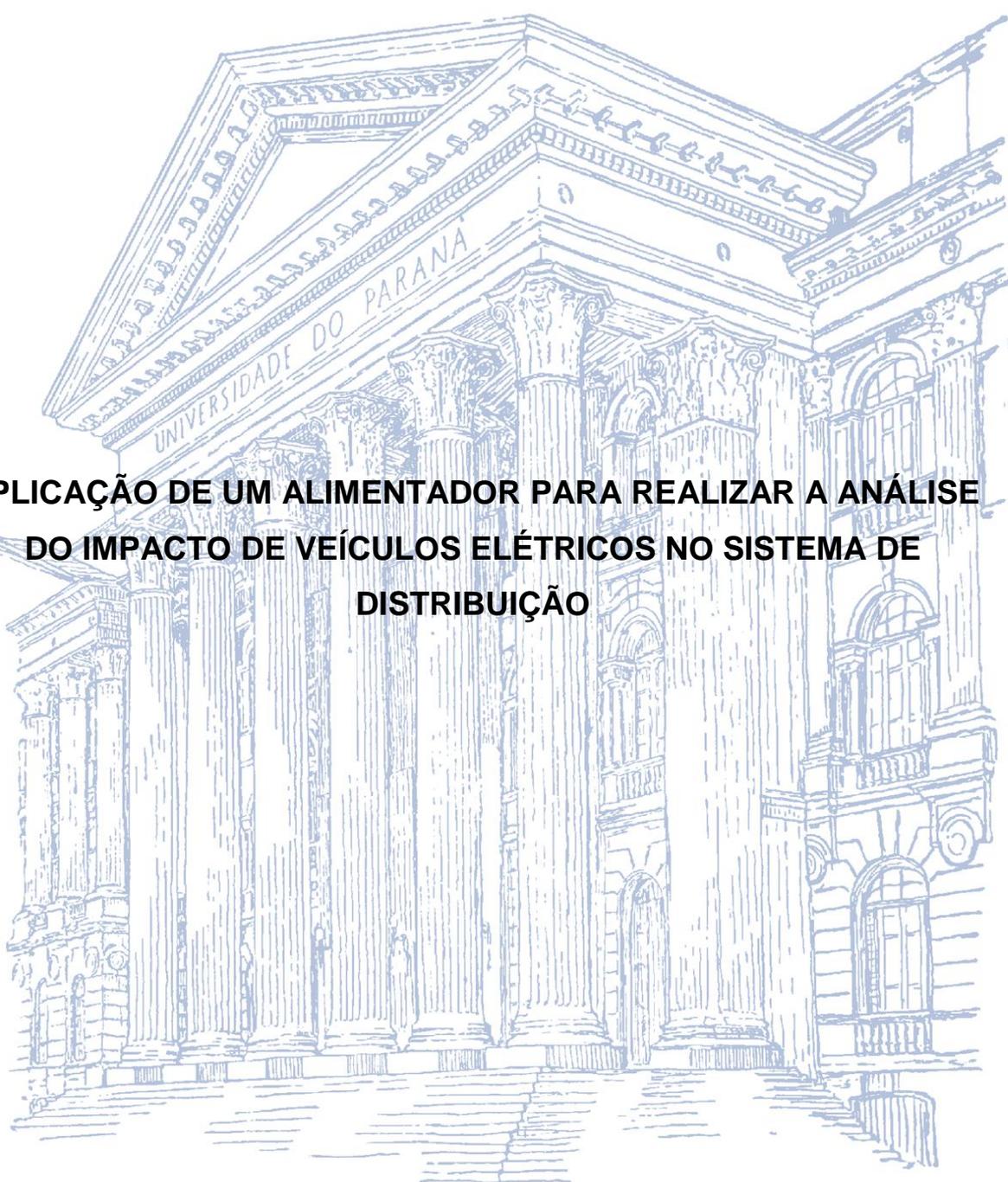


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**BRUNO GUIMARÃES MERCER – GRR20136759  
MARINA CORAL DOS SANTOS HESSE – GRR20133386**



**APLICAÇÃO DE UM ALIMENTADOR PARA REALIZAR A ANÁLISE  
DO IMPACTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO SISTEMA DE  
DISTRIBUIÇÃO**

**CURITIBA – PARANÁ  
2019**

**BRUNO GUIMARÃES MERCER  
MARINA CORAL DOS SANTOS HESSE**

**TÍTULO: APLICAÇÃO DE UM ALIMENTADOR PARA REALIZAR A ANÁLISE  
DO IMPACTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado como requisito para a obtenção  
do título de Engenheiro Eletrecista pela  
Universidade Federal do Paraná, setor de  
Tecnologia.

Orientador: Prof.Dr. Carlos Gabriel Bianchin

**CURITIBA – PARANÁ**

**2019**

**BRUNO GUIMARÃES MERCER  
MARINA CORAL DOS SANTOS HESSE**

**APLICAÇÃO DE UM ALIMENTADOR PARA REALIZAR A ANÁLISE DO  
IMPACTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro eletrcista, curso de Engenharia Elétrica, setor de tecnologia, da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

---

Prof. Dr. Carlos Gabriel Bianchin  
ORIENTADOR – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

---

Prof. Dr. João Américo Vilela Junior  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

---

MSc. Rodrigo Godinho Silva  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**CURITIBA, 5 DE DEZEMBRO DE 2019.**

## **DEDICATÓRIA**

Aos nossos pais, que sempre se empenharam arduamente em prol da nossa educação e formação como pessoa, e estiveram ao nosso lado nos momentos das conquistas, mas também nas horas difíceis. A vocês, nossa eterna gratidão.

Dedicamos também a todos os familiares e amigos, pelo apoio e compreensão nos últimos anos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos em especial nossos pais pelo amor e por terem nos dado condições e oportunidades de estudos para que ingressássemos em uma renomada universidade. Vocês foram fundamentais para que este sonho pudesse ser realizado.

Agradecemos a nossos irmãos pelo companheirismo tanto nas horas de lazer, quanto nos momentos difíceis.

Agradecemos nossos familiares e amigos que nos proporcionaram momentos de lazer inesquecíveis ao longo desses anos, além dos conhecimentos compartilhados que foram essenciais para nossa formação.

Agradecemos os colegas de trabalho que fizemos ao longo dessa jornada, vocês foram imprescindíveis para nosso crescimento profissional.

Por fim, agradecemos a todos os mestres, em especial nosso orientador Carlos Gabriel Bianchin, vocês foram essenciais para a nossa formação pessoal e profissional, através do compartilhamento de ensinamentos.

A todos, muito obrigado.

***“A educação é a arma mais poderosa  
que você pode usar para mudar o mundo.”***

**(Nelson Mandela)**

## RESUMO

MERCER, Bruno G.; HESSE, Marina C. S.; Aplicação de um alimentador para realizar a análise do impacto de veículos elétricos no sistema de distribuição. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica (Ênfase em eletrotécnica) - Universidade Federal do Paraná - UFPR. Curitiba, 2019.

As preocupações ambientais tornam-se cada vez mais importantes para a preservação das condições climáticas do planeta. E, cada vez mais, deve-se pensar em evolução tecnológica com sustentabilidade.

Este estudo irá abordar um tema que está em crescimento no mundo todo: a utilização de veículos elétricos. Visto que, esses veículos não geram emissões diretamente no ar, o carro elétrico poderá ser a solução na luta contra a poluição nos grandes centros urbanos. Porém, o aumento desta tecnologia irá impactar o aumento da demanda de energia.

Inicialmente será apresentado neste trabalho uma introdução sobre o funcionamento e os tipos de veículos elétricos, uma introdução sobre os sistemas de distribuição de energia, bem como, seu objetivo principal, que irá trazer um resultado de como o aumento da utilização de veículos elétricos pode gerar impactos à rede de distribuição numa região central da cidade de Curitiba. Para isso, será realizada uma previsão de frota e, utilizando o software *OpenDSS*, será feita a análise do impacto que esses veículos podem trazer para rede de baixa e média tensão em duas situações distintas, carregamento no horário de pico e fora do horário de pico.

**Palavras chaves:** Sustentabilidade, Veículos Elétricos, Sistema de distribuição, energia.

## ABSTRACT

MERCER, Bruno G.; HESSE, Marina C. S.; Aplicação de um alimentador para realizar a análise do impacto de veículos elétricos no sistema de distribuição. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica (Ênfase em eletrotécnica) - Universidade Federal do Paraná - UFPR. Curitiba, 2019.

Environmental concerns are becoming increasingly important for the preservation of the planet. And, more and more, it is mandatory think about technological evolution with sustainability.

This study will discuss about a theme that is growing around the world: the use of electric vehicles. How these vehicles don't generate emissions directly in the air, the electric car could be the solution in the fight against pollution in large urban centers. However, high level penetration of this technology will rise the energy demand.

This paper will present an introduction on the operation and types of electric vehicles, an introduction on power distribution systems, as well as, its main objective that will bring us asome results of how the increased use of electric vehicles can impact the distribution network in the center of Curitiba. For this, a fleet forecast will be performed and, using *OpenDSS* software, will be shown the impact that these vehicles can have on low and medium voltage mains in two different situations, charging on peak and off peak time.

**Keywords:** Sustainability, Electric Vehicles, Distribution System, Energy.

## SIGLAS

VE – Veículos Elétricos

BT – Baixa Tensão

MT – Média Tensão

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

DETRAN PR – Departamento de Trânsito do Paraná

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

SEP – Sistema Elétrico de Potência

COPEL – Companhia Paranaense de Energia

NTC – Norma Técnica Copel

ABVE – Associação Brasileira de Veículos Elétricos

VEH – Veículos Elétricos Híbridos

VEHP – Veículos Elétricos Híbridos Plug-in

VEB – Veículos Elétricos a Bateria

MCI – Motor a Combustão Interna

GNV – Gás Natural Veicular

ME – Motor Elétrico

FP – Fator de Potência

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers

EPRI – Electric Power Research Institute

## FIGURAS

Figura 1 – Réplica do triciclo elétrico Ayrton & Perry.....	15
Figura 2 – Esquema ilustrativo VEH configuração paralela.....	23
Figura 3 - Esquema ilustrativo VEH configuração Série.....	23
Figura 4 - Esquema ilustrativo VEH configuração Mista.....	24
Figura 5 - Esquema ilustrativo dos funcionamento de um VEB.....	26
Figura 6 – Características das estações de recarga nível 1 e 2.....	27
Figura 7 - Curva típica do carregamento de uma bateria Lítio íon.....	28
Figura 8 – Renault ZOE.....	29
Figura 9 – Nissan Leaf.....	30
Figura 10 - Chevrolet Bolt.....	31
Figura 11 – Esquemático Sistema Elétrico de Potência.....	31
Figura 12 – Demonstração de curva típica de carga para consumidores residenciais. ...	33
Figura 13 – Triângulo de potências. ....	35
Figura 14 – Comportamento do FP durante intervalos de 15 min ao longo de um dia e FP médio (média de todas as medições realizadas).....	35
Figura 15 - Medição de consumo de energia medido de hora em hora em um dia. ....	36
Figura 16 – Características Elétricas para Transformadores Trifásicos à Óleo.....	38
Figura 17 - Diagrama unifilar para uma planta de 44 apartamentos.....	39
Figura 18 - Diagrama unifilar para uma planta de 120 apartamentos.....	39
Figura 19 - Diagrama unifilar da rede IEEE de 37 Barras.....	48
Figura 20 - Comparativo entre as demandas de potências aparente antes e após a inserção dos eletropostos.....	57
Figura 21 - Comparativo entre as demandas de potências aparente antes e após a inserção dos eletropostos.....	58
Figura 22 - Comparativo entre o percentual de perdas no circuito antes e após a inserção dos eletropostos. ....	59
Figura 23 - Comparativo entre o percentual de perdas no circuito antes e após a inserção dos eletropostos. ....	60
Figura 24 – Fluxo de potência no ramal. ....	61
Figura 25 – Percentual de perdas no sistema de média tensão.....	62
Figura 26 – Comparativo entre as correntes nas linhas para os seis diferentes casos. ...	62

Figura 27 - Comparativo entre as corrente nas linhas com maior percentual de aumento de corrente. ....	63
Figura 28 – Perfil de tensão, do alimentador genérico atual.....	64
Figura 29 - Perfil de tensão, do alimentador após inserção de eletropostos privados e públicos. ....	64
Figura 30 - Perfil classificação da tensão de atendimento a partir da tensão de leitura, para diferentes valores de tensão nominal do ponto de observação da tensão. ....	65
Figura 31 – Perfil de tensão para todos os cenários de média tensão simulados. ....	66

## TABELAS

Tabela 1 - Tabela utilizada para cálculo do FP ponderado.....	37
Tabela 2 - Tabela utilizada para cálculo do FP ponderado.....	37
Tabela 3 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT, horário fora ponta, sem carga dos VEs. ....	40
Tabela 4 - Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT, horário foraponta, sem a carga dos VEs.....	40
Tabela 5 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT, horário fora ponta, sem carga dos VEs.....	41
Tabela 6 - Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT em horário fora de ponta, sem a carga dos VEs.....	41
Tabela 7 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, sem carga dos VEs. ....	42
Tabela 8 – Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, sem a carga dos VEs.....	42
Tabela 9 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, sem carga dos VEs. ....	42
Tabela 10 – Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, sem a carga dos VEs. ....	42
Tabela 11 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT em horário fora ponta, após inserção de eletropostos.....	44
Tabela 12 - Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT em horário fora ponta, com a inserção de eletropostos. ....	44
Tabela 13 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT em horário fora ponta, após inserção de eletropostos.....	45
Tabela 14 - Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT em horário fora ponta, com a inserção de eletropostos. ....	45
Tabela 15 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, após inserção de eletropostos.....	46
Tabela 16 - Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, com a inserção de eletropostos. ....	46
Tabela 17 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, após inserção de eletropostos.....	46

Tabela 18 - Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, com a inserção de eletropostos. ....	47
Tabela 19 – Dados da distribuição de cargas da simulação.....	50
Tabela 20 – Dados da distribuição de cargas da simulação.....	51
Tabela 21 – Distribuição de eletropostos.....	53
Tabela 22 - Dados da distribuição de cargas da simulação. ....	55
Tabela 22 - Dados da distribuição de cargas da simulação. ....	56

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1	MOTIVAÇÃO .....	17
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	18
<b>2</b>	<b>TÍTULO .....</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>19</b>
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
<b>4</b>	<b>PÚBLICO ALVO .....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>DIFERENCIAL DO PROJETO .....</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>20</b>
6.1	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	21
<b>7</b>	<b>VEÍCULOS ELÉTRICOS .....</b>	<b>21</b>
7.1	DEFINIÇÃO .....	21
7.2	VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDOS .....	22
7.2.1	VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDO-PARALELO .....	22
7.2.2	VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDO-SÉRIE .....	23
7.2.3	VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDO-MISTO.....	24
7.3	VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDOS PLUG-IN.....	24
7.4	VEÍCULOS PURAMENTE ELÉTRICOS .....	25
7.4.1	CARREGAMENTO DE BATERIA.....	26
7.5	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	28
7.5.1	RENAULT ZOE .....	29
7.5.2	NISSAN LEAF .....	29
7.5.3	CHEVROLET BOLT .....	30
<b>8</b>	<b>SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA.....</b>	<b>31</b>
8.1	CURVA DE CARGA.....	32
<b>9</b>	<b>OPEN DSS .....</b>	<b>33</b>
<b>10</b>	<b>ANÁLISE DO IMPACTO ENERGÉTICO NA REDE.....</b>	<b>34</b>
10.1	CÁLCULO DO FATOR DE POTÊNCIA .....	34
10.2	ESTUDOS DE CASO DE BAIXA TENSÃO .....	38
10.2.1	CASO A: SITUAÇÃO ATUAL DA REDE DE BT NO HORÁRIO FORA DE PONTA.....	39
10.2.2	CASO B: SITUAÇÃO ATUAL DA REDE DE BT NO HORÁRIO DE PONTA..	41

10.2.3	CASO C: SITUAÇÃO DA REDE DE BT, COM CARREGAMENTO DOS VEs NO HORÁRIO FORA DE PONTA .....	43
10.2.4	CASO D: SITUAÇÃO DA REDE DE BT COM CARREGAMENTO DOS VEs NO HORÁRIO DE PONTA .....	45
10.3	ESTUDOS DE CASO DE MÉDIA TENSÃO.....	47
10.3.1	CASO E: SITUAÇÃO ATUAL DA REDE DE MT HORÁRIO FORA DE PONTA.....	49
10.3.2	CASO F: SITUAÇÃO ATUAL DA REDE DE MT NO HORÁRIO DE PONTA ..	50
10.3.3	CASO G: SITUAÇÃO DA REDE DE MT COM CARREGAMENTO DOS VEs NO HORÁRIO FORA DE PONTA .....	52
10.3.4	CASO H: SITUAÇÃO DA REDE DE MT COM CARREGAMENTO DOS VEs NO HORÁRIO DE PONTA .....	55
<b>11</b>	<b>ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>56</b>
11.1	ANÁLISE DE RESULTADOS DE BAIXA TENSÃO .....	56
11.2	ANÁLISE DE RESULTADOS DE MÉDIA TENSÃO.....	60
<b>12</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>67</b>
<b>13</b>	<b>TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>68</b>
<b>14</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>69</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Por mais atual que possa parecer o tema Veículos Elétricos, sua história é longa. Eles foram inventados há mais de 150 anos, antes mesmo dos veículos à combustão. Nos anos de 1800, estudiosos da Hungria, da Holanda e dos Estados Unidos trabalharam no desenvolvimento de veículos elétricos, que têm sua história intimamente ligada à história do desenvolvimento das baterias.

Em 1828, o húngaro Ányos Jedik, criou o primeiro motor elétrico. Seis anos depois, o americano Thomas Davenport, inventou o primeiro motor movido a energia elétrica. E em 1835, o holandês Sibrandus Stratingh, criou um carro elétrico de pequena escala, alimentado por baterias não-recarregáveis. Porém, a primeira bateria recarregável do mundo, capaz de fornecer um meio viável para o armazenamento de eletricidade de um automóvel, foi inventada somente em 1859, pelo físico francês Raymond Gaston Planté. Este primeiro modelo de bateria desenvolvido por Planté era constituído, basicamente, por duas lâminas de chumbo, separadas por tiras de borracha e enroladas como um cilindro que se emergia numa solução aquosa a 10% de ácido sulfúrico.

Anos depois, em 1881, foram criados os primeiros automóveis elétricos movido a bateria. O *Trouvé Tricycle* construído por Gustave Trouvé, em Paris. E o triciclo elétrico *Ayrton & Perry*, construído pelos ingleses William Edward Ayrton e John Perry. Este, que era basicamente, um triciclo com pedal para uma pessoa, com capacidade de chegar a 14km/h e autonomia de aproximadamente 40km.



Figura 1 – Réplica do triciclo elétrico Ayrton & Perry  
(Fonte: Revista Vision “Uma breve história dos veículos elétricos”, 2018)

Cinco anos depois, Karl Benz criou o primeiro veículo a combustão, chamado de Benz Patent-Motorwagen. Utilizou a invenção da bateria de Planté para dar a partida no veículo a combustão. O Benz Patent-Motorwagen era composto por três rodas, com capacidade de chegar a 16km/h. Antes que esta tecnologia se impusesse até os dias de hoje, a manufatura de veículos elétricos eram relativamente prósperas e até mesmo linhas de ônibus elétricos ganhavam espaços.

No início do século XX, os motores elétricos competiam com veículos a combustão e até híbridos (estes caracterizados por terem mais de uma fonte de propulsão, fonte a combustão e elétrica). Os VEs chegaram a somar 38% de todos os veículos nas ruas dos EUA. Porém, as três tecnologias de automóveis apresentavam vários problemas técnicos, como: custo de produção, dificuldade em subir estradas íngremes, alto consumo de água, motor barulhento e baixa autonomia, etc. No entanto, os fabricantes dos automóveis a combustão foram os mais rápidos em solucioná-los, fazendo com que os automóveis a gasolina passassem a dominar as provas de velocidade.

Em 1908, a produção em série do Ford Model T abaixou o custo dos carros a gasolina, ficando aproximadamente 1/3 do preço de um carro elétrico. Durante a década de 1920, os carros elétricos perderam valor de mercado nos EUA devido ao aumento dos postos de gasolina, melhorias no sistema de rodagem, conectando cidades, permitindo trajetos mais longos, além das descobertas domésticas de petróleo. Por esses motivos, a popularização dos carros elétricos não aconteceu, e os veículos a combustão acabaram dominando a indústria até os dias de hoje.

Foi apenas ao final do século que os veículos elétricos começaram a voltar ao cenário devido às inúmeras questões ambientais e energéticas. A questão *sustentabilidade x a mobilidade urbana* se tornou um tema muito relevante mundialmente. A expectativa em torno do crescimento da frota de VEs está fortemente ligada às mudanças regulatórias que vêm sendo tomadas para reduzir as emissões de gases poluentes relacionadas ao aquecimento global e ao efeito estufa, visto que, os motores de combustão interna são a principal causa da poluição em grandes centros urbanos, e correspondem a aproximadamente 20% de toda a emissão de CO<sub>2</sub>.

Apesar de vários países criarem medidas para facilitar a efetiva entrada do veículo elétrico em seus mercados, no Brasil pouco é feito. O país ainda não possui uma política específica para os VEs, conseqüentemente, incentivos à produção tecnológica desse ramo, assim não existem padrões no Brasil para instalações e recargas, o que tardia ainda mais o desenvolvimento desta tecnologia nacionalmente.

Estudos mostram que as vendas de carros elétricos estão acelerando consideravelmente e que, até 2030, podem chegar a 180 mil VEs vendidos por ano no Brasil, o que ainda assim representará uma participação pouco expressiva na frota nacional, pois esse volume garantiria uma participação de de 3,5% VEs na frota total (G. RIATO - AUTOMOTIVE BUSINESS, 2019). Apesar desse aumento ser bem menos expressivo no Brasil que em países europeus, nos traz uma preocupação em relação ao impacto que essas cargas podem causar no sistema de distribuição, visto que, se as cargas dos veículos elétricos não forem cargas controladas podem trazer risco de sobrecarga ao sistema elétrico.

## 1.1 MOTIVAÇÃO

Apesar das barreiras e da falta de incentivo governamental para a expansão dos VEs no Brasil, a tendência é a sua inserção ao longo dos próximos anos, mesmo que aos poucos. O que faz com que seja impensável à realização de estudos de fluxo de potência para suportar as cargas dos VEs. Conforme mostra-se nos trechos dos artigos abaixo:

- “Demanda energética de carros elétricos se multiplicará por 300.”  
*...Em 2040, mais da metade de todos os carros novos vendidos serão plug-in, como os oferecidos pela Tesla, segundo relatório da Bloomberg New Energy Finance. ...Isso significa que as operadoras de rede terão que tomar medidas para gerenciar o rápido aumento do uso de eletricidade, o que inclui o armazenamento de mais energia e a oferta de tarifas que incentivem recargas fora dos horários de pico...*

**Por Patrick Martin, da Bloomberg  
Publicado em 6 jul 2017**

- “Demanda por energia crescerá 62% impulsionada por veículos elétricos.”  
*...A demanda global por energia elétrica deverá crescer 62% nos próximos 30 anos até 2050, acrescentando 1,5% de aumento no consumo mundial ao ano.... Em 2050, carros elétricos devem representar 9% da necessidade mundial de eletricidade....*

**<https://www.brasilagro.com.br>  
Publicado em 31 jul 2019**

- “O cenário dos carros elétricos no Brasil e no mundo”

*...No ano de 2017 foram comercializados 3.296 carros híbridos, movidos a energia elétrica e combustão no Brasil. Esse número refere-se a apenas 0,15% dos 2.239 milhões veículos desse mesmo modelo vendidos no mundo. Apenas início do ano de 2018, houve um crescimento de cerca de 65% dessa frota no país, elevando o número de carros híbridos para 8.500. Um crescimento considerável apesar de ainda pequeno, uma vez que essa quantidade representa apenas 0,02% de todos os mais de 43 milhões de veículos circulantes no Brasil...*

**Por Jeniffer Elaina**

**Publicado em 27 jun 2019**

## **1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA**

Atualmente, em Curitiba somente 0,007% da frota dos veículos são elétricos, porém com as medidas de utilização de VEs compartilhados adotadas recentemente pela prefeitura juntamente ao crescimento exponencial das vendas desses automóveis, estima-se que em 2025 aproximadamente 6% da frota de veículos da cidade será elétrica (Dados DENATRAM e DETRAN-PR).

O trabalho abordará uma análise do sistema elétrico de potência, considerando os dados de frota de VEs previstos para cidade de Curitiba, utilizando um alimentor genérico de 37 barras, padrão IEEE. Através disso, será simulado o impacto do consumo de energia que os veículos elétricos poderão causar na rede futuramente se não houverem evoluções no SEP.

Utilizando o software de simulação OpenDSS, serão estudados oito cenários diferentes para o SEP:

- A) Situação atual da rede de BT no horário fora ponta.
- B) Situação atual da rede de BT no horário de ponta.
- C) Situação da rede de BT, considerando o carregamento dos VEs no horário fora ponta.
- D) Situação da rede de BT, considerando o carregamento dos VEs no horário de ponta.
- E) Situação atual da rede de MT no horário fora ponta.
- F) Situação atual da rede de MT no horário de ponta.
- G) Situação da rede de MT, considerando o carregamento dos VEs no horário fora ponta.

- H) Situação da rede de MT, considerando o carregamento dos VEs no horário de ponta.

## **2 TÍTULO**

Aplicação de um alimentador para realizar a análise do impacto de veículos elétricos no sistema de distribuição.

## **3 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral do trabalho é oferecer um modelo de alimentador genérico para analisar o fluxo de potência considerando as recargas das baterias dos veículos elétricos, e comparar o impacto que a inserção dos VEs irá causar nas redes de baixa e média tensão da região central de Curitiba, discutindo soluções para redução deste impacto na rede de energia elétrica.

### **3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos consistem em:

- Coletar as literaturas relacionadas ao tema do trabalho de conclusão de curso.
- Descrever os tipos e o funcionamento dos VEs.
- Fazer a análise da situação atual do SEP de distribuição de um bairro central de Curitiba.
- Descrever o comportamento da carga dos veículos elétricos.
- Simular e analisar o fluxo de potência de BT e MT considerando o consumo dos VEs.
- Avaliar e comparar os resultados obtidos pela simulação, e mostrar qual o impacto que cada cenário trará ao sistema de distribuição.
- Atualizar estudos passados sobre o impacto dos VEs na rede de distribuição tomando como base as evoluções dos VEs e também as evoluções do SEP.
- Discutir potenciais soluções para redução do impacto na rede.

## 4 PÚBLICO ALVO

O público alvo do tema são:

- Engenheiros que buscam informações sobre como a inserção de veículos elétricos pode impactar o sistema de distribuição e conceber novos projetos na área;
- Concessionárias de energia elétrica que buscam fontes para análise de demanda de potência nos anos futuros com o aumento da frota de VE.
- Demais estudantes que buscam informações sobre funcionamento e tipos de VEs.

## 5 DIFERENCIAL DO PROJETO

Este trabalho tem como diferencial, o fato de envolver a análise e impacto que os veículos elétricos podem trazer à rede de distribuição em um sistema tanto de baixa como de média tensão. Aliado a outros projetos, este estudo poderá auxiliar tecnicamente empresas e concessionárias de energia no desenvolvimento e expansão das redes de distribuição para atender à demanda dos VEs futuramente, ou mesmo de compreender como implementar potenciais soluções sem alterar o sistema elétrico de potência.

## 6 METODOLOGIA

Num primeiro momento, será realizado um levantamento bibliográfico referente aos veículos elétricos e suas baterias, e como se dará o seu comportamento quando acoplados no sistema de distribuição.

Após pesquisas baseadas no crescimento da utilização dos VEs, foi admitido que a região central terá aproximadamente 6% da frota elétrica em 2025. Paralelamente à coleta de dados, pesquisou-se o software que será utilizado nas simulações. Por fim, com os dados citados anteriormente mais os dados de um alimentador genérico (padrão IEEE), será realizado um estudo de caso do SEP, simulando o fluxo de potência em oito cenários distintos, onde será analisado e comparado a capacidade do sistema de baixa tensão e média tensão num bairro central de Curitiba. Por fim, apresentar-se-á possíveis soluções para os casos que o SEP não atender a demanda dos VEs.

## 6.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho poderá ser dividido em quatro etapas, sendo elas:

1ª Etapa: Contempla uma introdução geral contextualizando o tema, além disso, encontram-se os objetivos, o público alvo, diferencial do projeto, metodologia e estrutura do trabalho.

2ª Etapa: Embasamento teórico sobre os tipos e o funcionamento dos veículos elétricos, especificações técnicas dos veículos que serão utilizados para as análises, funcionamento dos sistemas de distribuição de baixa e média tensão.

3ª Etapa: Apresentação do software que será utilizado para realizar as simulações. Bem como o estudo e simulação dos casos de baixa e média tensão apontados no item 1.2.

4ª Etapa: Resultados e conclusões obtidas com as simulações, bem como a comparação entre os cenários estudados.

## 7 VEÍCULOS ELÉTRICOS

### 7.1 DEFINIÇÃO

Compreende-se por veículo elétrico todo e qualquer veículo automotor que possua no mínimo uma de suas propulsões realizada por um motor elétrico (ABVE,2013). Se enquadram nesta denominação os carros, trens, barcos, metrô e ônibus.

Este trabalho abordará apenas os carros elétricos, que são denominados simplesmente por veículos elétricos. Esta categoria que vem recebendo destaque desde o início do século XXI, com a busca por veículos com menos emissão de gases poluentes, bem como maior eficiência energética. Enquanto veículos com motores a combustão aproveitam somente 17% a 21% da energia, os elétricos aproveitam de 59% a 62%. (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, n.d.).

A partir da definição dos VEs, eles podem ser classificados, basicamente, em três categorias: Veículo elétrico Híbrido (VEH), Veículo elétrico Híbrido Plug-in (VEHP) e Veículo elétrico à bateria (VEB). Essas classificações são feitas conforme a estrutura de seus motores e a forma com que as baterias são recarregadas.

## 7.2 VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDOS

Os motores elétricos são essenciais para que os VEs sejam considerados zero emissões, porém vale ressaltar que ainda assim existem outras soluções. Outros tipos de combustíveis são usados para abastecer veículos que operam via motor elétrico. Não tão sustentável quanto se gostaria, mas ainda assim, bem menos poluente que automóveis operados puramente por motor a combustão interna (MCI). Esses são os veículos chamados de Veículos Elétricos Híbridos (VEH).

A definição “híbridos” consiste em veículos que são acionados por um motor elétrico e um motor a combustão. Ou seja, a energia elétrica que é fornecida para o motor elétrico é gerada no próprio veículo por meio do MCI, que pode ser abastecido com combustíveis fósseis – gasolina, etanol, diesel, GNV, etc.

O veículo híbrido dispõe de um MCI para atender eventuais demandas dos veículos quando não houver carga nas baterias. Este tipo de veículo faz com que as exigências em termos de baterias sejam menores. Ou seja, uma potência de 1 a 2 kWh, é o suficiente para armazenar a energia gerada pelo MCI ou a energia gerada pelo sistema de frenagem regenerativa – sistema que aproveita a energia cinética proveniente da desaceleração do veículo e recarrega a bateria elétrica (Automóveis Elétricos, 2013).

A combinação inteligente dos ME e MCI, faz com que o motor elétrico seja utilizado em situações em que o consumo de combustível seja maior, e vice-versa. A forma como os dois motores trabalham em conjunto faz com que os VEH sejam classificados em três tipos: Híbrido-Paralelo, Híbrido-Série e Híbrido-Misto (NAKATA, 2019).

### 7.2.1 VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDO-PARALELO

Nos híbridos paralelos, tanto o motor elétrico quanto o motor a combustão geram tração para mover as rodas do carro. Por isso, diz-se que os dois funcionam paralelamente. Geralmente, o elétrico está conectado ao eixo dianteiro, e o eixo traseiro é movido pelo motor a combustão.

Também é possível que ambos estejam no mesmo eixo, mas isso encarece o sistema, pois exige controladores eletrônicos mais sofisticados (TAKAHIRA, 2018).

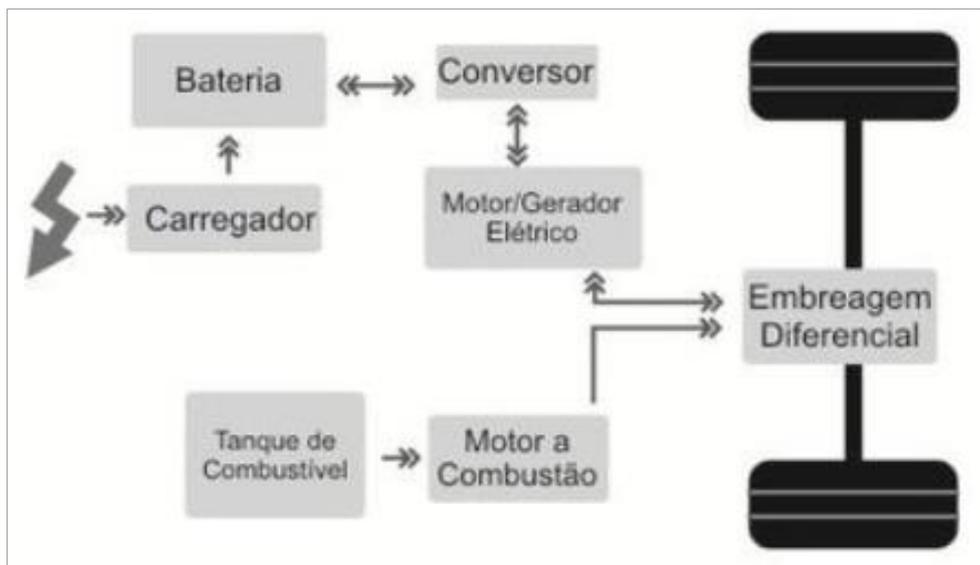


Figura 2 – Esquema ilustrativo VEH configuração paralela  
(Fonte: arquitetura de veículos elétricos e híbridos. Meyer, C. E. G.)

## 7.2.2 VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDO-SÉRIE

Já no híbrido-série, apenas o motor elétrico gera tração, e o motor a combustão é usado para alimentar a bateria. Como o carro não é capaz de andar diretamente com gasolina ou etanol, ele precisa de uma bateria maior que o híbrido-paralelo, e por isso será mais caro (TAKAHIRA, 2018).

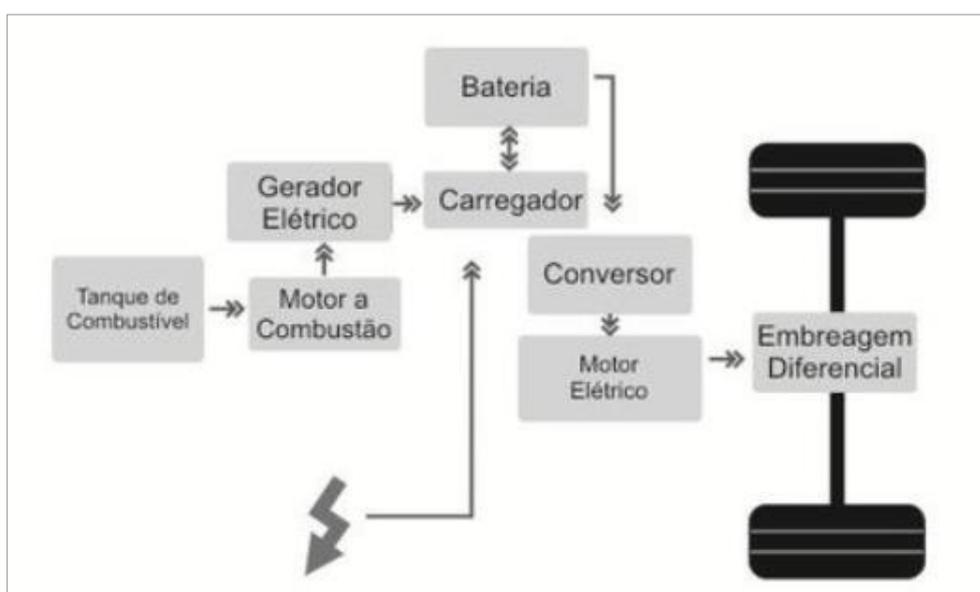


Figura 3 - Esquema ilustrativo VEH configuração Série  
(Fonte: arquitetura de veículos elétricos e híbridos. Meyer, C. E. G.)

### 7.2.3 VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDO-MISTO

O VEH Misto tem a estrutura mais complexa dos três. Pois nessa configuração um conjunto eletrônico intrincado avalia, a todo momento, as condições do veículo e do percurso; decidindo o melhor momento de se usar o motor a combustão interna ou o elétrico. Além disso, o motorista também pode selecionar com qual dos dois quer rodar através de um menu. (TAKAHIRA, 2018).

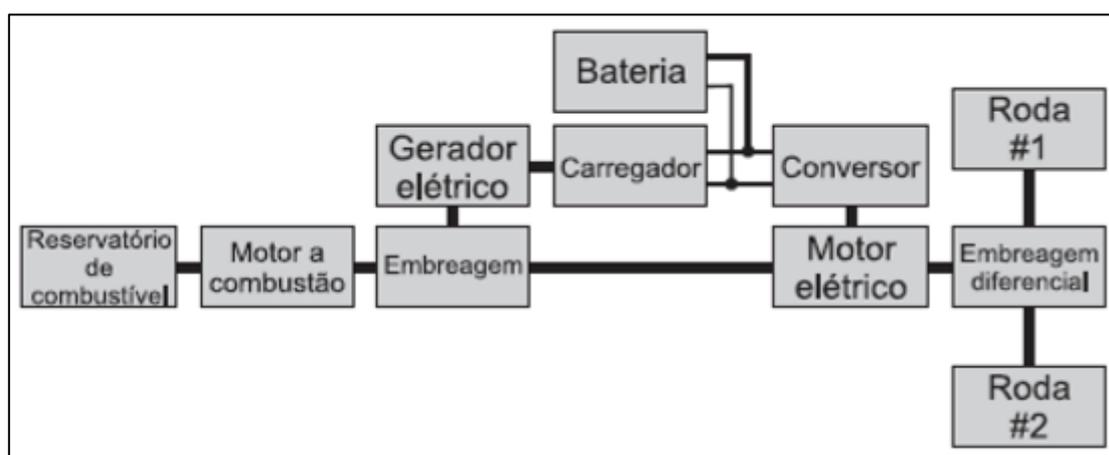


Figura 4 - Esquema ilustrativo VEH configuração Mista  
(Fonte: A evolução do carro elétrico, 2005)

### 7.3 VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDOS PLUG-IN

Os VEH Plug-in são considerados um avanço tecnológico quanto à eletrificação veicular. Ambos, VEH e VEHP possuem motor a combustão interna e bateria. A diferença é que o VEHP tem uma bateria maior, logo, tem maior capacidade de armazenamento de energia. Além disso ele pode ser carregado quando conectado à rede de distribuição de energia.

Quando se fala em um *híbrido-plug-in*, diz-se sobre sua forma de alimentar as baterias, independente da estrutura que traciona as rodas. Por isso, qualquer um dos três tipos de carros híbridos (Paralelo, Série ou Misto, citados no item 7.2) podem ser equipados com esta fonte de eletricidade.

O *plug-in* é como uma tomada no veículo, onde se conecta um cabo de alimentação. O cabo pode ser de um tipo especial, para ser utilizado em eletropostos, ou comum, para ser conectado a uma tomada residencial (TAKAHIRA, 2018).

No Brasil entre os VEHP encontram-se somente os modelos: BMW i8, 530e M Sport, Cooper S e Countyman All4, Panamera 4 E-Hybrid, XC60 T8 R-Design, Volvo XC90 T8, S90 T8 Inscription (QUATRO RODAS, 2019). Que são veículos muito difíceis de serem encontrados em circulação, por serem consideravelmente caros, o que os torna inacessíveis.

#### **7.4 VEÍCULOS PURAMENTE ELÉTRICOS**

Os veículos puramente elétricos, ou, veículos elétricos à bateria (VEB) buscam cada vez mais espaço no atual mercado e tem muito ainda a dominar o mercado, devido ao fato de não necessitarem o uso de combustíveis fósseis. Além disso, podem ser considerados veículos de zero emissões diretamente, e até indiretamente, se a matriz de recarga tiver energia proveniente de fontes limpas de energia.

Os VEBs podem possuir um ou mais motores elétricos, sendo esses a fonte propulsora, com ímãs permanentes ou de indução, e como fonte energética, as baterias. Para o fornecimento de energia de forma eficiente, o VEB também utiliza conversores para que a tensão e corrente elétrica cheguem até as bobinas do ME de maneira controlada (ALEIXO, 2018).

Seu funcionamento se dá da seguinte maneira: os MEs recebem energia elétrica proveniente de uma ou mais baterias, e essas por sua vez são recarregadas por uma fonte de energia externa ao veículo, e apenas de forma auxiliar com a frenagem regenerativa. Outra diferença dos VEBs em relação aos veículos de MCI, é o fato de o VEB não apresentar embreagem e não requerer o sistema de transmissão de marchas complexo.

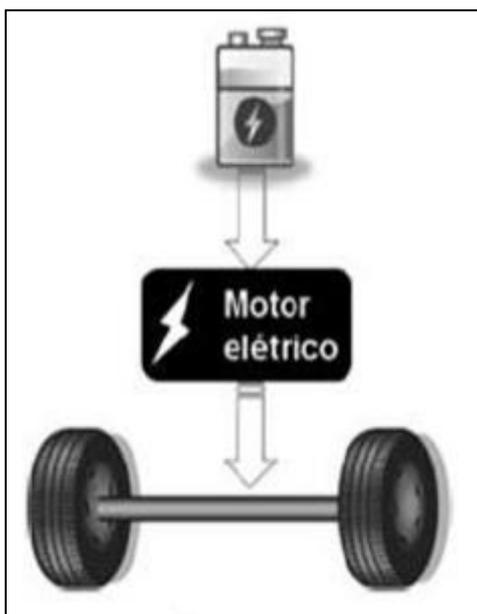


Figura 5 - Esquema ilustrativo dos funcionamento de um VEB.  
(Fonte: Inserção de veículos elétricos, 2019)

Suas características marcantes são o silêncio na rodagem, manutenção simples, desenvolvimento de alto torque em baixa rotação, provocando menos fadiga ao motorista e quando estão parados, ou seja, sem magnetização dos motores, ele não consome energia das baterias (TANAKA, 2013).

Entretanto, o maior problema enfrentado pelo VEB ainda está relacionado à autonomia das baterias, velocidade de recarga e duração, em ciclos de carga-descarga e da sua vida útil (LIMA, 2012). Para o Brasil, outro limitante que tardia sua expansão é a ausência de infraestrutura pública de recarga.

Mas ainda assim, com os limitantes citados acima, estima-se que os VEBs sejam três vezes mais eficientes que os veículos MCI e duas vezes mais eficientes que os VEH, pois os motores elétricos têm rendimentos elevados, tipicamente superiores a 90%. Por isso, são considerados a solução do futuro.

#### 7.4.1 CARREGAMENTO DE BATERIA

A evolução dos VEs está diretamente relacionada às baterias, ou seja, quanto mais eficientes, mais leves, menores, maior vida útil, mais baratas e menor tempo de carga; mais adequado se torna o uso dos automóveis elétricos.

As baterias utilizadas nos três modelos de VEs que serão usados neste estudo (Renault ZOE, Nissan Leaf e Chevrolet Bolt – item 7.5) são de de Lítio íon. Esta bateria tem duração de até 100000 ciclos, baixo efeito de memória, energia específica em torno de

200Wh/kg. Apesar de possuírem alto custo de fabricação e alto superaquecimento, atualmente, é considerada a tecnologia mais vantajosa no ponto de vista energético.

Os carregamentos das baterias são feitos através de uma estação de carregamento de veículos elétricos, comumente chamado de eletropostos. Estas estações de recargas podem ser classificadas em três níveis, de acordo com o tipo de eletroposto utilizado.

Para carros elétricos, tem-se:

- **Nível 1:** Fornecem potência de 3,7 – 7,4kW. Estes postos são mais utilizados em residências e condomínios. A instalação desse eletroposto envolve cabos portáteis e conectores domésticos padrões de três pinos em uma extremidade e na outra, um conector para o VE. Os carregadores nível 1 são vendidos junto ao automóvel. Porém é o nível de carregamento mais lento, com tempo de carga variando de 4 a 8 horas.

- **Nível 2:** Os eletropostos de nível 2, oferecem potência de 11 e 22 kW, com tempo de carga variando de 1,5 a 8 horas. Os cabos de conexão são semelhantes aos cabos de nível 1, e os postos são mais utilizados em espaços denominados semi-públicos, como centros comerciais, shoppings, estacionamentos e grandes condomínios. São considerados como modo semi-rápido de carregamento.

- **Nível 3:** Este eletroposto é trifásico, e fornece de 50 a 150 kW de potência. Este tipo de carregamento é considerado rápido, porém é aplicável somente a estações públicas. Outro fator relevante deste nível de carregamento, é que ele permite que apenas 80% da carga total das baterias lítio íon sejam carregadas.

<b>Tipo de Recarga</b>	<b>Atendimento</b>	<b>Tensão</b>	<b>Potência</b>
Lenta	Bifásico	220V	3,6 kW
Lenta	Bifásico	220V	7,4 kW
Semi-rápida	Trifásico	220/127V	11 kW
Semi-rápida	Trifásico	380/220V	22 kW

Figura 6 – Características das estações de recarga nível 1 e 2.  
(Fonte: COPEL - NTC 902210)

Para ônibus elétricos, tem-se:

- **Recargas em garagens:** Com necessidade de uma rede com 380 Vac. Este eletroposto fornece em média potência entre 80 e 150 kW. Com tempo de carregamento variando de 4 a 8 horas, dependendo da capacidade da bateria.

- Recargas de linha: Também com necessidade de uma rede com 380 Vac. Este eletroposto fornece potências de 150 a 350 kW. São as recargas super rápidas, de minutos, dependendo da capacidade da bateria.

Para quaisquer tipos dos eletropostos, citados acima, a velocidade é bastante atenuada após atingir 80% da carga, logo, o carregamento das baterias Lítio íon pode ser dividido em recarga rápida e recarga lenta. Onde os primeiros 80% de recarga da bateria ocorrem a uma corrente constante, e os 20% restantes têm uma corrente gradualmente menor. Por esse motivo, o tempo de recarga dos primeiros 80% são praticamente iguais ao tempo de recarga dos últimos 20%. Esse fato se deve aos processos químicos da própria bateria Lítio íon, envolvendo seus eletrólitos – carga rápida – e eletródos – carga lenta, e serve como proteção da da bateria.

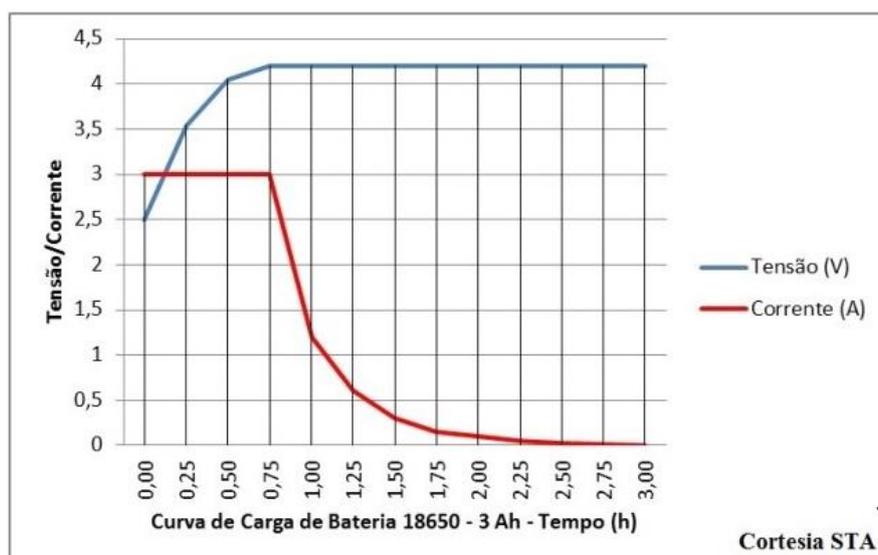


Figura 7 - Curva típica do carregamento de uma bateria Lítio íon.  
(Fonte: Como Carregar uma Bateria de Lítio-Ion – STA, Acesso 09/2019)

## 7.5 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO VEÍCULOS ELÉTRICOS

Como este trabalho tem o foco nos veículos que utilizam energia do sistema de distribuição para recarregarem as baterias, serão considerados somente três modelos de VEBs, pois esses são os veículos elétricos que mais se encontram no mercado brasileiro, visto que, os VEHP são raros de serem encontrados no Brasil pelo altíssimo custo.

### 7.5.1 RENAULT ZOE

O Renault Zoe é um veículo compacto 100% elétrico, que apresenta autonomia de aproximadamente 300 km por carga de bateria.

- Potência máxima: 92 cv
- Torque máximo: 220 Nm
- Capacidade da bateria: 41 KWh
- Aceleração 0 a 100 km/h 13,2 s
- Velocidade máxima 135 km/h
- Custo aproximado: R\$ 149.000,00
- Tempo de recarga:
  - Normal: 6h a 7h
  - Semirrápida: 3h
  - Rápida: 40 minutos (somente 80% da carga).



Figura 8 – Renault ZOE  
(Fonte: Renault)

### 7.5.2 NISSAN LEAF

O Nissan Leaf é um veículo 100% elétrico, que apresenta autonomia de aproximadamente 240 km por carga de bateria.

- Potência máxima: 149 cv
- Torque máximo: 319 Nm
- Capacidade da bateria: 40 KWh
- Aceleração 0 a 100 km/h 7,9 s

- Velocidade máxima 144 km/h
- Tempo de recarga:
  - Normal: 4h a 8h
  - Semirrápida: 3h a 4h
  - Rápida: 30 a 50 minutos (somente 80% da carga).



Figura 9 – Nissan Leaf  
(Fonte: Nissan)

### 7.5.3 CHEVROLET BOLT

O Chevrolet Bolt é um veículo 100% elétrico, que entrou no mercado brasileiro em outubro de 2019. Apresenta autonomia de aproximadamente 380 km por carga de bateria.

- Potência máxima: 203 cv
- Torque: 360 Nm
- Capacidade da bateria: 60 KWh
- Aceleração 0 a 100 km/h em 7s,
- Velocidade máxima 145 km/h
- Tempo de recarga:
  - Conector básico: aproximadamente 35 h
  - Conector Walbox: aproximadamente 9h e 30 minutos
  - Conector rápido: aproximadamente 1h e 30 minutos



Figura 10 - Chevrolet Bolt  
(Fonte: Chevrolet)

## 8 SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

O sistema elétrico de potência – SEP – tem como função entregar energia elétrica aos consumidores, e é dividido em três segmentos: geração, transmissão e distribuição.

A geração de energia é a primeira etapa, onde faz-se a conversão de outras formas de energia – térmica, eólica, hidráulica, solar, etc – em energia elétrica. A segunda etapa é o transporte dessa energia elétrica, ou seja, entregar energia elétrica até os centros de consumo. E por último o sistema de distribuição, que tem a finalidade de levar energia elétrica até os consumidores finais.



Figura 11 – Esquemático Sistema Elétrico de Potência  
(Fonte: ANEEL)

A interligação dos sistemas regionais e mesmo nacionais tem grande importância, pois possibilita o intercâmbio de energia entre os diversos sistemas de acordo com as disponibilidades, o aumento da capacidade global das instalações de geração, o aumento da confiabilidade de abastecimento e a possibilidade de um despacho de carga único e mais eficiente (SIMON, 2013).

Mesmo com a interligação dos sistemas, o crescente número de carros elétricos cria um cenário sob o qual um grande número de baterias móveis deve ser incluído na rede elétrica de distribuição. Essas baterias podem causar impactos conforme o tempo que levam para recarregar, a hora em que são recarregadas, e a capacidade de serem descarregadas de volta à rede (ENGEL, HENSLEY, KNUPFER, & SAHDEV, 2018).

É inviável basear-se na premissa de que milhares de VEs serão inseridos na rede de energia somente através de carregamento noturno ou então da utilização da energia proveniente de usinas geradoras ociosas. Deve-se garantir que o sistema de distribuição esteja robusto o suficiente para suportar a adição dessas cargas a qualquer hora do dia no futuro.

Os VEs utilizam uma potência considerável, em especial se carregados em eletropostos do tipo 3. Portanto, a penetração desses veículos deve ser analisada, logo este trabalho irá analisar o impacto que a inserção dos VEs poderá causar nos sistemas de distribuição de média ( $1 \text{ kV} < V < 69 \text{ kV}$ ) e baixa tensão ( $V < 1 \text{ kV}$ ) em diversos cenários de carregamentos diferentes.

## **8.1 CURVA DE CARGA**

A demanda por energia elétrica varia conforme a hora do dia, portanto o mapeamento da curva de carga é fundamental, pois esta análise auxilia o planejamento do setor energético, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, visando à qualidade de entrega de energia, cálculos de perdas, previsão de demanda, estudos para cálculos de níveis de tensão futuros, tarifa e investimentos por parte das distribuidoras e concessionárias de energia.

A partir da curva de carga, é possível conhecer o perfil da demanda diária por energia elétrica das unidades consumidoras, que tem características diferenciadas de consumo, de acordo com a natureza de sua carga: residencial, comercial, industrial, rural, iluminação pública e serviço público. (P. V. S. QUEIROZ, 2011)

Portanto, devido a variação do consumo de energia com o tempo, optou-se por analisar os cenários de fluxo de potência, de MT e BT, nos horários de ponta e fora de ponta.

- Horário de Ponta: Ou “horário de pico”, é o período definido e composto por três horas diárias consecutivas, durante o qual o consumo de energia elétrica tende a ser maior. No caso da Copel, de 2ª a 6ª feira das 18h às 21h – demonstrado em cor laranja na Figura 11.

- Horário Fora de Ponta: Ou “horário fora de pico”, é o intervalo de tempo que não o de três horas consecutivas definidas no Horário de Ponta - demonstrado em cor azul na Figura 11.

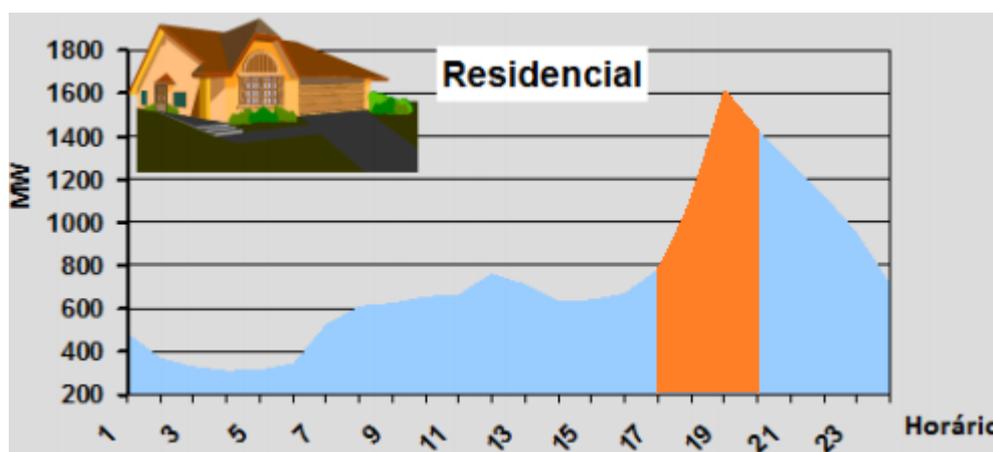


Figura 12 – Demonstração de curva típica de carga para consumidores residenciais.  
(Fonte: Mensuração do consumo de energia elétrica - P. V. S. QUEIROZ.)

## 9 OPEN DSS

Para a realização deste trabalho, utilizou-se um software de simulação de sistemas elétricos de potência orientado para a análise do sistema de distribuição de energia elétrica, o *OpenDSS (The Distribution System Simulator)*. Este é um programa desenvolvido pela empresa norte americana voltada a estudos de sistemas de energia, a EPRI – *Electric Power Research Institute* – e vem sendo aprimorado desde 1997.

O *OpenDSS* é um software livre que suporta análise em regime permanente utilizada em sistemas de distribuição para análise de circuitos polifásicos, análise de sistemas com geração distribuída, simulação de variação anual de carga e geradores, cálculos de fluxo

de potência, análise dos níveis de tensão, análise de harmônicos, estudos de faltas, entre outras.

A escolha do software deu-se, pois o *OpenDSS* encaixa-se à aplicação deste trabalho, permitindo a modelagem de um sistema que simule uma rede elétrica de distribuição. Através dele serão realizadas simulações para análise do fluxo de potência, de média e baixa tensão, considerando a penetração do VEs.

Quando a análise de fluxo de potência é finalizada, o software traz – de maneira didática - o resultado da inserção da carga no SEP, mostrando as perdas, tensões, fluxos e outras informações.

## **10 ANÁLISE DO IMPACTO ENERGÉTICO NA REDE**

Tendo conhecimento da situação atual e a crescente penetração dos carros elétricos, baseando-se em um alimentador genérico, será analisado o que ocorreria com o SEP se 6% da frota de veículos de uma região central de Curitiba forem elétricos. Assim, quando estes veículos forem colocados para carregar na rede, serão delineados oito casos, sendo quatro para baixa tensão e quatro para média tensão.

### **10.1 CÁLCULO DO FATOR DE POTÊNCIA**

Antes de iniciar as análises de fluxo de potência para todos os casos propostos, deve-se definir o fator de potência a ser utilizado. Para isso, utilizou-se um artigo sobre o FP em consumidores residenciais, realizado por três engenheiros eletrecistas em 2013.

Para estudar como se comporta o fator de potência de uma instalação elétrica residencial ao longo de um dia, foi necessário obter valores das potências ativas dos equipamentos eletroeletrônicos de uso residencial, bem como seus fatores de potência fornecidos pelos fabricantes. A medição foi realizada utilizando um medidor de potência, obtendo assim os valores de potências ativas, reativas e aparentes da instalação em intervalos de 15 minutos. Sendo assim, através das coletas das três potências, e da relação entre elas (triângulo de potências – Figura 13), encontrou-se um FP para cada instante de tempo.

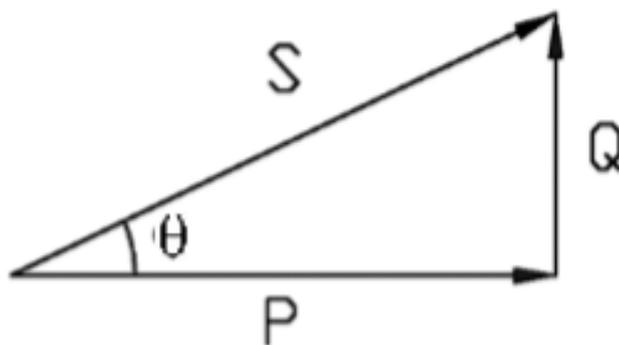


Figura 13 – Triângulo de potências.  
(Fonte: The power factor in residential consumer units.)

As Figuras 14 e 15, apresentam respectivamente, o comportamento do fator de potência medido durante os intervalos de tempo e o comparativo entre as energias ativa e reativa consumidas durante um dia.

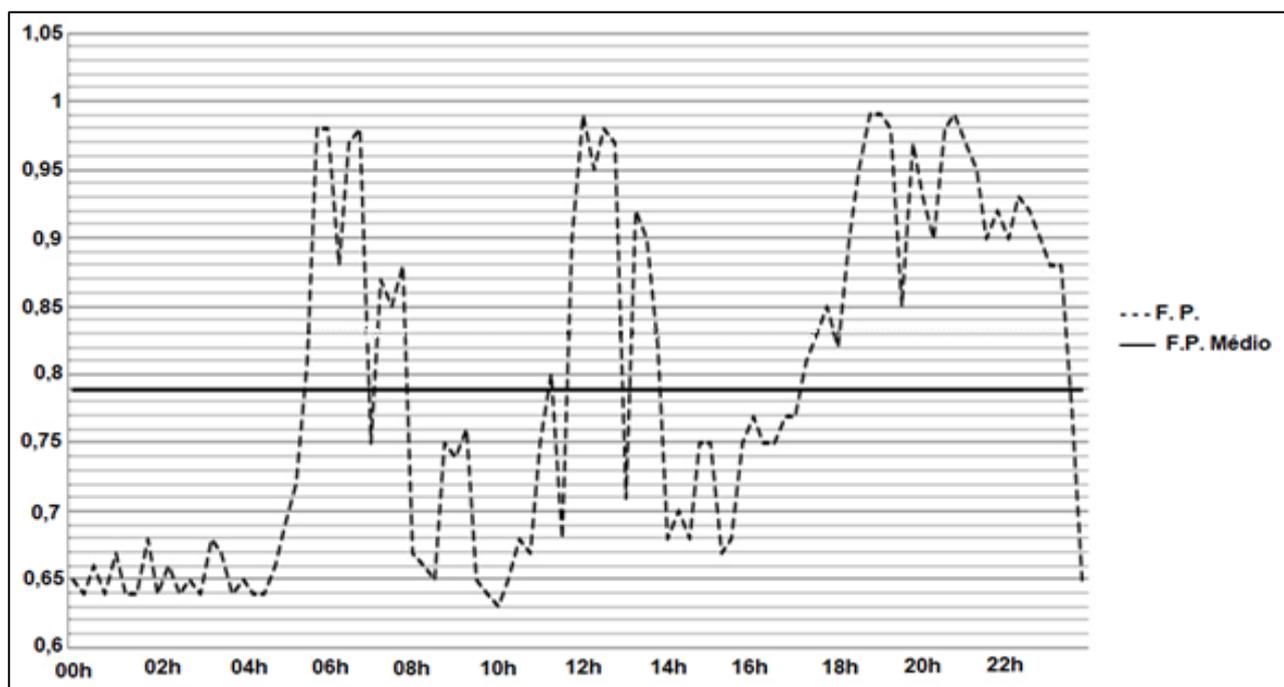


Figura 14 – Comportamento do FP durante intervalos de 15 min ao longo de um dia e FP médio (média de todas as medições realizadas).  
(Fonte: The power factor in residential consumer units.)

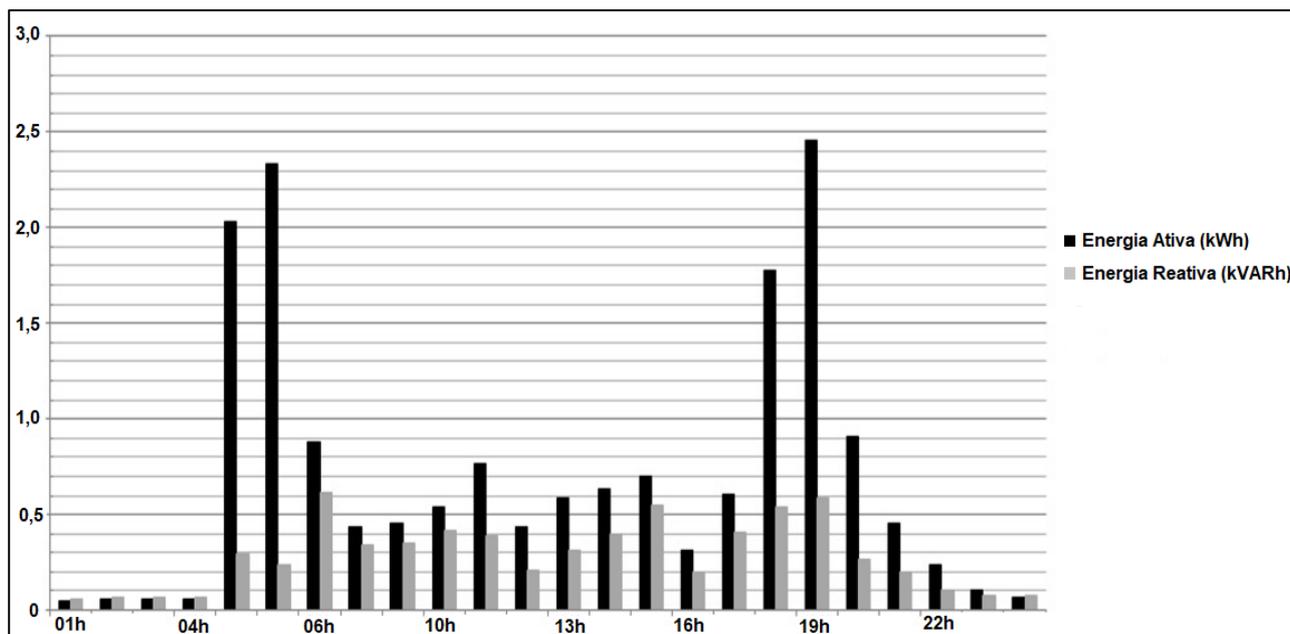


Figura 15 - Medição de consumo de energia medido de hora em hora em um dia.  
(Fonte: The power factor in residential consumer units.)

Tomando como base as medições e os FPs encontradas nas Figuras 14 e 15, percebe-se que há uma variação muito grande do fator de potência ao longo do dia, que ocorre devido à variabilidade do consumo de energia em uma instalação elétrica residencial. Portanto, seria inviável, simplesmente utilizar a média aritmética dos fatores de potência (Figura 14) para definir um FP para todas as simulações que serão realizadas.

Como os horários das análises de casos foram divididos em horário de ponta e fora ponta, realizou-se um cálculo de fator de potência médio ponderado para estes dois horários, onde, o FP médio ponderado é dado pelo somatório das multiplicações entre os fatores de potência e as cargas na hora da medição, divididas pelo somatório das cargas medidas, conforme demonstrado na Equação 1.

$$FP(\text{ponderado}) = \frac{\sum P * FP}{\sum P} \quad [\text{EQ. 1}]$$

As tabelas a seguir, foram construídas utilizando os dados de FP e consumo coletados do estudo citado anteriormente – Figuras 14 e 15. Através disso, foram encontrados dois fatores de potência, um para o horário de ponta e outro para horário fora ponta.

- Cálculo do FP médio ponderado para o horário de ponta:

<b>HORÁRIOS DE PONTA</b>			
Horário	P (Wh)	FP	P * FP
18H	1780	0,82	1459,6
19H	2460	0,99	2435,4
20H	910	0,95	864,5
21H	450	0,96	432,0
$\Sigma$	5600		5191,5
<b>FP Ponderado</b>			
$\frac{\Sigma(P*FP)}{\Sigma P}$		=	0,93

Tabela 1 - Tabela utilizada para cálculo do FP ponderado.  
(Fonte: Autoria própria)

- Cálculo do FP médio ponderado para o horário fora ponta:

<b>HORÁRIOS FORA PONTA</b>			
Horário	P (Wh)	FP	P * FP
22H	220	0,905	199,1
23H	100	0,88	88,0
00H	80	0,65	52,0
01H	50	0,67	33,5
02H	55	0,65	35,8
03H	50	0,64	32,0
04H	50	0,65	32,5
05H	2010	0,69	1386,9
06H	2350	0,93	2185,5
07H	890	0,75	667,5
08H	440	0,67	294,8
09H	450	0,74	333,0
10H	550	0,63	346,5
11H	528	0,73	385,4
12H	440	0,97	426,8
13H	600	0,71	426,0
14H	640	0,685	438,4
15H	700	0,72	504,0
16H	310	0,76	235,6
17H	610	0,77	469,7
$\Sigma$	11123		8572,99
<b>FP Ponderado</b>			
$\frac{\Sigma(P*FP)}{\Sigma P}$		=	0,77

Tabela 2 - Tabela utilizada para cálculo do FP ponderado.  
(Fonte: Autoria própria)

## 10.2 ESTUDOS DE CASO DE BAIXA TENSÃO

Diante do crescimento da utilização dos VEs, muitos empreendimentos já trazem, desde a planta, a possibilidade de instalação de pontos de carregamento. Já os condomínios mais antigos terão que se adaptar para atender a demanda dos moradores.

Logo, neste item, será analisado o sistema elétrico de potência de dois condomínios genéricos, ou seja, verificando se eles estão preparados para receber a futura demanda dos veículos elétricos.

Baseando-se no fato de que a maior penetração de VEs, inicialmente, se dará na região central e/ou em regiões mais nobres da cidade, devido ao custo do carro elétrico, serão utilizadas duas plantas genéricas de prédios de classe média/alta.

Primeiramente, utilizou-se o projeto elétrico de uma planta de um condomínio de 11 andares, sendo 4 apartamentos por andar (ou seja, totalizando 44 apartamentos), frequência padrão de 60 Hz, e um transformador de 75 kVA, que se encaixa nos padrões COPEL.

E um segundo prédio, aproximadamente três vezes maior, com 120 apartamentos, frequência padrão de 60 Hz e um transformador de 225 kVA (padrão COPEL).

Com isso, elaborou-se o diagrama unifilar (Figuras 17 e 18) para as duas plantas genéricas. Ambas, distribuídas em um sistema de oito barras, quatro cargas (QM1, QM2, QM3 e QM4) e um transformador de entrada definido, conforme a demanda do prédio, utilizando-se a norma da consseccionária, como mostra-se na Figura 16.

Código COPEL	Classe de Tensão Máxima kV eficaz	Potência (kVA)	Relação de Tensões	Corrente de Excitação Máxima (%)	Perdas Máximas (W)		Tensão de curto circuito a 75, 85 ou 95°C (%)	Tensão de Rádio interferência		Nível médio de ruído Máximo (dB)	Frequência nominal (Hz)	
					Em vazio	Totais		De ensaio (V)	Máxima (µV)			
20004333	15	15	60:1	4,0	75	370	3,5	8383	250	48	60	
20004355		30		3,6	130	630						
20004393		45		3,2	170	855						
20004412		75		2,7	255	1260						
20004452		112,5		2,5	335	1705						
20004456		150		2,3	420	2110						
20004480		225		2,1	560	2945	4,5					
20003065		300		1,9	810	4060						
20003097		500		1,6	1300	6400						
20004512		15		5,0	90	420				4,0		20958
20004516	30	4,4	145	700								
20004540	45	3,8	200	970								
20004546	75	3,4	280	1430								
20004561	112,5	3,0	385	1860								
-	150	2,8	475	2395	5,0							
-	225	2,5	655	3260								
-	300	2,2	790	4035								

Figura 16 – Características Elétricas para Transformadores Trifásicos à Óleo.  
(Fonte: COPEL - NTC 910020)

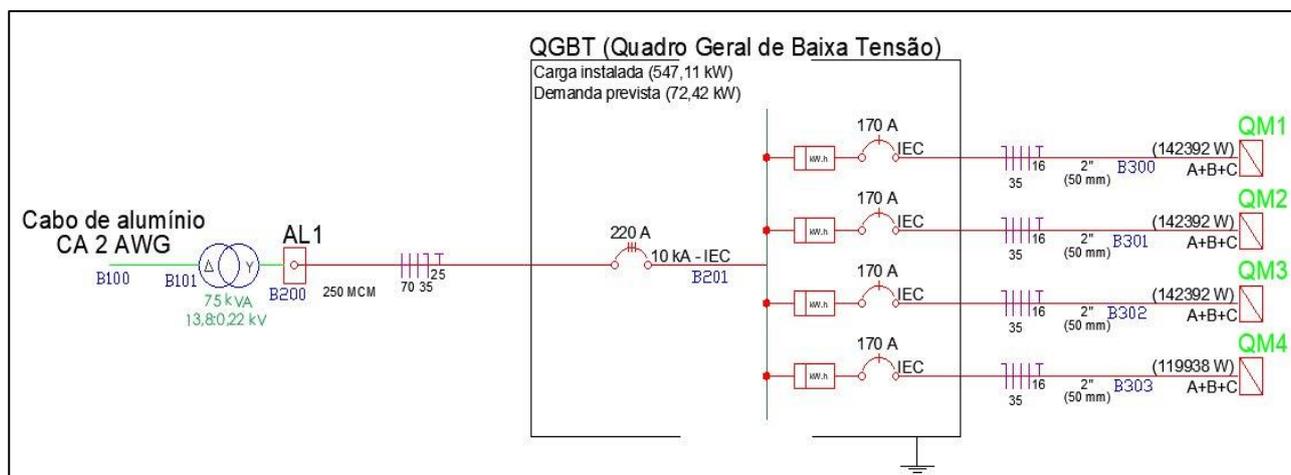


Figura 17 - Diagrama unifilar para uma planta de 44 apartamentos.  
(Fonte: Autoria própria)

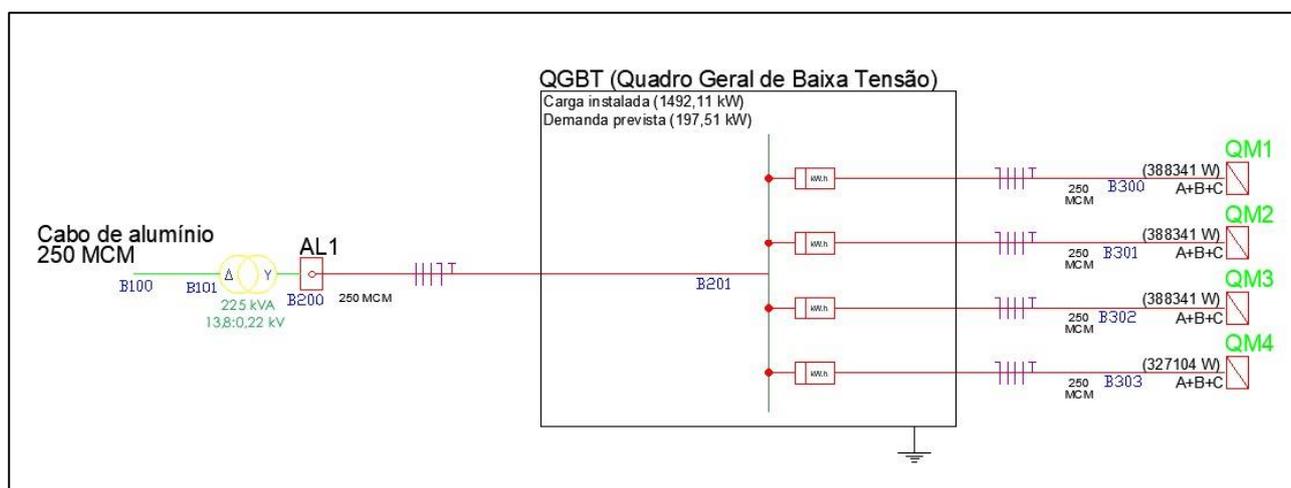


Figura 18 - Diagrama unifilar para uma planta de 120 apartamentos.  
(Fonte: Autoria própria)

### 10.2.1 CASO A: SITUAÇÃO ATUAL DA REDE DE BT NO HORÁRIO FORA PONTA

Este primeiro caso irá nos mostrar o comportamento atual do sistema elétrico para os prédios apresentados no item anterior.

Para elaboração do código via o software *OpenDSS* (Anexo A), foram utilizados os seguintes parâmetros:

- Prédio menor: 44 apartamentos, transformador 13,8/0,22 kV de 75 kVA, cabos CA 2 AWG, fator de potência ponderado para horário fora ponta de 0,77 (definido no item 10.1) e frequência de 60 Hz.

- Prédio maior: 120 apartamentos, transformador 13,8/0,22 kV de 225 kVA, cabos CA 2 AWG, fator de potência ponderado para horário fora ponta de 0,77 (definido no item 10.1) e frequência de 60 Hz.

A simulação do programa, nos trouxe o fluxo de potência dos condomínios para o horário entre 21 horas e 18 horas, ou seja, fora do horário de ponta, ainda sem a inserção de eletropostos para carregamento dos VEs nos condomínios.

O *OpenDSS* gera os resultados de correntes, potência, tensão nas barras por fase, perdas no circuito, todos os dados são fornecidos em arquivos no formato Txt, mas para facilitar a visualização dos resultados, somente os itens mais relevantes foram inseridos nas tabelas.

Os resultados inseridos nas Tabelas 3 e 4, trazem a potência e as perdas resultantes da simulação para o prédio de 44 apartamentos.

<b>BT fora de ponta – Prédio menor</b>					
<b>Barra</b>	<b>Carga</b>	<b>P (kW)</b>	<b>Q (kVar)</b>	<b>S (kVA)</b>	<b>FP</b>
B300	Load 1	9,1	7,5	11,8	0,77
B301	Load 2	9,1	7,5	11,8	0,77
B302	Load 3	9,1	7,5	11,8	0,77
B303	Load 4	7,6	6,3	9,9	0,77
<b>Total</b>		<b>34,9</b>	<b>28,8</b>	<b>45,3</b>	<b>-</b>

Tabela 3 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT, horário fora ponta, sem carga dos VEs.  
(Fonte: Autoria própria)

<b>Perdas no Transformador</b>				
<b>P (kW)</b>	<b>Q (kVar)</b>	<b>S (kVA)</b>	<b>FP</b>	<b>Perdas</b>
0,3	0,4	0,5	0,56	0,73 %

Tabela 4 - Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT, horário foraponta, sem a carga dos VEs.  
(Fonte: Autoria própria)

Nota-se que a potência consumida neste prédio para o horário fora ponta, não chega a 2/3 da potência suportada pelo transformador de entrada usado nesta planta. Além disso, percebe-se que as perdas nos cabos foram iguais a zero, logo foram desprezadas e consideras somente as perdas no transformador, que representam 0,73 %.

Já para o prédio maior, conforme os dados apresentados nas Tabelas 5 e 6, nota-se que a potência consumida neste condomínio fora do horário de ponta, é praticamente a metade da potência suportada pelo transformador de entrada do prédio. E as únicas perdas consideráveis são as do transformador (0,8 %).

BT fora de ponta – Prédio maior					
Barra	Carga	P (kW)	Q (kVar)	S (kVA)	FP
B300	Load 1	24,8	20,5	32,1	0,77
B301	Load 2	24,8	20,5	32,1	0,77
B302	Load 3	24,8	20,5	32,1	0,77
B303	Load 4	20,9	17,2	27,1	0,77
<b>Total</b>		<b>95,3</b>	<b>78,7</b>	<b>123,4</b>	<b>-</b>

Tabela 5 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT, horário fora ponta, sem carga dos VEs.  
(Fonte: Autoria própria)

Perdas no Transformador				
P (kW)	Q (kVar)	S (kVA)	FP	Perdas
0,8	0,7	1,0	0,75	0,80 %

Tabela 6 - Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT em horário fora de ponta, sem a carga dos VEs.  
(Fonte: Autoria própria)

### 10.2.2 CASO B: SITUAÇÃO ATUAL DA REDE DE BT NO HORÁRIO DE PONTA

O segundo caso a ser analisado, é o comportamento atual do sistema entre 18 horas e 21 horas. Ou seja, será simulado fluxo de potência no horário de ponta ainda sem a inserção de eletropostos para carregamento dos VEs nos condomínios.

Diante dos dados apresentados, foi gerado o código fonte para o *OpenDSS*, que utilizou os mesmos parâmetros do item 10.2.1, alterando-se somente o FP que foi definido como 0,93 para o horário de ponta.

Assim, rodando a simulação dos códigos (Anexo B), elaborou-se as tabelas 7 e 8 para o prédio menor e as tabelas 9 e 10 para o prédio maior, onde mostra-se a análise do fluxo atual para o sistema de BT dos dois prédios no horário de ponta.

<b>BT horário de ponta – Prédio menor</b>					
<b>Barra</b>	<b>Carga</b>	<b>P (kW)</b>	<b>Q (kVar)</b>	<b>S (kVA)</b>	<b>FP</b>
B300	Load 1	17,5	7,1	18,8	0,93
B301	Load 2	17,5	7,1	18,8	0,93
B302	Load 3	17,5	7,1	18,8	0,93
B303	Load 4	14,7	6	15,9	0,93
<b>Total</b>		<b>67,2</b>	<b>27,3</b>	<b>72,3</b>	<b>-</b>

Tabela 7 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, sem carga dos VEs.  
(Fonte: Autoria própria)

<b>Perdas no Transformador</b>				
<b>P (kW)</b>	<b>Q (kVar)</b>	<b>S (kVA)</b>	<b>FP</b>	<b>Perdas</b>
0,3	0,4	0,5	0,56	0,38 %

Tabela 8 – Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, sem a carga dos VEs.  
(Fonte: Autoria própria)

<b>BT horário de ponta – Prédio maior</b>					
<b>Barra</b>	<b>Carga</b>	<b>P (kW)</b>	<b>Q (kVar)</b>	<b>S (kVA)</b>	<b>FP</b>
B300	Load 1	47,7	19,3	51,4	0,93
B301	Load 2	47,7	19,3	51,4	0,93
B302	Load 3	47,7	19,3	51,4	0,93
B303	Load 4	40,1	16,2	43,3	0,93
<b>Total</b>		<b>183,2</b>	<b>74,1</b>	<b>197,5</b>	<b>-</b>

Tabela 9 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, sem carga dos VEs.  
(Fonte: Autoria própria)

<b>Perdas no Transformador</b>				
<b>P (kW)</b>	<b>Q (kVar)</b>	<b>S (kVA)</b>	<b>FP</b>	<b>Perdas</b>
0,8	0,7	1,0	0,75	0,42 %

Tabela 10 – Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, sem a carga dos VEs.  
(Fonte: Autoria própria)

Da mesma maneira que ocorre para o horário fora de ponta, as únicas perdas consideráveis nos circuitos, são as perdas do transformador.

Por outro lado, para este horário, percebe-se que a potência se aproxima à potência suportada pelo transformador, em ambos os prédios, o que leva a enxergar previamente que com a futura inserção de eletropostos nos condomínios, seria inviável os moradores fazerem as recargas dos VEs em horários de ponta.

### 10.2.3 CASO C: SITUAÇÃO DA REDE DE BT, COM CARREGAMENTO DOS VEs NO HORÁRIO FORA PONTA

Apesar de, a COPEL já ter uma previsão de que os futuros projetos de empreendimentos podem considerar para as instalações elétricas o espaço para instalação das estações de recarga, considerando aproximadamente 25% das vagas totais.

Conforme o crescimento da frota de VEs, definido no item 6, a simulação dos casos será baseada na frota estimadas para um futuro mais próximo, utilizando uma previsão de frota de 6% de VEs.

A simulação foi realizada (código fonte no Anexo C), utilizando os mesmos parâmetros do Caso A, exceto os fatores de potência, que para as cargas dos condomínios foram definidos como 0,77 e para os eletropostos FP unitário.

Além disso, para um prédio de 44 apartamentos, são necessárias no mínimo 44 vagas de estacionamento, sendo 6 % delas com eletropostos, portanto serão necessários no mínimo 3 eletropostos para este prédio. E por tratar-se de um condomínio “pequeno”, ou seja, transformador de 75 kVA, os 3 eletropostos inseridos serão de nível 1, potência de 3,7 kVA.

Na Tabela 11 encontram-se dos dados obtidos através da simulação, onde as barras B304, representam a inserção das vagas com eletropostos. Na Tabela 12, foram inseridas as perdas do circuito.

<b>BT fora de ponta com VEs – Prédio menor</b>					
<b>Barra</b>	<b>Carga</b>	<b>P (kW)</b>	<b>Q (kVar)</b>	<b>S (kVA)</b>	<b>FP</b>
B300	Load 1	9,1	7,5	11,8	0,77
B301	Load 2	9,1	7,5	11,8	0,77
B302	Load 3	9,1	7,5	11,8	0,77
B303	Load 4	7,6	6,3	9,9	0,77

B304 R-S	Load 5	3,7	0	3,7	1,0
B304 S-T	Load 6	3,7	0	3,7	1,0
B304 R-T	Load 7	3,7	0	3,7	1,0
<b>Total</b>		<b>46</b>	<b>28,8</b>	<b>56,4</b>	<b>-</b>

Tabela 11 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT em horário fora ponta, após inserção de eletropostos.  
(Fonte: Autoria própria)

<b>Perdas no Transformador</b>				
<b>P (kW)</b>	<b>Q (kVar)</b>	<b>S (kVA)</b>	<b>FP</b>	<b>Perdas</b>
0,3	0,4	0,5	0,56	0,55 %

Tabela 12 - Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT em horário fora ponta, com a inserção de eletropostos.  
(Fonte: Autoria própria)

Para o prédio maior, com 120 apartamentos, e com no mínimo 120 vagas de garagem, sendo 6 % das vagas com pontos de carregamento, calcula-se que deverá ser instalado no mínimo 7 eletropostos.

Quanto à potência dos carregadores de VEs, serão de nível 2, potência de 22 kVA, por tratar-se de um condomínio com maior potência.

Nas Tabelas 13 e 14 apresentam-se, respectivamente, os dados de potência e perdas no circuito. Sabe-se que as barras B304, B305 e B306, representam a inserção dessas vagas com eletropostos, portanto, tem-se:

<b>BT fora de ponta com VEs – Prédio maior</b>					
<b>Barra</b>	<b>Carga</b>	<b>P (kW)</b>	<b>Q (kVar)</b>	<b>S (kVA)</b>	<b>FP</b>
B300	Load 1	24,8	20,5	32,1	0,77
B301	Load 2	24,8	20,5	32,1	0,77
B302	Load 3	24,8	20,5	32,1	0,77
B303	Load 4	20,9	17,2	27,1	0,77
B304 R-S	Load 5	22	0	22	1,0
B304 S-T	Load 6	22	0	22	1,0
B304 R-T	Load 7	22	0	22	1,0
B305 R-S	Load 8	22	0	22	1,0
B305 S-T	Load 9	22	0	22	1,0

B305 R-T	Load 10	22	0	22	1,0
B306 R-S	Load 11	22	0	22	1,0
<b>Total</b>		<b>249,3</b>	<b>78,7</b>	<b>277,4</b>	<b>-</b>

Tabela 13 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT em horário fora ponta, após inserção de eletropostos.

(Fonte: Autoria própria)

<b>Perdas no Transformador</b>				
<b>P (kW)</b>	<b>Q (kVar)</b>	<b>S (kVA)</b>	<b>FP</b>	<b>Perdas</b>
0,8	0,7	1	0,75	0,31%

Tabela 14 - Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT em horário fora ponta, com a inserção de eletropostos.

(Fonte: Autoria própria)

Nota-se que, para ambos edifícios, a inserção dos eletropostos reduziram as perdas. E comparando-se com o caso A (situação atual, sem eletropostos) a potência aumentou significativamente.

#### 10.2.4 CASO D: SITUAÇÃO DA REDE DE BT COM CARREGAMENTO DOS VEs NO HORÁRIO DE PONTA

A simulação do SEP dos prédios em horário de ponta, após instalação dos eletropostos, difere-se do caso C, pelo fato de a carga das barras em que foram inseridos os pontos de carga serem consideravelmente maiores, e também pela utilização do FP ponderado calculado para o horário de ponta.

Com a simulação no OpenDSS (Anexo D), construiu-se as tabelas abaixo, com os resultados do fluxo de potência para os casos de prédio com menor e maior número de apartamentos (Tabelas 15 e 17), e também o comportamento das perdas dos transformadores para ambos os casos (Tabelas 16 e 18).

<b>BT horário de ponta com VEs – Prédio menor</b>					
<b>Barra</b>	<b>Carga</b>	<b>P (kW)</b>	<b>Q (kVar)</b>	<b>S (kVA)</b>	<b>FP</b>
B300	Load 1	17,5	7,1	18,8	0,93
B301	Load 2	17,5	7,1	18,8	0,93
B302	Load 3	17,5	7,1	18,8	0,93

B303	Load 4	14,7	6	15,9	0,93
B304 R-S	Load 5	3,7	0	3,7	1,0
B304 S-T	Load 6	3,7	0	3,7	1,0
B304 R-T	Load 7	3,7	0	3,7	1,0
<b>Total</b>		<b>78,3</b>	<b>27,3</b>	<b>83,4</b>	<b>-</b>

Tabela 15 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, após inserção de eletropostos.

Perdas no Transformador				
P (kW)	Q (kVar)	S (kVA)	FP	Perdas
0,3	0,4	0,5	0,56	0,33 %

Tabela 16 - Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, com a inserção de eletropostos.  
(Fonte: Autoria própria)

BT horário de ponta com VEs – Prédio maior					
Barra	Carga	P (kW)	Q (kVar)	S (kVA)	FP
B300	Load 1	47,7	19,3	51,4	0,93
B301	Load 2	47,7	19,3	51,4	0,93
B302	Load 3	47,7	19,3	51,4	0,93
B303	Load 4	40,1	16,2	43,3	0,93
B304 R-S	Load 5	22	0	22	1,0
B304 S-T	Load 6	22	0	22	1,0
B304 R-T	Load 7	22	0	22	1,0
B305 R-S	Load 8	22	0	22	1,0
B305 S-T	Load 9	22	0	22	1,0
B305 R-T	Load 10	22	0	22	1,0
B306 R-S	Load 11	22	0	22	1,0
<b>Total</b>		<b>337,2</b>	<b>74,1</b>	<b>351,5</b>	<b>-</b>

Tabela 17 - Resultado da análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, após inserção de eletropostos.  
(Fonte: Autoria própria)

Perdas no Transformador				
P (kW)	Q (kVar)	S (kVA)	FP	Perdas
0,3	0,4	0,5	0,75	0,23%

Tabela 18 - Resultado das perdas no transformador para análise do fluxo de potência de BT em horário de ponta, com a inserção de eletropostos.  
(Fonte: Autoria própria)

Para este caso, percebe-se, que as perdas também reduziram, porém a potência total do circuito ultrapassa a potência nominal dos transformadores de entrada dos edifícios.

### 10.3 ESTUDOS DE CASO DE MÉDIA TENSÃO

Para a análise de média tensão, o estudo foi realizado utilizando um alimentador genérico de 37 barras (distribuído em 35 linhas), conforme ilustra-se no diagrama unifilar apresentado na Figura 19, modelo padronizado pelo *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE).

Admitiu-se para este estudo, que o sistema está em equilíbrio e a frequência do sistema é constante, ou seja, será analisado em 60Hz, e em regime permanente. Após a definição dos parâmetros, foi criado o código para o software *OpenDSS*, considerando um barramento infinito e tensão base 13,8 kV.

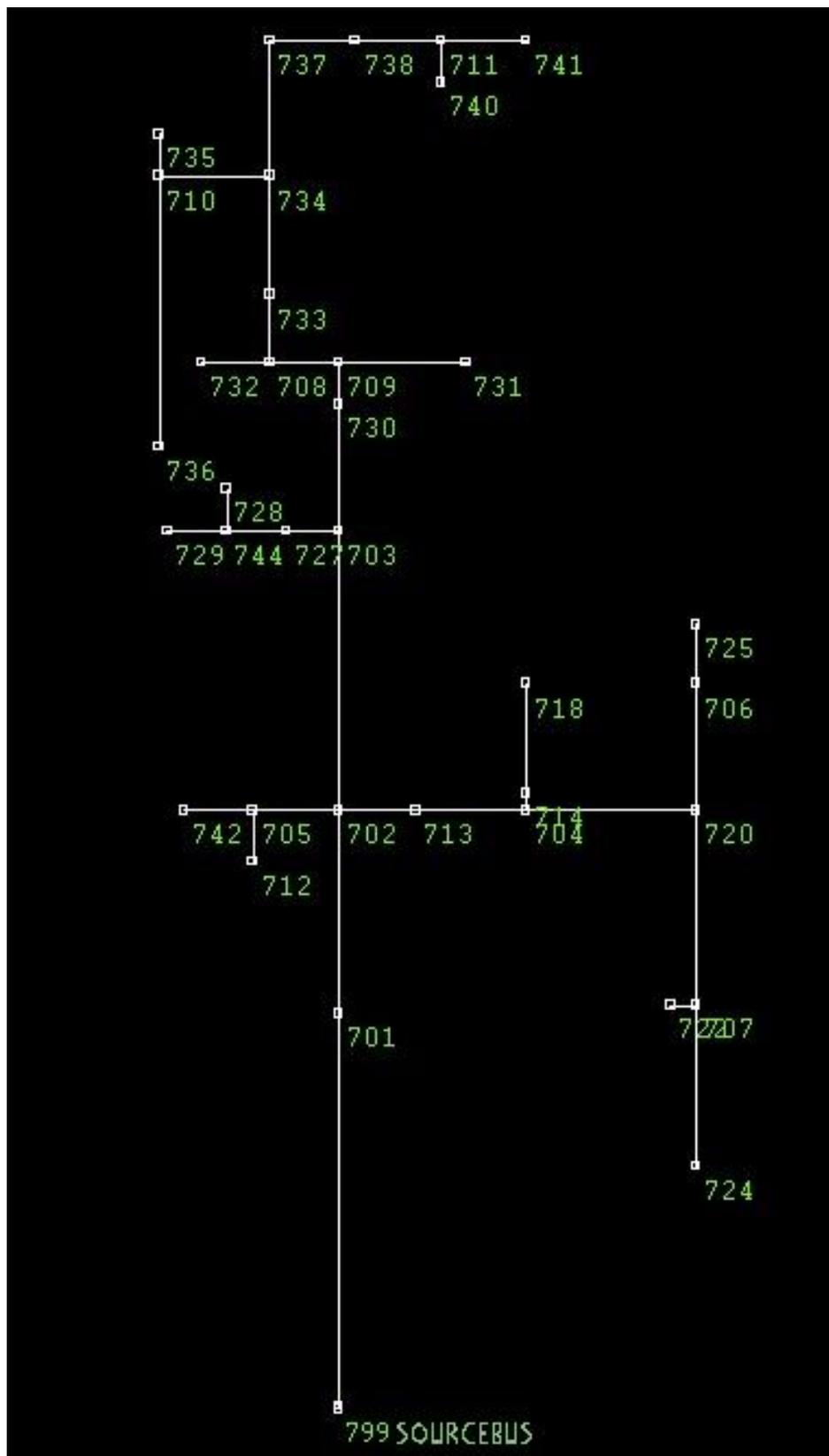


Figura 19 - Diagrama unifilar da rede IEEE de 37 Barras  
(Fonte: IEEE)

### 10.3.1 CASO E: SITUAÇÃO ATUAL DA REDE DE MT HORÁRIO FORA DE PONTA

Neste item, será simulado a análise do fluxo de potência sem a carga dos VEs, fora do horário de ponta. Assim, o *OpenDSS* trará os parâmetros do sistema atual.

Para este caso, admitiu-se o FP como 0,77 e a distribuição das cargas nas barras foram feitas utilizando 26 prédios de tamanhos e demandas diferentes, conforme mostra-se na Tabela 19.

Rodando a simulação do código (Anexo E), tem-se que:

- A carga total do circuito chega a 1,57 MW;
- Perda total do circuito é igual a 14,3 kW, ou seja, 0,91 %;
- Também está disponível a tensão e a corrente em cada fase.

Carga	Qtde de Apartamentos	Horário fora ponta
		Demanda (kW)
AP44	44	35,20
AP60	60	48,00
AP80	80	64,00
AP70	70	56,00
AP100	100	80,00
AP50	50	40,00
AP120	120	96,00
AP110	110	88,00
AP88	88	70,40
AP66	66	52,80
AP74	74	59,20
AP60_2	60	48,00
AP72	72	57,60
AP90	90	72,00
AP104	104	83,20
AP58	58	46,40
AP40	40	32,00
AP48	48	38,40

AP56	56	44,80
AP74_2	74	59,20
AP84	84	67,20
AP96	96	76,80
AP68	68	54,40
AP108	108	86,40
AP76	76	60,80
AP68_2	68	54,40
<b>TOTAL</b>		<b>1.571,20</b>

Tabela 19 – Dados da distribuição de cargas da simulação.  
(Fonte: Autoria Própria)

Além disso, as linhas *Line.20*, *Line.21*, *Line.31* e *Line.32* (Dispostas, respectivamente, entre as barras 711-741, 711-740, 738-711 e 737-738, conforme anexo na Figura 19) são as linhas onde ocorreram a maior queda de tensão.

### 10.3.2 CASO F: SITUAÇÃO ATUAL DA REDE DE MT NO HORÁRIO DE PONTA

Este caso, assemelha-se ao caso E, pois também mostrará uma análise do fluxo de potência do sistema atual, porém no horário entre 18h e 21h (horário de ponta).

Para este horário, a distribuição das cargas continua a mesma, porém o FP utilizado é igual a 0,93.

Através dos resultados obtidos pela simulação (Tabela 20), onde tem-se o código no Anexo F, mostra-se que:

- A carga total do circuito aumenta basicamente 50 %, chegando a 3,01 MW;
- A perda total do circuito é igual a 36,6 kW, ou seja, 1,22 %;

Carga	Qtde de Apartamentos	Horário de ponta
		Demanda (kW)
AP44	44	67,50
AP60	60	92,05
AP80	80	122,73

AP70	70	107,39
AP100	100	153,41
AP50	50	76,71
AP120	120	184,09
AP110	110	168,75
AP88	88	135,00
AP66	66	101,25
AP74	74	113,52
AP60_2	60	92,05
AP72	72	110,46
AP90	90	138,07
AP104	104	159,55
AP58	58	88,98
AP40	40	61,36
AP48	48	73,64
AP56	56	85,91
AP74_2	74	113,52
AP84	84	128,86
AP96	96	147,27
AP68	68	104,32
AP108	108	165,68
AP76	76	116,59
AP68_2	68	104,32
<b>Total</b>		<b>3.012,97</b>

Tabela 20 – Dados da distribuição de cargas da simulação.  
(Fonte: Autoria Própria)

A tensão e a corrente em cada linha também são obtidas através da simulação, esses dados serão mostrados com maior profundidade nos resultados do capítulo 11. Porém, através de um breve comparativo com o Caso F, nota-se que as linhas *Line.20*, *Line.21*, *Line.31* e *Line.32* continuam sendo os locais com maior queda de tensão. Além disso, percebe-se que em todas as barras a queda de tensão, neste caso, aumentou.

### 10.3.3 CASO G: SITUAÇÃO DA REDE DE MT COM CARREGAMENTO DOS VEs NO HORÁRIO FORA PONTA

Para os estudos de caso G e H (item 10.3.4) além das cargas dos prédios, já apresentadas (Tabelas 19 e 20), será considerado para todos os prédios no mínimo uma vaga de garagem por apartamento. E então, para cada prédio, o número de vagas com postos de carregamento de VEs será 6% do total de vagas.

Além disso, os tipos de eletropostos para as instalações privadas, foram definidos entre os níveis 1 e 2, de acordo com a potência ativa de cada prédio.

Já os eletropostos públicos utilizados (EPP01, EPP02, EPP03, EPP04), são baseados nos padrões instalados pela COPEL na via pública que liga Paranaguá a Foz do Iguaçu. Esses são pontos de carregamento nível 3, potência de 50 kW. Cabe ressaltar que os carregadores usados na eletrovia Paranaguá - Foz do Iguaçu servem para carga rápida de veículos elétricos, entretanto, não tem a mesma capacidade para carregamento de ônibus elétricos ou caminhões, que necessitam de sistemas com potências maiores (entre 150 e 350 kW).

A Tabela 21 exemplifica como foi obtida a relação entre e o número de vagas de garagem, quantidade de eletropostos, e potência dos pontos de carregamento.

<b>Carga</b>	<b>Qtde de Apartamentos</b>	<b>Nº Eletrop.</b>	<b>P eletrop. (kW)</b>
AP44	44	3	3,7
AP60	60	4	3,7
AP80	80	5	7,4
AP70	70	4	7,4
AP100	100	6	11
AP50	50	3	3,7
AP120	120	7	22
AP110	110	7	22
AP88	88	5	11
AP66	66	4	7,4
AP74	74	4	7,4
AP60_2	60	4	3,7
AP72	72	4	7,4

AP90	90	5	11
AP104	104	6	22
AP58	58	4	3,7
AP40	40	2	3,7
AP48	48	3	3,7
AP56	56	3	3,7
AP74_2	74	4	7,4
AP84	84	5	11
AP96	96	6	11
AP68	68	4	7,4
AP108	108	7	22
AP76	76	5	11
AP68_2	68	4	7,4
EPP01	-	1	50,0
EPP02	-	1	50,0
EPP03	-	1	50,0
EPP04	-	1	50,0

Tabela 21 – Distribuição de eletropostos.  
(Fonte: Autoria própria)

Apresentada a distribuição de eletropostos, gerou-se o código fonte (Anexo G) para realizar a análise do fluxo de potência do sistema de distribuição no horário que compreende entre 21 h e 18 h, ou seja, fora ponta. Para este horário utilizou-se FP de 0,77 para os prédios e FP unitário para os eletropostos.

Obteve-se uma carga total de 3,06 MW, perdas de 38,4 kW (1,25 %), além dos dados de corrente e queda de tensão por fase.

Também foi proposto uma segunda configuração, com a mesmas cargas, porém adicionando-se à rede mais um eletroposto público para ônibus elétricos (EPBUS01), de potência de 150 kW, onde os resultados de potência, e perdas foram, respectivamente 3,21 MW e 42,7 kW (1,33 %).

Na Tabela 22, mostrada abaixo, resume-se os resultados das potências obtidas para os casos citados nos dois parágrafos anteriores.

<b>Carga</b>	<b>Nº Eletrop.</b>	<b>P eletrop. (kW)</b>	<b>P Total (kW)</b>
AP44	3	3,7	46,30
AP60	4	3,7	62,80
AP80	5	7,4	101,00
AP70	4	7,4	85,60
AP100	6	11	146,00
AP50	3	3,7	51,10
AP120	7	22	250,00
AP110	7	22	242,00
AP88	5	11	125,40
AP66	4	7,4	82,40
AP74	4	7,4	88,80
AP60_2	4	3,7	62,80
AP72	4	7,4	87,20
AP90	5	11	127,00
AP104	6	22	215,20
AP58	4	3,7	61,20
AP40	2	3,7	39,40
AP48	3	3,7	49,50
AP56	3	3,7	55,90
AP74_2	4	7,4	88,80
AP84	5	11	122,20
AP96	6	11	142,80
AP68	4	7,4	84,00
AP108	7	22	240,40
AP76	5	11	115,80
AP68_2	4	7,4	84,00
EPP01	1	50	50,00
EPP02	1	50	50,00
EPP03	1	50	50,00
EPP04	1	50	50,00
<b>TOTAL</b>			<b>3.057,60</b>

EPBUS01	1	150	150,00
<b>TOTAL</b>			<b>3.207,6</b>

Tabela 22 - Dados da distribuição de cargas da simulação.  
(Fonte: Autoria Própria)

#### 10.3.4 CASO H : SITUAÇÃO DA REDE DE MT COM CARREGAMENTO DOS VEs NO HORÁRIO DE PONTA

Utilizando os dados das cargas dos prédios para o horário entre 18 h e 21 h (tabela 20), e adicionando-se as cargas dos quatro eletropostos públicos no sistema de distribuição, fez-se a análise dos sistema de média tensão para o caso em que a frota de VEs seja colocada para carregar no horário de ponta, conforme apresentam-se os dados das cargas na Tabela 23.

<b>Carga</b>	<b>Nº Eletrop.</b>	<b>P eletrop. (kW)</b>	<b>P Total (kW)</b>
AP44	3	3,7	78,60
AP60	4	3,7	106,85
AP80	5	7,4	159,73
AP70	4	7,4	136,99
AP100	6	11	219,41
AP50	3	3,7	87,81
AP120	7	22	338,09
AP110	7	22	322,75
AP88	5	11	190,00
AP66	4	7,4	130,85
AP74	4	7,4	143,12
AP60_2	4	3,7	106,85
AP72	4	7,4	140,06
AP90	5	11	193,07
AP104	6	22	291,55
AP58	4	3,7	103,78
AP40	2	3,7	68,76
AP48	3	3,7	84,74

AP56	3	3,7	97,01
AP74_2	4	7,4	143,12
AP84	5	11	183,86
AP96	6	11	213,27
AP68	4	7,4	133,92
AP108	7	22	319,68
AP76	5	11	171,59
AP68_2	4	7,4	133,92
EPP01	1	50,0	50,00
EPP02	1	50,0	50,00
EPP02	1	50,0	50,00
EPP04	1	50,0	50,00
<b>TOTAL</b>			<b>4.499,37</b>
EPBUS01	1	150	150,00
<b>TOTAL</b>			<b>4.649,37</b>

Tabela 23 - Dados da distribuição de cargas da simulação.  
(Fonte: Autoria Própria)

Através dos resultados da Tabela 23, nota-se que com um sistema utilizando uma potência de 4,5 MW, perdas de 76,4 kW (1,7%). E adicionando-se um posto de recarga de ônibus (EPBUS01) tem-se 4,65 MW de potência, 82,6 kW (1,78%) de perdas.

## 11 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 11.1 ANÁLISE DE RESULTADOS DE BAIXA TENSÃO

As simulações em baixa tensão foram realizadas em dois casos extremos, ou seja, com um prédio com poucos apartamentos e um prédio quase três vezes maior.

A análise no âmbito de baixa tensão teve o intuito de verificar a viabilidade da inserção de eletropostos em prédios que não foram projetados para receber tal carga.

Nos resultados da simulação fora dos horários de ponta, para o edifício de 44 apartamentos, nota-se que não seria necessário fazer nenhum tipo de controle dos eletropostos por parte do condomínio, ou seja, a carga adicional causada pela inserção dos

três eletropostos de 3,7 kW seriam suportadas pelo transformador já instalado de 75 kVA. Porém, nota-se que para o horário de ponta, através do uso simultâneo dos carregadores de VEs, a carga ultrapassaria em 11,2 % a potência suportada pelo transformador de entrada do prédio, conforme observa-se na Figura 20.

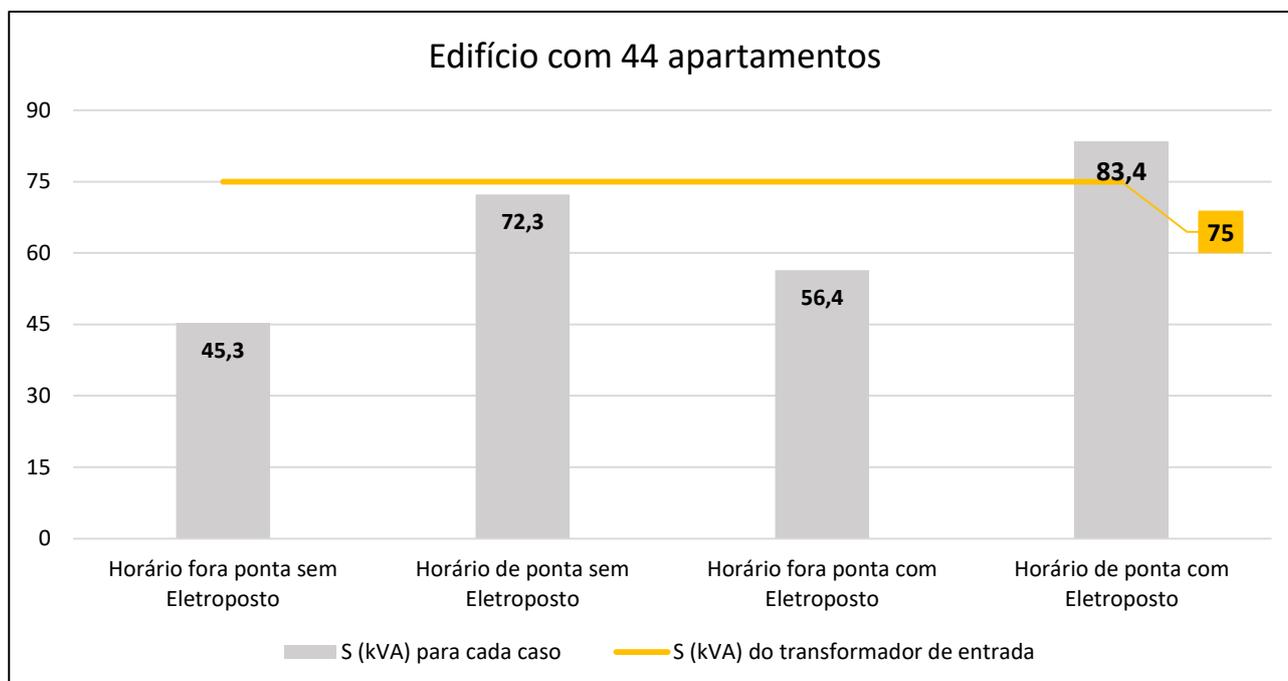


Figura 20 - Comparativo entre as demandas de potências aparente antes e após a inserção dos eletropostos.  
(Fonte: Autoria própria)

Em teoria, mesmo com essa sobrecarga, os eletropostos poderiam ser instalados sem que nenhuma alteração na instalação elétrica fosse necessária, pois o transformador aguentaria o excesso de potência nas 3 horas dos dias úteis (18 h às 21h).

Todavia, a longo prazo, este excesso de carga acarretará na diminuição da vida útil do transformador, sendo necessário a troca antecipada do mesmo. Portanto, para não interferir na vida útil do transformador de entrada, a solução mais viável seria a utilização de eletropostos inteligentes, limitando a potência máxima de acordo com o horário de utilização, liberando a potência máxima em horário fora de ponta e limitando a potência em horário de ponta.

Para o edifício maior (120 apartamentos), verifica-se que a inserção dos sete eletropostos de 22 kW, mesmo em horário fora de ponta, caso os moradores os utilizem ao mesmo tempo, geraria uma sobre carga no sistema, pois a demanda ultrapassaria em mais de 23,3 % a potência nominal do transformador (225 kVA). Já para o horário de ponta, a

inserção dos pontos de carregamento, ultrapassa em 56,2% da capacidade do transformador de entrada, tornando inviável a utilização de 7 eletropostos de 22kW conforme mostra-se na Figura 21.

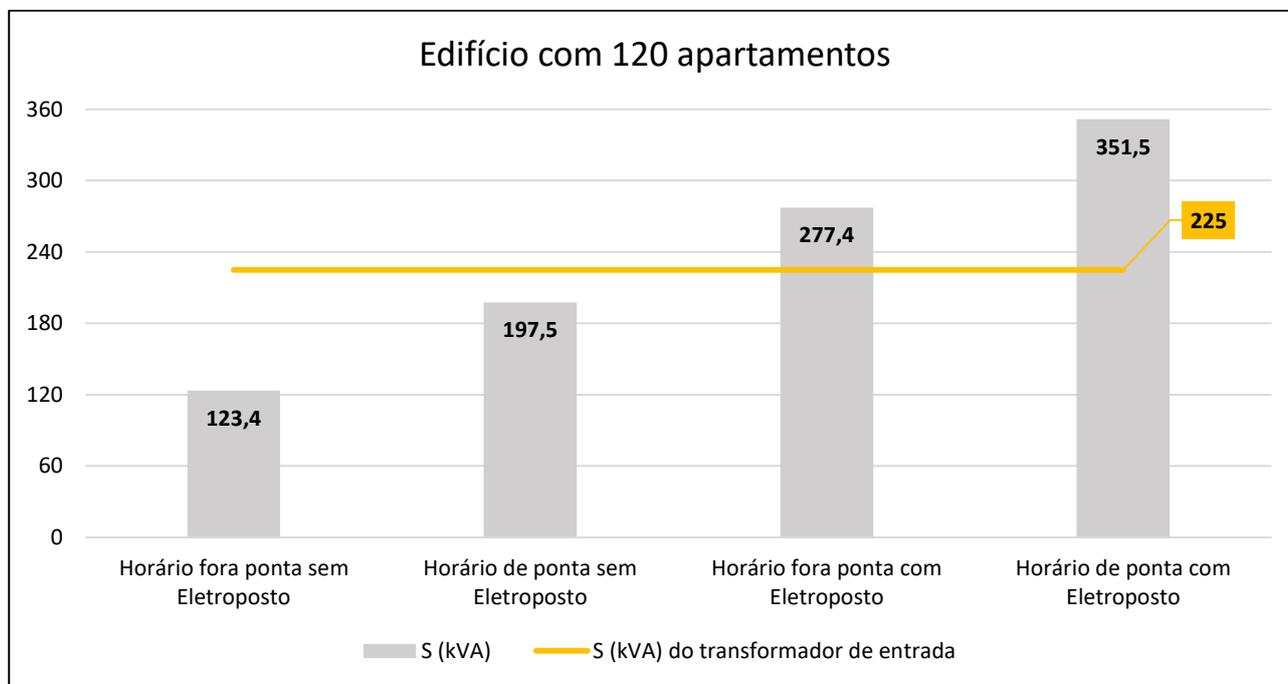


Figura 21 - Comparativo entre as demandas de potências aparente antes e após a inserção dos eletropostos.  
(Fonte: Autoria Própria)

Portanto, para que não seja necessário realizar a troca do transformador de entrada, a solução mais viável seria utilizar eletropostos de menor potência vinculado à instalação de redes inteligentes, para limitar a potência de acordo com o horário.

Para todos os casos analisados, o cenário ideal seria a troca do transformador de entrada que já estão instalados nos prédios. Pois nota-se em uma análise “conservadora”, ou seja, com penetração de apenas 6% das vagas de garagem com eletroposto, um grande aumento na demanda de energia, conforme resultados mostrados nas Figuras 20 e 21.

A utilização dos VEs crescendo exponencialmente, e sendo uma certeza para o futuro, a COPEL disponibilizou recentemente uma norma onde prevê que as futuras instalações podem considerar em até 25% das vagas com eletropostos. Fato o que aumentaria ainda mais essa sobrecarga nos trafos.

**“...Além disso, o ideal é que também seja previsto em pelo menos 25% das vagas totais, infraestrutura para atendimento futuro às estações de recarga. Ou seja, o projeto do empreendimento deve considerar a instalação de eletrodutos, caixas de**

**passagem, painéis, espaço para instalação das estações de recarga, entre outros, em 25% das vagas totais. A subestação de entrada e os painéis gerais de distribuição, também já podem prever esta possibilidade futura de aumento de carga...”**

Logo, a troca dos transformadores atuais por transformadores de maior potência e a troca das proteções, faria com que todos os eletropostos pudessem ser utilizados ao mesmo tempo com potência máxima, sem que houvesse sobrecarga. E ainda suportaria a inserção de um número maior de pontos de recarga num futuro mais distante, conforme prevê a COPEL.

Porém, sabe-se que a troca da instalação é muito custosa, o que para um futuro próximo a torna inviável, e portanto a solução imediata seria a utilização de redes elétricas inteligentes, conhecidas como Smart Grid, que podem operar associadas a eletroposto inteligentes, e controlar a demanda de energia para a recarga das baterias.

Além dos dados de potência, obteve-se através do software, o percentual de perdas no circuito, conforme mostra-se nas Figuras 22 e 23. Percebe-se que para ambos os edifícios a inserção de eletroposto faz com que reduzam as perdas, devido ao fato de os eletropostos terem FP considerados unitários.

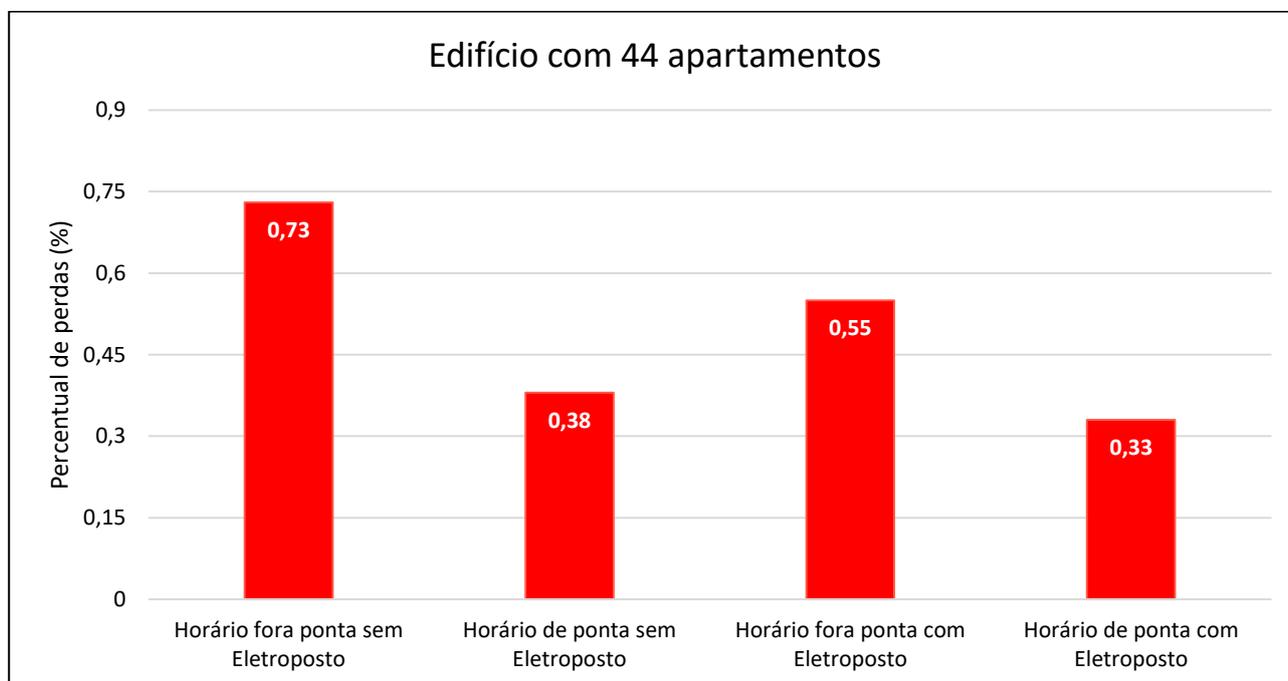


Figura 22 - Comparativo entre o percentual de perdas no circuito antes e após a inserção dos eletropostos. (Fonte: Autoria Própria)

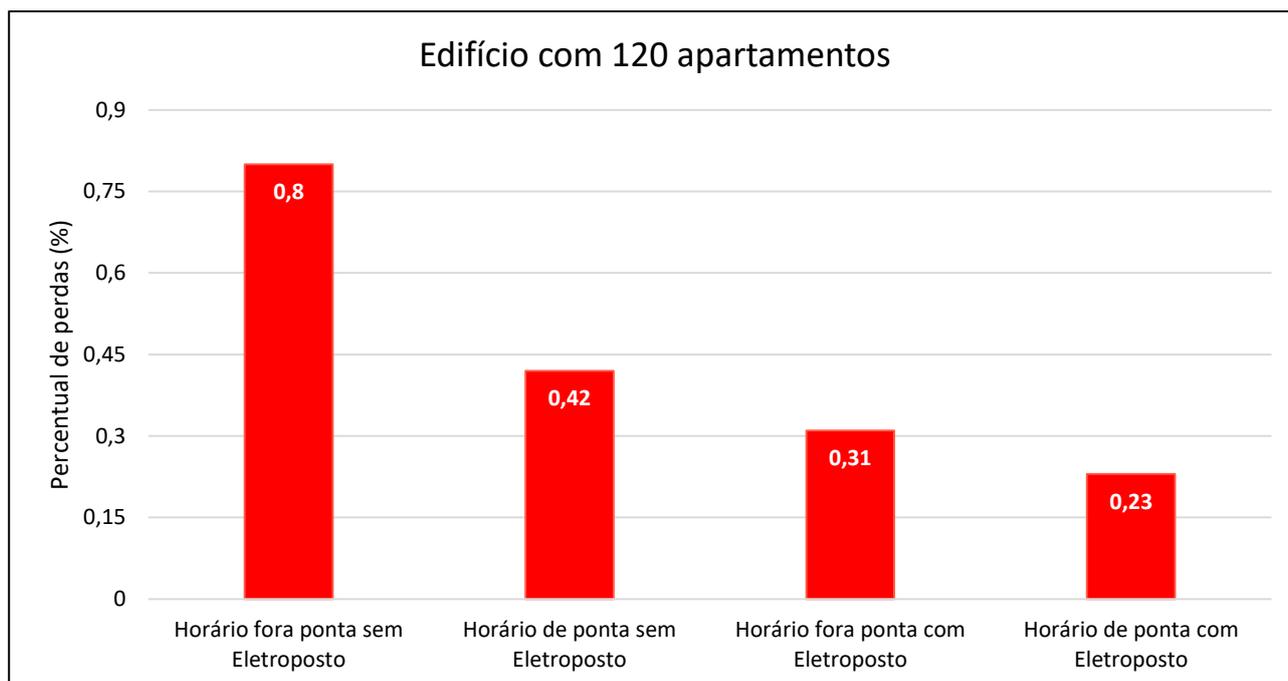


Figura 23 - Comparativo entre o percentual de perdas no circuito antes e após a inserção dos eletropostos. (Fonte: Autoria Própria)

## 11.2 ANÁLISE DE RESULTADOS DE MÉDIA TENSÃO

Na Figura 24 mostra-se a potência que as cargas analisadas consomem, nos cenários atual e futuro, com penetração de 6 % das vagas de edifícios com eletropostos, mais 4 eletropostos públicos, e com um eletroposto para ônibus.

Observa-se que os VEs sendo carregados em horário de ponta, aumenta em 50 % a carga do sistema do atual sistema. Se considerado o eletroposto de carga rápida para os ônibus, esse aumento vai para 54 %.

Por sua vez, quando se compara o cenário em que os eletropostos são utilizados fora do horário de ponta, com o cenário atual no horário de ponta (sem VEs), tem-se um aumento de aproximadamente 7 % no consumo. Ou seja, conclui-se que o carregamento dos VEs fora do horário de ponta exige pouco da infraestrutura atual suportada pelo sistema. Logo, nota-se que o alimentador não sofreria com sobrecarga após a penetração de 6 % da frota de VEs.

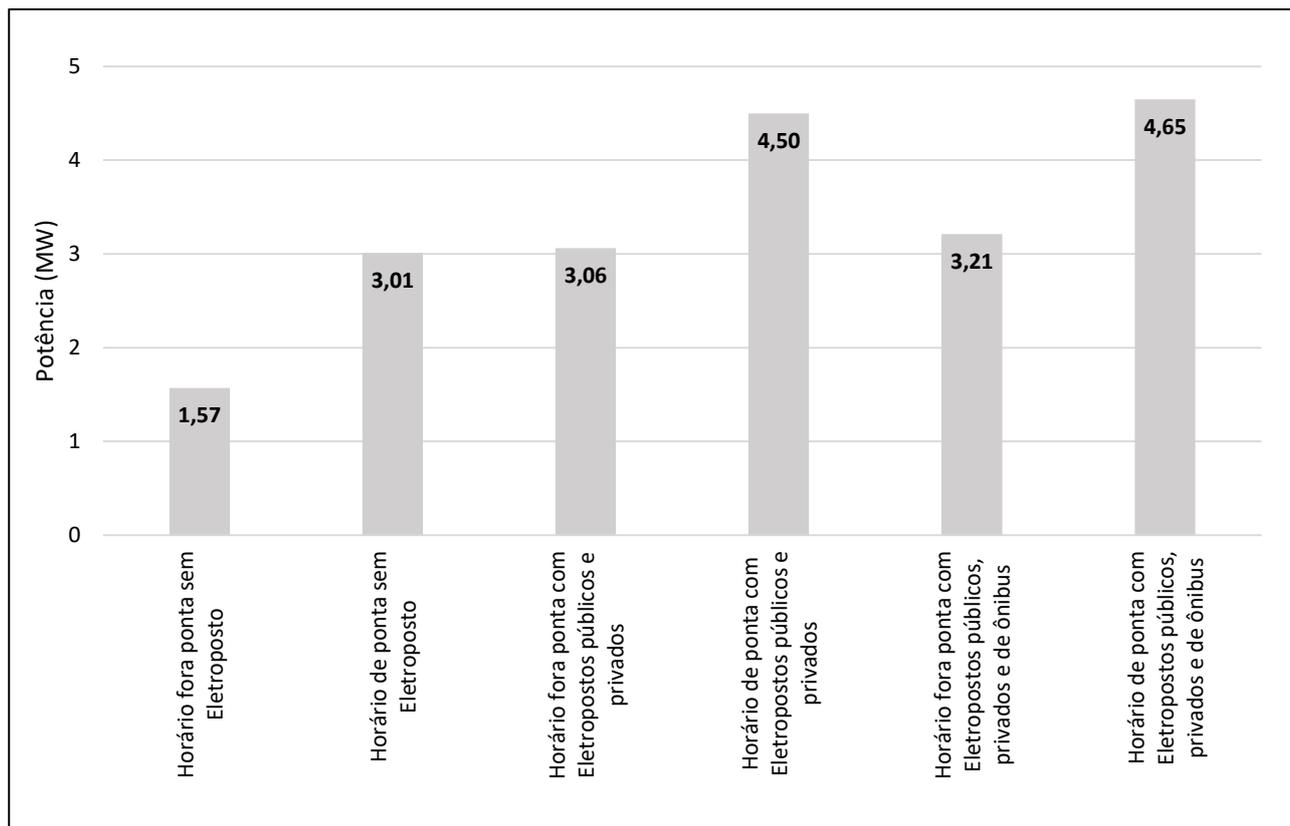


Figura 24 – Fluxo de potência no ramal.  
(Fonte: Autoria Própria)

Na Figura 25, faz-se o comparativo entre as perdas no sistema (novamente nos cenários atual do alimentador e nos cenários futuros, com penetração dos VEs).

Nota-se que os casos em horário de ponta, após a inserção dos eletropostos privados, públicos e de ônibus, são os cenários que apresentam maiores perdas. Apesar, de os eletropostos serem cargas bastante resistivas, ou seja, FP muito próximo de 1 (fato esse que deveria fazer com que as perdas no circuito reduzissem), isso ocorre devido ao grande aumento da corrente em algumas linhas (Figuras 26 e 27).

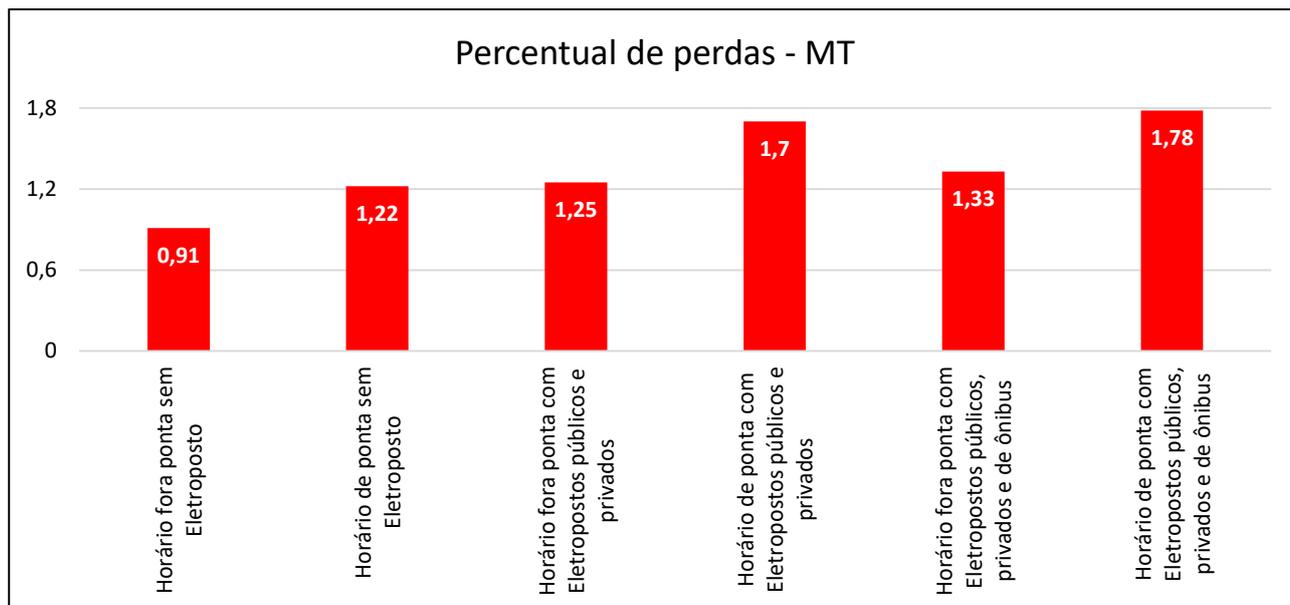


Figura 25 – Percentual de perdas no sistema de média tensão.  
(Fonte: Autoria Própria.)

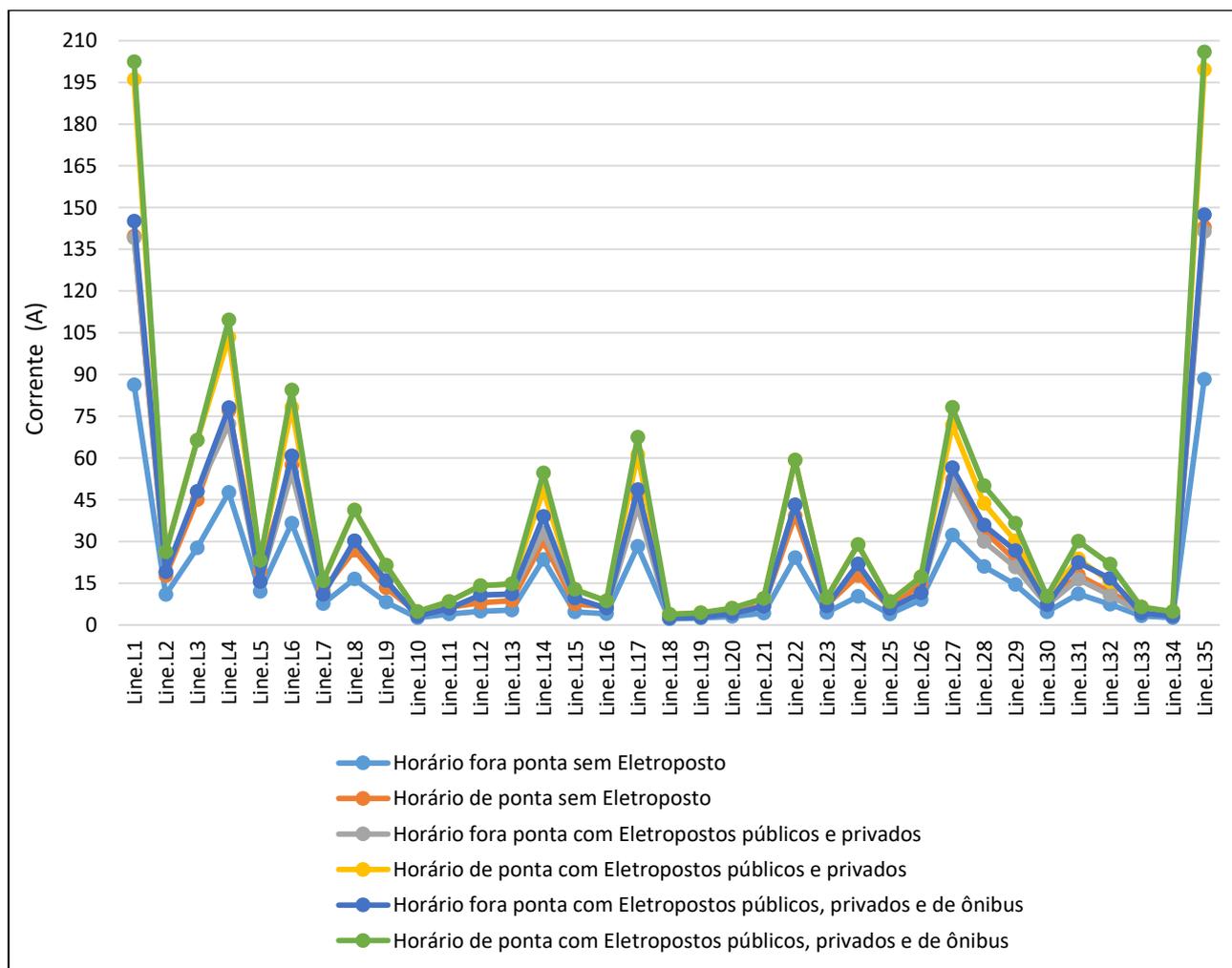


Figura 26 – Comparativo entre as correntes nas linhas para os seis diferentes casos.  
(Fonte: Autoria própria)

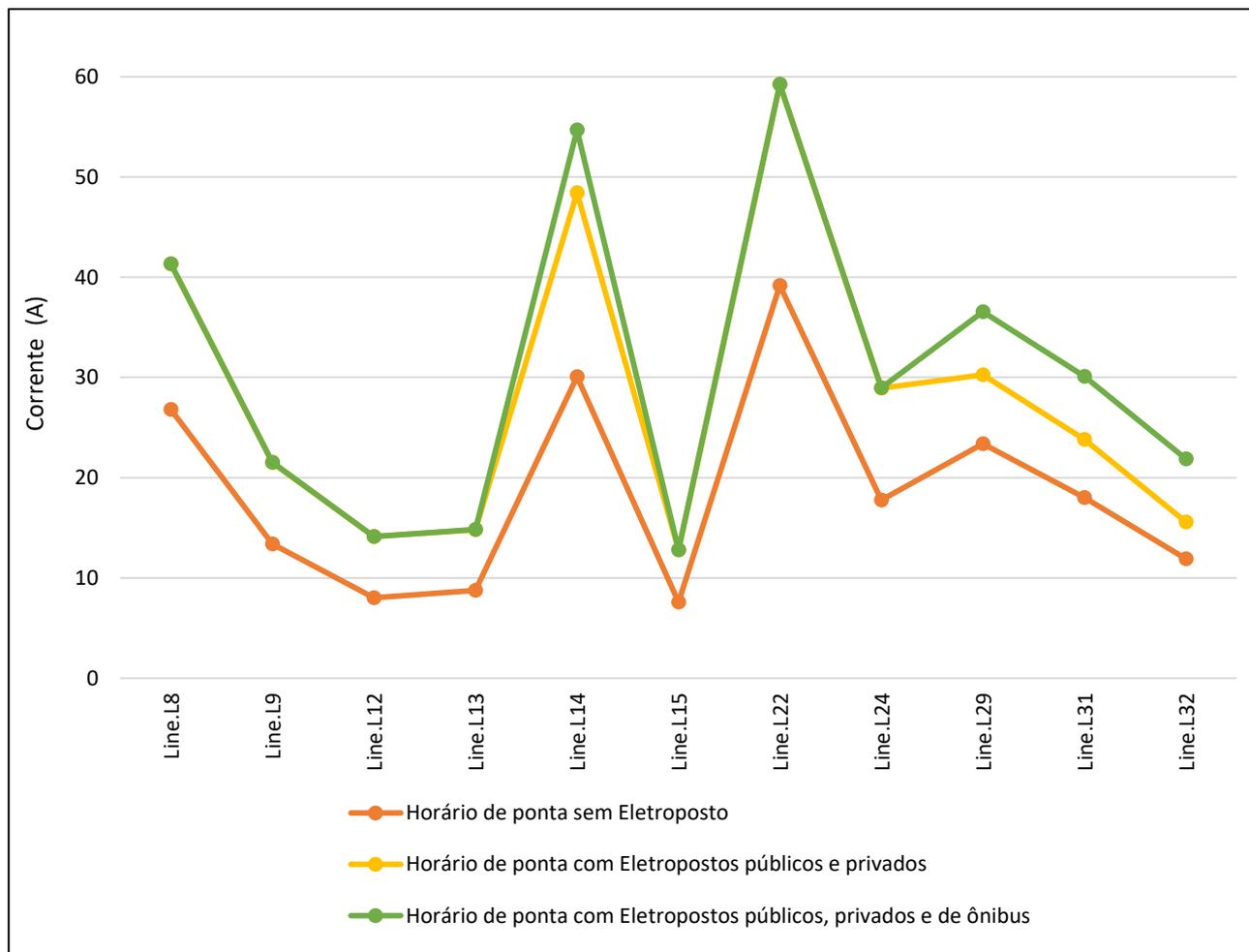


Figura 27 - Comparativo entre as corrente nas linhas com maior percentual de aumento de corrente. (Fonte: Autoria Própria)

Comparando-se os cenários em horário de ponta, conforme a Figura 27, percebe-se que em algumas linhas (*Line.L8*, *Line.L9*, *Line.L12*, *Line.L13*, *Line.L14*, *Line.L15*, *Line.L22*, *Line.L24*, *Line.L29*, *Line.L31*, *Line.L32*), o aumento da corrente é maior que 50 %, esse aumento significativo na corrente é o que faz com que os circuitos tenham maiores perdas.

Além disso, as linhas *Line.L1* e *Line.L35*, por mais que esse aumento de corrente seja inferior a 50 %, após a inserção dos eletropostos as correntes no circuito se aproximam de 200 A, sendo suportada pelo cabo 225 A. O que se leva a concluir que em uma futura penetração de VEs maior que 6 % (15 % por exemplo), os cabos dessas duas linhas terão que ser trocados por cabos com maior capacidade.

Outra informação importante dada pelo software, é o perfil de tensão (dados em p.u.), apresentado nas Figuras 28 e 29, ambos para o horário de ponta.

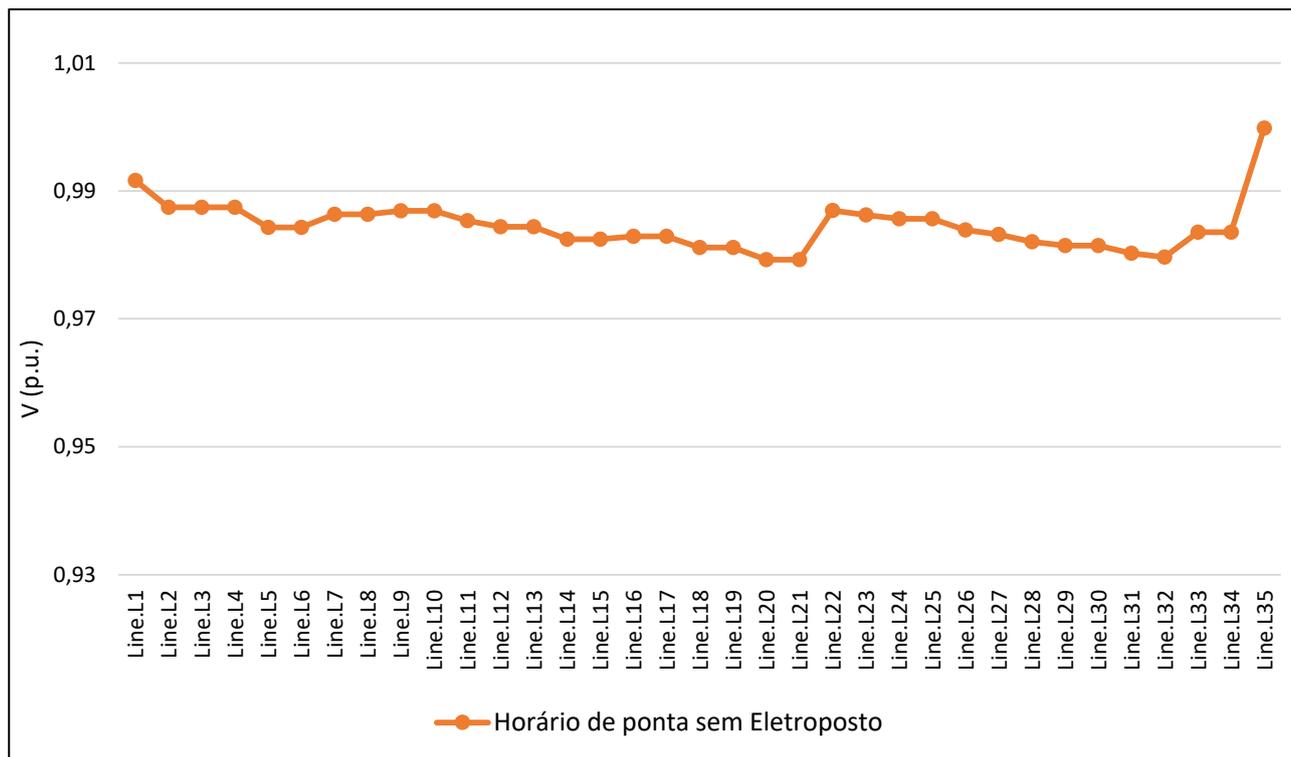


Figura 28 – Perfil de tensão, do alimentador genérico atual.  
(Fonte: Autoria própria)

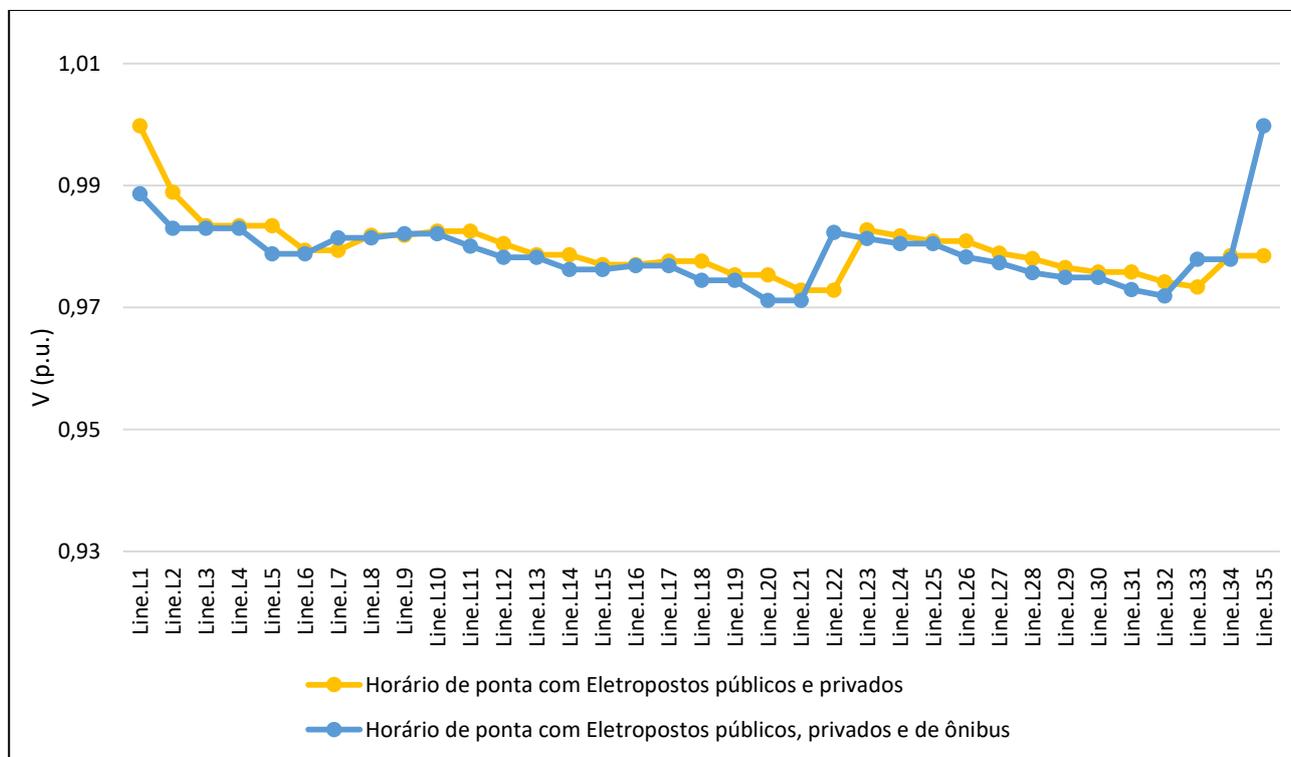


Figura 29 - Perfil de tensão, do alimentador após inserção de eletropostos privados e públicos.  
(Fonte: Autoria própria)

Segundo o ONS, para média tensão ( $1 \text{ kV} < V < 69 \text{ kV}$ ), os limites mínimo e máximo para as tensões nas barras devem estar entre 0,93 e 1,05 p.u., conforme apresentado na Figura 30.

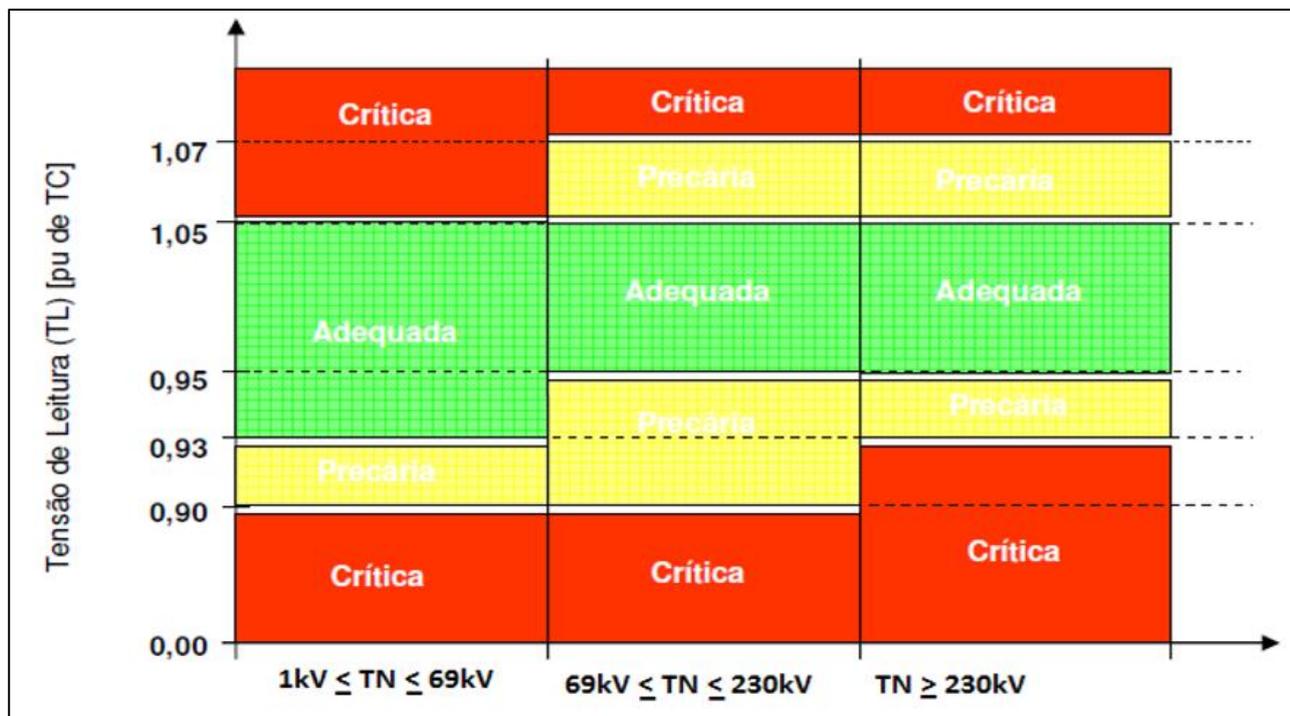


Figura 30 - Perfil classificação da tensão de atendimento a partir da tensão de leitura, para diferentes valores de tensão nominal do ponto de observação da tensão.  
(Fonte: ONS)

Portanto, através da Figura 31, conclui-se que o perfil de tensão, para todos os cenários de média tensão, encontra-se dentro dos limites aceitáveis.

Pelos dados obtidos nesta simulação, nota-se também que quanto maior a carga do sistema, maior é a queda de tensão, ou seja, no futuro a inserção de uma maior frota de VEs, conseqüentemente aumento da carga, acarretará em uma maior queda de tensão no sistema.

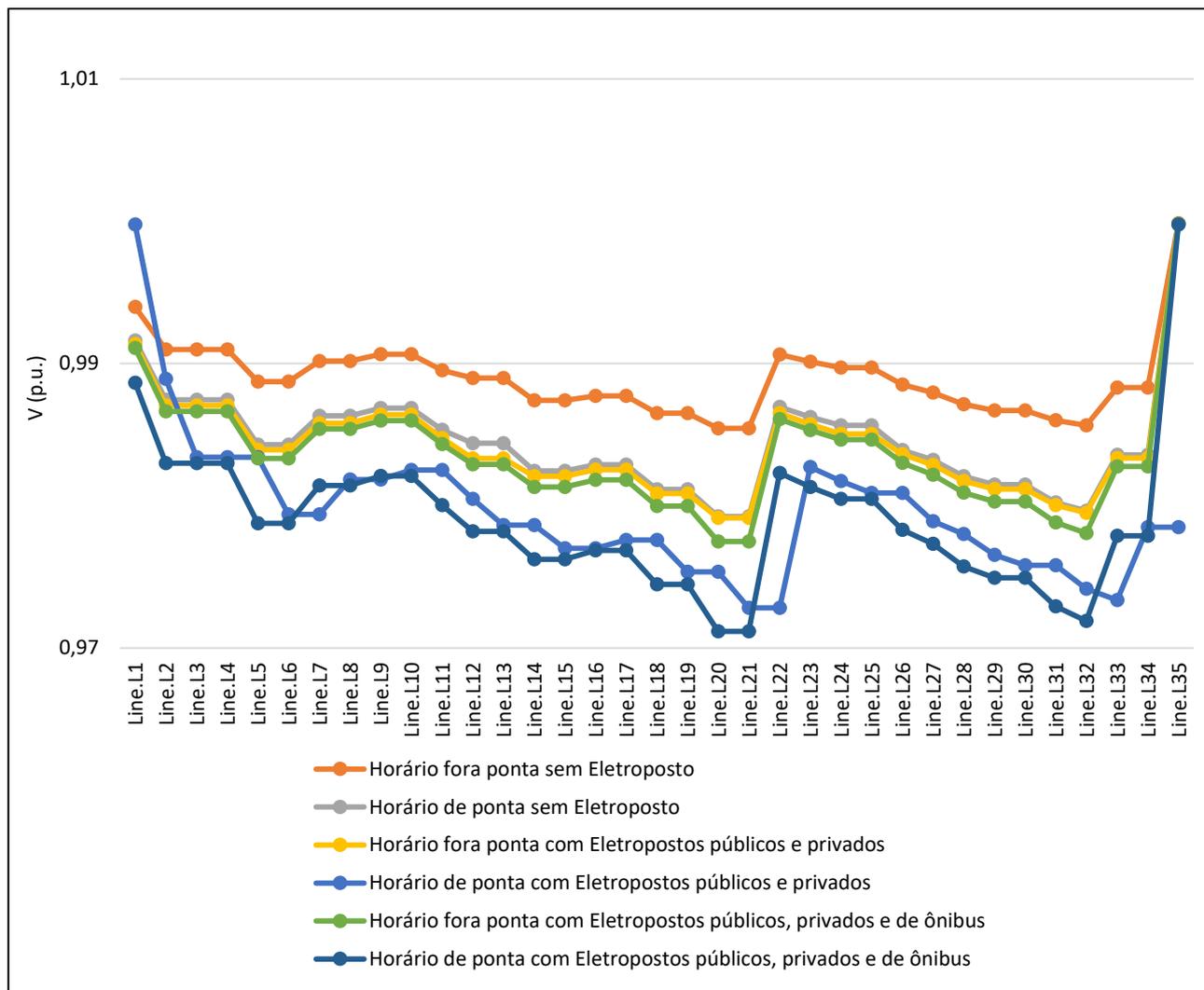


Figura 31 – Perfil de tensão para todos os cenários de média tensão simulados.  
(Fonte: Autoria própria)

## 12 CONCLUSÃO

Com as análises do fluxo de potência, realizadas através das simulações via *OpenDSS*, para diversos cenários em média e baixa tensão antes e após a inserção de eletropostos, confirma-se que o uso dos VEs aumentará consideravelmente a demanda de energia elétrica. Além disso, percebe-se que após a penetração desses veículos o maior problema encontra-se nas redes de baixa tensão, dentro de condomínios.

Nota-se que com uma frota de 6% de VEs, não haveria necessidade de readequação das linhas do sistema de média tensão por parte da empresa de distribuição, somente para os consumidores finais em baixa tensão. As linhas de distribuição de 13,8 kV suportariam sem dificuldade o aumento da demanda pela corrente adicional e queda de tensão nas linhas, não entrando no nível de tensão precária.

Apesar de ser o ponto mais crítico, no cenário de baixa tensão, se forem utilizados eletropostos de menor potência e fora de horário de ponta, todos poderiam ser utilizados simultaneamente sem que houvesse sobrecarga dos transformadores. Porém, quando instalados os carregadores de maior potência (semirrápidos e rápidos), mesmo em horários fora de ponta, ocorreria sobrecarga. Já em horário de ponta os eletropostos não poderiam ser utilizados de forma simultânea, não importando a potência dos mesmos, por isso sugere-se a proposta de instalação de equipamentos inteligentes, que são capazes de limitar a potência de acordo com o horário.

Os veículos elétricos contribuem com uma maior preservação ambiental, porém ainda necessitam de maiores estudos e investimentos. Mesmo assim, o mercado está em constante crescimento e conquistando estabilidade no setor automotivo. Por isso é impensável que os condomínios mais antigos se adequem a essa realidade, procurando soluções mais viáveis economicamente, como instalação de eletropostos inteligentes com controle de utilização dos mesmos. Já as novas construções devem prever esse aumento de demanda em seu projeto elétrico.

É importante ressaltar que este estudo se baseou numa taxa de inserção pequena, “conservadora”. Assim, a curto prazo, as linhas de média não seriam afetadas. Porém a médio e longo prazos novos estudos de fluxo de potência serão necessários, para que possam ser reavaliadas suas capacidades, tendo em vista que o crescimento de VEs é exponencial.

### **13 TRABALHOS FUTUROS**

- Inserção de veículos elétricos - Análise dos impactos numa subestação real e central da COPEL.
- Estudo para a utilização da tecnologia Smart Grid nos sistemas de baixa e média tensão.
- Análise e simulação de baixa e média tensão com uma frota de 25% de VEs.

## 14 REFERÊNCIAS

A. Monticelli “**Fluxo de Carga em Redes de Energia Elétrica**” Editora Edgard Blücher Ltda.

Rede de Inovação no Setor Elétrico – RISE aplicada à Mobilidade Elétrica – ANEEL, 2018. DSC F. Campagnoli.

Electric Vehicles – Cadernos FGV Energia, Novembro 2017.

Emotive – Mobilidade Elétrica – CPFL Energia.

O fator de potência em unidades consumidoras residenciais. F. R. Rios; G. S. Curi; F. S. Chaves; A. V. Silva – Editora UniBH – 31/05/2014.

Avaliação da inserção de carros elétricos na operação de uma rede de distribuição de energia elétrica – C. K. Fernandes – UFRS, 2013.

Análise dos impactos de veículos elétricos em redes de distribuição via sistema blockchain – P. R. D. Menezes – UFPR, 2019.

Inserção de veículos elétricos – Análise dos impactos no sistema elétricos de potência na subestação central/batel em Curitiba. – A. L. Araújo; A. C. Eichenberger – UTFPR, 2015.

Analysis of the Impact of Electric Vehicle Charging Station on Power Quality Issues – International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering, 2019.

Mensuração do consumo de energia elétrica: algoritmo para detecção de potenciais usuários da termoacumulação como alternativa para deslocamento de carga (Capítulo 3: Mapeamento da Curva de carga) – P. V. S. Queiroz – Puc Rio, 2011.

Transformadores de distribuição, NTC910020 – COPEL, 08/11/2018.

Projetos de Instalações Elétricas Prediais – A. V. Menezes – UFT, 2013.

OpenDSS – EPRI (Electric Power Research Institute) – Disponível em <<https://www.epri.com/#/pages/sa/opensdss?lang=en-US>>. Acesso em 25 ago 2019.

Estudo do Impacto de Veículos Elétricos durante Recarga e V2G em Redes Elétricas de Baixa Tensão com Base em Medições Reais em Eletropostos Públicos – Case no Living Lab do Projeto CPFL Emotive. SENDI, 2018.

Electric mobility – Infraestrutura de recarga de veiculos eletricos. Março, 2018.

Electric Vehicles for Smarter Cities: The Future of Energy and Mobility. – World Economic Forum – Janeiro, 2018.

Apostila Qualidade de Energia Elétrica – J. E. Rocha – UTFPR, 2016.

ANEEL: Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica – Revisão 5, 2015.

Fornecimento de energia estações de recarga de veículo elétrico, NTC 902210 – COPEL, 2019.

Fornecimento em tensão primária de distribuição, NTC903100 – COPEL, 2011.

Ambiente Energia. Eletroposto no Paraná permite recarga rápida e gratuita para carros elétricos, 2018. Disponível em: <<http://www.enercons.com.br/noticias/415/eletroposto-no-parana-permite-recarga-rapida-e-gratuita-para-carros-eletricos>>. Acesso em 12/10/2019.

Infraestrutura para carregamento dos veículos elétricos da América do Norte, Ásia e Europa implantado na realidade brasileira: utopia ou realidade? – L. Gonçalves. Disponível em: <[https://monografias.brasilecola.uol.com.br/engenharia/infraestrutura-para-arregamento-dos-veiculos-eletricos-implantado-realidade-brasileira.htm#capitulo\\_7](https://monografias.brasilecola.uol.com.br/engenharia/infraestrutura-para-arregamento-dos-veiculos-eletricos-implantado-realidade-brasileira.htm#capitulo_7)>. Acesso em 20/09/2019.

ANEEL: Regulamentação sobre recarga de veículos elétricos – Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/estacoes-de-recarga-de-veiculos-eletricos>>. Acesso em: 20/09/2019.

Opção de Arquitetura de Veículos elétricos e híbridos - G. E. C. Meyer – Disponível em: <[https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Opcao-de-Arquitetura-de-Veiculos-eletricos-e-hibridos\\_fig2\\_286048791](https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Opcao-de-Arquitetura-de-Veiculos-eletricos-e-hibridos_fig2_286048791)>. Acesso em: 19/09/2019.

Demanda por energia crescerá 62% impulsionada por veículos elétricos – Disponível em: <<https://www.brasilagro.com.br/conteudo/demanda-por-energia-crescera-62-impulsionada-por-veiculos-eletricos.html>>. Acesso em: 18/09/2019.

ANEEL - Avalia infraestrutura de recarga de veículos elétricos na região Sul. Disponível em: <[https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset\\_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/aneel-avalia-infraestrutura-de-recarga-de-veiculos-eletricos-na-regiao-sul/656877?inheritRedirect=false](https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/aneel-avalia-infraestrutura-de-recarga-de-veiculos-eletricos-na-regiao-sul/656877?inheritRedirect=false)>. Acesso em: 06/09/2019.

Brasil deve ter 40 mil veículos elétricos até 2020. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/carros/brasil-deve-ter-40-mil-veiculos-eletricos-ate-2020-95296/>>. Acesso em 30/08/2019.

Uma breve história dos veículos elétricos. Disponível em: <<http://climainfo.org.br/2017/09/25/uma-breve-historia-dos-veiculos-eletricos/>>. Acesso em: 29/08/2019.

Paraná se prepara para o crescimento do uso de carros elétricos, DETRAN PR.

Disponível em: <<http://www.detran.pr.gov.br/Noticia/Parana-se-prepara-para-o-crescimento-do-uso-de-carros-eletricos>>. Acesso em: 10/09/2019.

A rápida evolução dos carros elétricos. Disponível em:

<<https://www.noticiasautomotivas.com.br/a-rapida-evolucao-dos-carros-eletricos/>>.

Acesso em: 29/08/2019.

Principais vantagens e desvantagens dos carros elétricos. Disponível em:

<<https://volantesic.pt/detalhes-noticia/vantagens-desvantagens-carros-eletricos/?ID=60>>.

Acesso em: 29/08/2019.

Impacto dos carros elétricos no sistema de energia elétrica com os Princípios Smart Grid.

F. F. Rodrigues. Universidade Federal do ABC, 2013.

Demanda energética de carros elétricos se multiplicará por 300. Disponível em:

<<https://exame.abril.com.br/negocios/demanda-energetica-de-carros-eletricos-se-multiplicara-por-300/>>. Acesso em: 30/08/2019.

Carros elétricos serão maioria até 2040. Disponível em:

<<https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2019/05/carros-eletricos-serao-maioria-ate-2040.html>>. Acesso em: 30/08/2019.

Prefeitura estuda vagas de estacionamento exclusivas para carros compartilhados.

Disponível em:<<https://www.gazetadopovo.com.br/curitiba/depois-bicicletas-patinetes-curitiba-pode-ter-carros-eletricos-compartilhados/>>. Acesso em: 29/08/2019.

Paraná se firma como referência em inovação em veículos elétricos. Disponível

em:<<https://www.gazetadopovo.com.br/parana/parana-inovacao-mobilidade-eletrica/>>.

Acesso em: 30/08/2019.

Em dois anos, Paraná tem aumento de 146% no número de carros elétricos. Disponível

em: <<https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/em-dois-anos-parana-tem-aumento-de-146-no-numero-de-carros-eletricos.ghtml>>. Acesso em: 10/09/2019.

**ANEXO A - CÓDIGO FONTE PARA SIMULAÇÃO DAS CARGAS DE BAIXA  
TENSÃO FORA DO HORÁRIO DE PICO SEM ADIÇÃO DAS CARGAS DOS  
VEÍCULOS ELÉTRICOS**

## Simulação de baixa tensão, horário fora de ponta, sem inserção de eletropostos, para um prédio de 44 apartamentos.

Clear

! Barramento infinito

New object=circuit.baixatensao bus1=100 basekv=13.8 pu=1.00 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52

Set voltagebases="0.127 0.220 13.8"

//LineCodes

New Linecode.2AWG R1=0.887 X1=0.4615 R0=1.09988 X0=1.952 Units=km normamps=95 //

New Linecode.50MM R1=0.655 X1=0.1806 R0=0.8122 X0=2.42875 Units=km normamps=151 //

New Linecode.250MCM R1=0.171 X1=0.254 R0=0.212 X0=2.076 Units=km normamps=353 //

!Transformador de Entrada do prédio

New Transformer.Trafo1 Phases=3 Windings=2 Xhl=6 %loadloss = 1.68 %noloadloss = 0.34 %imag = 0.5

~ wdg=1 bus=101 conn=Delta kv=13.8 kva=75

~ wdg=2 bus=200 conn=wye kv=0.22 kva=75

//Linhas

New Line.LT01 Phases=3 Bus1=100 Bus2=101 LineCode= 250MCM Length=30.0 units=m

New Line.LT02 Phases=3 Bus1=200 Bus2=201 LineCode= 50MM Length=20.0 units=m

New Line.LT03 Phases=3 Bus1=201 Bus2=300 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

New Line.LT04 Phases=3 Bus1=201 Bus2=301 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

New Line.LT05 Phases=3 Bus1=201 Bus2=302 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

New Line.LT06 Phases=3 Bus1=201 Bus2=303 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

//Cargas

New Load.LOAD1 Bus1=300 kV=0.22 kW= 9.0794 kvar=7.5071

New Load.LOAD2 Bus1=301 kV=0.22 kW= 9.0794 kvar=7.5071

New Load.LOAD3 Bus1=302 kV=0.22 kW= 9.0794 kvar=7.5071

New Load.LOAD4 Bus1=303 kV=0.22 kW= 7.6466 kvar=6.3222

Solve

CalcVoltageBases

show voltages LL Nodes

show currents residual=y elements

show powers kva elements

show taps

show losses

## Simulação de baixa tensão, horário fora de ponta, sem inserção de eletropostos, para um prédio de 120 apartamentos.

Clear

! Barramento infinito

New object=circuit.baixatensao bus1=100 basekv=13.8 pu=1.00 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52

Set voltagebases="0.127 0.220 13.8"

//LineCodes

New Linecode.2AWG R1=0.887 X1=0.4615 R0=1.09988 X0=1.952 Units=km normamps=95 //

New Linecode.50MM R1=0.655 X1=0.1806 R0=0.8122 X0=2.42875 Units=km normamps=151 //

New Linecode.250MCM R1=0.171 X1=0.254 R0=0.212 X0=2.076 Units=km normamps=353 //

!Transformador de Entrada do prédio

New Transformer.Trafo1 Phases=3 Windings=2 Xhl=6 %loadloss = 1.45 %noloadloss = 0.34 %imag = 0.3

~ wdg=1 bus=101 conn=Delta kv=13.8 kva=225

~ wdg=2 bus=200 conn=wye kv=0.22 kva=225

//Linhas

New Line.LT01 Phases=3 Bus1=100 Bus2=101 LineCode= 250MCM Length=30.0 units=m

New Line.LT02 Phases=3 Bus1=200 Bus2=201 LineCode= 250MCM Length=20.0 units=m

New Line.LT03 Phases=3 Bus1=201 Bus2=300 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT04 Phases=3 Bus1=201 Bus2=301 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT05 Phases=3 Bus1=201 Bus2=302 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT06 Phases=3 Bus1=201 Bus2=303 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

//Cargas

New Load.LOAD1 Bus1=300 kV=0.22 kW= 24.762 kvar=20.47391

New Load.LOAD2 Bus1=301 kV=0.22 kW= 24.762 kvar=20.47391

New Load.LOAD3 Bus1=302 kV=0.22 kW= 24.762 kvar=20.47391

New Load.LOAD4 Bus1=303 kV=0.22 kW= 20.854 kvar=17.24236

Solve

CalcVoltageBases

Show voltages LL Nodes

Show currents residual=y elements

Show powers kva elements

Show taps

Show losses

**ANEXO B - CÓDIGO FONTE PARA SIMULAÇÃO DAS CARGAS DE BAIXA  
TENSÃO NO HORÁRIO DE PICO SEM ADIÇÃO DAS CARGAS DOS VEÍCULOS  
ELÉTRICOS**

## Simulação de baixa tensão, horário de ponta, sem inserção de eletropostos, para um prédio de 44 apartamentos.

Clear

! Barramento infinito

New object=circuit.baixatensao bus1=100 basekv=13.8 pu=1.00 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52

Set voltagebases="0.127 0.220 13.8"

//LineCodes

New Linecode.2AWG R1=0.887 X1=0.4615 R0=1.09988 X0=1.952 Units=km normamps=95 //

New Linecode.50MM R1=0.655 X1=0.1806 R0=0.8122 X0=2.42875 Units=km normamps=151 //

New Linecode.250MCM R1=0.171 X1=0.254 R0=0.212 X0=2.076 Units=km normamps=353 //

!Transformador de Entrada do prédio

New Transformer.Trafo1 Phases=3 Windings=2 Xhl=6 %loadloss = 1.68 %noloadloss = 0.34 %imag = 0.5

~ wdg=1 bus=101 conn=Delta kv=13.8 kva=75

~ wdg=2 bus=200 conn=wye kv=0.22 kva=75

//Linhas

New Line.LT01 Phases=3 Bus1=100 Bus2=101 LineCode= 250MCM Length=30.0 units=m

New Line.LT02 Phases=3 Bus1=200 Bus2=201 LineCode= 50MM Length=20.0 units=m

New Line.LT03 Phases=3 Bus1=201 Bus2=300 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

New Line.LT04 Phases=3 Bus1=201 Bus2=301 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

New Line.LT05 Phases=3 Bus1=201 Bus2=302 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

New Line.LT06 Phases=3 Bus1=201 Bus2=303 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

//Cargas

New Load.LOAD1 Bus1=300 kV=0.22 kW= 17.472 kvar= 7.0692

New Load.LOAD2 Bus1=301 kV=0.22 kW= 17.472 kvar= 7.0692

New Load.LOAD3 Bus1=302 kV=0.22 kW= 17.472 kvar= 7.0692

New Load.LOAD4 Bus1=303 kV=0.22 kW= 14.717 kvar=5.9545

Solve

CalcVoltageBases

Show voltages LL Nodes

Show currents residual=y elements

Show powers kva elements

Show taps

Show losses

## Simulação de baixa tensão, horário de ponta, sem inserção de eletropostos, para um prédio de 120 apartamentos.

Clear

! Barramento infinito

New object=circuit.baixatensao bus1=100 basekv=13.8 pu=1.00 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52

Set voltagebases="0.127 0.220 13.8"

//LineCodes

New Linecode.2AWG R1=0.887 X1=0.4615 R0=1.09988 X0=1.952 Units=km normamps=95 //

New Linecode.50MM R1=0.655 X1=0.1806 R0=0.8122 X0=2.42875 Units=km normamps=151 //

New Linecode.250MCM R1=0.171 X1=0.254 R0=0.212 X0=2.076 Units=km normamps=353 //

!Transformador de Entrada do prédio

New Transformer.Trafo1 Phases=3 Windings=2 Xhl=6 %loadloss = 1.45 %noloadloss = 0.34 %imag = 0.3

~ wdg=1 bus=101 conn=Delta kv=13.8 kva=225

~ wdg=2 bus=200 conn=wye kv=0.22 kva=225

//Linhas

New Line.LT01 Phases=3 Bus1=100 Bus2=101 LineCode= 250MCM Length=30.0 units=m

New Line.LT02 Phases=3 Bus1=200 Bus2=201 LineCode= 250MCM Length=20.0 units=m

New Line.LT03 Phases=3 Bus1=201 Bus2=300 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT04 Phases=3 Bus1=201 Bus2=301 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT05 Phases=3 Bus1=201 Bus2=302 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT06 Phases=3 Bus1=201 Bus2=303 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

//Cargas

New Load.LOAD1 Bus1=300 kV=0.22 kW= 47.6509 kvar=19.2764

New Load.LOAD2 Bus1=301 kV=0.22 kW= 47.6509 kvar=19.2764

New Load.LOAD3 Bus1=302 kV=0.22 kW= 47.6509 kvar=19.2764

New Load.LOAD4 Bus1=303 kV=0.22 kW= 40.1372 kvar=16.2395

Solve

CalcVoltageBases

Show voltages LL Nodes

Show currents residual=y elements

Show powers kva elements

Show taps

Show losses

**ANEXO C - CÓDIGO FONTE PARA SIMULAÇÃO DAS CARGAS DE BAIXA  
TENSÃO FORA DO HORÁRIO DE PICO COM ADIÇÃO DAS CARGAS DOS  
VEÍCULOS ELÉTRICOS**

## Simulação de baixa tensão, horário fora de ponta, com inserção de eletropostos, para um prédio de 44 apartamentos.

Clear

! Barramento infinito

New object=circuit.baixatensao bus1=100 basekv=13.8 pu=1.00 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52

Set voltagebases="0.127 0.220 13.8"

//LineCodes

New Linecode.2AWG R1=0.887 X1=0.4615 R0=1.09988 X0=1.952 Units=km normamps=95 //

New Linecode.50MM R1=0.655 X1=0.1806 R0=0.8122 X0=2.42875 Units=km normamps=151 //

New Linecode.250MCM R1=0.171 X1=0.254 R0=0.212 X0=2.076 Units=km normamps=353 //

!Transformador de Entrada do prédio

New Transformer.Trafo1 Phases=3 Windings=2 Xhl=6 %loadloss = 1.68 %noloadloss = 0.34 %imag = 0.5

~ wdg=1 bus=101 conn=Delta kv=13.8 kva=75

~ wdg=2 bus=200 conn=wye kv=0.22 kva=75

//Linhas

New Line.LT01 Phases=3 Bus1=100 Bus2=101 LineCode= 250MCM Length=30.0 units=m

New Line.LT02 Phases=3 Bus1=200 Bus2=201 LineCode= 50MM Length=20.0 units=m

New Line.LT03 Phases=3 Bus1=201 Bus2=300 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

New Line.LT04 Phases=3 Bus1=201 Bus2=301 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

New Line.LT05 Phases=3 Bus1=201 Bus2=302 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

New Line.LT06 Phases=3 Bus1=201 Bus2=303 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

New Line.LT07 Phases=3 Bus1=201 Bus2=304 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

//Cargas

New Load.LOAD1 Bus1=300 kV=0.22 kW= 9.0794 kvar= 7.5071

New Load.LOAD2 Bus1=301 kV=0.22 kW= 9.0794 kvar= 7.5071

New Load.LOAD3 Bus1=302 kV=0.22 kW= 9.0794 kvar= 7.5071

New Load.LOAD4 Bus1=303 kV=0.22 kW= 7.6466 kvar=6.3222

New Load.LOAD5 Bus1=304.1.2 kV=0.22 kW= 3.7 kvar=0

New Load.LOAD6 Bus1=304.2.3 kV=0.22 kW= 3.7 kvar=0

New Load.LOAD7 Bus1=304.3.1 kV=0.22 kW= 3.7 kvar=0

Solve

CalcVoltageBases

Show voltages LL Nodes

Show currents residual=y elements

Show powers kva elements

Show taps

Show losses

## Simulação de baixa tensão, horário fora de ponta, com inserção de eletropostos, para um prédio de 120 apartamentos.

Clear

! Barramento infinito

New object=circuit.baixatensao bus1=100 basekv=13.8 pu=1.00 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52

Set voltagebases="0.127 0.220 13.8"

//LineCodes

New Linecode.2AWG R1=0.887 X1=0.4615 R0=1.09988 X0=1.952 Units=km normamps=95 //

New Linecode.50MM R1=0.655 X1=0.1806 R0=0.8122 X0=2.42875 Units=km normamps=151 //

New Linecode.250MCM R1=0.171 X1=0.254 R0=0.212 X0=2.076 Units=km normamps=353 //

!Transformador de Entrada do prédio

New Transformer.Trafo1 Phases=3 Windings=2 Xhl=6 %loadloss = 1.45 %noloadloss = 0.34 %imag = 0.3

~ wdg=1 bus=101 conn=Delta kv=13.8 kva=225

~ wdg=2 bus=200 conn=wye kv=0.22 kva=225

//Linhas

New Line.LT01 Phases=3 Bus1=100 Bus2=101 LineCode= 250MCM Length=30.0 units=m

New Line.LT02 Phases=3 Bus1=200 Bus2=201 LineCode= 250MCM Length=20.0 units=m

New Line.LT03 Phases=3 Bus1=201 Bus2=300 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT04 Phases=3 Bus1=201 Bus2=301 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT05 Phases=3 Bus1=201 Bus2=302 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT06 Phases=3 Bus1=201 Bus2=303 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT07 Phases=3 Bus1=201 Bus2=304 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT08 Phases=3 Bus1=201 Bus2=305 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT09 Phases=3 Bus1=201 Bus2=306 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

//Cargas

New Load.LOAD1 Bus1=300 kV=0.22 kW= 24.762 kvar=20.4739

New Load.LOAD2	Bus1=301	kV=0.22	kW= 24.762	kvar=20.4739
New Load.LOAD3	Bus1=302	kV=0.22	kW= 24.762	kvar=20.4739
New Load.LOAD4	Bus1=303	kV=0.22	kW= 20.854	kvar=17.24236
New Load.LOAD5	Bus1=304.1.2	kV=0.22	kW= 22	kvar=0
New Load.LOAD6	Bus1=304.2.3	kV=0.22	kW= 22	kvar=0
New Load.LOAD7	Bus1=304.3.1	kV=0.22	kW= 22	kvar=0
New Load.LOAD8	Bus1=305.1.2	kV=0.22	kW= 22	kvar=0
New Load.LOAD9	Bus1=305.2.3	kV=0.22	kW= 22	kvar=0
New Load.LOAD10	Bus1=305.3.1	kV=0.22	kW= 22	kvar=0
New Load.LOAD11	Bus1=306.1.2	kV=0.22	kW= 22	kvar=0

Solve

CalcVoltageBases

Show voltages LL Nodes

Show currents residual=y elements

Show powers kva elements

Show taps

Show losses

**ANEXO D - CÓDIGO FONTE PARA SIMULAÇÃO DAS CARGAS DE BAIXA  
TENSÃO NO HORÁRIO DE PICO COM ADIÇÃO DAS CARGAS DOS VEÍCULOS  
ELÉTRICOS**

## Simulação de baixa tensão, horário de ponta, com inserção de eletropostos, para um prédio de 44 apartamentos.

Clear

! Barramento infinito

New object=circuit.baixatensao bus1=100 basekv=13.8 pu=1.00 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52

Set voltagebases="0.127 0.220 13.8"

//LineCodes

New Linecode.2AWG R1=0.887 X1=0.4615 R0=1.09988 X0=1.952 Units=km normamps=95 //

New Linecode.50MM R1=0.655 X1=0.1806 R0=0.8122 X0=2.42875 Units=km normamps=151 //

New Linecode.250MCM R1=0.171 X1=0.254 R0=0.212 X0=2.076 Units=km normamps=353 //

!Transformador de Entrada do prédio

New Transformer.Trafo1 Phases=3 Windings=2 Xhl=6 %loadloss = 1.68 %noloadloss = 0.34 %imag = 0.5

~ wdg=1 bus=101 conn=Delta kv=13.8 kva=75

~ wdg=2 bus=200 conn=wye kv=0.22 kva=75

//Linhas

New Line.LT01 Phases=3 Bus1=100 Bus2=101 LineCode= 250MCM Length=30.0 units=m

New Line.LT02 Phases=3 Bus1=200 Bus2=201 LineCode= 50MM Length=20.0 units=m

New Line.LT03 Phases=3 Bus1=201 Bus2=300 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

New Line.LT04 Phases=3 Bus1=201 Bus2=301 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

New Line.LT05 Phases=3 Bus1=201 Bus2=302 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

New Line.LT06 Phases=3 Bus1=201 Bus2=303 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

New Line.LT07 Phases=3 Bus1=201 Bus2=304 LineCode= 50MM Length=10.0 units=m

//Cargas

New Load.LOAD1 Bus1=300 kV=0.22 kW= 17.472 kvar= 7.0692

New Load.LOAD2 Bus1=301 kV=0.22 kW= 17.472 kvar= 7.0692

New Load.LOAD3 Bus1=302 kV=0.22 kW= 17.472 kvar= 7.0692

New Load.LOAD4 Bus1=303 kV=0.22 kW= 14.717 kvar=5.9545

New Load.LOAD5 Bus1=304.1.2 kV=0.22 kW= 3.7 kvar=0

New Load.LOAD6 Bus1=304.2.3 kV=0.22 kW= 3.7 kvar=0

New Load.LOAD7 Bus1=304.3.1 kV=0.22 kW= 3.7 kvar=0

Solve

CalcVoltageBases

Show voltages LL Nodes

Show currents residual=y elements

Show powers kva elements

Show taps

Show losses

### Simulação de baixa tensão, horário de ponta, com inserção de eletropostos, para um prédio de 120 apartamentos.

Clear

! Barramento infinito

New object=circuit.baixatensao bus1=100 basekv=13.8 pu=1.00 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52

Set voltagebases="0.127 0.220 13.8"

//LineCodes

New Linecode.2AWG R1=0.887 X1=0.4615 R0=1.09988 X0=1.952 Units=km normamps=95 //

New Linecode.50MM R1=0.655 X1=0.1806 R0=0.8122 X0=2.42875 Units=km normamps=151 //

New Linecode.250MCM R1=0.171 X1=0.254 R0=0.212 X0=2.076 Units=km normamps=353 //

!Transformador de Entrada do prédio

New Transformer.Trafo1 Phases=3 Windings=2 Xhl=6 %loadloss = 1.45 %noloadloss = 0.34 %imag = 0.3

~ wdg=1 bus=101 conn=Delta kv=13.8 kva=225

~ wdg=2 bus=200 conn=wye kv=0.22 kva=225

//Linhas

New Line.LT01 Phases=3 Bus1=100 Bus2=101 LineCode= 250MCM Length=30.0 units=m

New Line.LT02 Phases=3 Bus1=200 Bus2=201 LineCode= 250MCM Length=20.0 units=m

New Line.LT03 Phases=3 Bus1=201 Bus2=300 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT04 Phases=3 Bus1=201 Bus2=301 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT05 Phases=3 Bus1=201 Bus2=302 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT06 Phases=3 Bus1=201 Bus2=303 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT07 Phases=3 Bus1=201 Bus2=304 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT08 Phases=3 Bus1=201 Bus2=305 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

New Line.LT09 Phases=3 Bus1=201 Bus2=306 LineCode= 250MCM Length=10.0 units=m

//Cargas

New Load.LOAD1 Bus1=300 kV=0.22 kW= 47.6509 kvar=19.2764

New Load.LOAD2 Bus1=301 kV=0.22 kW= 47.6509 kvar=19.2764

New Load.LOAD3	Bus1=302	kV=0.22	kW= 47.6509	kvar=19.2764
New Load.LOAD4	Bus1=303	kV=0.22	kW= 40.1372	kvar=16.2395
New Load.LOAD5	Bus1=304.1.2	kV=0.22	kW= 22	kvar=0
New Load.LOAD6	Bus1=304.2.3	kV=0.22	kW= 22	kvar=0
New Load.LOAD7	Bus1=304.3.1	kV=0.22	kW= 22	kvar=0
New Load.LOAD8	Bus1=305.1.2	kV=0.22	kW= 22	kvar=0
New Load.LOAD9	Bus1=305.2.3	kV=0.22	kW= 22	kvar=0
New Load.LOAD10	Bus1=305.3.1	kV=0.22	kW= 22	kvar=0
New Load.LOAD11	Bus1=306.1.2	kV=0.22	kW= 22	kvar=0

Solve

Show losses

Show deltav

Show voltages LL nodes

Show currents residual=y elements

Show powers kva elements

**ANEXO E - CÓDIGO FONTE PARA SIMULAÇÃO DAS CARGAS DE MÉDIA  
TENSÃO NO HORÁRIO FORA DE PONTA SEM ADIÇÃO DAS CARGAS DOS  
VEÍCULOS ELÉTRICOS**

Clear

! Barramento infinito

New object=circuit.ieee37

~ basekv=13.8 pu=1.00 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52

//LineCodes

New Linecode.2AWG R1=0.887 X1=0.4615 R0=1.09988 X0=1.952 Units=km normamps=95 //

New Linecode.50MM R1=0.655 X1=0.1806 R0=0.8122 X0=2.42875 Units=km normamps=151 //

New Linecode.250MCM R1=0.171 X1=0.254 R0=0.212 X0=2.076 Units=km normamps=353 //

!Transformador de Entrada do prédio

Edit Vsource.source basekv=13.8 pu=1.0 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52 bus1=799

//Linhas

New Line.L1 Phases=3 Bus1=701.1.2.3 Bus2=702.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.96

New Line.L2 Phases=3 Bus1=702.1.2.3 Bus2=705.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4

New Line.L3 Phases=3 Bus1=702.1.2.3 Bus2=73.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.36

New Line.L4 Phases=3 Bus1=703.1.2.3 Bus2=703.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=1.32

New Line.L5 Phases=3 Bus1=703.1.2.3 Bus2=727.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.24

New Line.L6 Phases=3 Bus1=704.1.2.3 Bus2=730.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.6

New Line.L7 Phases=3 Bus1=704.1.2.3 Bus2=714.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.08

New Line.L8 Phases=3 Bus1=705.1.2.3 Bus2=720.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.8

New Line.L9 Phases=3 Bus1=705.1.2.3 Bus2=742.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.32

New Line.L10 Phases=3 Bus1=706.1.2.3 Bus2=712.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.24

New Line.L11 Phases=3 Bus1=706.1.2.3 Bus2=725.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.28

New Line.L12 Phases=3 Bus1=707.1.2.3 Bus2=724.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.76

New Line.L13 Phases=3 Bus1=707.1.2.3 Bus2=722.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.12

New Line.L14 Phases=3 Bus1=708.1.2.3 Bus2=733.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.32

New Line.L15 Phases=3 Bus1=708.1.2.3 Bus2=732.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.32

New Line.L16 Phases=3 Bus1=709.1.2.3 Bus2=731.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.6

New Line.L17 Phases=3 Bus1=709.1.2.3 Bus2=708.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.32

New Line.L18 Phases=3 Bus1=710.1.2.3 Bus2=735.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2

New Line.L19 Phases=3 Bus1=710.1.2.3 Bus2=736.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=1.28

New Line.L20 Phases=3 Bus1=711.1.2.3 Bus2=741.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.4

New Line.L21 Phases=3 Bus1=711.1.2.3 Bus2=740.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2

New Line.L22 Phases=3 Bus1=713.1.2.3 Bus2=704.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.52

New Line.L23 Phases=3 Bus1=714.1.2.3 Bus2=718.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.52

New Line.L24 Phases=3 Bus1=720.1.2.3 Bus2=707.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.92

New Line.L25 Phases=3 Bus1=720.1.2.3 Bus2=706.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.6

New Line.L26 Phases=3 Bus1=727.1.2.3 Bus2=744.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.28

New Line.L27 Phases=3 Bus1=730.1.2.3 Bus2=709.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.2  
 New Line.L28 Phases=3 Bus1=733.1.2.3 Bus2=734.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.56  
 New Line.L29 Phases=3 Bus1=734.1.2.3 Bus2=737.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.64  
 New Line.L30 Phases=3 Bus1=734.1.2.3 Bus2=710.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.52  
 New Line.L31 Phases=3 Bus1=737.1.2.3 Bus2=738.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4  
 New Line.L32 Phases=3 Bus1=738.1.2.3 Bus2=711.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4  
 New Line.L33 Phases=3 Bus1=744.1.2.3 Bus2=728.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2  
 New Line.L34 Phases=3 Bus1=744.1.2.3 Bus2=729.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.28  
 New Line.L35 Phases=3 Bus1=799.1.2.3 Bus2=701.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=1.85

//Cargas

New Load.AP44 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 35.2 kvar=29.2  
 New Load.AP60 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 48.0 kvar=39.8  
 New Load.AP80 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 64.0 kvar=53.1  
 New Load.AP70 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 56.0 kvar=46.5  
 New Load.AP100 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 80.0 kvar=66.4  
 New Load.AP50 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 40.0 kvar=33.2  
 New Load.AP120 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 96.0 kvar=79.6  
 New Load.AP110 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 88.0 kvar=73.0  
 New Load.AP88 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 70.4 kvar=58.4  
 New Load.AP66 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 52.8 kvar=43.8  
 New Load.AP74 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 59.2 kvar=49.1  
 New Load.AP60\_2 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 48.0 kvar=39.8  
 New Load.AP72 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 57.6 kvar=47.8  
 New Load.AP90 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 72.0 kvar=59.7  
 New Load.AP104 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 83.2 kvar=69.0  
 New Load.AP58 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 46.4 kvar=38.5  
 New Load.AP40 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 32 kvar=26.5  
 New Load.AP56 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 38.4 kvar=37.1  
 New Load.AP74\_2 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 44.8 kvar=49.1  
 New Load.AP84 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 59.2 kvar=55.7  
 New Load.AP96 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 67.2 kvar=63.7  
 New Load.AP68 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 54.4 kvar=45.1  
 New Load.AP108 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 86.4 kvar=71.7  
 New Load.AP476 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 60.8 kvar=50.4  
 New Load.AP68\_2 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 54.4 kvar=45.1  
 Set VoltageBases = "13.8"

CalcVoltageBases

BusCoords IEEE37\_BusXY.csv

Solve

Show losses

Show  $\Delta V$

Show voltages LL nodes

Show currents residual=y elements

Show powers kva elements

**ANEXO F - CÓDIGO FONTE PARA SIMULAÇÃO DAS CARGAS DE MÉDIA  
TENSÃO NO HORÁRIO DE PONTA SEM ADIÇÃO DAS CARGAS DOS VEÍCULOS  
ELÉTRICOS**

Clear

! Barramento infinito

New object=circuit.ieee37

~ basekv=13.8 pu=1.00 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52

//LineCodes

New Linecode.2AWG R1=0.887 X1=0.4615 R0=1.09988 X0=1.952 Units=km normamps=95 //

New Linecode.50MM R1=0.655 X1=0.1806 R0=0.8122 X0=2.42875 Units=km normamps=151 //

New Linecode.250MCM R1=0.171 X1=0.254 R0=0.212 X0=2.076 Units=km normamps=353 //

!Transformador de Entrada do prédio

Edit Vsource.source basekv=13.8 pu=1.0 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52 bus1=799

//Linhas

New Line.L1 Phases=3 Bus1=701.1.2.3 Bus2=702.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.96

New Line.L2 Phases=3 Bus1=702.1.2.3 Bus2=705.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4

New Line.L3 Phases=3 Bus1=702.1.2.3 Bus2=73.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.36

New Line.L4 Phases=3 Bus1=703.1.2.3 Bus2=703.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=1.32

New Line.L5 Phases=3 Bus1=703.1.2.3 Bus2=727.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.24

New Line.L6 Phases=3 Bus1=704.1.2.3 Bus2=730.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.6

New Line.L7 Phases=3 Bus1=704.1.2.3 Bus2=714.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.08

New Line.L8 Phases=3 Bus1=705.1.2.3 Bus2=720.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.8

New Line.L9 Phases=3 Bus1=705.1.2.3 Bus2=742.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.32

New Line.L10 Phases=3 Bus1=706.1.2.3 Bus2=712.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.24

New Line.L11 Phases=3 Bus1=706.1.2.3 Bus2=725.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.28

New Line.L12 Phases=3 Bus1=707.1.2.3 Bus2=724.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.76

New Line.L13 Phases=3 Bus1=707.1.2.3 Bus2=722.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.12

New Line.L14 Phases=3 Bus1=708.1.2.3 Bus2=733.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.32

New Line.L15 Phases=3 Bus1=708.1.2.3 Bus2=732.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.32

New Line.L16 Phases=3 Bus1=709.1.2.3 Bus2=731.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.6

New Line.L17 Phases=3 Bus1=709.1.2.3 Bus2=708.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.32

New Line.L18 Phases=3 Bus1=710.1.2.3 Bus2=735.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2

New Line.L19 Phases=3 Bus1=710.1.2.3 Bus2=736.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=1.28

New Line.L20 Phases=3 Bus1=711.1.2.3 Bus2=741.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.4

New Line.L21 Phases=3 Bus1=711.1.2.3 Bus2=740.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2

New Line.L22 Phases=3 Bus1=713.1.2.3 Bus2=704.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.52

New Line.L23 Phases=3 Bus1=714.1.2.3 Bus2=718.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.52

New Line.L24 Phases=3 Bus1=720.1.2.3 Bus2=707.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.92

New Line.L25 Phases=3 Bus1=720.1.2.3 Bus2=706.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.6

New Line.L26 Phases=3 Bus1=727.1.2.3 Bus2=744.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.28  
 New Line.L27 Phases=3 Bus1=730.1.2.3 Bus2=709.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.2  
 New Line.L28 Phases=3 Bus1=733.1.2.3 Bus2=734.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.56  
 New Line.L29 Phases=3 Bus1=734.1.2.3 Bus2=737.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.64  
 New Line.L30 Phases=3 Bus1=734.1.2.3 Bus2=710.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.52  
 New Line.L31 Phases=3 Bus1=737.1.2.3 Bus2=738.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4  
 New Line.L32 Phases=3 Bus1=738.1.2.3 Bus2=711.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4  
 New Line.L33 Phases=3 Bus1=744.1.2.3 Bus2=728.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2  
 New Line.L34 Phases=3 Bus1=744.1.2.3 Bus2=729.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.28  
 New Line.L35 Phases=3 Bus1=799.1.2.3 Bus2=701.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=1.85

//Cargas

New Load.AP44 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 67.5 kvar=27.7  
 New Load.AP60 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 92.05 kvar=37.77  
 New Load.AP80 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 122.73 kvar=50.36  
 New Load.AP70 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 107.39 kvar=44.07  
 New Load.AP100 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 153.41 kvar=62.95  
 New Load.AP50 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 76.71 kvar=31.48  
 New Load.AP120 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 184.09 kvar=75.55  
 New Load.AP110 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 168.75 kvar=69.25  
 New Load.AP88 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 135 kvar=55.40  
 New Load.AP66 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 101.25 kvar=41.55  
 New Load.AP74 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 113.52 kvar=46.59  
 New Load.AP60\_2 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 92.05 kvar=37.77  
 New Load.AP72 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 110.46 kvar=45.33  
 New Load.AP90 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 138.07 kvar=56.66  
 New Load.AP104 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 159.55 kvar=65.47  
 New Load.AP58 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 88.98 kvar=36.51  
 New Load.AP40 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 61.36 kvar=25.18  
 New Load.AP48 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 73.64 kvar=30.22  
 New Load.AP56 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 85.91 kvar=35.25  
 New Load.AP74\_2 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 113.52 kvar=46.59  
 New Load.AP84 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 128.86 kvar=52.88  
 New Load.AP96 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 147.27 kvar=60.44  
 New Load.AP68 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 104.32 kvar=42.81  
 New Load.AP108 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 165.58 kvar=67.99  
 New Load.AP476 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 116.59 kvar=47.85  
 New Load.AP68\_2 Bus1 =701 Phases=3 kV=13.8 kW= 104.32 kvar=42.81  
 Set VoltageBases = "13.8"  
 CalcVoltageBases

BusCoords IEEE37\_BusXY.csv

Solve

Show losses

Show deltav

Show voltages LL nodes

Show currents residual=y elements

Show powers kva elements

**ANEXO G - CÓDIGO FONTE PARA SIMULAÇÃO DAS CARGAS DE MÉDIA  
TENSÃO NO HORÁRIO FORA DE PONTA COM ADIÇÃO DAS CARGAS DOS  
VEÍCULOS ELÉTRICOS**

## Simulação de média tensão, horário fora de ponta, com inserção de quatro eletropostos públicos e eletropostos nos prédios.

Clear

! Barramento infinito

New object=circuit.ieee37

~ basekv=13.8 pu=1.00 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52

//LineCodes

New Linecode.2AWG R1=0.887 X1=0.4615 R0=1.09988 X0=1.952 Units=km normamps=95 //

New Linecode.50MM R1=0.655 X1=0.1806 R0=0.8122 X0=2.42875 Units=km normamps=151 //

New Linecode.250MCM R1=0.171 X1=0.254 R0=0.212 X0=2.076 Units=km normamps=353 //

!Transformador de Entrada do prédio

Edit Vsource.source basekv=13.8 pu=1.0 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52 bus1=799

//Linhas

New Line.L1 Phases=3 Bus1=701.1.2.3 Bus2=702.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.96

New Line.L2 Phases=3 Bus1=702.1.2.3 Bus2=705.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4

New Line.L3 Phases=3 Bus1=702.1.2.3 Bus2=73.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.36

New Line.L4 Phases=3 Bus1=703.1.2.3 Bus2=703.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=1.32

New Line.L5 Phases=3 Bus1=703.1.2.3 Bus2=727.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.24

New Line.L6 Phases=3 Bus1=704.1.2.3 Bus2=730.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.6

New Line.L7 Phases=3 Bus1=704.1.2.3 Bus2=714.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.08

New Line.L8 Phases=3 Bus1=705.1.2.3 Bus2=720.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.8

New Line.L9 Phases=3 Bus1=705.1.2.3 Bus2=742.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.32

New Line.L10 Phases=3 Bus1=706.1.2.3 Bus2=712.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.24

New Line.L11 Phases=3 Bus1=706.1.2.3 Bus2=725.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.28

New Line.L12 Phases=3 Bus1=707.1.2.3 Bus2=724.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.76

New Line.L13 Phases=3 Bus1=707.1.2.3 Bus2=722.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.12

New Line.L14 Phases=3 Bus1=708.1.2.3 Bus2=733.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.32

New Line.L15 Phases=3 Bus1=708.1.2.3 Bus2=732.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.32

New Line.L16 Phases=3 Bus1=709.1.2.3 Bus2=731.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.6

New Line.L17 Phases=3 Bus1=709.1.2.3 Bus2=708.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.32

New Line.L18 Phases=3 Bus1=710.1.2.3 Bus2=735.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2

New Line.L19 Phases=3 Bus1=710.1.2.3 Bus2=736.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=1.28

New Line.L20 Phases=3 Bus1=711.1.2.3 Bus2=741.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.4

New Line.L21 Phases=3 Bus1=711.1.2.3 Bus2=740.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2

New Line.L22 Phases=3 Bus1=713.1.2.3 Bus2=704.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.52

New Line.L23 Phases=3 Bus1=714.1.2.3 Bus2=718.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.52

New Line.L24 Phases=3 Bus1=720.1.2.3 Bus2=707.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.92  
 New Line.L25 Phases=3 Bus1=720.1.2.3 Bus2=706.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.6  
 New Line.L26 Phases=3 Bus1=727.1.2.3 Bus2=744.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.28  
 New Line.L27 Phases=3 Bus1=730.1.2.3 Bus2=709.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.2  
 New Line.L28 Phases=3 Bus1=733.1.2.3 Bus2=734.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.56  
 New Line.L29 Phases=3 Bus1=734.1.2.3 Bus2=737.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.64  
 New Line.L30 Phases=3 Bus1=734.1.2.3 Bus2=710.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.52  
 New Line.L31 Phases=3 Bus1=737.1.2.3 Bus2=738.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4  
 New Line.L32 Phases=3 Bus1=738.1.2.3 Bus2=711.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4  
 New Line.L33 Phases=3 Bus1=744.1.2.3 Bus2=728.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2  
 New Line.L34 Phases=3 Bus1=744.1.2.3 Bus2=729.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.28  
 New Line.L35 Phases=3 Bus1=799.1.2.3 Bus2=701.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=1.85

!Prédio com 44 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP44 Bus1=701 Phases=3 kV= 13.8 kW= 46.3 kVAR= 29.2

!Prédio com 60 Apartamentos e 4 EP de 3.7 kW

New Load.AP60 Bus1=712 Phases=3 kV= 13.8 kW= 62.8 kVAR= 39.8

!Prédio com 80 Apartamentos e 5 EP de 7.4 kW

New Load.AP80 Bus1=713 Phases=3 kV= 13.8 kW= 101 kVAR= 53.1

!Prédio com 70 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP70 Bus1=714 Phases=3 kV= 13.8 kW= 85.6 kVAR= 46.5

!Prédio com 100 Apartamentos e 6 EP de 11 kW

New Load.AP100 Bus1=718 Phases=3 kV= 13.8 kW= 146 kVAR= 66.4

!Prédio com 50 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP50 Bus1=720 Phases=3 kV= 13.8 kW= 51.1 kVAR= 33.2

!Prédio com 120 Apartamentos e 7 EP de 22 kW

New Load.AP120 Bus1=722 Phases=3 kV= 13.8 kW= 250 kVAR= 79.6

!Prédio com 110 Apartamentos e 7 EP de 22 kW

New Load.AP110 Bus1=724 Phases=3 kV= 13.8 kW= 242 kVAR= 73.0

!Prédio com 88 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP88 Bus1=725 Phases=3 kV= 13.8 kW= 125.4 kVAR= 58.4

!Prédio com 66 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP66 Bus1=727 Phases=3 kV= 13.8 kW= 82.4 kVAR= 43.8

!Prédio com 74 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP74 Bus1=728 Phases=3 kV= 13.8 kW= 88.8 kVAR= 49.1

!Prédio 2 com 60 Apartamentos e 4 EP de 3.7 kW

New Load.AP60\_2 Bus1=729 Phases=3 kV= 13.8 kW= 62.8 kVAR= 39.8

!Prédio com 72 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP72 Bus1=730 Phases=3 kV= 13.8 kW= 87.2 kVAR = 47.8

!Prédio com 90 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP90 Bus1=731 Phases=3 kV= 13.8 kW= 127 kVAR = 59.7

!Prédio com 104 Apartamentos e 6 EP de 22 kW

New Load.AP104 Bus1=732 Phases=3 kV= 13.8 kW= 215.2 kVAR = 69.0

!Prédio com 58 Apartamentos e 4 EP de 3.7 kW

New Load.AP58 Bus1=733 Phases=3 kV= 13.8 kW= 61.2 kVAR = 38.5

!Prédio com 40 Apartamentos e 2 EP de 3.7 kW

New Load.AP40 Bus1=734 Phases=3 kV= 13.8 kW= 39.4 kVAR= 26.5

!Prédio com 48 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP48 Bus1=735 Phases=3 kV= 13.8 kW= 49.5 kVAR 31.9

!Prédio com 56 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP56 Bus1=736 Phases=3 kV= 13.8 kW= 55.9 kVAR= 37.1

!Prédio 3 com 74 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP74\_2 Bus1=737 Phases=3 kV= 13.8 kW= 88.8 kVAR= 49.1

!Prédio com 84 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP84 Bus1=738 Phases=3 kV= 13.8 kW= 122.2 kVAR= 55.7

!Prédio com 96 Apartamentos e 6 EP de 11 kW

New Load.AP96 Bus1=740 Phases=3 kV= 13.8 kW= 142.8 kVAR= 63.7

!Prédio com 68 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP68 Bus1=741 Phases=3 kV= 13.8 kW= 84 kVAR= 45.1

!Prédio com 108 Apartamentos e 7 EP de 22 kW

New Load.AP108 Bus1=742 Phases=3 kV= 13.8 kW= 240.4 kVAR= 71.7

!Prédio com 76 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP76 Bus1=742 Phases=3 kV= 13.8 kW= 115.8 kVAR= 50.4

!Prédio 2 com 68 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP68\_2 Bus1=744 Phases=3 kV= 13.8 kW= 84 kVAR= 45.1

!Eletropostos Públicos

New Load.EPP01 Bus1=704 Phases = 3 kV= 13.8 kW=50 kVAR=0

New Load.EPP02 Bus1= 709 Phases = 3 kV = 13.8 kW=50 kVAR=0

New Load.EPP03 Bus1=703 Phases = 3 kV = 13.8 kW=50 kVAR =0

New Load.EPP04 Bus1=710 Phases = 3 kV = 13.8 kW=50 kVAR =0

Set VoltageBases = "13.8"

CalcVoltageBases

BusCoords IEEE37\_BusXY.csv

Solve

Show losses

Show deltav

Show voltages LL nodes

Show currents residual=y elements

Show powers kva elements

**Simulação de média tensão, horário fora de ponta, com inserção de quatro eletropostos públicos, um eletroposto para ônibus e eletropostos nos prédios.**

Clear

! Barramento infinito

New object=circuit.ieee37

~ basekv=13.8 pu=1.00 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52

//LineCodes

New Linecode.2AWG R1=0.887 X1=0.4615 R0=1.09988 X0=1.952 Units=km normamps=95 //

New Linecode.50MM R1=0.655 X1=0.1806 R0=0.8122 X0=2.42875 Units=km normamps=151 //

```
New Linecode.250MCM R1=0.171 X1=0.254 R0=0.212 X0=2.076 Units=km normamps=353 //
```

```
!Transformador de Entrada do prédio
```

```
Edit Vsource.source basekv=13.8 pu=1.0 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52 bus1=799
```

```
//Linhas
```

```
New Line.L1 Phases=3 Bus1=701.1.2.3 Bus2=702.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.96
```

```
New Line.L2 Phases=3 Bus1=702.1.2.3 Bus2=705.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4
```

```
New Line.L3 Phases=3 Bus1=702.1.2.3 Bus2=73.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.36
```

```
New Line.L4 Phases=3 Bus1=703.1.2.3 Bus2=703.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=1.32
```

```
New Line.L5 Phases=3 Bus1=703.1.2.3 Bus2=727.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.24
```

```
New Line.L6 Phases=3 Bus1=704.1.2.3 Bus2=730.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.6
```

```
New Line.L7 Phases=3 Bus1=704.1.2.3 Bus2=714.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.08
```

```
New Line.L8 Phases=3 Bus1=705.1.2.3 Bus2=720.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.8
```

```
New Line.L9 Phases=3 Bus1=705.1.2.3 Bus2=742.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.32
```

```
New Line.L10 Phases=3 Bus1=706.1.2.3 Bus2=712.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.24
```

```
New Line.L11 Phases=3 Bus1=706.1.2.3 Bus2=725.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.28
```

```
New Line.L12 Phases=3 Bus1=707.1.2.3 Bus2=724.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.76
```

```
New Line.L13 Phases=3 Bus1=707.1.2.3 Bus2=722.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.12
```

```
New Line.L14 Phases=3 Bus1=708.1.2.3 Bus2=733.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.32
```

```
New Line.L15 Phases=3 Bus1=708.1.2.3 Bus2=732.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.32
```

```
New Line.L16 Phases=3 Bus1=709.1.2.3 Bus2=731.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.6
```

```
New Line.L17 Phases=3 Bus1=709.1.2.3 Bus2=708.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.32
```

```
New Line.L18 Phases=3 Bus1=710.1.2.3 Bus2=735.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2
```

```
New Line.L19 Phases=3 Bus1=710.1.2.3 Bus2=736.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=1.28
```

```
New Line.L20 Phases=3 Bus1=711.1.2.3 Bus2=741.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.4
```

```
New Line.L21 Phases=3 Bus1=711.1.2.3 Bus2=740.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2
```

```
New Line.L22 Phases=3 Bus1=713.1.2.3 Bus2=704.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.52
```

```
New Line.L23 Phases=3 Bus1=714.1.2.3 Bus2=718.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.52
```

```
New Line.L24 Phases=3 Bus1=720.1.2.3 Bus2=707.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.92
```

```
New Line.L25 Phases=3 Bus1=720.1.2.3 Bus2=706.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.6
```

```
New Line.L26 Phases=3 Bus1=727.1.2.3 Bus2=744.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.28
```

```
New Line.L27 Phases=3 Bus1=730.1.2.3 Bus2=709.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.2
```

```
New Line.L28 Phases=3 Bus1=733.1.2.3 Bus2=734.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.56
```

New Line.L29 Phases=3 Bus1=734.1.2.3 Bus2=737.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.64  
New Line.L30 Phases=3 Bus1=734.1.2.3 Bus2=710.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.52  
New Line.L31 Phases=3 Bus1=737.1.2.3 Bus2=738.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4  
New Line.L32 Phases=3 Bus1=738.1.2.3 Bus2=711.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4  
New Line.L33 Phases=3 Bus1=744.1.2.3 Bus2=728.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2  
New Line.L34 Phases=3 Bus1=744.1.2.3 Bus2=729.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.28  
New Line.L35 Phases=3 Bus1=799.1.2.3 Bus2=701.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=1.85

!Prédio com 44 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP44 Bus1=701 Phases=3 kV= 13.8 kW= 46.3 kVAR= 29.2

!Prédio com 60 Apartamentos e 4 EP de 3.7 kW

New Load.AP60 Bus1=712 Phases=3 kV= 13.8 kW= 62.8 kVAR= 39.8

!Prédio com 80 Apartamentos e 5 EP de 7.4 kW

New Load.AP80 Bus1=713 Phases=3 kV= 13.8 kW= 101 kVAR= 53.1

!Prédio com 70 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP70 Bus1=714 Phases=3 kV= 13.8 kW= 85.6 kVAR= 46.5

!Prédio com 100 Apartamentos e 6 EP de 11 kW

New Load.AP100 Bus1=718 Phases=3 kV= 13.8 kW= 146 kVAR= 66.4

!Prédio com 50 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP50 Bus1=720 Phases=3 kV= 13.8 kW= 51.1 kVAR= 33.2

!Prédio com 120 Apartamentos e 7 EP de 22 kW

New Load.AP120 Bus1=722 Phases=3 kV= 13.8 kW= 250 kVAR= 79.6

!Prédio com 110 Apartamentos e 7 EP de 22 kW

New Load.AP110 Bus1=724 Phases=3 kV= 13.8 kW= 242 kVAR= 73.0

!Prédio com 88 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP88 Bus1=725 Phases=3 kV= 13.8 kW= 125.4 kVAR= 58.4

!Prédio com 66 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP66 Bus1=727 Phases=3 kV= 13.8 kW= 82.4 kVAR= 43.8

!Prédio com 74 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP74 Bus1=728 Phases=3 kV= 13.8 kW= 88.8 kVAR= 49.1

!Prédio 2 com 60 Apartamentos e 4 EP de 3.7 kW

New Load.AP60\_2 Bus1=729 Phases=3 kV= 13.8 kW= 62.8 kVAR= 39.8

!Prédio com 72 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP72 Bus1=730 Phases=3 kV= 13.8 kW= 87.2 kVAR = 47.8

!Prédio com 90 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP90 Bus1=731 Phases=3 kV= 13.8 kW= 127 kVAR = 59.7

!Prédio com 104 Apartamentos e 6 EP de 22 kW

New Load.AP104 Bus1=732 Phases=3 kV= 13.8 kW= 215.2 kVAR = 69.0

!Prédio com 58 Apartamentos e 4 EP de 3.7 kW

New Load.AP58 Bus1=733 Phases=3 kV= 13.8 kW= 61.2 kVAR = 38.5

!Prédio com 40 Apartamentos e 2 EP de 3.7 kW

New Load.AP40 Bus1=734 Phases=3 kV= 13.8 kW= 39.4 kVAR= 26.5

!Prédio com 48 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP48 Bus1=735 Phases=3 kV= 13.8 kW= 49.5 kVAR 31.9

!Prédio com 56 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP56 Bus1=736 Phases=3 kV= 13.8 kW= 55.9 kVAR= 37.1

!Prédio 3 com 74 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP74\_2 Bus1=737 Phases=3 kV= 13.8 kW= 88.8 kVAR= 49.1

!Prédio com 84 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP84 Bus1=738 Phases=3 kV= 13.8 kW= 122.2 kVAR= 55.7

!Prédio com 96 Apartamentos e 6 EP de 11 kW

New Load.AP96 Bus1=740 Phases=3 kV= 13.8 kW= 142.8 kVAR= 63.7

!Prédio com 68 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP68 Bus1=741 Phases=3 kV= 13.8 kW= 84 kVAR= 45.1

!Prédio com 108 Apartamentos e 7 EP de 22 kW

New Load.AP108 Bus1=742 Phases=3 kV= 13.8 kW= 240.4 kVAR= 71.7

!Prédio com 76 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP76 Bus1=742 Phases=3 kV= 13.8 kW= 115.8 kVAR= 50.4

!Prédio 2 com 68 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP68\_2 Bus1=744 Phases=3 kV= 13.8 kW= 84 kVAR= 45.1

!Eletropostos Públicos

New Load.EPP01 Bus1=704 Phases = 3 kV= 13.8 kW=50 kVAR=0

New Load.EPP02 Bus1= 709 Phases = 3 kV = 13.8 kW=50 kVAR=0

New Load.EPP03 Bus1=703 Phases = 3 kV = 13.8 kW=50 kVAR =0

New Load.EPP04 Bus1=710 Phases = 3 kV = 13.8 kW=50 kVAR =0

!Eletroposto Onibus

New Load.EPBUS01 Bus1=711 Phases = 3 kV = 13.8 kW=150 kVAR =0

Set VoltageBases = "13.8"

CalcVoltageBases

BusCoords IEEE37\_BusXY.csv

Solve

Show losses

Show deltav

Show voltages LL nodes

Show currents residual=y elements

Show powers kva elements

**ANEXO H - CÓDIGO FONTE PARA SIMULAÇÃO DAS CARGAS DE MÉDIA  
TENSÃO NO HORÁRIO DE PONTA COM ADIÇÃO DAS CARGAS DOS VEÍCULOS  
ELÉTRICOS**

## Simulação de média tensão, horário de ponta, com inserção de quatro eletropostos públicos e eletropostos nos prédios.

Clear

! Barramento infinito

New object=circuit.ieee37

~ basekv=13.8 pu=1.00 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52

//LineCodes

New Linecode.2AWG R1=0.887 X1=0.4615 R0=1.09988 X0=1.952 Units=km normamps=95 //

New Linecode.50MM R1=0.655 X1=0.1806 R0=0.8122 X0=2.42875 Units=km normamps=151 //

New Linecode.250MCM R1=0.171 X1=0.254 R0=0.212 X0=2.076 Units=km normamps=353 //

!Transformador de Entrada do prédio

Edit Vsource.source basekv=13.8 pu=1.0 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52 bus1=799

//Linhas

New Line.L1 Phases=3 Bus1=701.1.2.3 Bus2=702.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.96

New Line.L2 Phases=3 Bus1=702.1.2.3 Bus2=705.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4

New Line.L3 Phases=3 Bus1=702.1.2.3 Bus2=73.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.36

New Line.L4 Phases=3 Bus1=703.1.2.3 Bus2=703.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=1.32

New Line.L5 Phases=3 Bus1=703.1.2.3 Bus2=727.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.24

New Line.L6 Phases=3 Bus1=704.1.2.3 Bus2=730.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.6

New Line.L7 Phases=3 Bus1=704.1.2.3 Bus2=714.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.08

New Line.L8 Phases=3 Bus1=705.1.2.3 Bus2=720.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.8

New Line.L9 Phases=3 Bus1=705.1.2.3 Bus2=742.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.32

New Line.L10 Phases=3 Bus1=706.1.2.3 Bus2=712.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.24

New Line.L11 Phases=3 Bus1=706.1.2.3 Bus2=725.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.28

New Line.L12 Phases=3 Bus1=707.1.2.3 Bus2=724.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.76

New Line.L13 Phases=3 Bus1=707.1.2.3 Bus2=722.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.12

New Line.L14 Phases=3 Bus1=708.1.2.3 Bus2=733.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.32

New Line.L15 Phases=3 Bus1=708.1.2.3 Bus2=732.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.32

New Line.L16 Phases=3 Bus1=709.1.2.3 Bus2=731.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.6

New Line.L17 Phases=3 Bus1=709.1.2.3 Bus2=708.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.32

New Line.L18 Phases=3 Bus1=710.1.2.3 Bus2=735.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2

New Line.L19 Phases=3 Bus1=710.1.2.3 Bus2=736.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=1.28

New Line.L20 Phases=3 Bus1=711.1.2.3 Bus2=741.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.4

New Line.L21 Phases=3 Bus1=711.1.2.3 Bus2=740.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2

New Line.L22 Phases=3 Bus1=713.1.2.3 Bus2=704.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.52

New Line.L23 Phases=3 Bus1=714.1.2.3 Bus2=718.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.52

New Line.L24 Phases=3 Bus1=720.1.2.3 Bus2=707.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.92  
New Line.L25 Phases=3 Bus1=720.1.2.3 Bus2=706.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.6  
New Line.L26 Phases=3 Bus1=727.1.2.3 Bus2=744.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.28  
New Line.L27 Phases=3 Bus1=730.1.2.3 Bus2=709.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.2  
New Line.L28 Phases=3 Bus1=733.1.2.3 Bus2=734.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.56  
New Line.L29 Phases=3 Bus1=734.1.2.3 Bus2=737.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.64  
New Line.L30 Phases=3 Bus1=734.1.2.3 Bus2=710.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.52  
New Line.L31 Phases=3 Bus1=737.1.2.3 Bus2=738.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4  
New Line.L32 Phases=3 Bus1=738.1.2.3 Bus2=711.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4  
New Line.L33 Phases=3 Bus1=744.1.2.3 Bus2=728.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2  
New Line.L34 Phases=3 Bus1=744.1.2.3 Bus2=729.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.28  
New Line.L35 Phases=3 Bus1=799.1.2.3 Bus2=701.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=1.85

!Prédio com 44 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP44 Bus1=701 Phases=3 kV= 13.8 kW= 78.6 kVAR= 27.7

!Prédio com 60 Apartamentos e 4 EP de 3.7 kW

New Load.AP60 Bus1=712 Phases=3 kV= 13.8 kW= 106.8 kVAR= 37.8

!Prédio com 80 Apartamentos e 5 EP de 7.4 kW

New Load.AP80 Bus1=713 Phases=3 kV= 13.8 kW= 159.7 kVAR= 50.36

!Prédio com 70 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP70 Bus1=714 Phases=3 kV= 13.8 kW= 137 kVAR= 44.07

!Prédio com 100 Apartamentos e 6 EP de 11 kW

New Load.AP100 Bus1=718 Phases=3 kV= 13.8 kW= 219.4 kVAR= 62.95

!Prédio com 50 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP50 Bus1=720 Phases=3 kV= 13.8 kW= 87.8 kVAR= 31.48

!Prédio com 120 Apartamentos e 7 EP de 22 kW

New Load.AP120 Bus1=722 Phases=3 kV= 13.8 kW= 338.1 kVAR= 75.55

!Prédio com 110 Apartamentos e 7 EP de 22 kW

New Load.AP110 Bus1=724 Phases=3 kV= 13.8 kW= 322.8 kVAR= 69.25

!Prédio com 88 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP88 Bus1=725 Phases=3 kV= 13.8 kW= 190.0 kVAR= 55.4

!Prédio com 66 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP66 Bus1=727 Phases=3 kV= 13.8 kW= 130.85 kVAR= 41.55

!Prédio com 74 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP74 Bus1=728 Phases=3 kV= 13.8 kW= 143.1 kVAR= 46.59

!Prédio 2 com 60 Apartamentos e 4 EP de 3.7 kW

New Load.AP60\_2 Bus1=729 Phases=3 kV= 13.8 kW= 106.9 kVAR= 37.77

!Prédio com 72 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP72 Bus1=730 Phases=3 kV= 13.8 kW= 140.1 kVAR = 45.33

!Prédio com 90 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP90 Bus1=731 Phases=3 kV= 13.8 kW= 193.1 kVAR = 56.66

!Prédio com 104 Apartamentos e 6 EP de 22 kW

New Load.AP104 Bus1=732 Phases=3 kV= 13.8 kW= 298.6 kVAR = 65.47

!Prédio com 58 Apartamentos e 4 EP de 3.7 kW

New Load.AP58 Bus1=733 Phases=3 kV= 13.8 kW= 103.8 kVAR = 36.51

!Prédio com 40 Apartamentos e 2 EP de 3.7 kW

New Load.AP40 Bus1=734 Phases=3 kV= 13.8 kW= 68.8 kVAR= 25.18

!Prédio com 48 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP48 Bus1=735 Phases=3 kV= 13.8 kW= 84.7 kVAR 30.22

!Prédio com 56 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP56 Bus1=736 Phases=3 kV= 13.8 kW= 97.1 kVAR= 35.25

!Prédio 3 com 74 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP74\_2 Bus1=737 Phases=3 kV= 13.8 kW= 143.1 kVAR= 46.59

!Prédio com 84 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP84 Bus1=738 Phases=3 kV= 13.8 kW= 122.2 kVAR= 55.7

!Prédio com 96 Apartamentos e 6 EP de 11 kW

New Load.AP96 Bus1=740 Phases=3 kV= 13.8 kW= 183.9 kVAR= 52.88

!Prédio com 68 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP68 Bus1=741 Phases=3 kV= 13.8 kW= 133.9 kVAR= 42.81

!Prédio com 108 Apartamentos e 7 EP de 22 kW

New Load.AP108 Bus1=742 Phases=3 kV= 13.8 kW= 319.7 kVAR= 67.99

!Prédio com 76 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP76 Bus1=742 Phases=3 kV= 13.8 kW= 171.6 kVAR= 47.85

!Prédio 2 com 68 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP68\_2 Bus1=744 Phases=3 kV= 13.8 kW= 133.9 kVAR= 42.81

!Eletropostos Públicos

New Load.EPP01 Bus1=704 Phases = 3 kV= 13.8 kW=50 kVAR=0

New Load.EPP02 Bus1= 709 Phases = 3 kV = 13.8 kW=50 kVAR=0

New Load.EPP03 Bus1=703 Phases = 3 kV = 13.8 kW=50 kVAR =0

New Load.EPP04 Bus1=710 Phases = 3 kV = 13.8 kW=50 kVAR =0

Set VoltageBases = "13.8"

CalcVoltageBases

BusCoords IEEE37\_BusXY.csv

Solve

Show losses

Show deltav

Show voltages LL nodes

Show currents residual=y elements

Show powers kva elements

**Simulação de média tensão, horário de ponta, com inserção de quatro eletropostos públicos, um eletroposto para ônibus e eletropostos nos prédios.**

Clear

! Barramento infinito

New object=circuit.ieee37

~ basekv=13.8 pu=1.00 MVA<sub>sc1</sub>=1020.58 MVA<sub>sc3</sub>=8676.52

//LineCodes

New Linecode.2AWG R1=0.887 X1=0.4615 R0=1.09988 X0=1.952 Units=km normamps=95 //

New Linecode.50MM R1=0.655 X1=0.1806 R0=0.8122 X0=2.42875 Units=km normamps=151 //

```
New Linecode.250MCM R1=0.171 X1=0.254 R0=0.212 X0=2.076 Units=km normamps=353 //
```

```
!Transformador de Entrada do prédio
```

```
Edit Vsource.source basekv=13.8 pu=1.0 MVAsc1=1020.58 MVAsc3=8676.52 bus1=799
```

```
//Linhas
```

```
New Line.L1 Phases=3 Bus1=701.1.2.3 Bus2=702.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.96
```

```
New Line.L2 Phases=3 Bus1=702.1.2.3 Bus2=705.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4
```

```
New Line.L3 Phases=3 Bus1=702.1.2.3 Bus2=73.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.36
```

```
New Line.L4 Phases=3 Bus1=703.1.2.3 Bus2=703.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=1.32
```

```
New Line.L5 Phases=3 Bus1=703.1.2.3 Bus2=727.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.24
```

```
New Line.L6 Phases=3 Bus1=704.1.2.3 Bus2=730.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.6
```

```
New Line.L7 Phases=3 Bus1=704.1.2.3 Bus2=714.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.08
```

```
New Line.L8 Phases=3 Bus1=705.1.2.3 Bus2=720.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.8
```

```
New Line.L9 Phases=3 Bus1=705.1.2.3 Bus2=742.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.32
```

```
New Line.L10 Phases=3 Bus1=706.1.2.3 Bus2=712.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.24
```

```
New Line.L11 Phases=3 Bus1=706.1.2.3 Bus2=725.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.28
```

```
New Line.L12 Phases=3 Bus1=707.1.2.3 Bus2=724.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.76
```

```
New Line.L13 Phases=3 Bus1=707.1.2.3 Bus2=722.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.12
```

```
New Line.L14 Phases=3 Bus1=708.1.2.3 Bus2=733.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.32
```

```
New Line.L15 Phases=3 Bus1=708.1.2.3 Bus2=732.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.32
```

```
New Line.L16 Phases=3 Bus1=709.1.2.3 Bus2=731.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.6
```

```
New Line.L17 Phases=3 Bus1=709.1.2.3 Bus2=708.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.32
```

```
New Line.L18 Phases=3 Bus1=710.1.2.3 Bus2=735.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2
```

```
New Line.L19 Phases=3 Bus1=710.1.2.3 Bus2=736.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=1.28
```

```
New Line.L20 Phases=3 Bus1=711.1.2.3 Bus2=741.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.4
```

```
New Line.L21 Phases=3 Bus1=711.1.2.3 Bus2=740.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2
```

```
New Line.L22 Phases=3 Bus1=713.1.2.3 Bus2=704.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.52
```

```
New Line.L23 Phases=3 Bus1=714.1.2.3 Bus2=718.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.52
```

```
New Line.L24 Phases=3 Bus1=720.1.2.3 Bus2=707.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.92
```

```
New Line.L25 Phases=3 Bus1=720.1.2.3 Bus2=706.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.6
```

```
New Line.L26 Phases=3 Bus1=727.1.2.3 Bus2=744.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.28
```

```
New Line.L27 Phases=3 Bus1=730.1.2.3 Bus2=709.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.2
```

```
New Line.L28 Phases=3 Bus1=733.1.2.3 Bus2=734.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=0.56
```

New Line.L29 Phases=3 Bus1=734.1.2.3 Bus2=737.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.64  
New Line.L30 Phases=3 Bus1=734.1.2.3 Bus2=710.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.52  
New Line.L31 Phases=3 Bus1=737.1.2.3 Bus2=738.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4  
New Line.L32 Phases=3 Bus1=738.1.2.3 Bus2=711.1.2.3 LineCode= 50MM Length=0.4  
New Line.L33 Phases=3 Bus1=744.1.2.3 Bus2=728.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.2  
New Line.L34 Phases=3 Bus1=744.1.2.3 Bus2=729.1.2.3 LineCode= 2AWG Length=0.28  
New Line.L35 Phases=3 Bus1=799.1.2.3 Bus2=701.1.2.3 LineCode= 250MCM Length=1.85

!Prédio com 44 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP44 Bus1=701 Phases=3 kV= 13.8 kW= 78.6 kVAR= 27.7

!Prédio com 60 Apartamentos e 4 EP de 3.7 kW

New Load.AP60 Bus1=712 Phases=3 kV= 13.8 kW= 106.8 kVAR= 37.8

!Prédio com 80 Apartamentos e 5 EP de 7.4 kW

New Load.AP80 Bus1=713 Phases=3 kV= 13.8 kW= 159.7 kVAR= 50.36

!Prédio com 70 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP70 Bus1=714 Phases=3 kV= 13.8 kW= 137 kVAR= 44.07

!Prédio com 100 Apartamentos e 6 EP de 11 kW

New Load.AP100 Bus1=718 Phases=3 kV= 13.8 kW= 219.4 kVAR= 62.95

!Prédio com 50 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP50 Bus1=720 Phases=3 kV= 13.8 kW= 87.8 kVAR= 31.48

!Prédio com 120 Apartamentos e 7 EP de 22 kW

New Load.AP120 Bus1=722 Phases=3 kV= 13.8 kW= 338.1 kVAR= 75.55

!Prédio com 110 Apartamentos e 7 EP de 22 kW

New Load.AP110 Bus1=724 Phases=3 kV= 13.8 kW= 322.8 kVAR= 69.25

!Prédio com 88 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP88 Bus1=725 Phases=3 kV= 13.8 kW= 190.0 kVAR= 55.4

!Prédio com 66 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP66 Bus1=727 Phases=3 kV= 13.8 kW= 130.85 kVAR= 41.55

!Prédio com 74 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP74 Bus1=728 Phases=3 kV= 13.8 kW= 143.1 kVAR= 46.59

!Prédio 2 com 60 Apartamentos e 4 EP de 3.7 kW

New Load.AP60\_2 Bus1=729 Phases=3 kV= 13.8 kW= 106.9 kVAR= 37.77

!Prédio com 72 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP72 Bus1=730 Phases=3 kV= 13.8 kW= 140.1 kVAR = 45.33

!Prédio com 90 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP90 Bus1=731 Phases=3 kV= 13.8 kW= 193.1 kVAR = 56.66

!Prédio com 104 Apartamentos e 6 EP de 22 kW

New Load.AP104 Bus1=732 Phases=3 kV= 13.8 kW= 298.6 kVAR = 65.47

!Prédio com 58 Apartamentos e 4 EP de 3.7 kW

New Load.AP58 Bus1=733 Phases=3 kV= 13.8 kW= 103.8 kVAR = 36.51

!Prédio com 40 Apartamentos e 2 EP de 3.7 kW

New Load.AP40 Bus1=734 Phases=3 kV= 13.8 kW= 68.8 kVAR= 25.18

!Prédio com 48 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP48 Bus1=735 Phases=3 kV= 13.8 kW= 84.7 kVAR 30.22

!Prédio com 56 Apartamentos e 3 EP de 3.7 kW

New Load.AP56 Bus1=736 Phases=3 kV= 13.8 kW= 97.1 kVAR= 35.25

!Prédio 3 com 74 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP74\_2 Bus1=737 Phases=3 kV= 13.8 kW= 143.1 kVAR= 46.59

!Prédio com 84 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP84 Bus1=738 Phases=3 kV= 13.8 kW= 122.2 kVAR= 55.7

!Prédio com 96 Apartamentos e 6 EP de 11 kW

New Load.AP96 Bus1=740 Phases=3 kV= 13.8 kW= 183.9 kVAR= 52.88

!Prédio com 68 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP68 Bus1=741 Phases=3 kV= 13.8 kW= 133.9 kVAR= 42.81

!Prédio com 108 Apartamentos e 7 EP de 22 kW

New Load.AP108 Bus1=742 Phases=3 kV= 13.8 kW= 319.7 kVAR= 67.99

!Prédio com 76 Apartamentos e 5 EP de 11 kW

New Load.AP76 Bus1=742 Phases=3 kV= 13.8 kW= 171.6 kVAR= 47.85

!Prédio 2 com 68 Apartamentos e 4 EP de 7.4 kW

New Load.AP68\_2 Bus1=744 Phases=3 kV= 13.8 kW= 133.9 kVAR= 42.81

!Eletropostos Públicos

New Load.EPP01 Bus1=704 Phases = 3 kV= 13.8 kW=50 kVAR=0

New Load.EPP02 Bus1= 709 Phases = 3 kV = 13.8 kW=50 kVAR=0

New Load.EPP03 Bus1=703 Phases = 3 kV = 13.8 kW=50 kVAR =0

New Load.EPP03 Bus1=710 Phases = 3 kV = 13.8 kW=50 kVAR =0

!Eletroposto Onibus

New Load.EPBUS01 Bus1=711 Phases = 3 kV = 13.8 kW=150 kVAR =0

Set VoltageBases = "13.8"

CalcVoltageBases

BusCoords IEEE37\_BusXY.csv

Solve

Show losses

Show deltav

Show voltages LL nodes

Show currents residual=y elements

Show powers kva elements