



## ANÁLISE DA INSERÇÃO DE CARREGADORES DE VEÍCULOS ELÉTRICOS EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Leonardo de Oliveira Lau (IC) e Valdomiro Vega Garcia (Orientador)

**Apoio: PIBIC Mackenzie**

### RESUMO:

O aumento da adoção de veículos elétricos (VE) é uma tendência global impulsionada por preocupações ambientais, políticas de incentivo e avanços tecnológicos que aumentam a cada dia nas principais nações do mundo. Este cenário apresenta desafios e oportunidades para as redes de distribuição de energia elétrica, que devem se adaptar para acomodar a demanda adicional e intermitente gerada pelos carregadores de veículos movidos à energia elétrica. Este trabalho planeja analisar os impactos da inserção de carregadores de veículos elétricos nas redes de distribuição de energia elétrica. A análise abrange a avaliação das condições atuais das redes, simulações de cenários futuros de penetração de VE e propostas de soluções para mitigar os possíveis impactos adversos que possam ocorrer. A metodologia envolve a coleta de dados sobre o crescimento projetado de VE e seus padrões de carga por meio da ferramenta de simulação SinapGrid. Por meio desses estudos, a expectativa é de identificar os principais desafios técnicos que a inserção de carregadores de VE impõe às redes de distribuição, incluindo sobrecargas, quedas de tensão e aumento de perdas. É um desafio significativo, porém trata-se de uma oportunidade para modernizar e tornar, consequentemente, as redes elétricas com mais resiliência, qualidade e inteligência também.

**Palavras-chave:** Veículos elétricos. Redes de distribuição. Carregadores.

### ABSTRACT:

The increase in the adoption of electric vehicles (EV) is a global trend driven by environmental issues, incentive policies and technological advances. This scenario presents challenges and opportunities for electricity distribution networks, which must adapt to accommodate the additional and intermittent demand generated by EV chargers. This work aims to analyze the impacts of inserting electric vehicle chargers into electrical energy distribution networks. The analysis covers the assessment of current network conditions, simulations of future EV penetration scenarios and proposals for solutions to mitigate adverse impacts. The methodology involves collecting data on projected EV growth and their charging patterns through the SinapGrid simulation tool. It is expected to identify the main technical challenges



that the insertion of EV chargers requires from distribution networks, including overloads, voltage drops and increased losses. It is a significant challenge, but it is also an opportunity to modernize and make electrical networks more resilient and intelligent.

**Keywords:** Electric vehicles. Distribution networks. Chargers.

## 1 – INTRODUÇÃO:

Nos últimos 10 anos há um crescimento da frota de veículos elétricos (VE) no mundo. E nos últimos 4 anos, o Brasil vem investindo progressivamente em VE, especialmente, em veículos de pequeno porte. Esse crescimento dos VE no mercado se deve ao fato que são menos poluentes em relação aos veículos que possuem motor à combustão. Em breve, uma grande quantidade de VE circularão de forma massiva nas cidades do Brasil (inclusive ônibus), por consequência, carregadores elétricos serão instalados com a mesma intensidade. (BOTTLENDER, 2021)

A proposta desse projeto deve analisar o impacto na rede de distribuição de média ou baixa tensão a partir de simulação de cargas num ambiente controlado, considerando tipos de veículos elétricos (VE) com curvas de demanda padrão. Caso isto aconteça, permitirá obter cada vez mais recomendações de otimização da rede de distribuição próxima ao local.

Esta análise será realizada por meio da ferramenta simulação computacional SinapGrid®, disponibilizada pela Sinapsis Energia, parceira da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Com as simulações, é possível criar diversos cenários de penetração possibilitando a medição de impacto no curto, médio e longo prazo.

### 1.1 – PROBLEMA DE PESQUISA:

Na última década a nível mundial, um forte crescimento da frota de veículos elétricos (VE) vem sendo notado, inclusive no Brasil. Com este cenário, um forte incremento desses veículos também acompanhará os respectivos carregadores elétricos, que atualmente podem ser observados em shoppings e condomínios, principalmente para veículos de pequeno porte. (BOÇON, 2019)

Entretanto, se houver uma demanda de energia elétrica pela grande quantidade de veículos precisando ser recarregados no mesmo instante, pode gerar uma sobrecarga no Sistema de Distribuição. Consequentemente, esta sobrecarga gerará alguns possíveis problemas nas redes de distribuição por carregamento dos equipamentos pertencentes aos



circuitos de distribuição da concessionária de energia (cabos, transformadores etc.). Estes impactos devem ser analisados de forma prévia para, assim, a concessionária de energia poder tomar as respectivas providências em relação aos diferentes tipos de cenários de penetração desses carregadores a curto, médio e longo prazo. (BOTTLENDER, 2021)

Além disso, atualmente, sistemas solares fotovoltaicos (SSFV) estão sendo instalados de forma massiva no país, isto também pode gerar um impacto nas redes de distribuição e será levado em conta. (FORTUNATO, 2023)

## 1.2 – JUSTIFICATIVA:

Poucos estudos sobre o impacto da penetração de VE e SSFV foram realizados até o atual momento no Brasil. A oportunidade de prever o comportamento futuro do sistema de distribuição realizando simulações permitirá tomar ações bem planejadas que poderão servir de meta para políticas públicas em relação a VE.

Mudanças na rede de distribuição serão indispensáveis, além da necessidade de investir em novos circuitos, cabos, transformadores, inclusive reconfiguração dos sistemas de proteção etc.

## 1.3 – OBJETIVO GERAL:

### OBJETIVOS GERAIS:

Simular e analisar o impacto da inserção de carregadores de veículos elétricos em rede de distribuição de média ou baixa tensão.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Conhecer o funcionamento dos modelos teóricos de carregadores de veículos elétricos;
- Conhecer o funcionamento da rede elétrica de distribuição de média e baixa tensão;
- Simular numa ferramenta computacional uma rede de distribuição e energia e analisar o impacto da inserção de carregadores de veículos elétricos;
- Formular recomendações técnicas para a possível mudança da rede de distribuição ante alguns cenários de penetração dos carregadores acima mencionados.



## 2 – REFERENCIAL TEÓRICO:

Na sequência serão elencadas definições e conceitos relacionados com veículos elétricos, sistemas fotovoltaicos e a ferramenta software a ser utilizada para as análises.

### 2.1 – Níveis de carregamentos de veículos elétricos:

Os níveis de carregamentos nos quais serão usados para concluir o projeto são os de baixa, média e alta tensão, a seguir se encontram as diferenças entre estes três tipos de carregadores:

- Nível 1 – Carregador de baixa potência (lento): Este modelo de carregador é utilizado mais para distâncias que sejam menores que 60km, já que ele é mais lento. A ligação normalmente ocorre com uma tomada monofásica/bifásica de corrente alternada de 230V, com uma corrente de 16A. A potência máxima que pode ser obtida na saída deste tipo de carregamento é de 3,7kW; (PEDRO, 2021)
- Nível 2 – Carregador de média potência (semirrápido): Normalmente, este tipo de carregador fica instalado em locais públicos ou privados, como os eletropostos. Ele age com uma tomada de corrente alternada de 230V; 32A ou corrente contínua de 500; 50A. O seu nível de potência normalmente varia entre 7,4Kw (para AC) e 25kW (para DC). (PEDRO, 2021)
- Nível 3 – Carregador de alta potência (rápido): os carregadores rápidos de alta potência, regularmente são encontrados em lugares específicos, como autoestradas ou em áreas de repouso e, por conta disso, podem ser denominados como carregadores rápidos DC. Os níveis de tensão destes carregadores são de 230 V com uma corrente alternada de 64 A, e 500 V com uma corrente contínua correspondente a 125 A. Com isso a potência varia entre 14,7kW (para AC) e 62,5kW (para DC). (PEDRO, 2021)

### 2.2 – Tipos de carregamentos:

Existem 4 diferentes modos pelos quais um carregador elétrico pode funcionar, tendo suas maiores diferenças com relação as correntes que usam. Segue abaixo algumas peculiaridades sobre cada modo:

- Modo 1: Modo de carregamento simples, feito em tomadas de até 16A. É fundamental que o usuário faça a proteção com a terra; (PEDRO, 2021)



- Modo 2: Modo com tomada trifásica ou monofásica com corrente alternada (AC) de até 36A; (PEDRO, 2021)
- Modo 3: Modo com AC, no qual a meta é garantir uma segurança maior para o motorista e o veículo quando está carregando. A conexão com a rede elétrica deve ser realizada por meio de tomadas específicas trifásicas ou monofásicas de até 36A. O principal motivo pelo qual este modo é mais seguro se deve a comunicação que é feita entre o veículo e o carregador, assegurando um limite para o consumo de corrente do veículo de acordo com as condições da tomada instalada e das condições da instalação elétrica montante; (PEDRO, 2021)
- Modo 4: modo feito por meio de um carregador externo usando corrente contínua, alimentando diretamente a bateria do veículo, o que permite uma recarga rápida. Normalmente, este modo envolve o uso de conversores de CA para CC, e, conseqüentemente, acaba precisando de tomadas destinadas a cargas rápidas, chamadas de Chademo (500VCC; 125A) e CSS (500VCC; 200A). (PEDRO, 2021)

### 2.3 - Tipos de Carregadores Elétricos:

- Carregadores de emergência:

O carregador de emergência se trata de um item que regularmente já vem junto na compra do VE. Como o nome já diz, ele seria utilizado em situações nas quais não teriam outros carregadores disponíveis. Esse é um dos principais motivos pelo qual ele é pequeno e leve, para poder caber em espaços reduzidos e, conseqüentemente, aumentar a praticidade. Operam com corrente máxima de 8 ou 10 A, o que é uma grande vantagem, já que tomadas usuais de casa já resolveriam nesse caso. Esse carregador fornece uma potência máxima de 2 kW em 220 V ou 1 kW em 110 V. O tempo de carregamento para um veículo com bateria de 40 kW, leva em torno de 20 a 40 horas, o que resulta em uma velocidade mais lenta de carregamento quando comparado com outros carregadores, que é consequência de uma baixa potência. Esse baixo nível da potência do carregador se deve ao fato dos fabricantes optarem por esse ser o limite máximo, para a segurança do carro e dos usuários. A seguir observa-se uma imagem do carregador de emergência para VE. (NEOCHARGE, 2023; TUPINAMBÁ, 2022; ENOSHITA, 2021)

Figura 2.3.1 - Carregador elétrico emergencial.



Fonte: (NEOCHARGE, 2023)

- Carregadores Portáteis:

Possuindo certas semelhanças, a maior diferença entre os carregadores portáteis e os emergenciais é a potência de carregamento. Sendo que os de emergência estão limitados a 10 A com 1 fase, enquanto os portáteis fornecem até 32 A e em até 3 fases, garantindo um ganho de potência de 10 vezes, o que reduz o tempo de carregamento. A potência máxima de carga é de 22 kW em 380 V (trifásico).

Existem também modelos monofásicos de 7 kW (220 V) e modelos de 22 kW (380V). Essa capacidade de 7 ou 22 kW é a mesma dos carregadores de parede, conhecidos como “Wallbox”. Com 22 kW é possível carregar uma bateria de 40 kW em menos de 2h, enquanto com 7 kW, uma carga completa poderia levar cerca de 6h. Por esses motivos, muitos consumidores estão preferindo adquirir o carregador portátil ao contrário do fixo, já que são mais práticos e fornecem a mesma quantidade de energia.

Além disso, a maioria dos consumidores preferem aderir a esse tipo de modelo para terem a opção de carregar o veículo em variados locais diferentes. Outro fator que contribui por esse carregador ter um “carinho” maior pelo público-alvo é pelo fato de possuírem um adaptador de plugue, que permite a transmissão de energia através de encaixes diferentes (o que beneficia pessoas que viajam muito, por exemplo), sem falar na facilidade em utilizá-lo, já que precisa apenas conectar as extremidades no carro e na tomada.

Também existem modelos mais simples que funcionam em uma tensão de 110/220 V, com corrente até 16 A e podem ser ligados diretamente na tomada de 3 pinos. Porém, a desvantagem, é que são mais lentos e levam mais tempo para carregar, durando entre 12 e 30 horas.

Já os modelos com maior potência operam na tensão de 220/380 V e suportam uma corrente elétrica de até 32 A, o que requer normalmente tomadas industriais. Eles alcançam uma potência de 3,7 kW até 22 kW e nesta faixa de potência o carregador portátil carrega o veículo no modo de carga nível 2, podendo levar até metade do tempo de recarga quando comparado a carregadores mais simples. Por fornecerem energia em corrente alternada, este carregador, ilustrado na figura 2.3.2, geralmente é usado por pessoas que frequentam diferentes locais no dia a dia. (NEOCHARGE, 2023; TUPINAMBÁ, 2022; ENOSHITA, 2021)

Figura 2.3.2 – Carregador elétrico portátil.



Fonte: (NEOCHARGE, 2023)

- Carregadores Residenciais (Wallbox):

Esse carregador possui esse nome por um motivo muito simples: se deve ao fato deles serem usados na maioria do tempo em que as pessoas moram, já que é o local onde o carro fica mais tempo parado sem uso. Os carregadores residenciais, conhecidos como Wallbox (carregador de parede), estão entre os mais rápidos. Para se ter uma noção, eles carregam 3 vezes mais rápido que um carregador emergencial. Eles operam com 16 ou 32 A e podem ser instalados em tensões de 220/380 V. Além disso, operam com potência de 3,7 kW até 22 kW utilizando corrente alternada (CA) para carregar o veículo, o que leva de 2 a 12 horas para carregar uma bateria de 40 kW.

Além disso, esse carregador oferece uma certa otimização do tempo com relação aos outros modelos, já que o usuário do veículo pode deixá-lo carregando enquanto faz outras tarefas, como comer, dormir, assistir TV e outras atividades mais. Na figura 2.3.3, há uma clara ilustração de um momento no qual está sendo utilizado. (NEOCHARGE, 2023; TUPINAMBÁ, 2022)

Figura 2.3.3 – Carregador elétrico residencial.



Fonte: (NEOCHARGE, 2023)

- Carregadores comerciais (Parking):

Muito parecidos com os carregadores residenciais, estes carregadores recebem o apelido de Parking por serem comumente usados em estacionamentos, sendo assim, estes normalmente possuem mais de uma saída para o carregamento, possibilitando carregar mais de um veículo ao mesmo tempo, o que o torna uma boa opção para o uso em ambientes compartilhados. Embora não aparente, há uma outra certa peculiaridade que o torna diferente em relação ao modelo residencial. Um diferencial deste modelo é que eles possibilitam o monitoramento e o controle, além de realizarem a carga em corrente alternada (CA). Sua potência varia de 3,7 kW a 22 kW ou até 40kW, e dependendo da rede elétrica, podem ser usadas correntes de 16 A ou 32 A, o que levaria de 2 a 6 horas para carregar um veículo com uma bateria de 40kWh. Outro benefício que ele oferece, principalmente para donos dos carros, é a controle e a visibilidade que ele fornece, já que o carregador tem recursos diversos (acesso ao histórico de consumo, por exemplo). Veja a seguir na figura abaixo um carregador comercial sendo utilizado. (NEOCHARGE, 2023; TUPINAMBÁ, 2022)

Figura 2.3.4 – Carregador elétrico comercial



Fonte: (NEOCHARGE, 2023)

- Estação de carga rápida CC:

Estes carregadores rápidos, também conhecidos como eletropostos, Fast Charge DC ou carregadores ultrarrápidos, são os mais potentes existentes em uso e conseguem realizar a recarga da bateria de um veículo elétrico em poucos minutos. Estes carregadores geralmente são grandes devido a presença de um inversor integrado em seu interior que fornece energia em corrente contínua (CC). Mesmo assim, ainda possuem saída para carga em corrente alternada (CA), quando necessário ou desejável. Essa possibilidade de escolha é fundamental, já que nem todos os VE são capazes de funcionar com CC. Isso se deve ao fato de que necessita de uma proteção adicional e um controle mais rígido sobre o fornecimento de energia para as baterias. Normalmente, o carregamento em CC utiliza conectores específicos já anexados ao carregador como o combo CSS ou Chademo. A carga dos carregadores ultrarrápidos é realizada no modo de carga nível 3 e ele está disponível para ambas as correntes. Em corrente alternada (CA), a estação deve fornecer energia a uma potência de 40 a 60 kW. Já em CC, a potência chega a 400 kW, ficando limitado à potência máxima de recarga do próprio veículo, o que torna a velocidade de carregamento mais rápida, é justamente o uso dessa alta potência. Infelizmente, o uso constante dessa forma de carregamento deteriora a vida útil da bateria. Na figura 2.3.5, observa-se uma estação de carga rápida da EVlink. (NEOCHARGE, 2023)

Figura 2.3.5 – Estação de carga rápida



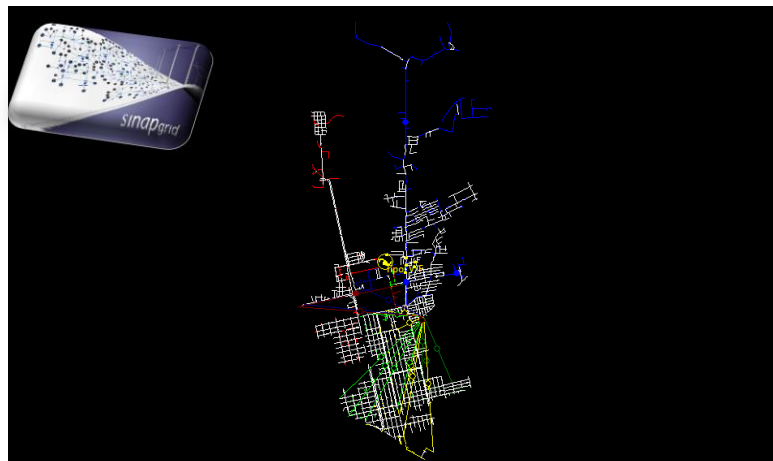
Fonte: (NEOCHARGE, 2023)

#### 2.4 - Ferramenta de simulação SinapGrid®

Por meio de ferramenta simulação computacional SinapGrid®, da Sinapsis Energia, é possível criar diversos cenários de penetração possibilitando a medição de impacto no curto, médio e longo prazo. A UPM possui um convênio com a Sinapsis Energia para a utilização do software para os alunos e professores.

Na Figura 2.4.1, apresenta-se uma tela de um fluxo de potência utilizando o software SinapGrid®.

Figura 2.4.1 - Cenário da simulação utilizando SinapGrid®. Sinapsis.



Fonte: Autor

A plataforma permite simular qualquer topologia de rede (malha, rede com GD), qualquer nível de tensão (cálculo considerando diversos segmentos da rede), além de diferentes modelos de carga, corrente, potência ou impedância constante (ou modelo ZIP).

### 3 – METODOLOGIA:

Inicialmente foram analisados os principais carregadores para VE que existem no mercado (e suas respectivas variáveis). Com esta informação foi possível prever, de forma aproximada, qual seria o comportamento inicial dentro da rede de distribuição. Na Figura 3.1 contém sete marcas de carregadores de VE, ordenados de forma ascendente levando em conta potência, tensão e corrente. (SCHNEIDER ELETRIC, 2023; NEOCHARGE, 2023; BMW, 2023; WEG, 2023; GREENYELLOW, 2023; HUAWEI, 2023)

Figura 3.1 – Tabela das principais marcas de carregadores.

	BMW	Intelbras	WEG	Ikro	EVlink	Huawei	GreenYellow
Potência (kW)	A) BMW WallBox: 3,7 - 22 kW B) BMW Flexible Fast Charger: Até 11 kW	3 – 22 Kw	3,7 – 7,4 kW	Até 22 kW	7,4 – 22 kW	7,4 – 22 kW	11 – 22 kW
Tensão (V)	110 - 220 V	110 – 220 V	115 - 230 V	110 – 380 V	222 – 240 V (7,4 kW) 380 – 415 V (22 kW)	380 V	450 -750V
Corrente Máxima (A)	10 - 32A	10 – 32 A	32 A	32 A	32 A	32 A	32 A

Fonte: Autor

Na sequência, foi selecionada uma rede de distribuição dentro da ferramenta SinapGrid, representada na Figura 2.4.1. Para análise da penetração de carregadores de VE, foram selecionados, de forma aleatória, 5 pontos de medição (barras), além da definição de 10 cenários de simulação de 0 a 100% de inserção dos carregadores. Em todos os cenários, a hora de início de carga são as 18h00, com duração de 3 horas de carga e com potência de 50kW, como mostra a Figura 3.2. A localização dos carregadores é aleatória.

Figura 3.2 – Definição das informações dos carregadores de veículos elétricos

Fonte: Autor

Para fazer a análise das medições nas das barras selecionadas e nos cabos próximos a estas, se inicia simulando sem penetração de carregadores de VE e se realizam as medições de tensão, corrente, potência ativa e reativa. Posteriormente se insere 10% de carregadores elétricos, incrementando o valor de 10 em 10 (ver Figura 3.2).

Na Figura 3.3 pode ser observado, no retângulo em cor laranja, a localização da medição. Pode observar-se nesse local a existência de várias cargas, inclusive de carregadores e veículos elétricos. Pode observar-se também que a linha de distribuição próxima tem cor vermelha, o que indica sobrecarga.

Figura 3.3 – Rede de distribuição com diversas cargas inseridas



Fonte: Autor

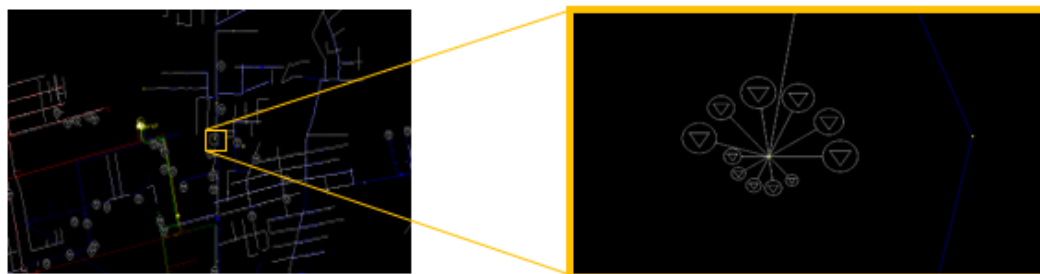
#### 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Conforme informado anteriormente, foram selecionados 5 pontos de medição para a realizar as medições. Na sequência serão apresentados cada um deles com figuras e consequente com tabelas de resultados como segue.

- Local 1:

A Figura 4.1 ilustra a localização da barra PTPV2036 (esquerda) e na ampliação (direita) são observadas as cargas e carregadores. Realizaram-se 10 simulações de penetração de carregadores desde 0 até 100%.

Figura 4.1 – Localização da barra PTPV2036 na rede de distribuição



Fonte: Autor

Na Tabela 4.2 podem ser observados os resultados obtidos na barra acima mencionada. Onde a penetração de 30% nas residências do local, com carregadores de veículos elétricos, trabalhando de forma simultânea, ocasiona sobrecarregamento no sistema local (medição igual a 0).



Figura 4.4 – Barra PTPV0672 dentro da rede de distribuição



Fonte: Autor

Para o segundo local de medição observou-se um comportamento similar ao anterior. Os resultados estão na Tabela 4.5, a penetração do 30% de veículos elétricos na rede próxima gerou também sobrecarga. Isto significa que a rede analisada não suporta esse cenário, que poderia acontecer em breve.

Tabela 4.5 – Dados obtidos da barra PTPV0672

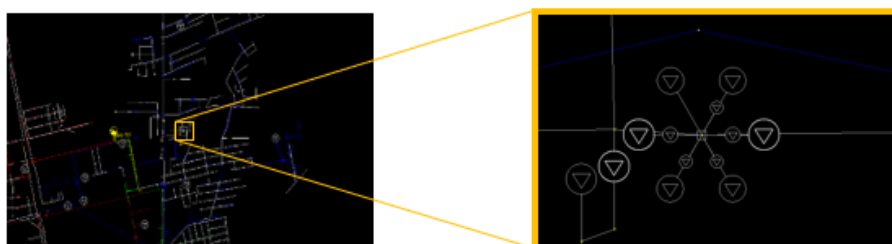
Cenário (residências)	V <sub>máx</sub> (V)	I <sub>máx</sub> (A)	P(kW)	Q(kvar)
0 %	146	120,372	21,681	9,264
10 %	146	120,372	21,681	9,264
20 %	142	120,676	21,058	9
30 %*	0	0	0	0
50 %*	0	0	0	0
70 %*	0	0	0	0
100 %*	0	0	0	0

Fonte: Autor

- Local 3:

A Figura 4.6 ilustra o posicionamento da barra PTPV0679, na qual foram realizadas as leituras.

Figura 4.6 – Barra PTPV0679 dentro da rede de distribuição



Fonte: Autor

Conforme os resultados observados na Tabela 4.7, neste ponto de medição necessitou-se uma penetração de 70% para o sistema entrar em colapso. Este cenário está longe de uma realidade futura, por tal motivo considera-se um sistema elétrico robusto.

Tabela 4.7 – Dados obtidos da barra PTPV0679

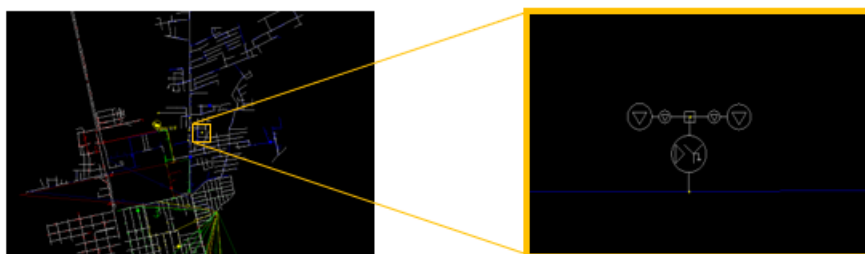
Cenário (residências)	V <sub>máx</sub> (V)	I <sub>máx</sub> (A)	P(kW)	Q(kvar)
0 %	0,923 pu	133,653	27,703	11,528
10 %	0,923 pu	133,653	27,703	11,528
20 %	0,908 pu	133,538	27,104	11,258
30 %	0,907 pu	133,540	27,084	11,256
50 %	0,889 pu	133,292	26,237	10,892
70 %*	0	0	0	0
100 %*	0	0	0	0

Fonte: Autor

- Local 4:

A Figura 4.8 ilustra o posicionamento da barra PEPVSN0196, na qual foram realizadas as medições.

Figura 4.8 – Barra PEPVSN0196 dentro da rede de distribuição



Fonte: Autor

Na Tabela 4.9 pode-se notar que não houve colapso na rede devido à penetração de 100% dos carregadores de VE nas cargas/residências. Este local possui robustez.

Tabela 4.9 – Dados obtidos da barra PEPVSN0196

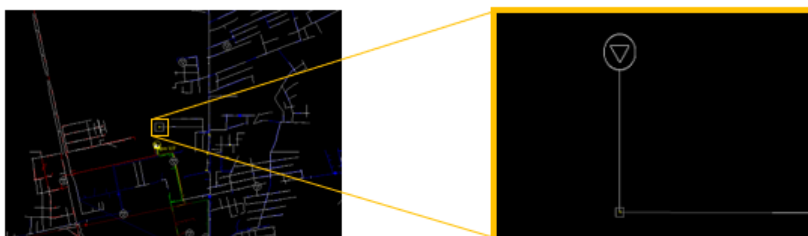
Cenário (residências)	V <sub>máx</sub> (pu)	I <sub>máx</sub> (A)	P(kW)	Q(kvar)	V <sub>máx</sub> do transformador (pu)	V <sub>mín</sub> do transformador (pu)
0 %	0,964	1,469	19,132	8,211	0,966	0,957
10 %	0,964	1,469	19,132	8,211	0,966	0,957
20 %	0,949	0,095	1,059	0,386	0,955	0,936
30 %	0,948	0,095	1,059	0,386	0,954	0,936
50 %	0,930	0,095	1,024	0,376	0,939	0,904
70 %	0,950	0,095	1,054	0,387	0,953	0,930
100 %	0,832	8,443	80,163	6,319	0,818	0,794

Fonte: Autor

- Local 5:

A Figura 4.10 ilustra o posicionamento da barra PESN60900, último local de análise.

Figura 4.10 – Barra PESN60900 dentro da rede de distribuição



Fonte: Autor

Observa-se na Tabela 4.11 um comportamento similar ao local anterior, apesar de ter penetração de 100% houve um funcionamento normal do sistema.

Tabela 4.11 – Dados obtidos da barra PESN60900

Cenário (residências)	V <sub>máx</sub> (pu)	I <sub>máx</sub> (A)	Carregamento (%)	P(kW)	Q(kvar)
0 %	0,953	0,378	0,3	0,08	0
10 %	0,953	0,378	0,3	0,08	0
20 %	0,93	0,384	0,3	0,08	0
30 %	0,93	0,385	0,3	0,08	0
50 %	0,896	0,392	0,3	0,08	0
70 %	0,925	0,384	0,3	0,08	0
100 %	0,79	0,441	0,4	0,079	-0,005

Fonte: Autor

Quando se analisa cada uma das barras de medição, observa-se que os dois primeiros locais possuem um comportamento similar, já o terceiro muda e os dois últimos são similares



entre si. Por tanto as amostras podem ser consideradas como locais em bairros de uma cidade.

Na barra PTPV2036 (Local 1), pode-se observar claramente que ao passar de 20% de penetração de VE houve uma sobrecarga naquele ponto, causada por uma demanda excessiva naquele local, já que havia muitas cargas concentradas. Portanto, como visto na Tabela 4.2, houve um apagão devido à sobrecarga. Conseqüentemente, as medições com maior penetração foram nulas.

Na barra PTPV0672 (Local 2), nota-se um comportamento extremamente semelhante ao da barra anterior. A principal diferença que se percebe é no desempenho geral em relação aos números obtidos, pois conseguiu fornecer mais energia aos pontos de carregamento. Entretanto, ocorreu uma sobrecarga ao passar de 20% de cargas inseridas com causa idêntica ao do primeiro caso.

Na barra PTPV0679 (Local 3), nota-se que ocorreu uma sobrecarga ao passar de 50% de cargas inseridas naquele ponto, causadas novamente por um excesso de demanda de carga. Porém, um ponto que deve ser destacado é a distribuição de carga. Se for feita uma comparação entre as figuras 4.4 e 4.1, se percebe que são cenários semelhantes. Entretanto, o comportamento das duas barras difere. Enquanto a primeira barra rapidamente sofre uma sobrecarga, a PTPV0679 consegue ter um desempenho melhor e resistir mais a uma sobrecarga. Dito isso, apesar da melhora em relação às duas anteriores, ainda assim não conseguiu aguentar o aumento de carga.

Na barra PEPVSN0196 (Local 4), observa-se duas mudanças em relação as barras anteriores: a quantidade menor de cargas próprias na barra e a presença do transformador próximo ao local. Nota-se que não houve uma sobrecarga, o que se explica com o baixo fluxo de potência. Além disso, acabou chamando atenção a potência ativa que teve um incremento exagerado quando a penetração foi de 100%. Isto pode acontecer pela aleatoriedade na localização dos carregadores próximos ao ponto de medição. Este sistema considera-se robusto.

Na barra PESN60900 (Local 5), nota-se que possui menor quantidade de cargas inseridas, quando comparada com barras anteriores. Com isso, não houve nenhuma sobrecarga, que seria o ideal em relação às redes de distribuição. Entretanto, o sistema ficou em estado crítico ao inserir 100% das cargas na rede. Apesar desse último ponto negativo, essa barra obteve os melhores resultados no comparativo geral.



## 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A leitura dos artigos técnicos permitiu compreender a relevância de uma rede de distribuição que esteja no seu pleno funcionamento, para não sofrer com avarias consequentes de possíveis inserções de carregadores de veículos elétricos. Por meio desse artigo, foi possível observar a evolução dos veículos elétricos num modo geral, tanto em sua tecnologia quanto nos recursos possíveis para se tornar cada vez mais acessível e utilizado no Brasil, já que há muitos fatores, tanto pelo lado positivo quanto pelo lado negativo.

A ferramenta SinapGrid foi essencial para os estudos e, fazendo uso da plataforma, acabou se tornando viável uma observação de um ponto de vista mais privilegiado, o que foi extremamente importante. Após analisar cada ponto percebem-se alguns fatores que devem ser destacados, como a quantidade de cargas inseridas em um mesmo local e os cenários diferentes nos quais foram colocados.

Como dito anteriormente, as novas cargas representavam os carregadores de VE inseridos na rede. Por meio das simulações, foi observado que a quantidade de cargas influencia claramente no estado da rede. No momento de inserir muitas cargas num mesmo local, observou-se sobrecarregamento principalmente nos primeiros locais analisados.

Além da quantidade de cargas inseridas, vale a pena lembrar existem outros fatores, como a hora de início de carga, a quantidade de horas e a potência de ponto de carga. Foi estabelecido um padrão para esses três fatores, para estar próximos a um possível “momento de pico” durante o dia, com a possibilidade dos veículos elétricos sendo carregados, o que revelou sérios problemas em alguns pontos da rede de distribuição de energia elétrica.

Portanto, é extremamente essencial que possam ser distribuídas as cargas de uma forma correta (horário, quantidade, quantidade de horas etc.). Além disso, deve ser realizada uma reavaliação minuciosa da rede, com o objetivo de saber se ela é capaz de suportar essa demanda atual, para, assim, evitar problemas futuros na rede de distribuição de energia elétrica.

Com este trabalho se faz um chamado à necessidade das concessionárias de energia a fortalecer as redes de distribuição, principalmente em locais com possível penetração de veículos elétricos, tais como estacionamentos, shoppings etc.



## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BOÇON, Gustavo Schafhauser. **Análise do impacto de veículos elétricos na rede de distribuição de energia elétrica**. 2019. Acesso em: 13 abr. 2023.

BOTTLENDER, Luis Augusto Melo. **Análise da penetração dos veículos elétricos no sistema de distribuição considerando curvas de carga de consumidores residenciais**. 2021. Acesso em: 25 fev. 2023.

Carregador para Carro Elétrico WallBox IK9000 22 KW - versão com aplicativo. **Schneider Electric**, 2023. Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/product/EVB1A22P2R1/carregador-veicular-evlink-smart-wallbox-22-kw-t2-rfid/>. Acesso em: 21 ago. 2023.

Carregador VE WEG Wemob Wall – 7,4 KW – c/ cabo T2. **NeoCharge**, 2023. Disponível em: <https://loja.neocharge.com.br/carregador-carro-eletrico-weg-wemob-wallbox-7-4kw-cabo-w-007-1t2.html>. Acesso em: 22 ago. 2023.

Carregamento BMW: Fácil. Em qualquer lugar. A qualquer hora. Tudo sobre o carregamento do seu carro elétrico BMW. **BMW**, 2023. Disponível em: <https://www.bmw.com.br/pt/topics/fascination-bmw/electromobility/carregamento.html>. Acesso em: 18 ago. 2023.

ENOSHITA, Evandro. **Carregador de carro elétrico: tipos, vantagens e desvantagens**. Disponível em: <https://www.instacarro.com/blog/tecnologia-automotiva/carregador-de-carro-eletrico/>. Acesso em: 20 fev. 2023.

Estação de recarga para veículos. **WEG**, 2023. Disponível em: [https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Control-Industrial/Infraestrutura-para-Mobilidade-EI%C3%A9trica/Esta%C3%A7%C3%A3o-de-Recarga-para-Ve%C3%ADculos-EI%C3%A9tricos/Esta%C3%A7%C3%A3o-de-Recarga-para-Ve%C3%ADculos-EI%C3%A9tricos/p/MKT\\_WDC\\_BRAZIL\\_RE\\_ELECTRIC\\_VEHICLE\\_G2](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Control-Industrial/Infraestrutura-para-Mobilidade-EI%C3%A9trica/Esta%C3%A7%C3%A3o-de-Recarga-para-Ve%C3%ADculos-EI%C3%A9tricos/Esta%C3%A7%C3%A3o-de-Recarga-para-Ve%C3%ADculos-EI%C3%A9tricos/p/MKT_WDC_BRAZIL_RE_ELECTRIC_VEHICLE_G2). Acesso em: 28 ago. 2023.

FORTUNATO, Manuel Teixeira et al. **Impacto técnico na ligação de carregadores de veículos elétricos às redes de distribuição em baixa tensão**. 2023. Tese de Doutorado. Acesso em: 25 ago. 2023.

GREENYELLOW. **Como funciona o carregamento de carregamentos elétricos?**. Disponível em: <https://blog.greenyellow.com.br/carregadores-para-carros-eletricos/>. Acesso em: 31 out. 2023.



GRUPO DO ESTADO. Huawei vai fazer carregadores de alta voltagem para carros elétricos. **Estadão**, 28/04/2020. Disponível em: <https://jornaldocarro.estadao.com.br/carros/huawei-vai-fazer-carregadores-de-alta-voltagem/>. Acesso em: 28 ago. 2023.

Huawei FusionSolar Charger AC Monofásico. **Lefe**, 2023. Disponível em: <https://lefe.pt/pro/Huawei-charger-monof%C3%A1sico>. Acesso em: 28 ago. 2023.

MIRAGAYA, Fernando. Confira os principais modelos de Wallbox para seu elétrico não falhar na hora H. **Uol**, 07/03/2023. Disponível em: <https://autopapo.uol.com.br/noticia/wallbox-carro-eletrico/>. Acesso em: 22 ago. 2023.

NEOCHARGE. **Sobre a Neocharge**. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/empresa-carregador-carro-eletrico> Acesso em: 20 fev. 2023.

NEOCHARGE. **Tipos de carregadores para veículos elétricos**. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carregador-carro-eletrico/tipo-carregador-ve>. Acesso em: 20 fev. 2023.

PEDRO, Cândido Guilherme de Almeida. **Impacto da integração de veículos elétricos em redes de baixa tensão**. 2021. Tese de Doutorado. Acesso em: 27 fev. 2023.

TUPINAMBÁ. **Carregador de Carros Elétricos: Como funciona, tipos e quanto custa**. Disponível em: <https://tupinambaenergia.com.br/carregador-de-carros-eletricos/>. Acesso em: 24 fev. 2023.

**Contatos:** leonardolau753@gmail.com e valdomirovega@gmail.com