma alimentação DC de 175 até 350 kW, podendo ser utilizada em ônibus e caminhões, veículos com avantajadas baterias. (Eletric Mobility Brasil, 2020).

2.1.4 Conexão para Abastecimento dos Veículos Elétricos

A energia fornecida às baterias do veículo pode vir de uma fonte AC (*Alternating Current* - Corrente Alternada), comumente utilizada nas recargas lentas ou moderadas, ou DC (*Direct Current* - Corrente Contínua), utilizada nas tecnologias de estações de recargas com abastecimentos rápidos. As baterias do carro são alimentadas com corrente DC, logo se o fornecimento for em AC, por exemplo: residência, quem faz a conversão de AC para DC é o sistema interno do carro. No caso do fornecimento em DC o sistema de conversão se encontra na estação fornecedora de energia, o que auxilia na agilidade do carregamento, visto que os componentes de alta potência responsáveis por esta etapa estão externos ao veículo. (Rodrigues et al., 2014). Na figura dois são mostrados os tipos de conectores utilizados para recarga de veículos elétricos.

Figura 2 - Tipos de conectores utilizados na recarga de veículos elétricos

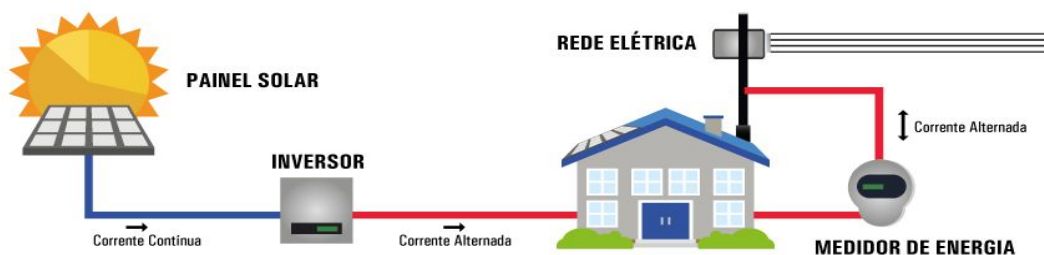


(Fonte: Nicolas Tavares, 2019)

2.2 Energia fotovoltaica

Um sistema fotovoltaico é aquele que converte energia solar em elétrica. No Brasil, desde a aprovação da Resolução nº 482/2012 da ANEEL, é possível gerar energia através de sistemas fotovoltaicos e trabalhar em conjunto com o sistema elétrico já existente no modal de compensação de energia elétrica, conforme exemplo mostrado na figura 3.

Figura 3 - Sistema Fotovoltaico On Grid

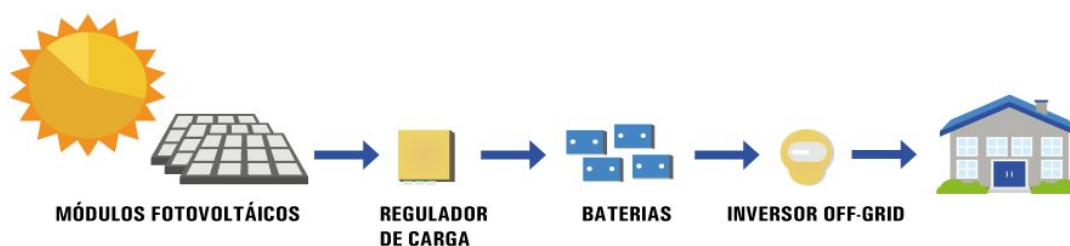


(Fonte: GRIDPOWER ENGENHARIA, 2016)

No modelo *ON-GRID* o painel solar transforma a energia fotovoltaica em elétrica e repassa ao inversor em DC, o inversor por sua vez é o responsável pela conversão dessa energia de DC para AC, o medidor de energia bidirecional é o encarregado da relação entre a energia gerada e a consumida. Se esse balanço for positivo o cliente ganha créditos com a distribuidora de energia, para os casos negativos a diferença é paga em fatura, esse sistema é conhecido como sistema de compensação de energia elétrica.

No modelo autônomo, *OFF-GRID*, conforme mostrado na figura 4, não há a conexão do sistema fotovoltaico com a rede elétrica da distribuidora de energia. O sistema conta com baterias para armazenamento de energia e utilização desta nos intervalos de baixa produção dos módulos fotovoltaicos, o regulador de carga é um componente que trabalha para as baterias, monitorando esses itens e protegendo este bem, (ANEEL, 2012).

Figura 4 - Sistema Fotovoltaico Off Grid



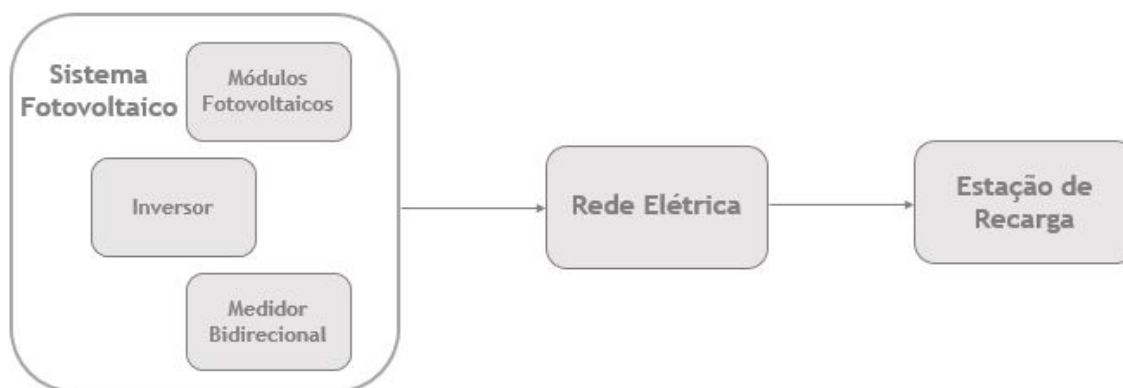
(Fonte: GRIDPOWER ENGENHARIA, 2016)

A garantia dos módulos fotovoltaicos hoje é em média 25 anos, e para os sistemas que contam com baterias, essas possuem média de 4 a 5 anos de duração e garantia. (Guimarães, 2015).

3. Metodologia

Nesta seção é apresentada a metodologia adotada para a instalação de uma estação de recarga em estacionamentos existentes, visando a adaptação deste projeto em locais similares, como comércios, *shoppings* e mercados, na figura 5 abaixo é possível verificar o diagrama de blocos da conexão da estação de recarga com a rede elétrica e essa com o sistema fotovoltaico.

Figura 5 – Diagrama de blocos da Interligação Elétrica do Sistema



(Fonte: Próprio Autor, 2020)

3.1 Local

Para uma maior precisão nos dados obtidos, foi escolhido o estacionamento da universidade São Francisco no campus de Itatiba SP, que possui em média 629 vagas com aproximadamente 2,10x4,70 metros cada, de tamanho similar aos estacionamentos convencionais de diversos estabelecimentos, o que mostra que o projeto pode ser expandido e aplicado em demais locais correlatos.

3.2 Estação de recarga

Buscando uma melhor abrangência para escolha da estação de recarga, inicialmente foram analisadas as características dos 05 [cinco] carros mais acessíveis e populares no Brasil, segundo Bárbara Angelo, redatora da revista AutoPapo (Angelo, 2019), características estas mostradas na tabela 02.

Tabela 2 – Veículos Elétricos mais acessíveis e populares no Brasil

Modelo	JAC iEV20	Renault Zoe	Chery Arrizo 5e	JAC iEV40	Nissan Leaf
Preço [R\$]	R\$ 129.900,00	R\$ 149.990,00	R\$ 159.990,00	R\$ 169.900,00	R\$ 195.000,00
Preço [US\$]	\$23.797,75	\$27.478,24	\$29.310,25	\$31.125,77	\$35.724,10
Potência, Torque	68 CV - 21,9 Kgfm	88 CV - 22 kgfm	122 CV - 28,1 Kgfm	115 CV - 30,6 Kgfm	149 CV - 33 Kgfm
Autonomia Máxima	400 Km [NEDC]	300 Km [WLTP]	322 Km [INMETRO]	300 Km (NEDC)	389 Km (NEDC)
Velocidade Máxima	113 Km/h	135 Km/h	152 Km/h	130 Km/h	143 Km/h
Bateria	41 kWh	41 kWh	53 kWh	40 kWh	40 kWh
Padrão Conector	GB/T [padrão chinês]	IEC 62196	GB/T [padrão chinês]	GB/T [padrão chinês]	CHAdeMO [padrão japonês]

(Fonte: Próprio Autor, 2020)

É possível notar que as baterias dos veículos elétricos possuem, em média, 43kWh de capacidade energética, o tempo de recarga desses veículos varia de 40 minutos a 4 horas para uma recarga no modal rápido ou semi-rápido, sendo aproximadamente o tempo que um aluno passa na faculdade durante seu horário de aula.

Foi considerado também uma estação que resista às intempéries do tempo, com fator de potência entre 0,92 a 1, e que tenha a capacidade de permitir o gerenciamento dos dados do carregamento, dando liberdade ao administrador para realizar a cobrança, visto que a mesma possui a proposta de instalação em um estacionamento comercial com possibilidade de cobrança.

A estação de recarga que atende tais necessidades é a PUBLIC CHARGER da Electric Mobility Brasil (Electric Mobility Brasil, 2020), composta por duas saídas que fornecem uma potência de até 7,4kVA por saída, podendo carregar dois veículos simultaneamente, numa média de 04 horas por recarga. O tipo de conector é o GB (padrão chinês) no modelo de corrente alternada (AC). A estação pode ser integrada a um sistema de gerenciamento, via 3G,

LAN ou *Wi-fi* que pode fornecer, através de um aplicativo no celular, os dados do *status* do equipamento: “disponível”, “em carga” ou “avariado”, conta também com um espaço para agendamento de uma reserva, além de emitir relatórios de consumo. As tabelas 3 e 4 abaixo elencam características dos carregadores da marca Efacec para veículos elétricos.

Tabela 3 – Carregadores Efacec para Veículos Elétricos

Carregadores Efacec para Veículos Elétricos						
Família	Tensão	Corrente	Potência Nominal	Saída	Ficha / Tomada	Modo de Carga
Públicos AC	Monofásico	10A	2,3 kVA	Tomada	CE/7	Modo 1
	Monofásico	16A	3,7 kVA	Tomada	IEC/EN 60309	Modo 1/2
	Monofásico	16 ou 32A	3,7 ou 7,4 kVA	Tomada ou cabo fixo	V 2 ou 3 J1772	Modo 3
	Trifásico	16 a 32 A	11 ou 22 kVA	Tomada ou cabo fixo	V 2 ou 3	Modo 3

(Fonte: Electric Mobility Brasil, 2019)

Tabela 4 – Características Técnicas Carregadores Efacec para Veículos Elétricos

Unidade Central							
Interface do Utilizador	Interface do utilizador			TFT			
	Identificação do utilizador			Cartão RFID (Mifare) ISO14443			
	Protocolo de comunicação			Serviços Web sobre o IP			
Saídas		Unidades CE		Unidades CE e GB		Unidades ETL	
Entrada Nominal	Fases / Linhas	1 linha + neutro + terra			3 linhas + neutro + terra		2 linhas + terra
	Tensão	(230 ± 10%) Vac			(400 ± 10%) Vac		(208/240) Vac
	Corrente	10A	16 A	32 A	16 A	32 A	30 A
	Potência	2,3 kVA	3,7 kVA	7,4 kVA	11 kVA	22 kVA	Até 7,2 kVA
	Frequência	(50 ± 10%) Hz					60 Hz
Saída	Conector	CE / 7	Unidades CE: Tipo 2 de acordo com EN 62196-2 Unidades GB: GB / T 18487.1 Modo 3				Unidades ETL: Tipo 1 de acordo com a SAE J1772
	Ligação entre EV e EVSE	Unidades CE: EN 61851-1 e IEC 61851-1 Caso B Unidades GB: GB / T 18487.1 Modo C				SAE J1772	
Proteção de Saída	Sobre corrente	12A	20 A	40 A	20 A	40 A	40 A
	RCD / CCID	30 mA				20 mA	
Modo de Carregamento	Ligação direta entre o EV e o EVSE usando o cabo fornecido com o veículo.	Unidades CE: EN 61851-1 e IEC 61851-1 Modo 3 Unidades GB: GB / T 18487.1 Modo 3 Unidades ETL: SAE J1772 Modo 3					
Medição de Energia	Em cada uma das saídas	Sim					
Características Mecânicas	Dimensões (LxPxA) mm	Wall Mount: 374x275x1080 mm Wall Mount + Pedestal: 374x275x1450 mm				14.7 x 10.8 x 42.5 in. 14.7 x 10.8 x 57.1 in.	
	Arquitetura	Posto Central equipado com uma unidade central e até 2 saídas (saídas adicionais 2 x CE7 como opcional, apenas para unidades CE)					
		Posto Satélite equipado com uma unidade central e até 2 saídas (saídas adicionais 2 x CE7 como opcional, apenas para unidades CE)					
	Condições Ambientais	Peso (dependendo da configuração da saída)	de 20kg a 30 kg				44 lb a 66 lb
Grau de proteção		IP54				NEMA 3R	
Temperatura		-30° C a 50° C				-22° F a 122° F	
Humidade		de 5% a 95%					
	Local de instalação	Exterior / Interior					

(Fonte: Electric Mobility Brasil, 2019)

3.3 Consumo de energia

Mesmo que cada veículo possa não atingir a carga completa na estação de recarga, foi considerado que cada veículo consumirá o valor médio de energia que cabe em suas baterias, ou seja, 43kW, com a eficiência da estação em 93%, chegamos a um consumo por recarga de 46,24kW.

Adotando a premissa de que serão carregados 04 carros por dia e que cada recarga levará em média 04 horas, temos que o consumo diário da estação será de:

Qtd carros * (consumo por recarga / tempo de recarga)

[Equação 01]

$$4 * (46,24 / 4) = 46,24 \text{ kWh/dia}$$

3.4 Dimensionamento fotovoltaico

Para cálculo do dimensionamento fotovoltaico, é necessário a busca pelo valor médio da irradiação solar diária mensal [kWh/m².dia], o rendimento do sistema, o tipo e quantidade de placa fotovoltaica a ser utilizada e por fim o inversor que atende esse conjunto.

3.4.1 Irradiação solar

Para determinar o tempo de exposição ao qual as células fotovoltaicas serão submetidas, é realizado uma consulta no CRESESB - Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S.Brito, para a região de Itatiba (coordenadas: -23.000679, -46.845303), o valor médio da irradiação solar diária (média mensal) é de 4,84 kWh/m².dia.

Figura 6 – Valor médio da irradiação solar diária mensal

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	5,52	5,81	5,07	4,61	3,77	3,51	3,67	4,62	4,78	5,39	5,68	6,09	4,88	2,58
✓	Ângulo igual a latitude	23° N	5,00	5,54	5,22	5,25	4,68	4,59	4,69	5,51	5,10	5,26	5,20	5,41	5,12	,95
✓	Maior média anual	21° N	5,07	5,59	5,23	5,22	4,63	4,52	4,62	5,46	5,10	5,30	5,26	5,49	5,12	1,07
✓	Maior mínimo mensal	29° N	4,78	5,37	5,15	5,31	4,83	4,78	4,87	5,63	5,09	5,13	4,99	5,15	5,09	,86

(Fonte: CRESESB, 2020)

3.4.2 Rendimento do sistema

Para o rendimento do sistema, é necessário determinar as perdas de energia, e para tal, é necessário estimar as perdas de temperatura, que variam de acordo com o local de instalação das placas, as perdas de incompatibilidade elétrica, originárias no parâmetro de que as placas fotovoltaicas mesmo que produzidas no mesmo ambiente e lote não são totalmente compatíveis eletricamente, as perdas por acúmulo de sujeira, que variam de acordo com a frequência de limpeza do sistema, a qual está relacionada com a facilidade de acesso as placas para realização da limpeza, as perdas por cabeamento CC e CA, oriundas do efeito Joule que se obtém quando percorre num condutor uma corrente elétrica, e por fim as perdas do inversor, provenientes da não eficiência completa no processo de conversão de corrente contínua para alternada. Abaixo relata-se o range de cada tipo de perda bem como o cenário adotado para este projeto

Perdas por temperatura [7,0% - 18,0%] - 14,0%

Incompatibilidade Elétrica [1,0% -2,0%] - 1,5%

Acúmulo de sujeira [1,0% -8,0%] - 6,0%

Cabeamento CC [0,5% - 1,0%] - 1,0%

Cabeamento CA [0,5% - 1,0%] - 1,0%

Inversor [2,5% - 5,0%] - 3,5%

Para cálculo do rendimento, você subtrai cada termo de 100% e os multiplica entre si, desse modo teremos:

$$(100\% - 14\%) * (100\% - 1,5\%) * (100\% - 6,0\%) * (100\% - 1,0\%) * (100\% - 1,0\%) * (100\% - 3,5\%) = 75\% \text{ ou } 0,75.$$

[Equação 02]

As perdas levam o rendimento do sistema a um percentual de 75%.

3.4.3 Dimensionamento dos painéis fotovoltaicos

Para determinar a potência total que os painéis devem fornecer, deve-se utilizar a equação 1, no entanto como a instalação é trifásica, mesmo que o consumidor gere toda a energia necessária para sua instalação, ele obrigatoriamente deve pagar uma taxa de 100kW à concessionária de energia, logo, para um melhor aproveitamento vamos descontar essa taxa obrigatória do nosso consumo mensal, ou seja

Consumo dia = 46,24 kWh/dia

Consumo mês = $46,24 \times 30 = 1.387,10$ kWh/mês

Consumo mês desconto taxa = $1.387,10 - 100 = 1.287,10$ kWh/mês

Consumo dia desconto taxa = $1.287,10 / 30 = 42,90$ kWh/dia

Potência total painéis = energia mensal / (valor médio da irradiação solar * rendimento) [Equação 03]

Com os dados calculados, a potência total dos painéis deve ser:

Potência total painéis = $42,90 \text{ kWh/dia} / (4,84 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia} * 0,75)$

Potência total painéis = 11,77 kW

Potência total painéis = 11.770,21 W

3.4.4 Componentes

Os módulos escolhidos foram os CS6K-270 da *Canandian Solar*, por sua resistividade ao tempo, aplicabilidade ao escopo e outras características descritas na tabela 05.

Tabela 5 – Módulo fotovoltaico

DADOS ELÉTRICOS | STC*

CS6K	260P	265P	270P	275P
Potência nominal máx. (Pmax)	260 W	265 W	270 W	275 W
Tensão operacional opt. (Vmp)	30.4 V	30.6 V	30.8 V	31.0 V
Corrente operacional opt. (Imp)	8.56 A	8.66 A	8.75 A	8.88 A
Tensão circuito aberto (Voc)	37.5 V	37.7 V	37.9 V	38.0 V
Corrente curto-circuito (Isc)	9.12 A	9.23 A	9.32 A	9.45 A
Eficiência do módulo	15.88%	16.19%	16.50%	16.80%
Temperatura operacional	-40°C ~ +85°C			
Tensão do sistema máx.	1000 V (IEC) ou 1000 V (UL)			
Proteção contra incêndio	TIPO 1 (UL 1703) ou CLASSE C (IEC 61730)			
Class. máx. fusíveis em série	15 A			
Classificação da aplicação	Classe A			
Tolerância de potência	0 ~ + 5 W			

* Sob Condições de Teste Padrão (STC) de irradiação de 1000 W/m², espectro AM de 1.5 e temperatura de célula de 25°C.

DADOS ELÉTRICOS | NOCT*

CS6K	260P	265P	270P	275P
Potência nominal máx. (Pmax)	191 W	195 W	198 W	202 W
Tensão operacional opt. (Vmp)	28.0 V	28.2 V	28.3 V	28.5 V
Corrente operacional opt. (Imp)	6.83 A	6.92 A	7.00 A	7.08 A
Tensão circuito aberto (Voc)	34.9 V	35.1 V	35.3 V	35.4 V
Corrente curto-circuito (Isc)	7.36 A	7.45 A	7.53 A	7.63 A

(Fonte: *Canandian Solar*, 2020)

A potência adotada para os módulos é de 270W, sabendo-se que o sistema fotovoltaico precisa gerar um total de 11,77 kW por dia, tem-se que:

Quantidade de módulos = potência total painéis / potência individual painéis
[Equação 04]

Quantidade de módulos = $11.770,21\text{W} / 270\text{W}$

Quantidade de módulos = 43,59 módulos

Quantidade de módulos = 44 módulos

Para o projeto em questão, teremos um sistema de 10kWp. Cada módulo possui $1,64\text{m}^2$, com a premissa de que os mesmos serão instalados no telhado da edificação, é necessário a disposição de uma área de $72,16\text{m}^2$.

O inversor adotado é o *Fronius Symo 12.5-3-M*, de 12,5kW, o qual é compatível com a potência do sistema de geração fotovoltaico, como indicado pela tabela 06.

Para centrais geradoras de energia elétrica com capacidade instalada menor ou igual a 75kW, caracterizado como microgeração distribuída, a distribuidora é responsável por adquirir, instalar, operar e dar manutenção no sistema de medição, incluindo o medidor bidirecional, sem custos para o consumidor. (ANEEL, 2016).

Tabela 6 – Características inversor

DADOS DE ENTRADA

Quantidade de MPP Tracker	2
Corrente máx. de entrada ($I_{cc\text{ máx}}$)	27,0 / 16,5 A
Corrente máx. de curto-circuito do campo do módulo	40,5 / 24,8 A
Faixa de tensão de entrada CC ($U_{cc\text{ mín}} - U_{cc\text{ máx}}$)	200 - 1000 V
Alimentação de tensão inicial ($U_{cc\text{ inicial}}$)	200 V
Tensão nominal de entrada ($U_{cc,r}$)	600 V
Faixa de tensão MPP ($U_{mpp\text{ mín}} - U_{mpp\text{ máx}}$)	320 - 800 V
Faixa de tensão MPP utilizável	200 - 800 V
Quantidade de conexões CC	3 + 3
Potência máxima do gerador fotovoltaico ($P_{cc\text{ máx}}$)	18,8 kWpeak

DADOS DE SAÍDA

Potência nominal CA ($P_{ca,r}$)	12,5 kW
Potência máx. de saída ($P_{ca\text{ máx}}$)	12,5 kVA
Potência máxima de saída ($I_{ca\text{ nom}}$)	18 A
Acoplamento à rede ($U_{ca,r}$)	3~ NPE 400/230, 3~ NPE 380/220 V
Faixa de tensão CA ($U_{mín} - U_{máx}$)	150 - 280 V
Frequência (f_r)	50 / 60 Hz
Faixa de frequência ($f_{mín} - f_{máx}$)	45 - 65 Hz
Fator de distorção	2,0 %
Fator de potência ($\cos \varphi_{ca,r}$)	0 - 1 ind./cap.

3.5 Viabilidade econômica

Para determinar a viabilidade econômica, inicialmente deve se levantar o custo de instalação do sistema fotovoltaico, sendo esse custo comparado, através das ferramentas de PayBack e VPL, com o cenário de uma estação com instalação convencional versus uma instalação com sistema fotovoltaico. Além desses, serão incluídos parâmetros para cobrança do abastecimento por usuário, que ficará a encargo da administradora do local onde o mesmo é instalado.

4. Resultados

Com todos as informações levantadas na metodologia é possível determinar se o trabalho realmente se apresenta como uma solução logística viável.

Para a comparação do ponto de vista econômico, foi aplicado a adoção de comparação dos cenários, contrapondo o panorama do projeto com a inclusão do sistema fotovoltaico *versus* o cenário do projeto sem a inclusão do sistema fotovoltaico, ou seja, consideramos o mesmo conectado na rede da concessionária de energia. Não foi alocado o valor da estação de recarga, pois a mesma estará igualmente presente em ambas as circunstâncias, não influenciando o cálculo de VPL e *PayBack*, mas a título de complemento, conforme informado pelo fabricante a estação custa hoje R\$ 32.561,24.

O tempo de cálculo para o VPL será de 25 anos, considerando a vida útil e garantia do sistema fotovoltaico, com a troca do inversor no 10º ano. Foi alocado um decréscimo na produção de geração dos módulos de 1% ao ano, a tabela 07 traz o panorama de energia consumida, gerada e a pagar ao longo dos 25 anos para o primeiro cenário.

Tabela 7 - Panorama de Energia (Cenário 01 - 04 carros/dia)

Ano	Energia Consumida [kWh]	Energia Gerada [kWh]	Tarifa Distribuidora [kWh]	Energia a Pagar [kWh]
1	16.645,16	15.445,16	1.200,00	2.400,00
2	16.645,16	15.290,71	1.200,00	2.554,45
3	16.645,16	15.137,80	1.200,00	2.707,36
4	16.645,16	14.986,42	1.200,00	2.858,74
5	16.645,16	14.836,56	1.200,00	3.008,60
6	16.645,16	14.688,19	1.200,00	3.156,97
7	16.645,16	14.541,31	1.200,00	3.303,85
8	16.645,16	14.395,90	1.200,00	3.449,26
9	16.645,16	14.251,94	1.200,00	3.593,22
10	16.645,16	14.109,42	1.200,00	3.735,74
11	16.645,16	13.968,33	1.200,00	3.876,83
12	16.645,16	13.828,64	1.200,00	4.016,52
13	16.645,16	13.690,36	1.200,00	4.154,80
14	16.645,16	13.553,45	1.200,00	4.291,71
15	16.645,16	13.417,92	1.200,00	4.427,24
16	16.645,16	13.283,74	1.200,00	4.561,42
17	16.645,16	13.150,90	1.200,00	4.694,26
18	16.645,16	13.019,39	1.200,00	4.825,77
19	16.645,16	12.889,20	1.200,00	4.955,96
20	16.645,16	12.760,31	1.200,00	5.084,85
21	16.645,16	12.632,70	1.200,00	5.212,46
22	16.645,16	12.506,38	1.200,00	5.338,78
23	16.645,16	12.381,31	1.200,00	5.463,85
24	16.645,16	12.257,50	1.200,00	5.587,66
25	16.645,16	12.134,93	1.200,00	5.710,24

(Fonte: Próprio Autor, 2020)

Para um sistema de 10 kW pico, foi estimado um investimento de R\$ 60.000,00 (Neosolar Energia, 2020). Os custos de manutenção giram em torno de R\$ 200,00 anuais, nestes foram aplicados reajustes de 3,14%, considerando o valor da inflação IPCA acumulada de 1 ano, com base de dados de set/2020 (IBGE, 2020). O valor do kWh foi considerado em R\$ 0,64, de acordo com a resolução da ANEEL 2.670 de 07 de abril de 2020 que rege as tarifas da CPFL para o ano de 2020, e a esses valores de kWh foram aplicados reajustes anuais de 12%, considerando a média de aumento das tarifas da CPFL desde 2012 à 2020. No décimo ano foi acrescido nas despesas de custo o valor da troca do inversor, avaliado em R\$ 15.000,00. Para cálculo do VPL a taxa utilizada foi a de 7%. A tabela 08 traz estes dados ao longo do horizonte de planejamento, de 25 anos.

Tabela 8 - Panorama de Energia, Custos e Benefícios (Cenário 01 - 04 carros/dia)

Ano	Tarifa R\$/ kWh	Conta Energia Distribuidora	Energia Gerada	Diferença Energia Paga versus Gerada	Custos	Observações	Benefício Líquido
1	R\$ 0,64	-R\$ 10.698,02	R\$ 9.926,77	R\$ 771,25	-R\$ 200,00	Limpeza	R\$ 10.498,02
2	R\$ 0,72	-R\$ 11.981,78	R\$ 11.006,80	R\$ 974,98	-R\$ 206,28	Limpeza	R\$ 11.775,50
3	R\$ 0,81	-R\$ 13.419,59	R\$ 12.204,34	R\$ 1.215,26	-R\$ 212,76	Limpeza	R\$ 13.206,84
4	R\$ 0,90	-R\$ 15.029,95	R\$ 13.532,17	R\$ 1.497,78	-R\$ 219,44	Limpeza	R\$ 14.810,51
5	R\$ 1,01	-R\$ 16.833,54	R\$ 15.004,47	R\$ 1.829,07	-R\$ 226,33	Limpeza	R\$ 16.607,21
6	R\$ 1,13	-R\$ 18.853,56	R\$ 16.636,96	R\$ 2.216,61	-R\$ 233,43	Limpeza	R\$ 18.620,13
7	R\$ 1,27	-R\$ 21.115,99	R\$ 18.447,06	R\$ 2.668,93	-R\$ 240,76	Limpeza	R\$ 20.875,23
8	R\$ 1,42	-R\$ 23.649,91	R\$ 20.454,10	R\$ 3.195,81	-R\$ 248,32	Limpeza	R\$ 23.401,59
9	R\$ 1,59	-R\$ 26.487,90	R\$ 22.679,50	R\$ 3.808,40	-R\$ 256,12	Limpeza	R\$ 26.231,78
10	R\$ 1,78	-R\$ 29.666,45	R\$ 25.147,03	R\$ 4.519,42	-R\$ 15.264,16	Limpeza e Inversor	R\$ 14.402,28
11	R\$ 2,00	-R\$ 33.226,42	R\$ 27.883,03	R\$ 5.343,39	-R\$ 264,16	Limpeza	R\$ 32.962,26
12	R\$ 2,24	-R\$ 37.213,59	R\$ 30.916,70	R\$ 6.296,89	-R\$ 272,46	Limpeza	R\$ 36.941,13
13	R\$ 2,50	-R\$ 41.679,22	R\$ 34.280,44	R\$ 7.398,78	-R\$ 281,01	Limpeza	R\$ 41.398,21
14	R\$ 2,80	-R\$ 46.680,73	R\$ 38.010,15	R\$ 8.670,58	-R\$ 289,84	Limpeza	R\$ 46.390,89
15	R\$ 3,14	-R\$ 52.282,42	R\$ 42.145,66	R\$ 10.136,76	-R\$ 298,94	Limpeza	R\$ 51.983,48
16	R\$ 3,52	-R\$ 58.556,31	R\$ 46.731,10	R\$ 11.825,20	-R\$ 308,33	Limpeza	R\$ 58.247,98
17	R\$ 3,94	-R\$ 65.583,06	R\$ 51.815,45	R\$ 13.767,62	-R\$ 318,01	Limpeza	R\$ 65.265,06
18	R\$ 4,41	-R\$ 73.453,03	R\$ 57.452,97	R\$ 16.000,06	-R\$ 327,99	Limpeza	R\$ 73.125,04
19	R\$ 4,94	-R\$ 82.267,39	R\$ 63.703,85	R\$ 18.563,54	-R\$ 338,29	Limpeza	R\$ 81.929,10
20	R\$ 5,54	-R\$ 92.139,48	R\$ 70.634,83	R\$ 21.504,65	-R\$ 348,91	Limpeza	R\$ 91.790,57
21	R\$ 6,20	-R\$ 103.196,22	R\$ 78.319,90	R\$ 24.876,32	-R\$ 359,87	Limpeza	R\$ 102.836,35
22	R\$ 6,94	-R\$ 115.579,77	R\$ 86.841,10	R\$ 28.738,66	-R\$ 371,17	Limpeza	R\$ 115.208,60
23	R\$ 7,78	-R\$ 129.449,34	R\$ 96.289,42	R\$ 33.159,92	-R\$ 382,82	Limpeza	R\$ 129.066,51
24	R\$ 8,71	-R\$ 144.983,26	R\$ 106.765,71	R\$ 38.217,55	-R\$ 394,85	Limpeza	R\$ 144.588,41
25	R\$ 9,76	-R\$ 162.381,25	R\$ 118.381,81	R\$ 43.999,44	-R\$ 407,24	Limpeza	R\$ 161.974,01

(Fonte: Próprio Autor, 2020)

Da tabela 8 acima é possível calcular o VPL do sistema no horizonte de 25 anos, conforme tabela 09.

Tabela 9 - Panorama de VPL para 25 anos (Cenário 01 - 04 carros/dia)

Período [anos]	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa [acumulado]	Fluxo de Caixa [em VP]	Fluxo de Caixa [em VP acumulado]
0	-R\$ 60.000,00	-R\$ 60.000,00	-R\$ 60.000,00	-R\$ 60.000,00
1	R\$ 10.498,02	-R\$ 49.501,98	R\$ 9.811,23	-R\$ 46.263,53
2	R\$ 11.775,50	-R\$ 37.726,48	R\$ 10.285,18	-R\$ 32.951,77
3	R\$ 13.206,84	-R\$ 24.519,64	R\$ 10.780,71	-R\$ 20.015,33
4	R\$ 14.810,51	-R\$ 9.709,14	R\$ 11.298,87	-R\$ 7.407,05
5	R\$ 16.607,21	R\$ 6.898,07	R\$ 11.840,71	R\$ 4.918,23
6	R\$ 18.620,13	R\$ 25.518,20	R\$ 12.407,38	R\$ 17.003,86
7	R\$ 20.875,23	R\$ 46.393,43	R\$ 13.000,04	R\$ 28.891,50
8	R\$ 23.401,59	R\$ 69.795,01	R\$ 13.619,94	R\$ 40.621,33
9	R\$ 26.231,78	R\$ 96.026,79	R\$ 14.268,35	R\$ 52.232,21
10	R\$ 14.402,28	R\$ 110.429,07	R\$ 7.321,39	R\$ 56.136,54
11	R\$ 32.962,26	R\$ 143.391,33	R\$ 15.660,13	R\$ 68.124,19
12	R\$ 36.941,13	R\$ 180.332,46	R\$ 16.402,30	R\$ 80.069,77
13	R\$ 41.398,21	R\$ 221.730,67	R\$ 17.178,78	R\$ 92.010,35
14	R\$ 46.390,89	R\$ 268.121,56	R\$ 17.991,19	R\$ 103.982,16
15	R\$ 51.983,48	R\$ 320.105,04	R\$ 18.841,20	R\$ 116.020,80
16	R\$ 58.247,98	R\$ 378.353,02	R\$ 19.730,61	R\$ 128.161,26
17	R\$ 65.265,06	R\$ 443.618,08	R\$ 20.661,25	R\$ 140.438,12
18	R\$ 73.125,04	R\$ 516.743,12	R\$ 21.635,06	R\$ 152.885,64
19	R\$ 81.929,10	R\$ 598.672,22	R\$ 22.654,08	R\$ 165.537,86
20	R\$ 91.790,57	R\$ 690.462,79	R\$ 23.720,43	R\$ 178.428,70
21	R\$ 102.836,35	R\$ 793.299,14	R\$ 24.836,32	R\$ 191.592,12
22	R\$ 115.208,60	R\$ 908.507,73	R\$ 26.004,10	R\$ 205.062,16
23	R\$ 129.066,51	R\$ 1.037.574,25	R\$ 27.226,18	R\$ 218.873,05
24	R\$ 144.588,41	R\$ 1.182.162,66	R\$ 28.505,12	R\$ 233.059,37
25	R\$ 161.974,01	R\$ 1.344.136,67	R\$ 29.843,58	R\$ 247.656,08

(Fonte: Próprio Autor, 2020)

No gráfico 01 abaixo é possível ver o comportamento do fluxo de caixa acumulado ao longo dos 25 anos

Gráfico 01 - Panorama de VPL (Cenário 01 - 04 carros/dia)



(Fonte: Próprio Autor, 2020)

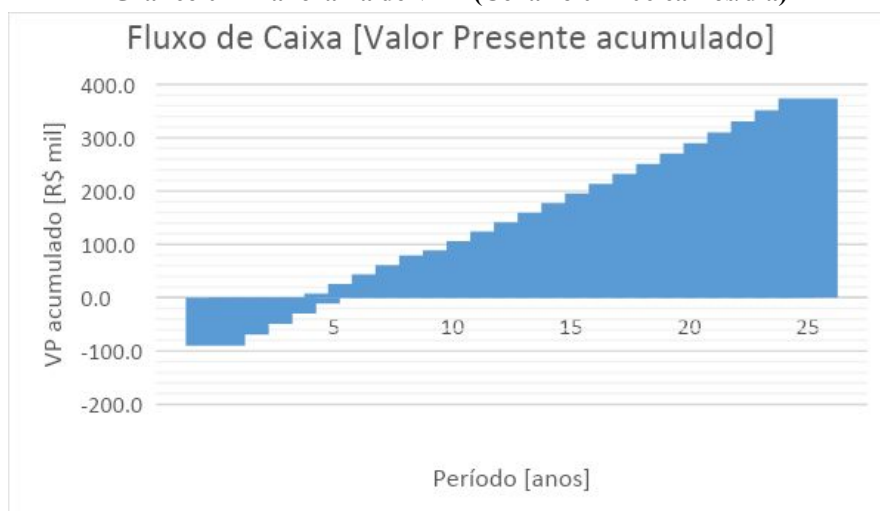
Em seguida, outro cenário foi projetado, conspirando que a estação carregaria carros das 08 às 23hrs (15 horas), com cada recarga durando 04 horas, teremos ao longo das 15 horas um total de 6 carros/dia, sendo abastecidos pelas duas entradas da estação. Neste caso teremos um sistema com aproximadamente 16,5kWp, sendo necessário investir R\$ 90.000,00. Na tabela 10 e gráfico 02 é possível verificar o panorama de VPL para essa situação.

Tabela 10 - Panorama de VPL para 25 anos (Cenário 02 - 06 carros/dia)

Período [anos]	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa [acumulado]	Fluxo de Caixa [em VP]	Fluxo de Caixa [em VP acumulado]
0	-R\$ 90.000,00	-R\$ 90.000,00	-R\$ 90.000,00	-R\$ 90.000,00
1	R\$ 15.847,03	-R\$ 74.152,97	R\$ 14.810,31	-R\$ 69.301,84
2	R\$ 17.766,39	-R\$ 56.386,58	R\$ 15.517,85	-R\$ 49.250,22
3	R\$ 19.916,63	-R\$ 36.469,95	R\$ 16.257,91	-R\$ 29.770,34
4	R\$ 22.325,48	-R\$ 14.144,47	R\$ 17.032,00	-R\$ 10.790,75
5	R\$ 25.023,98	R\$ 10.879,51	R\$ 17.841,75	R\$ 7.756,94
6	R\$ 28.046,91	R\$ 38.926,42	R\$ 18.688,84	R\$ 25.938,32
7	R\$ 31.433,22	R\$ 70.359,65	R\$ 19.575,03	R\$ 43.816,45
8	R\$ 35.226,54	R\$ 105.586,19	R\$ 20.502,17	R\$ 61.452,12
9	R\$ 39.475,73	R\$ 145.061,91	R\$ 21.472,18	R\$ 78.904,07
10	R\$ 29.235,51	R\$ 174.297,42	R\$ 14.861,85	R\$ 88.603,97
11	R\$ 49.575,47	R\$ 223.872,89	R\$ 23.552,95	R\$ 106.360,40
12	R\$ 55.547,93	R\$ 279.420,81	R\$ 24.663,94	R\$ 124.066,18
13	R\$ 62.237,82	R\$ 341.658,63	R\$ 25.826,48	R\$ 141.776,19
14	R\$ 69.731,26	R\$ 411.389,89	R\$ 27.042,98	R\$ 159.544,09
15	R\$ 78.124,69	R\$ 489.514,57	R\$ 28.315,98	R\$ 177.422,61
16	R\$ 87.526,13	R\$ 577.040,71	R\$ 29.648,13	R\$ 195.463,65
17	R\$ 98.056,59	R\$ 675.097,30	R\$ 31.042,20	R\$ 213.718,52
18	R\$ 109.851,55	R\$ 784.948,85	R\$ 32.501,11	R\$ 232.238,04
19	R\$ 123.062,80	R\$ 908.011,65	R\$ 34.027,89	R\$ 251.072,79
20	R\$ 137.860,31	R\$ 1.045.871,96	R\$ 35.625,72	R\$ 270.273,19
21	R\$ 154.434,46	R\$ 1.200.306,42	R\$ 37.297,94	R\$ 289.889,71
22	R\$ 172.998,48	R\$ 1.373.304,90	R\$ 39.048,03	R\$ 309.973,00
23	R\$ 193.791,18	R\$ 1.567.096,08	R\$ 40.879,65	R\$ 330.574,03
24	R\$ 217.080,04	R\$ 1.784.176,12	R\$ 42.796,60	R\$ 351.744,29
25	R\$ 243.164,63	R\$ 2.027.340,76	R\$ 44.802,88	R\$ 373.535,87

(Fonte: Próprio Autor, 2020)

Gráfico 02 - Panorama de VPL (Cenário 02 - 06 carros/dia)



(Fonte: Próprio Autor, 2020)

Na tabela 11 abaixo temos um comparativo entre os cenários 01 e 02 que foram apresentados

Tabela 11 – Comparativo Cenário 1 e Cenário 2

	Cenário 1	Cenário 2
Qtd carros/dia	4	6
Potência Painéis Fotovoltaicos [W]	11.770,21	18.112,56
Quantidade de Módulos Fotovoltaicos	44	67,00
Investimento [R\$]	R\$ 60.000,00	R\$ 90.000,00
Investimento [US\$]	\$ 10.992,03	\$ 16.488,05
VPL [R\$]	R\$ 247.656,08	R\$ 373.535,87
VPL [US\$]	\$ 45.370,72	\$ 68.431,96
PayBack	4,63	4,60

(Fonte: Próprio Autor, 2020)

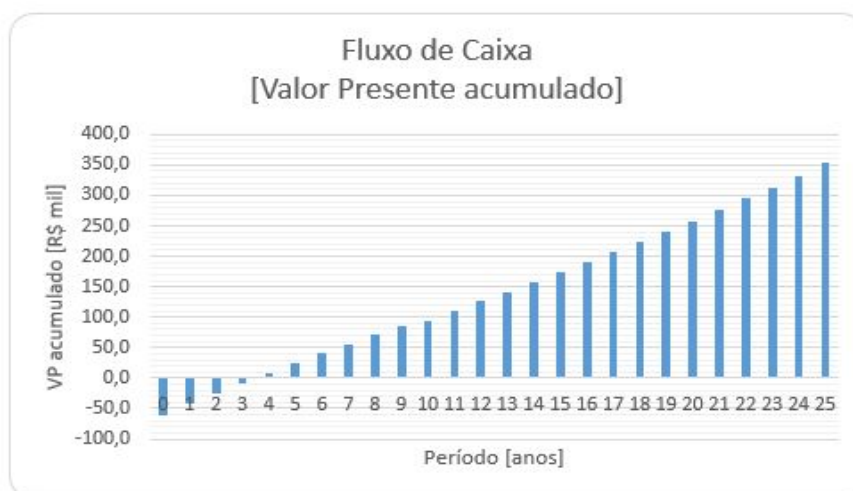
Por fim, nos últimos panoramas foi acrescido a cobrança dos usuários em cima do kW utilizado, para este foi considerado que o valor cobrado por kWh seria 60% menor que o valor cobrado do kWh pela distribuidora de energia, desse modo a cobrança começa em R\$ 0,26 kWh e possui o mesmo acréscimo de 12% aplicado nas tarifas da distribuidora. Para estes cenários as tabelas 12 e 13 e os gráficos 02 e 02 são apresentados a seguir.

Tabela 12 - Panorama de VPL para 25 anos com cobrança (Cenário 01 - 04 carros/dia)

VPL [25 anos]	PayBack
R\$ 352.781,89	3,51
\$64.629,82	

(Fonte: Próprio Autor, 2020)

Gráfico 02 - Panorama de VPL com cobrança (Cenário 01 - 04 carros/dia)



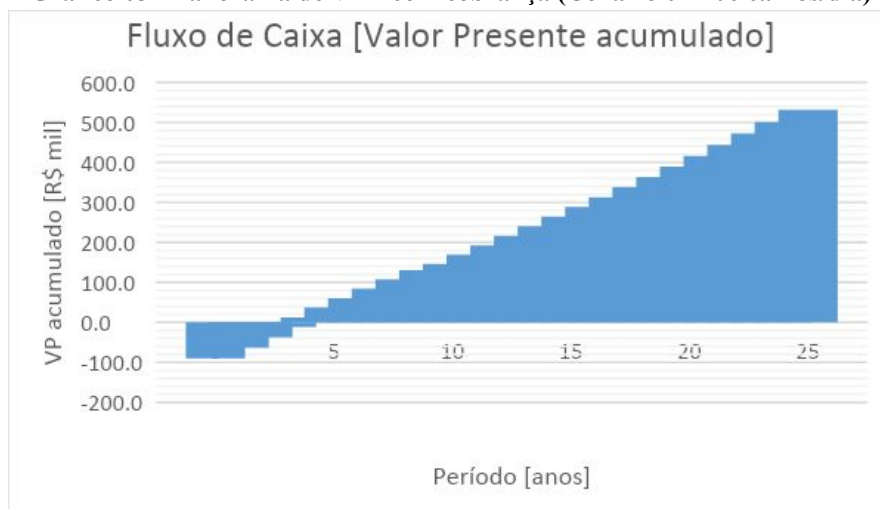
(Fonte: Próprio Autor, 2020)

Tabela 13 - Panorama de VPL para 25 anos com cobrança (Cenário 02 - 06 carros/dia)

VPL [25 anos]	PayBack
R\$ 531.224,59	3,50
\$129.714,37	

(Fonte: Próprio Autor, 2020)

Gráfico 03 - Panorama de VPL com cobrança (Cenário 02 - 06 carros/dia)



(Fonte: Próprio Autor, 2020)

5. Discussão

A partir dos resultados apresentados, é possível demonstrar que a união da tecnologia fotovoltaica é muito bem-vinda para auxiliar não apenas na alimentação sustentável, mas também no aspecto financeiro de um sistema de estação de recarga para carros elétricos, comprovando o potencial geográfico a benefício do Brasil para implantação desse tipo de solução. Nos cenários 01 e 02, temos um *Payback* de 4,63 e 4,60 anos, com um VPL de R\$ 247.656,08 (US\$ 45.370,72) e R\$ 373.535,87 (US\$ 68.431,96), respectivamente, considerando um panorama de 25 anos que é a vida útil do sistema. Em ambos os casos o *Payback* se mostrou abaixo de 5 anos, sendo um ótimo indicador para o projeto.

Ressalta-se que em complemento, pode-se adotar uma cobrança ao usuário em cima da recarga, nestas perspectivas, o tempo de *PayBack* reduz para 3,51 no cenário 1 e 3,50 com um aumento de 42% no VPL de ambos os cenários. Neste caso, se adotarmos a implantação do sistema fotovoltaico e descontarmos o valor da estação de carga, teremos ao final dos 25 anos um VPL de R\$ 320.220,65 (US\$ 58.664,59) para o cenário 1 e R\$ 498.663,35 (US\$ 91.355,38) para o cenário 2.

A segurança de retorno financeiro independentemente do nível de geração de energia em que a infraestrutura fotovoltaica estiver, permite que os estabelecimentos possam se adaptar a demanda de carros elétricos no mesmo ritmo em que ela aumentar.

No projeto como um todo, os indicadores financeiros como *payback* e VPL se mostraram extremamente atrativos, trazendo confiabilidade econômica na implantação deste sistema.

6. Conclusão

Com o trabalho desenvolvido é evidente que o projeto de estações de recarga automotivas em conjunto com a utilização do sistema de energia fotovoltaica, se mostra como uma solução eficiente nos quesitos ambientais e econômicos, em complemento ao fato de ser um recurso simples para a problemática logística do aumento da demanda de carros elétricos.

A escolha de se utilizar o sistema fotovoltaico na alimentação da estação de recarga se mostrou assertiva, pois, garante o acréscimo de sustentabilidade ao projeto, se utilizando da tecnologia limpa dos veículos elétricos em conjunto com a energia limpa do sistema fotovoltaico, além de se mostrar financeiramente atrativa com ótimos indicadores.

A implantação da estrutura fotovoltaica é comum, e ocupa um espaço pequeno, sendo ideal para pontos de recargas comerciais, pois não será necessário desaproveitar de vagas para alocação da estrutura.

O trabalho constitui uma fundamentação teórica e abre caminhos para pesquisas futuras no estudo dos impactos da estação de recarga e da geração fotovoltaica no sistema de distribuição de energia elétrica, o uso das estações de recarga como fonte única e exclusiva para a estação de recarga, e a elaboração de um software que avalia as condições climáticas de um lugar aleatório determinando se é aconselhável a instalação da estação de recarga assim como o uso de carros elétricos.

7. Referências Bibliográficas

ANEEL. (17 de abril de 2012). *RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 482*. Acesso em 30 de 04 de 2020, disponível em *RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 482*: <https://a.Elétrico Nacional – PRODIST Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica: https://meet.google.com/linkredirect?authuser=0&dest=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br>

%2Fdocuments%2F656827%2F14866914%2FM%25C3%25B3dulo_8-Revis%25C3%25A3o_10%2F2f7cb862-e9d7-3295-729a-b619ac6baab9

ANEEL. (Maio de 2016). CADERNOS TEMÁTICOS ANEEL: MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA - SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. 2ª edição. Acesso em 04 de julho de 2020, disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>

ANEEL. (05 de maio de 2009). *RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 819*. Acesso em 03 de julho de 2020, disponível em *RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 819*: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh2009819.pdf>
<https://meet.google.com/linkredirect?authuser=0&dest=http%3A%2F%2Fwww2.aneel.gov.br%2Fcedoc%2Fren2012482.pdf>

Brasil, E. M. (30 de abril de 2020). *Electric Mobility Brasil*. Fonte: Electric Mobility Brasil: <http://electricmobilitybrasil.com/tipo-de-carga-2/>

Calçado, T. E. (2015). ESTUDO PRELIMINAR DE IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UFRJ. RIO DE JANEIRO.

Dias, D. L. (2020). *Manual da Química*. Acesso em 25 de 04 de 2020, disponível em Manual da Química: <https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/baterias.htm>

GRIDPOWER ENGENHARIA. (2016). *GRIDPOWER ENGENHARIA*. Acesso em 30 de 04 de 2020, disponível em GRIDPOWER ENGENHARIA: <https://meet.google.com/linkredirect?authuser=0&dest=http%3A%2F%2Fgridpower.com.br%2Fenergia-solar%2F>

Márcio do C. B. P. Rodrigues, J. G. (2014). CONEXÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS À REDE DE ENERGIA ELÉTRICA PARA RECARGA DE BATERIAS: UMA VISÃO GERAL. *CONEXÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS À REDE DE ENERGIA ELÉTRICA PARA RECARGA DE BATERIAS: UMA VISÃO GERAL*. Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Monteiro, J. (03 de dezembro de 2012). *techtudo*. Acesso em 25 de 04 de 2020, disponível em *techtudo*: <https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/03/o-que-e-nobreak.html>

NicolasTavares. (02 de dezembro de 2019). *InsideEVs*. Acesso em 23 de 03 de 2020, disponível em *InsideEVs*: <https://meet.google.com/linkredirect?authuser=0&dest=https%3A%2F%2Finsideevs.uol.com.br%2Ffeatures%2F379522%2Fconector-tomada-recarga-tipos%2F>

Oliveira, G. F. (2019). Abastecimento de veículos elétricos considerando energia fotovoltaica. *Abastecimento de veículos elétricos considerando energia fotovoltaica*. Goiânia, Goiás, Brasil.

Pires, L. (2020). *Escola Educação*. Acesso em 25 de abril de 2020, disponível em Escola Educação: <https://escolaeducacao.com.br/tipos-de-baterias/>

Quintella, C. O. (2017). *FGV Energia*. Acesso em 23 de abril de 2020, disponível em FGV Energia: <https://fgvenergia.fgv.br/publicacao/caderno-de-carros-eletricos>

Rocha, J. E. (2016). qualidade da energia elétrica. p. 37.

SRD. (11 de 03 de 2016). *Aneel*. Acesso em 29 de abril de 2020, disponível em Aneel: <https://www.aneel.gov.br/qualidade> (CRESESB - Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito, 2014)-na-distribuicao

CRESESB - Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. (2014). *CRESESB*. Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/>

Fronius. (2020). Fonte: FRONIUS SYMO: <https://www.fronius.com/pt-br/brasil/energia-solar/produtos/todos-os-produtos/inversor/fronius-symofronius-symo-12-5-3-m>

Canandian Solar. (2017). *CS6K- 260|265|270|275 P*. Fonte: <https://www.nhssolar.com.br/wp-content/uploads/2017/08/Catalogo-Modulo-Fotovoltaico-NHS-Solar-Canadian.pdf>

Miragaya, F. (29 de janeiro de 2019). *Quatro Rodas*. Fonte: Quatro Rodas: <https://quatrorodas.abril.com.br/especial/guia-conheca-os-carros-hibridos-e-eletricos-que-voc-e-ja-pode-comprar/>

Sodré, E. (21 de setembro de 2019). *Folha de São Paulo*. Fonte: Folha de São Paulo: <https://www1.folha.uol.com.br/sobretudo/rodas/2019/09/brasil-ganhou-5-modelos-de-carro-100-eletrico-em-menos-de-1-ano.shtml>

Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE). (09 de abril de 2020). *Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE)*. Fonte: Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE): <http://www.abve.org.br/veiculos-eletricos-o-que-se-deve-levar-em-consideracao-antes-de-adquirir-um/>

Angelo, B. (05 de 08 de 2019). *AutoPapo*. Fonte: AutoPapo - UOL: <https://autopapo.uol.com.br/noticia/carros-eletricos-no-brasil-modelos-precos/>

Neosolar Energia. (01 de 10 de 2020). *NeoSolar*. Fonte: <https://www.neosolar.com.br/simulador-solar-calculadora-fotovoltaica>

Oréfice, G. (31 de 05 de 2019). *AutoEsporte*. Fonte: AutoEsporte: <https://autoesporte.globo.com/carros/noticia/2019/05/carros-eletricos-serao-maioria-ate-2040.gh.html>

OSÓRIO, Victor Alberto Garcia. Carregamento Ótimo de Veículos Elétricos Considerando as Restrições das Redes de Distribuição de Média Tensão. 2013. 168 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2013. Disponível em:

<http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/pos-graduacao/victor-alberto-garcia-osorio_final.pdf>. Acesso em: 05 maio 2016

Guimarães, G. (2015). SolarVolt Energia. Fonte: SolarVolt Energia: <https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/kit-de-energia-solar-vida-util/>

IBGE. (31 de 10 de 2020). IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Fonte: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: <https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>