



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO**



JOÃO VÍCTOR SANTOS NETO  
THALES MOREIRA SANTOS

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE PONTOS DE RECARGA DE  
VEÍCULOS ELÉTRICOS EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL**

Goiânia  
2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC no 1240/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

### 1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG)

Nome(s) completo(s) do(a)s autor(a)(es)(as): Joao Victor Santos Neto e Thales Moreira Santos

Título do trabalho: ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE PONTOS DE RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

### 2. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador) Concorda com a liberação total do documento [ X ] SIM [ ] NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(a)s autor(a)(es)(as) e ao(a) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

#### Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

**Obs.: Este termo deve ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Geyverson Teixeira De Paula, Professor do Magistério Superior**, em 17/01/2024, às 10:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Joao Victor Santos Neto, Discente**, em 17/01/2024, às 12:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thales Moreira Santos, Discente**, em 17/01/2024, às 13:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4320147** e o código CRC **6262B535**.

JOÃO VICTOR SANTOS NETO  
THALES MOREIRA SANTOS

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE PONTOS DE RECARGA DE  
VEÍCULOS ELÉTRICOS EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Goiás como um dos pré-requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica, sob a orientação do Prof. Dr. Geyverson Teixeira de Paula.

Goiânia  
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Santos, Thales Moreira

Estudo de viabilidade de implementação de pontos de recarga de  
veículos elétricos em condomínio residencial. [manuscrito] / Thales  
Moreira Santos, João Victor Santos Neto. - 2024.

LXIII, 65 f.

Orientador: Prof. Dr. Geyverson Teixeira de Paula.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade  
Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de  
Computação (EMC), Engenharia Elétrica, Goiânia, 2024.

Bibliografia.

Inclui siglas, fotografias, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de  
figuras, lista de tabelas.

1. Veículos elétricos . 2. Demanda. 3. Analisador de Energia. 4.  
Condomínios. 5. Estações de recarga. I. Neto, João Victor Santos. II.  
Paula, Geyverson Teixeira de , orient. III. Título.

CDU 621.3



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

## ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao(s) 17 dia(s) do mês de janeiro do ano de 2024 iniciou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “**ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE PONTOS DE RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL**”, de autoria de João Victor Santos Neto e Thales Moreira Santos, do curso de Engenharia Elétrica, do(a) Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação da UFG. Os trabalhos foram instalados pelo(a) **Prof. Dr. Geyverson Teixeira de Paula - EMC/UFG** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Profa. Dra. Lina Paola Garcés Negrete - EMC/UFG** e **Me. Eng. Wilmar Alves Cruvinel Lima**. Após a apresentação, a banca examinadora realizou a arguição do(a) estudante. Posteriormente, de forma reservada, a Banca Examinadora atribuiu a nota final de **7,5**, tendo sido o TCC considerado **aprovado**.

Proclamados os resultados, os trabalhos foram encerrados e, para constar, lavrou-se a presente ata que segue assinada pelos Membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Geyverson Teixeira De Paula, Professor do Magistério Superior**, em 17/01/2024, às 11:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lina Paola Garcés Negrete, Professora do Magistério Superior**, em 17/01/2024, às 11:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wilmar Alves Cruvinel De Lima, Discente**, em 17/01/2024, às 12:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4320139** e o código CRC **5C2A74F2**.

2024

## **Estudo de viabilidade de implantação de pontos de recarga de veículos elétricos em condomínio residencial**

Trabalho de Conclusão de curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação, para obtenção do grau de Bacharel, defendido e aprovado em 17 de janeiro de 2024, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Prof. Dr. Geyverson Teixeira de Paula  
(Orientador)

---

Prof. Dra. Lina Negrete  
(EMC-UFG)

---

Prof. Me. Wilmar Alves Cruvinel de Lima  
(FACE-UFG)

## **Agradecimentos**

Agradecemos à Universidade Federal de Goiás por todos os anos de ensino e experiências acadêmicas. Com uma seleção criteriosa de professores, a instituição proporcionou conhecimentos fundamentais que viabilizaram a conclusão deste trabalho.

Expressamos nossa gratidão aos nossos pais e familiares, que foram a base essencial ao longo de nossa jornada na graduação, oferecendo apoio financeiro e emocional em todos os momentos.

Estendemos nossos agradecimentos aos professores da Universidade Federal de Goiás pela paciência e dedicação em compartilhar seus conhecimentos. Em particular, queremos reconhecer o Prof. Dr. Geyverson Teixeira de Paula, pelo apoio integral durante todo o processo de realização deste trabalho.

Aos nossos amigos, agradecemos pelo companheirismo em todas as fases de nossas vidas, seja nos estudos ou nas celebrações.

## **Resumo**

Nos últimos 13 anos, temos observado um aumento constante no número de veículos elétricos circulando pelo Brasil. Esse cenário apresenta um desafio significativo para as edificações em atender a demanda dos condôminos. Este estudo tem como objetivo analisar a viabilidade de demanda para a implementação de pontos de recarga de veículos elétricos em condomínios residenciais já estabelecidos. Para isso, foi utilizado um estudo de caso em uma edificação de alto padrão em Goiânia, onde foi utilizado um equipamento chamado analisador de energia para a coleta de dados. Um ponto crucial para o estudo foi a análise das demandas projetadas e das demandas calculadas. Os resultados do estudo incluíram a implantação de até 4 pontos de estação de recarga semirrápida (22kW) e ainda uma simulação de aumento de carga, junto a troca do transformador para uma futura adequação da edificação para atender todo o condomínio, para isso tudo foram utilizadas as NT-042 e NT-02 para o cálculo do transformador

Palavras chaves: Veículos elétricos. Demanda. Analisador de Energia. Condomínios. Estações de recarga.

## **Abstract**

Over the past 13 years, we have observed a steady increase in the number of electric vehicles circulating in Brazil. This scenario presents a significant challenge for buildings to meet the demand of residents. This study aims to analyze the feasibility of demand for the implementation of electric vehicle charging stations in established residential condominiums. To achieve this, a case study was conducted in a high-end building in Goiânia, where a device called an energy analyzer was used for data collection. A crucial point for the study was the analysis of projected and calculated demands. The study results included the implementation of up to 4 semi-fast charging station points (22kW) and a simulation of load increase, along with the transformer replacement for a future adaptation of the building to serve the entire condominium. NT-042 and NT-02 were used for the transformer calculation.

Keywords: Electric vehicles, Demand, Energy analyzer, Condominiums, Charging stations.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Equipamento RE7000 instalado nas edificações .....   | 32 |
| Figura 2 - Equipamento RE7000 instalado no Serviço da Edificação de Estudo de Caso 02..               | 33 |
| Figura 3 - Equipamento RE7000 instalado nos Apartamentos da Edificação de Estudo de Caso 02 .....     | 33 |
| Figura 4 - Resumo com dados importantes do Serviço do Condomínio, gerado pelo software ANL 7000 ..... | 48 |
| Figura 5 - Resumo com dados importantes dos Apartamentos, gerado pelo software ANL 7000 .....         | 49 |
| Figura 6 - Demanda total do Serviço do Condomínio.....  | 50 |
| Figura 7 - Demanda total dos Apartamentos .....   | 50 |
| Figura 8 - Topologia típica de um sistema de Smart Charging .....                                     | 52 |
| Figura 9 - Dados de carros híbridos-plug-in no Estado de Goiás datado em 01/08/2023 .....             | 57 |
| Figura 10 - Demanda total disponível para a Estação de Recarga .....                                  | 57 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1 - Evolução das vendas de BEV e PHEV ao longo dos últimos 12 anos .....                     | 17 |
| Gráfico 2 : Fator de Potência X Tempo.....   | 29 |
| Gráfico 3 : Potência Ativa X Tempo .....   | 30 |
| Gráfico 4 - Tensão em Regime Permanente (Condomínio) .....   | 36 |
| Gráfico 5 - Fator de Potência das 3 fases (Condomínio).....  | 39 |
| Gráfico 6 - Fator de Potência Trifásico (Condomínio).....  | 40 |
| Gráfico 7 - Correntes (Condomínio) .....   | 41 |
| Gráfico 8 - Tensão em Regime Permanente (Apartamentos).....  | 42 |
| Gráfico 9 - Fator de Potência das 3 fases (Apartamentos) .....                                       | 45 |
| Gráfico 10 - Fator de Potência Trifásico (Apartamentos) .....  | 46 |
| Gráfico 11 - Correntes (Apartamentos).....   | 47 |
| Gráfico 12 - Estação de recarga controlada por Smart Charging .....                                  | 53 |
| Gráfico 13 - Demanda total disponível para a Estação de Recarga.....                                 | 54 |
| Gráfico 14 - Distribuição de carga entre as Estação de Recarga em um sistema Smart<br>Charging ..... | 54 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Evolução das vendas de BEV e PHEV ao longo dos últimos 12 anos.....           | 16 |
| Tabela 2 - Principais marcas e modelos vendidos em 2023 .....                            | 25 |
| Tabela 3 - Tempo de recarga, capacidade das baterias e autonomia de alguns modelos ..... | 26 |
| Tabela 4 - Valores de Tensão (Condomínio).....   | 37 |
| Tabela 5 - Distribuição das Tensões (Condomínio) .....                                   | 38 |
| Tabela 6 - Indicadores Individuais DRC e DRP (Condomínio).....                           | 38 |
| Tabela 7 - Valores de Tensão (Apartamentos).....   | 43 |
| Tabela 8 - Distribuição das Tensões (Apartamentos).....                                  | 44 |
| Tabela 9 - Indicadores Individuais DRC e DRP (Apartamentos) .....                        | 44 |
| Tabela 10 - Tabela Referente às Demandas (Apto, Serviço e Total) .....                   | 51 |
| Tabela 11 - Tabela Referente às Demandas (Trafo e Folga).....                            | 51 |

## **LISTA DE SIGLAS**

ABM - Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABVE - Associação Brasileira do Veículo Elétrico

ALEGO - Assembleia Legislativa de Goiás

BEV - Battery Electric Vehicle

CA - Corrente Alternada

CC - Corrente Contínua

CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono

EQT - Equatorial

GEE - Gases de Efeito Estufa

HEV - Hybrid Electric Vehicle

IEC - Comissão Eletrotécnica Internacional

IPVA - Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores

KERS - Kinetic Energy Recovery System

NBR - Norma Técnica Brasileira

NT - Norma Técnica

OCPP - Open Charge Point Protocol

PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicle

PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica

RFID - Radio Frequency Identification

SAVE - Sistema de Alimentação do Veículo Elétrico

VE - Veículo Elétrico

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>LISTA DE FIGURAS .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>LISTA DE GRÁFICOS .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>LISTA DE TABELAS .....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>SUMÁRIO.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>1. Introdução .....</b>  | <b>12</b> |
| 1.1. Tema da Pesquisa .....   | 13        |
| 1.2. Delimitação do tema .....  | 13        |
| 1.3. Problemas e premissas .....  | 14        |
| 1.4. Objetivos .....  | 15        |
| 1.5. Justificativa .....  | 15        |
| <b>2. Revisão de literatura .....</b>   | <b>20</b> |
| 2.1. Veículos Elétricos .....   | 20        |
| 2.1.1. História dos Veículos Elétricos .....  | 20        |
| 2.1.2. Veículos elétricos no Brasil.....  | 21        |
| 2.1.3. Baterias.....  | 22        |
| 2.1.4. Modos de Recarga.....  | 23        |
| 2.1.5. Principais Carros Eletrificados Vendidos em 2023 .....   | 25        |
| 2.1.6. Tempo de Recarga de veículos Elétricos .....   | 26        |
| 2.2. Normas técnicas aplicáveis .....   | 27        |
| 2.2.1. NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão .....   | 27        |
| 2.2.2. NT-042 – Critérios de Conexão Para Estações de Recarga de Veículos Elétricos .....                       | 27        |
| 2.2.3. NBR 17019 – Sistemas de recarga condutiva para veículos elétricos .....                                  | 28        |
| 2.2.4. ABNT NBR IEC 61851 - 1 – Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos. Parte 1: Requisitos ..... | 28        |
| 2.2.5. NT-02 – Fornecimento de energia em média tensão .....  | 28        |
| 2.3. Veículos Elétricos na Rede de Alimentação .....  | 28        |
| 2.4. Smart Charging.....  | 31        |
| <b>3. Métodos, materiais, resultados e soluções .....</b>   | <b>33</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.1. Metodologia e Equipamentos Utilizados..... | 33        |
| 3.1.1. Relatório Técnico - Prodist.....         | 35        |
| 3.2. Software ANL 7000.....                     | 36        |
| 3.3. Estudo de Caso .....                       | 36        |
| 3.3.1. Serviço do Condomínio.....               | 37        |
| 3.3.2. Apartamentos do Condomínio .....         | 43        |
| 3.4. Análise dos dados .....                    | 49        |
| <b>4. Conclusão .....</b>                       | <b>58</b> |
| <b>5. Referências .....</b>                     | <b>60</b> |

## 1. Introdução

A 28ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP28) que ocorreu em 12 de dezembro de 2023 em Dubai, teve como objetivo apresentar soluções para a redução do aquecimento global. Essa reunião teve a participação de diversas empresas renomadas e figuras governamentais. Um ponto abordado na conferência foi a Carta de Descarbonização e Gás que foi endossada por 52 empresas, nesta carta o objetivo é atingir emissão líquida zero até 2050.

Com isso, o setor de transporte tem papel fundamental para contribuir nesse processo de descarbonização do planeta, já que corresponde a uma parcela significativa na emissão de gases do efeito estufa (GEE), cerca de 14%. Fato que ressalta a importância de investimento em alternativas limpas para o setor.

Com base em um estudo conduzido pela The Climate Pledge, em colaboração com a C40, prevê-se um aumento de 36% no número de veículos leves nas 100 maiores cidades do mundo até 2030. Diante desse cenário, os painelistas destacaram a eletrificação da frota urbana como a única alternativa viável para conter as emissões de gases de efeito estufa (GEE) dentro dos prazos estabelecidos pelas diretrizes do acordo "C40 Cities Climate Leadership".

*“O etanol na mobilidade urbana, ou seja, um veículo flex com 100% etanol, emite 37 gramas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por quilômetro rodado. Já o carro elétrico, que tem sido apontado como a solução para a descarbonização, tem uma emissão de 54 gramas, considerando a matriz energética europeia, e de 35 gramas no Brasil”, compara Ricardo Assumpção, CSO (Chief Sustainability Officer) da EY e líder de ESG e Sustentabilidade, que participa da COP28 como palestrante e moderador de painéis.*

Todos esses cenários destacam a importância de realizar um estudo mais aprofundado sobre todos os aspectos relacionados aos carros elétricos. A viabilidade da recarga para veículos híbridos plug-in (PHEV) e veículos elétricos à bateria (BEV) é um elemento fundamental para o seu sucesso. Portanto, compreender as diferentes formas de recarga e explorar soluções viáveis, especialmente em edificações já existentes, torna-se crucial para a evolução e aceitação mais ampla dessa tecnologia inovadora. Este estudo proporcionará insights essenciais para a

eficiente integração de infraestruturas de recarga, garantindo a sustentabilidade e a praticidade no uso de carros elétricos.

### **1.1. Tema da Pesquisa**

O crescimento contínuo do número de veículos elétricos em circulação no Brasil, conforme relatado pela Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE) em 2023, destaca a importância de desenvolver e incentivar a adoção desses veículos. No entanto, para acomodar essa transição, é crucial contar com uma infraestrutura eficiente para a recarga, dado o considerável consumo de energia pelos veículos elétricos (VEs).

Nesse contexto, torna-se imperativo realizar uma análise das instalações elétricas presentes nos condomínios residenciais existentes. O objetivo é avaliar o impacto do aumento de carga nos medidores do condomínio, dimensionando adequadamente a linha elétrica e distribuindo-a de forma equitativa entre as unidades consumidoras. Este procedimento visa garantir a capacidade necessária para suportar a demanda crescente de recarga dos veículos elétricos, promovendo assim a sustentabilidade e acomodando a transição para uma frota mais limpa.

### **1.2. Delimitação do tema**

O presente trabalho visa avaliar a viabilidade de implantação de pontos de recarga para veículos elétricos em uma estrutura predial existente. Serão investigadas as principais soluções disponíveis no mercado a fim de determinar a alternativa mais adequada e econômica, considerando-se um cenário de transição para futuras opções mais abrangentes e sustentáveis.

A pesquisa enfrenta certas limitações. Uma das principais refere-se à coleta de dados, que foi realizada utilizando equipamentos específicos. No entanto, fatores como a taxa de ocupação do imóvel podem influenciar os resultados, pois alterações na demanda energética do edifício são esperadas. Variações climáticas durante o período de coleta também podem afetar o consumo energético, influenciando a necessidade de climatização e, conseqüentemente, a carga energética geral.

Além disso, a implementação de novos pontos de recarga enfrenta a restrição do espaço físico disponível, especialmente em relação ao número de vagas de estacionamento que podem

ser destinadas a esse fim. A capacidade energética da edificação é outro fator limitante, podendo restringir a quantidade de estações de recarga implementáveis.

Na análise das soluções, será dado prioridade ao cumprimento das normas técnicas nacionais e internacionais, garantindo a segurança das instalações e protegendo a integridade dos usuários.

### **1.3. Problemas e premissas**

Uma estação de recarga semirrápida pode alcançar uma potência de até 22 kW em C.A., equiparando-se ao consumo de três chuveiros elétricos em simultâneo ou à demanda energética de um apartamento de dimensões reduzidas. A implementação desse sistema pode implicar na necessidade de reclassificação da categoria do consumidor por parte do condomínio, requerendo ajustes nos condutores, dispositivos de proteção e, possivelmente, a instalação de um transformador para suprir as demandas energéticas do edifício.

Assim, surge a questão de como lidar com as instalações elétricas já existentes em condomínios, adaptando-as para a futura demanda da crescente frota de veículos elétricos, sem a necessidade de modificar a categoria de alimentação da instalação. Para enfrentar esse desafio, este trabalho examinou cuidadosamente normas nacionais e internacionais, bem como experiências práticas bem-sucedidas tanto no Brasil quanto no exterior.

O propósito é desenvolver estratégias que otimizem a infraestrutura elétrica existente, permitindo a incorporação gradual de estações de recarga semirrápida. Isso pode envolver avaliações minuciosas da capacidade atual, a implementação de tecnologias inteligentes de gestão de energia e a aplicação progressiva de melhorias nos condutores e dispositivos de proteção, assegurando eficiência operacional e conformidade normativa. Integrando aprendizados globais e práticas eficazes, este trabalho visa fornecer orientações fundamentadas para a evolução sustentável das instalações elétricas diante do avanço da mobilidade elétrica.

### **1.4. Objetivos**

- Estudar a viabilidade de implementação de pontos de recarga em edificações pré existentes.
- Para determinar a viabilidade será necessário a implementação de equipamentos de análise de energia, onde dentre os dados extraídos temos parâmetros da rede e a demanda consumida.

- Comparar as demandas registradas com as demandas de projetos.
- Gerar resultados de aplicação em estudo de caso real;
- Apresentar soluções para implementação de pontos de recarga elétrica com base nas NTs vigentes pela equatorial, pelas NBR's e IEC's fundamentais para o estudo.
- Direcionar a edificação para a melhor solução, mesmo que de forma provisória.

### **1.5. Justificativa**

Em um ano marcado pelo vigoroso avanço da eletromobilidade no Brasil, as vendas de veículos leves eletrificados surpreenderam ao superar todas as projeções, encerrando o ano de 2023 com um total de 93.927 emplacamentos. Esse expressivo resultado representa um notável crescimento de 91% em relação às vendas registradas em 2022, que totalizaram 49.245 unidades.

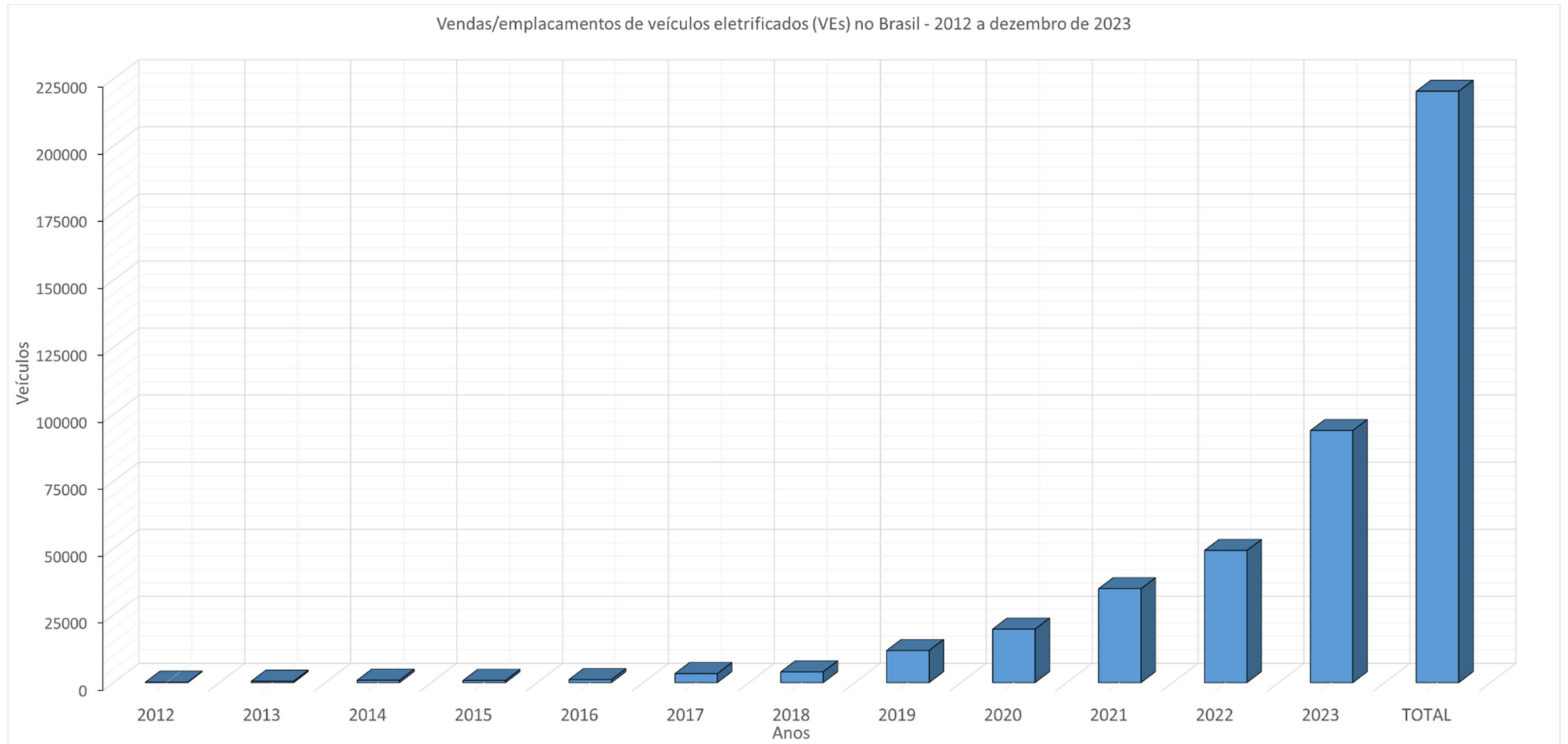
A justificativa deste trabalho está baseada na projeção do aumento contínuo da frota de VE no Brasil e, conseqüentemente, aumento de carga nas instalações elétricas de edifícios de uso coletivo. A tabela e o gráfico 1, evidenciam as vendas/emplacamentos de veículos eletrificados no Brasil entre 2012 e dezembro de 2023.

Tabela 1 – Evolução das vendas de BEV e PHEV ao longo dos últimos 12 anos

| <b>Vendas/emplacamentos de veículos eletrificados (VEs) no Brasil - 2012 a dezembro de 2023</b> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |           |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-----------|
|   | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   | Nov    | Dez    | Total Ano |
| 2012  | 9     | 16    | 7     | 3     | 13    | 23    | 5     | 3     | 2     | 2     | 18     | 16     | 117       |
| 2013  | 45    | 22    | 53    | 50    | 12    | 29    | 65    | 45    | 23    | 39    | 52     | 56     | 491       |
| 2014  | 93    | 61    | 65    | 53    | 94    | 52    | 61    | 79    | 71    | 53    | 87     | 86     | 855       |
| 2015  | 72    | 56    | 61    | 73    | 72    | 74    | 74    | 100   | 82    | 55    | 65     | 62     | 781       |
| 2016  | 58    | 64    | 60    | 137   | 41    | 91    | 48    | 59    | 79    | 93    | 159    | 202    | 1.091     |
| 2017  | 178   | 157   | 227   | 176   | 208   | 238   | 268   | 627   | 384   | 243   | 240    | 350    | 3.296     |
| 2018  | 272   | 254   | 367   | 367   | 302   | 382   | 262   | 262   | 286   | 405   | 374    | 437    | 3.970     |
| 2019  | 370   | 287   | 336   | 290   | 357   | 716   | 960   | 867   | 1.264 | 1.989 | 2.013  | 2.409  | 11.858    |
| 2020  | 1.568 | 2.053 | 1.570 | 442   | 601   | 1.334 | 1.668 | 1.943 | 2.113 | 2.273 | 2.231  | 1.949  | 19.745    |
| 2021  | 1.321 | 1.389 | 1.872 | 2.708 | 3.102 | 3.507 | 3.625 | 3.873 | 2.756 | 2.787 | 3.505  | 4.545  | 34.990    |
| 2022  | 2.558 | 3.435 | 3.851 | 3.123 | 3.387 | 4.073 | 3.136 | 4.249 | 6.391 | 4.460 | 4.995  | 5.587  | 49.245    |
| 2023  | 4.503 | 4.294 | 5.989 | 4.793 | 6.435 | 6.225 | 7.462 | 9.351 | 8.458 | 9.537 | 10.601 | 16.279 | 93.927    |
| <b>TOTAL</b>  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        | 220.366   |

Fonte: ABVE (Associação Brasileira de Veículos Elétricos) (2023)

Gráfico 1 - Evolução das vendas de BEV e PHEV ao longo dos últimos 12 anos



Fonte: ABVE (Associação Brasileira de Veículos Elétricos) (2023)

Onde: Veículos eletrificados = Veículos Elétricos Híbridos (HEV) + Veículos Elétricos Híbridos Plug-in (PHEV) + Veículos Elétricos 100% a Bateria (BEV). Automóveis + Comerciais Leves (não inclui ônibus, caminhões e veículos elétricos levíssimos).

Além disso, segundo notícia postada no site oficial da Assembleia Legislativa de Goiás (ALEGO) no dia 26 de junho de 2023, os membros da Comissão de Constituição e Justiça (CCJ) aprovaram o relatório apresentado pelo deputado Cristiano Galindo (Solidariedade) para o projeto de lei nº 563/23, proposto pelo deputado Clécio Alves (Republicanos). Este projeto tem como objetivo conceder isenção do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) para automóveis elétricos. Importante destacar que a proposta foi anexada ao processo nº 331/23, do deputado Charles Bento (MDB), cujo parecer foi elaborado por José Machado (PSDB).

A intenção desta proposta é efetuar modificações na Lei nº 11.651, datada de 26 de dezembro de 1991, que versa sobre o Código Tributário do Estado de Goiás. A alteração visa instituir a isenção do IPVA para veículos movidos exclusivamente por eletricidade. Vale ressaltar que essa medida abrange também os modelos híbridos plug-in, os quais combinam motores elétricos e de combustão interna e têm a capacidade de serem carregados por meio de uma fonte externa.

Atualmente os estados que possuem o benefício são: Minas Gerais, Ceará, Distrito Federal, Alagoas, Mato Grosso do Sul, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Maranhão. Além disso, Bahia e São Paulo já estudam instituir a isenção.

O contexto atual evidencia uma demanda crescente por análises detalhadas em edifícios já existentes com o objetivo de propor alternativas viáveis que satisfaçam as exigências dos moradores que optam por veículos elétricos (VEs). Esses usuários necessitam de opções de carregamento em domicílio que eliminem a dependência de deslocamentos a pontos de recarga dedicados.

## 2. Revisão de literatura

### 2.1. Veículos Elétricos

#### 2.1.1. História dos Veículos Elétricos

Os primeiros esboços de carros elétricos datam do século XIX. Segundo Hoyer (2008), a evolução desses veículos está estritamente relacionada à evolução das baterias. No ano de 1903, Nova Iorque contava com aproximadamente quatro mil automóveis registrados, distribuídos da seguinte forma: 53% eram movidos a vapor, 27% a gasolina e 20% elétricos. Em 1912, quando a frota de carros elétricos atingiu o ponto máximo de 30 mil unidades na cidade, a quantidade de automóveis a gasolina já era trinta vezes maior, conforme destacado por Struben e Sterman (2008). Segundo Cowan e Hultén (1996), no intervalo de 1899 até 1909, nos E.U.A., enquanto as vendas de automóveis a gasolina cresceram mais de 120 vezes, as de veículos elétricos apenas dobraram.

A partir desse ponto, a trajetória dos carros elétricos experimentou uma acentuada queda. Segundo a *Annual Energy Review* (DOE, 2009) entre os principais motivos apontados para o declínio dos carros elétricos, destacam-se:

- O advento do sistema de produção em série de automóveis, desenvolvido por Henry Ford, possibilitou que os carros a gasolina alcançassem um preço final com metade do custo dos veículos elétricos.
- Em 1912, a invenção da partida elétrica eliminou a necessidade da manivela usada para acionar o motor dos veículos a gasolina.
- Nos anos 1920, as rodovias nos Estados Unidos já conectavam diversas cidades, exigindo veículos capazes de percorrer longas distâncias.
- As descobertas de petróleo no Texas contribuíram para a redução do preço da gasolina, tornando-a um combustível mais atrativo para o setor de transportes.

A partir dos anos 60, quando a discussão sobre questões ambientais se intensificou, os veículos elétricos recuperaram a atenção das principais fabricantes. Durante essa década, o

chumbo era ainda utilizado como aditivo na gasolina, e não havia a presença de filtros catalisadores para conter as emissões, tornando os automóveis uma das principais fontes de poluição do ar (BARAN, 2012).

No final dos anos 80, o conceito de desenvolvimento sustentável impulsionou a busca por tecnologias de transporte e fontes de energia alternativas. Em 1990, a Califórnia liderou ao introduzir regulamentações de emissão zero, com metas crescentes pela CARB (*California Air Resources Board*) até 2003. Outros estados, como Nova Iorque e Massachusetts, adotaram medidas semelhantes. Em 1992, a União Europeia enfatizou a mobilidade sustentável, destacando os carros elétricos como essenciais para a sustentabilidade (LEGEY; BARAN, 2011).

### **2.1.2. Veículos elétricos no Brasil**

O mercado de carros elétricos no Brasil ainda enfrenta diversos desafios, incluindo o elevado custo de aquisição, a ausência de incentivos fiscais, a limitada oferta de modelos e a escassez de pontos de recarga. Esses elementos dificultam a disseminação mais ampla dessa modalidade de transporte, apesar dos benefícios que ela proporciona para o meio ambiente e para a economia.

Contudo, esses desafios têm perspectiva de superação com o progresso tecnológico, o aumento da conscientização ambiental, as regulamentações mais rigorosas e a crescente competitividade na indústria. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020a), estima-se que o Brasil terá 1 milhão de carros elétricos e híbridos em circulação até 2030. Esse prognóstico reflete a expectativa de um cenário mais favorável para a adoção desses veículos nos próximos anos.

No Brasil, o carro elétrico poderia ser uma alternativa significativa com políticas de incentivo de curto prazo. Apesar do estágio inicial da frota, seu amplo uso em substituição aos carros convencionais traria benefícios estratégicos e ambientais no longo prazo. Contudo, o transporte coletivo é mais eficaz no uso de recursos, especialmente considerando o atual desenvolvimento do país. Mesmo quando a eletricidade provém de combustíveis fósseis, o carro elétrico concentra emissões nas fontes geradoras, sujeitas a regulamentação, ao contrário dos pontos de consumo dispersos. O risco ambiental reside na reciclagem das baterias. Obstáculos institucionais, políticos e mercadológicos, junto com resistência histórica, desafiam a

consolidação do carro elétrico, apesar da urgência pela exaustão dos recursos fósseis e preocupações ambientais (BARAN, 2010).

### **2.1.3. Baterias**

As principais características das baterias para VEs são a capacidade de potência (kW) e a energia armazenada (kWh).

Os veículos elétricos a bateria tem um motor elétrico no lugar do motor de combustão interna e usam uma bateria tracionária (geralmente de íons de lítio) para armazenar a eletricidade que será usada pelo motor para acionar as rodas do veículo. Quando o pedal do acelerador é pressionado, o carro instantaneamente fornece energia ao motor, que gradualmente consome a energia da bateria.

O motor elétrico também pode funcionar como um gerador em momentos de desaceleração, conhecido como frenagem regenerativa (kers). A frenagem recupera a energia que seria perdida em forma de calor nas pastilhas de freio é armazenada na bateria – melhorando assim a autonomia do veículo.

Quando descarregada, ela é recarregada utilizando a energia da rede elétrica, seja de uma tomada de parede ou por um carregador dedicado para isso.

Nos veículos elétricos híbridos-plug-in, o motor é alimentado por uma bateria semelhante à de um BEV. A principal diferença é que a bateria possui um tamanho menor e o motor elétrico é utilizado como complemento do motor de combustão.

Via de regra, os PHEVs funcionam inicialmente com a função “prioridade elétrica” até que a bateria se esgote, e depois, passam automaticamente para o combustível alimentar o motor de combustão interna. No entanto, é possível alterar estes modos de operação no veículo. A bateria pode ser recarregada pelo carregador específico, frenagem regenerativa (kers) e até mesmo pelo motor a combustão. Ou seja, o motor a combustão ajuda na recarga da bateria.

A combinação de bateria e combustível oferece aos híbridos plug-ins uma autonomia maior do que seus equivalentes - totalmente elétricos. Tanto para os elétricos a bateria quanto híbridos-plug-in, a bateria é normalmente carregada em corrente alternada através de um carregador com conector padrão. Para as estações de carga rápida ou eletropostos, os plugues utilizados são diferentes pelo fato de a recarga acontecer em corrente contínua. O tipo de veículo que você comprar determinará o tipo de conector utilizado para recarregar a bateria.

### **2.1.4. Modos de Recarga**

O modo de recarga é definido como a forma que o veículo elétrico é alimentado com energia, sendo corrente contínua ou alternada. Para estratificar e padronizar os carregadores dos veículos, as recargas dos veículos são separadas em diversos tipos de recarga.

Segundo a ABNT NBR IEC 61851-1 (2013), há quatro modos de recarga, sendo:

**a) Modo de recarga 1:** A interligação do veículo elétrico (VE) à rede elétrica pode ser realizada utilizando-se uma conexão padrão doméstica ou industrial. É imperativo que haja uma linha de terra conectando a tomada ao veículo. Recomenda-se ainda a instalação de um dispositivo de proteção contra correntes residuais (DPCR) para salvaguardar o circuito de eventuais sobrecargas e curtos-circuitos, além de prevenir acidentes por choques elétricos (ARIOLI, 2016; GRASSI; RECH, 2018; TEIXEIRA, 2021). A corrente é restringida a 16 ampères e a tensão a 250 volts em sistemas monofásicos ou a 480 volts em sistemas trifásicos. Este método, caracterizado por sua lentidão, é adequado para VEs que possuem sistemas de carregamento internos. Devido ao prolongado tempo de carregamento, existe o risco de superaquecimento do carregador, acarretando perigos como incêndios, como discutido por (ARIOLI, 2016; TEIXEIRA, 2021). Nos Estados Unidos, essa prática é proibida devido à inexistência de aterramento local em algumas instalações residenciais. Outros países também desaconselham ou vedam essa modalidade devido a preocupações com a segurança.

**b) Modo de recarga 2:** O carregamento de veículos elétricos (VEs) no modo 2 é possível em tomadas convencionais, contudo, o equipamento de segurança para veículos elétricos (SAVE) correspondente a este modo deve incorporar uma função piloto adicional e um mecanismo de proteção pessoal contra choques elétricos, posicionado entre o VE e a fonte de alimentação. Este método de recarga é considerado lento e depende de um carregador integrado ao veículo. Os cabos do modo 2 são equipados com um conector padrão para uso residencial em uma extremidade e, na outra, um conector compatível com o padrão do VE. Incluem tanto um dispositivo de proteção contra correntes residuais (DPCR) quanto um condutor de proteção de aterramento. A função piloto, caracterizada por um sinal de modulação de largura de pulso (PWM) para controle, facilita a comunicação entre a infraestrutura de carregamento e o VE, exercendo funções de controle e segurança, como a verificação da conexão de terra do conector, a desativação da tensão quando o VE não está acoplado e a limitação da corrente transferível ao VE (ARIOLI, 2016; GRASSI; RECH, 2018; TEIXEIRA, 2021).

O carregador pode suportar uma carga de até 32 amperes e 250 volts em sistemas monofásicos ou até 480 volts em sistemas trifásicos. Contudo, a corrente disponível frequentemente é restringida pelo ponto de conexão a somente 10 amperes (2,4 kW) ou 16 amperes (3,8 kW) (ARIOLI, 2016; GRASSI; RECH, 2018; TEIXEIRA, 2021).

Para situações de recarga não planejadas ou de emergência, quando um eletroposto específico não está disponível, é comum que os fabricantes de VEs forneçam esses cabos aos consumidores (ARIOLI, 2016; TEIXEIRA, 2021).

**c) Modo de recarga 3:** A recarga no modo 3 é efetuada por meio de carregadores integrados ao veículo elétrico (VE), conectando-se a um sistema de segurança para veículos elétricos (SAVE) específico. O SAVE é permanentemente ligado a uma fonte de corrente alternada (CA) e a uma rede elétrica. Esse sistema oferece aumentada segurança ao incorporar funções de proteção especializadas para o processo de carga, com o objetivo de assegurar a integridade do usuário, mesmo na presença de falhas operacionais ou de equipamento. As funcionalidades essenciais do SAVE no modo 3 incluem: a verificação da correta conexão das interfaces de carga, avaliação da eficácia do aterramento, desativação do cabo de carga quando não está em uso, comunicação ao VE sobre a corrente disponível, monitoramento constante da resistência de isolamento do VE durante o carregamento, e prevenção da desconexão do cabo tanto da estação de carga quanto do veículo durante o processo de carga. Adicionalmente, os SAVES localizados em estações públicas incorporam um medidor de energia e um sistema integrado de cobrança (ARIOLI, 2016; GRASSI; RECH, 2018; TEIXEIRA, 2021)

O modo 3 é frequentemente considerado o método mais seguro e eficaz para a recarga de VEs, sendo o mais adotado atualmente devido aos seus atributos de segurança (ARIOLI, 2016; TEIXEIRA, 2021).

Esse método é aplicável tanto para recargas lentas quanto semirrápidas, variando entre 1 e 4 horas. A corrente é limitada a 32 A ou 63 A, com tensões de 250 V em sistemas monofásicos ou 480 V em sistemas trifásicos. As potências típicas são de 3,7 kW e 7 kW para as conexões monofásicas e 11 kW e 22 kW para as trifásicas, podendo alcançar até 43 kW em sistemas trifásicos (GRASSI; RECH, 2018).

**d) Modo de recarga 4:** No modo 4 de recarga para veículos elétricos (VEs), um eletroposto dedicado é responsável por monitorar o processo de carregamento. Ao contrário do modo 3, onde o carregador está embutido no veículo, no modo 4 o carregador é externo (off-

board) e fornece corrente contínua (CC) diretamente à bateria do VE. O gerenciamento da corrente é realizado por um sistema eletrônico integrado ao veículo, que ajusta a intensidade com base nas especificações da bateria e no seu estado de carga (SoC – State-of-Charge) (ARIOLI, 2016; TEIXEIRA, 2021).

Este modo é exclusivamente utilizado para recargas rápidas, sendo capaz de oferecer correntes de até 400 amperes e níveis de potência que comumente alcançam 50 kW, 120 kW, 150 kW e podem chegar a 400 kW (GRASSI; RECH, 2018). Eletropostos no modo 4 demandam uma infraestrutura elétrica substancialmente mais complexa, não sendo apropriados para instalação residencial. Por essa razão, encontram-se usualmente em locais estratégicos como rodovias, onde podem atender à necessidade de recargas rápidas durante viagens longas (ARIOLI, 2016; TEIXEIRA, 2021).

#### **2.1.5. Principais Carros Eletrificados Vendidos em 2023**

Segundo a ABVE, as principais marcas vendidas em 2023 foram TOYOTA, BYD, CAO A CHERY, GWM e VOLVO, como podemos observar na tabela fornecida pela própria ABVE.

Tabela 2 - Principais marcas e modelos vendidos em 2023

| Ranking | Modelo                   | Tecnologia | Total geral |
|---------|--------------------------|------------|-------------|
| 1º      | TOYOTA/CCROSS XRX HYBRID | HEV FLEX   | 10.283      |
| 2º      | I/BYD SONG PLUS GS DM    | PHEV       | 7.669       |
| 3º      | TOYOTA/COROLLA APREMIUMH | HEV FLEX   | 6.867       |
| 4º      | I/BYD DOLPHIN GS 180EV   | BEV        | 5.971       |
| 5º      | I/CAOACHERY TIGGO8 PHEV  | PHEV       | 4.605       |
| 6º      | I/GWM HAVAL H6 PREM HEV  | HEV        | 4.221       |
| 7º      | I/GWM HAVAL H6 GT        | PHEV       | 3.738       |
| 8º      | I/GWM HAVAL H6 PREM PHEV | PHEV       | 2.584       |
| 9º      | CAOACHERY/TIGGO5X PRO H  | HEV FLEX   | 2.398       |
| 10º     | I/VOLVO XC60 T8 ULTIMATE | PHEV       | 2.051       |
| 11º     | TOYOTA/CCROSS XRV HYBRID | HEV FLEX   | 1.832       |
| 12º     | I/BYD YUAN PLUS GL 310EV | BEV        | 1.756       |
| 13º     | CAOACHERY/TIGGO5X PRO HA | HEV FLEX   | 1.373       |
| 14º     | CAOACHERY/TIGGO7 PRO H   | HEV FLEX   | 1.303       |
| 15º     | I/VOLVO XC60 T8 PLUS     | PHEV       | 1.190       |
| 16º     | I/VOLVO XC40 6 PLUS      | BEV        | 1.119       |
| 17º     | I/AUDI Q5 SB P-HIBRIDO   | PHEV       | 1.116       |
| 18º     | I/KIA SPORTAGE TMHEV EXP | HEV        | 1.052       |
| 19º     | I/BYD SEAL AWD GS 590EV  | BEV        | 1.040       |
| 20º     | TOYOTA/COROLLA ALTIS HV  | HEV FLEX   | 1.018       |

Fonte: ABVE (Associação Brasileira de Veículos Elétricos). (2023)

### 2.1.6. Tempo de Recarga de veículos Elétricos

O tempo de recarga de um BEV ou de um PHEV vai depender de uma série de fatores, o primeiro deles é em relação a potência da estação de recarga, quanto maior a potência mais rápido o carregamento. Apesar da proposição anterior ser verdade, existem fatores limitantes como a potência da bateria, a potência do cabo e ainda a potência de conversão de ca/cc que seria o inversor ca/cc integrado ao carro. Lembrando que a menor potência na combinação limita o carregamento. No entanto, geralmente um sistema com potências maiores possibilita carregar o veículo em menor tempo. Para ajudar na compreensão e em futuras escolhas de carregamentos a serem implementados, foi criada a tabela 3 com o tempo de recarga dos principais veículos PHEV e BEV mais vendidos no país.

Tabela 3 - Tempo de recarga, capacidade das baterias e autonomia de alguns modelos

| Marca      | Modelo           | Tecnologia | Capacidade da Bateria(kWh) | Potência Máxima(kW) | Tempo de recarga C.A. (h) | Autonomia modo 100% elétrico(KM) |
|------------|------------------|------------|----------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------------|
| BYD        | Song Plus        | PHEV       | 8,3                        | 3,3                 | 3                         | 51                               |
| BYD        | Dolphin          | BEV        | 44,9                       | 6,6                 | 7                         | 291                              |
| Caoa Chery | Tiggo 8 pro      | PHEV       | 19,27                      | 6,4                 | 3                         | 54                               |
| GWM        | Haval H6 GT      | PHEV       | 34                         | 6,8                 | 5                         | 116                              |
| GWM        | Haval H6 AWD     | PHEV       | 34                         | 6,8                 | 5                         | 113                              |
| Volvo      | XC60 ultimate T8 | PHEV       | 18,8                       | 6,3                 | 3                         | 55                               |
| BYD        | Yuan plus        | BEV        | 64,48                      | 7                   | 9                         | 294                              |
| Volvo      | XC60 T8 Plus     | PHEV       | 18,8                       | 6,3                 | 3                         | 55                               |
| Volvo      | XC40 Plus        | BEV        | 69                         | 11                  | 7 à 8                     | 348                              |
| AUDI       | Q5 Sportback     | PHEV       | 17,9                       | 7,2                 | 2,5                       | 30                               |

Fonte: Os autores (2024)

## 2.2. Normas técnicas aplicáveis

### 2.2.1. NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão

A NBR 5410 é uma norma técnica brasileira que especifica as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens. Ela é aplicável a instalações elétricas de edificações residenciais, comerciais, públicas, agrícolas, de serviços, industriais, e outros locais de uso semelhante.

### 2.2.2. NT-042 – Critérios de Conexão Para Estações de Recarga de Veículos Elétricos

A NT-042 é uma norma técnica que estabelece critérios para o atendimento de instalações com estações de recargas, seja no modo individual ou coletivo. Ainda estabelece tabelas para cálculos de demanda de utilização das estações.

### 2.2.3. NBR 17019 – Sistemas de recarga condutiva para veículos elétricos

Vários itens da NBR 5410 são aplicáveis a essa NBR, sendo ela uma extensão da 5410 com o intuito de dar diretrizes para os SAVEs (Sistemas de alimentação para VE), se amparando em várias IEC's.

#### **2.2.4. ABNT NBR IEC 61851 - 1 – Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos. Parte 1: Requisitos**

A ABNT NBR IEC 61851-1 é a versão brasileira da norma internacional IEC 61851-1, adotada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Esta norma faz parte de um conjunto de padrões técnicos que regulamentam os sistemas de recarga de veículos elétricos (VEs). A IEC 61851-1, em particular, refere-se à parte 1 do padrão e trata dos aspectos gerais dos equipamentos de recarga para veículos elétricos, especificando os requisitos para o desempenho e segurança dos pontos de recarga.

#### **2.2.5. NT-02 – Fornecimento de energia em média tensão**

Essa norma técnica da Equatorial tem por finalidade determinar as diretrizes que envolvem tudo relacionado ao fornecimento de energia elétrica em média tensão. Atendendo às unidades consumidoras de uso individual, localizadas nas zonas urbanas e rurais.

### **2.3. Veículos Elétricos na Rede de Alimentação**

#### **2.3.1. Distorções Harmônicas**

As distorções harmônicas são fenômenos associados a deformações nas formas de onda das tensões e correntes em relação à onda senoidal da frequência fundamental (ANEEL, 2021). Estas perturbações são constituídas por elementos senoidais de tensão e corrente que possuem frequências que são múltiplos inteiros da frequência principal, geralmente 50 ou 60 Hz. Mesmo quando afetados por harmônicas, os sinais continuam a exibir um padrão periódico.

Uma das principais consequências da presença de harmônicos na rede é o aumento da corrente no neutro. Num sistema trifásico de 4 cabos, o neutro pode ser severamente afetado por cargas não lineares conectadas a circuitos ramificados de 220V. Sob condições normais para uma carga balanceada, a porção de 60 Hz fundamental das correntes de fase se anulará no neutro. Porém em um sistema não linear a presença de harmônicas ímpares chamadas triplete – múltiplos ímpares da terceira harmônica: 3º, 9º, 15º etc. - não se anulam mas, ao invés disso, adicionam-se ao neutro.

O PRODIST não determina valores para harmônica de corrente, e, portanto, as referências são adotadas por normas internacionais. Sendo que, a corrente de 3ª harmônica (e múltiplas) oriundas de cargas monofásicas não lineares ligadas entre as fases e o neutro deste

circuito serão somadas no neutro devido ao sincronismo das formas de onda nas três fases nestas frequências.

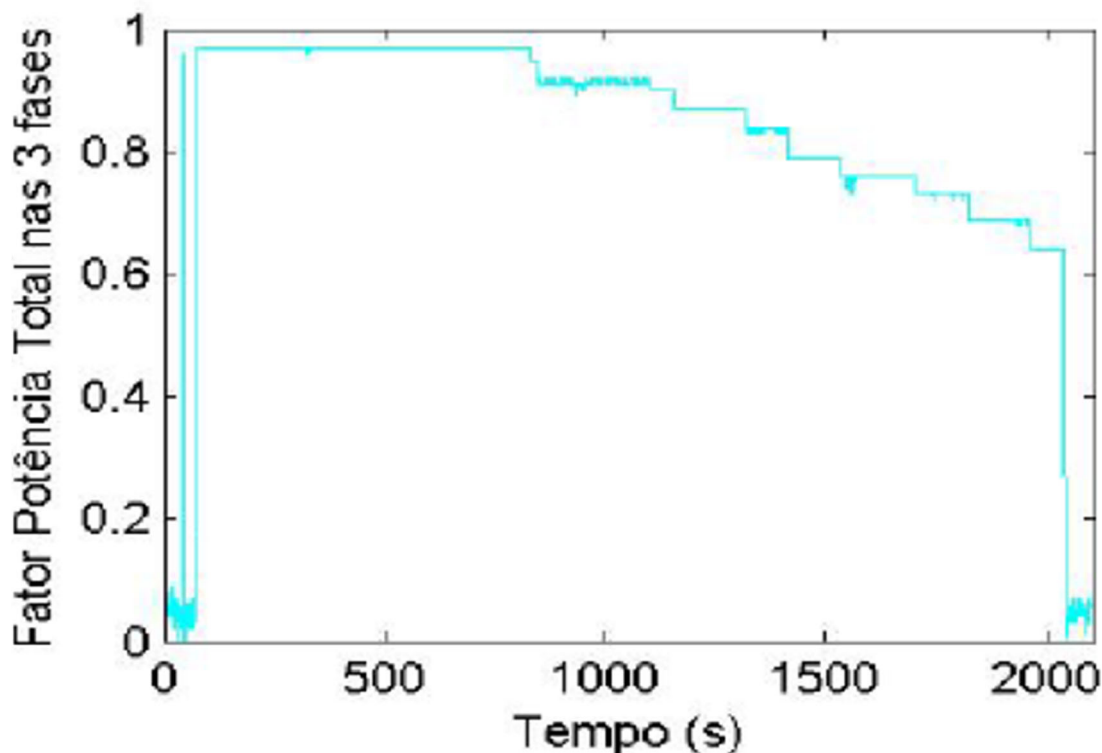
Quando, num circuito trifásico com neutro, a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 15%, a seção do condutor neutro não deve ser inferior à dos condutores de fase, podendo ser igual à dos condutores de fase se essa taxa não for superior a 33%.

Existem alguns estudos bastante interessantes a respeito do surgimento de harmônicos devido a presença de estações de recargas nas instalações, como “Distorção Harmônica Causada Pela Inserção de Carregadores Veiculares no Sistema de Distribuição de Energia Elétrica” por Isaac Azevedo da Silva e ainda “Estudo da Distorção Harmônica em Redes de Distribuição de Baixa Tensão com Sistemas Fotovoltaicos e Veículos Elétricos “ por Taís Tavares de Oliveira.

### **2.3.2. Fator de Potência**

Quando se trata de especificações técnicas para postos de carregamento, a potência ativa é frequentemente o foco. No entanto, é crucial lembrar que os cabos e circuitos serão afetados pela maior potência aparente presente. Os índices de potência podem sofrer variações significativas, influenciados por uma série de fatores como o nível de carga da bateria, a capacidade do posto de carregamento e a própria capacidade da bateria, mudando de maneira notável durante o processo de carregamento. Este estudo tem como referência um trabalho acadêmico de Rita Pinto (2015), intitulado “Análise dos perfis de carregamento de veículos elétricos numa estação de carregamento”. Este documento é particularmente relevante, pois aborda a qualidade da energia durante o carregamento de veículos elétricos e considera uma estação de 22 kW, idêntica à utilizada neste estudo. Um dos cenários analisados abrange o carregamento da bateria de 67% a 98%, uma faixa de carga que geralmente ocorre após o uso regular do veículo antes de ser conectado ao carregador. Este cenário é ilustrado no gráfico 2:

Gráfico 2 : Fator de Potência X Tempo



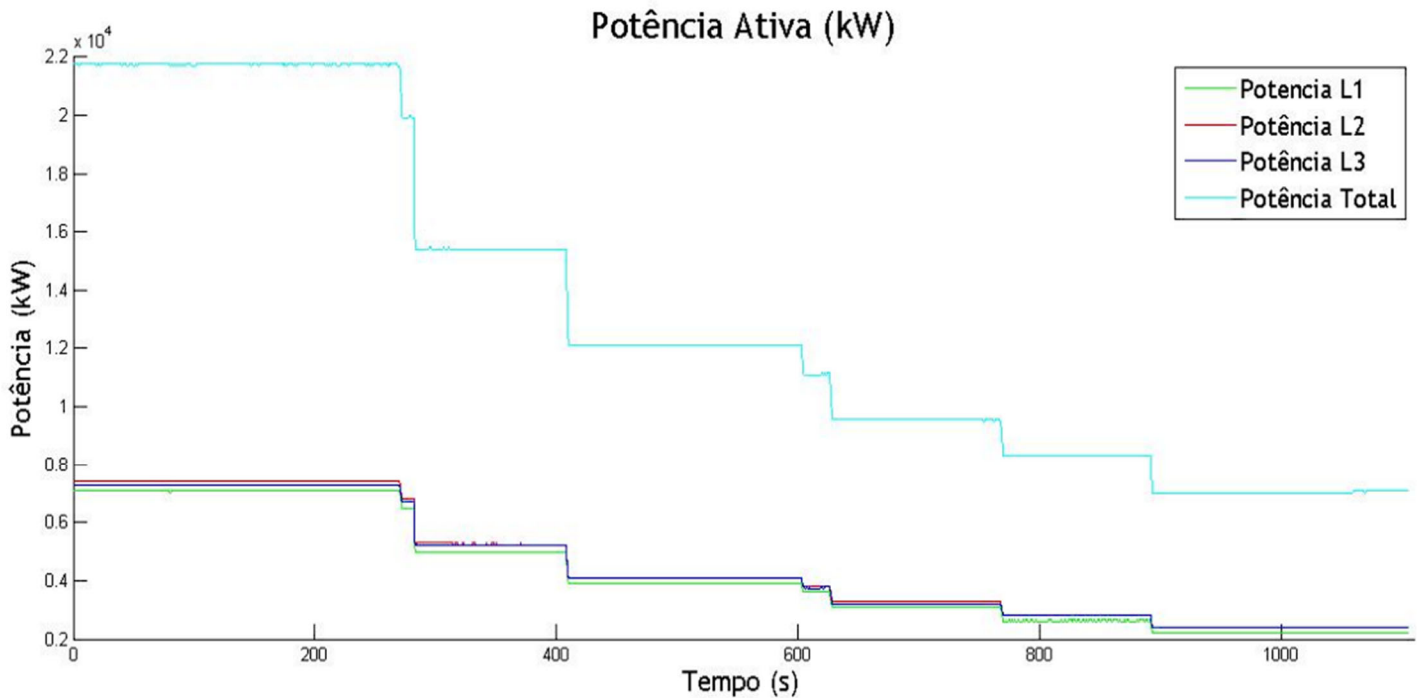
Fonte: Rita Pinto (2014)

Pode ocorrer de o projetista optar por calcular a demanda com base no menor fator de potência observado, mas é importante notar que esses valores são típicos quando a bateria atinge quase a carga total, geralmente acima de 90%. Conforme indicado em um gráfico de referência, o ponto em que a carga excede 90% pode ocorrer após 18 minutos, ou 1.080 segundos.

Avaliando este tempo específico, o fator de potência mostrou-se próximo de 0,9. Dado que os postos de carregamento modernos podem ser configurados, os usuários possuem a flexibilidade de limitar o carregamento do seu veículo elétrico (VE) a 90%, uma escolha que pode ser motivada pelo entendimento de que a carga máxima pode acelerar o desgaste da bateria.

Outra análise que podemos fazer é a respeito da influência que a potência ativa tem sobre a variação do fator de potência no processo de carregamento de um VE. Utilizando os mesmos 18min (1080 s) e analisando no gráfico 4, temos que a partir de uma redução significativa da carga de carregamento em aproximadamente 36%, existe uma influência direta na redução do fator de potência, como podemos perceber no gráfico 3, onde se inicia a redução em aproximadamente 800s.

Gráfico 3 : Potência Ativa X Tempo



Fonte: Rita Pinto (2014)

## 2.4. Smart Charging

A Recarga Inteligente de veículos elétricos (*Smart Charging* ou Carregamento Inteligente) refere-se a um sistema em que o carregador do veículo elétrico possui uma conexão de internet para envio de dados.

Ao contrário dos carregadores tradicionais (sem função *Smart*) que não estão conectados à nuvem, a recarga inteligente permite que o proprietário do equipamento monitore e gerencie remotamente o uso de seu carregador para acompanhar e otimizar o consumo de energia.

Com esse tipo de carregamento é possível realizar os serviços de controle da potência disponível entre as estações de recarga conectadas na rede por meio de um hardware local para maior integridade, possibilitando assim uma otimização da infraestrutura elétrica, além de permitir a recarga de todos os veículos simultaneamente sem que ocorra o desligamento de pontos de recarga por sobrecarga do sistema.

Essa tecnologia pode ser aplicada para auxiliar no controle e diminuição de harmônicas também, pois sua forma de atuação diminuindo a corrente faz com que o impacto de distorção seja menor.

Sendo assim, esse tipo de tecnologia é fundamental para instalações onde a carga existente já é bem definida e necessita de um controle rigoroso de todo o processo de carregamento.

### 3. Métodos, materiais, resultados e soluções

#### 3.1. Metodologia e Equipamentos Utilizados

A metodologia fundamental para a elaboração deste documento técnico envolveu a instalação de um aparelho analisador de energia nas saídas dos disjuntores de alimentação das medições dos apartamentos e na medição do serviço das edificações.

O estudo de caso foi realizado em uma edificação residencial de alto padrão contendo 92 apartamentos, o estudo procedeu da mesma forma do caso anterior, extraíndo os dados dos apartamentos e da área de serviço do condomínio. Após a extração dos dados das medições realizadas com o equipamento, foram analisados os valores e parâmetros essenciais para embasar o estudo. Para a realização deste estudo técnico de análise de energia utilizou-se o equipamento analisador de energia *RE 7000 da Embrasul (número de Série: 72000471)*.

Figura 1 - Equipamento RE7000 instalado nas edificações



Fonte: Embrasul (2024)

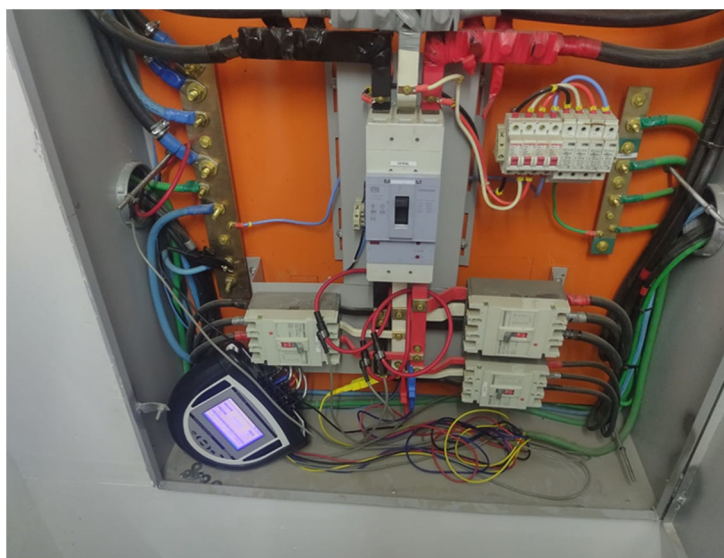
Abaixo seguem as fotos referentes a instalação do equipamento nos quadros para a medição dos parâmetros:

Figura 2 - Equipamento RE7000 instalado no Serviço da Edificação de Estudo de Caso 02



Fonte: Os Autores (2023)

Figura 3 - Equipamento RE7000 instalado nos Apartamentos da Edificação de Estudo de Caso 02



Fonte: Os Autores (2023)

A Figura 2 ilustra a instalação do equipamento analisador de energia RE 7000 no quadro geral do Serviço do condomínio. O procedimento de instalação se deu colocando um sensor de corrente em cada fase e no neutro para aferir medidas de corrente e colocando cabos de entrada de tensão (Garras jacaré) nas três fases, no terra e no neutro.

A Figura 3 ilustra a instalação do equipamento de analisador de energia RE 7000 no quadro geral dos Apartamentos do condomínio. O procedimento de instalação foi um pouco

mais complicado devido a disposição do quadro, foi necessário requerer o desligamento dos disjuntores para garantir a segurança da equipe de operação, para isso foi feito um comunicado aos condôminos indicando o desligamento da energia dos apartamentos por alguns minutos. Após o desligamento foi colocado um sensor de corrente em cada fase e no neutro para aferir medidas de corrente e colocando cabos de entrada de tensão (Garras jacaré) nas três fases, no terra e no neutro.

Ressalta-se a importância vital da utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) em instalações elétricas, para garantir a integridade física dos profissionais envolvidos. Itens como luvas isolantes, botas de segurança, protetores faciais e mangas isolantes são indispensáveis para mitigar os riscos associados ao trabalho com eletricidade. Adicionalmente, é imprescindível a implementação de sinalização adequada nas áreas de instalação desses equipamentos, com o objetivo de alertar e proteger todas as pessoas que possam acessar esses ambientes, contribuindo para a prevenção de acidentes e assegurando a segurança coletiva.

### **3.1.1. Relatório Técnico - Prodist**

Os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica (PRODIST) são documentos que normatizam as atividades técnicas dos sistemas de distribuição de energia elétrica. Dividido em 11 módulos, que contemplam desde normas para o planejamento da expansão dos sistemas de distribuição até a determinação de regras para os sistemas de medição.

O módulo 8 também é chamado de Módulo de Qualidade, justamente por tratar de aspectos referentes à qualidade do produto, serviço e atendimento da atividade de distribuição de energia elétrica.

Como qualquer outro produto ou serviço, a distribuição tem aspectos que podem ser classificados a partir de padrões de qualidade definidos. É neste módulo que são apresentadas as metodologias para cálculo dos indicadores de qualidade do produto, como também os fenômenos relativos à conformidade da onda de tensão em regime permanente e transitório (DRP e DRC), indicadores de distorções de tensão, harmônicos de tensão, flutuação de tensão e eventos.

Também são definidos os indicadores de qualidade de serviço que classificam as interrupções da distribuição em termos de duração e frequência (DIC/FIC e DEC/FEC), além dos procedimentos e prazos de reclamação e atendimento para as distribuidoras e consumidores.

### **3.2. Software ANL 7000**

O *software* em questão trata-se de um produto da Embrasul vinculado a análise dos dados extraídos pelo equipamento analisador de energia (RE7000). Esse software permite a geração de relatórios PRODIST, baseado no Módulo 8 para análise da qualidade de energia. Realiza um resumo dos principais dados como tensão, corrente, demanda(peça fundamental para o nosso estudo), gera valores de harmônicos, fator de potência, e muitas outras informações. Esse software foi utilizado para extração dos dados que serão mostrados em subtópicos seguintes.

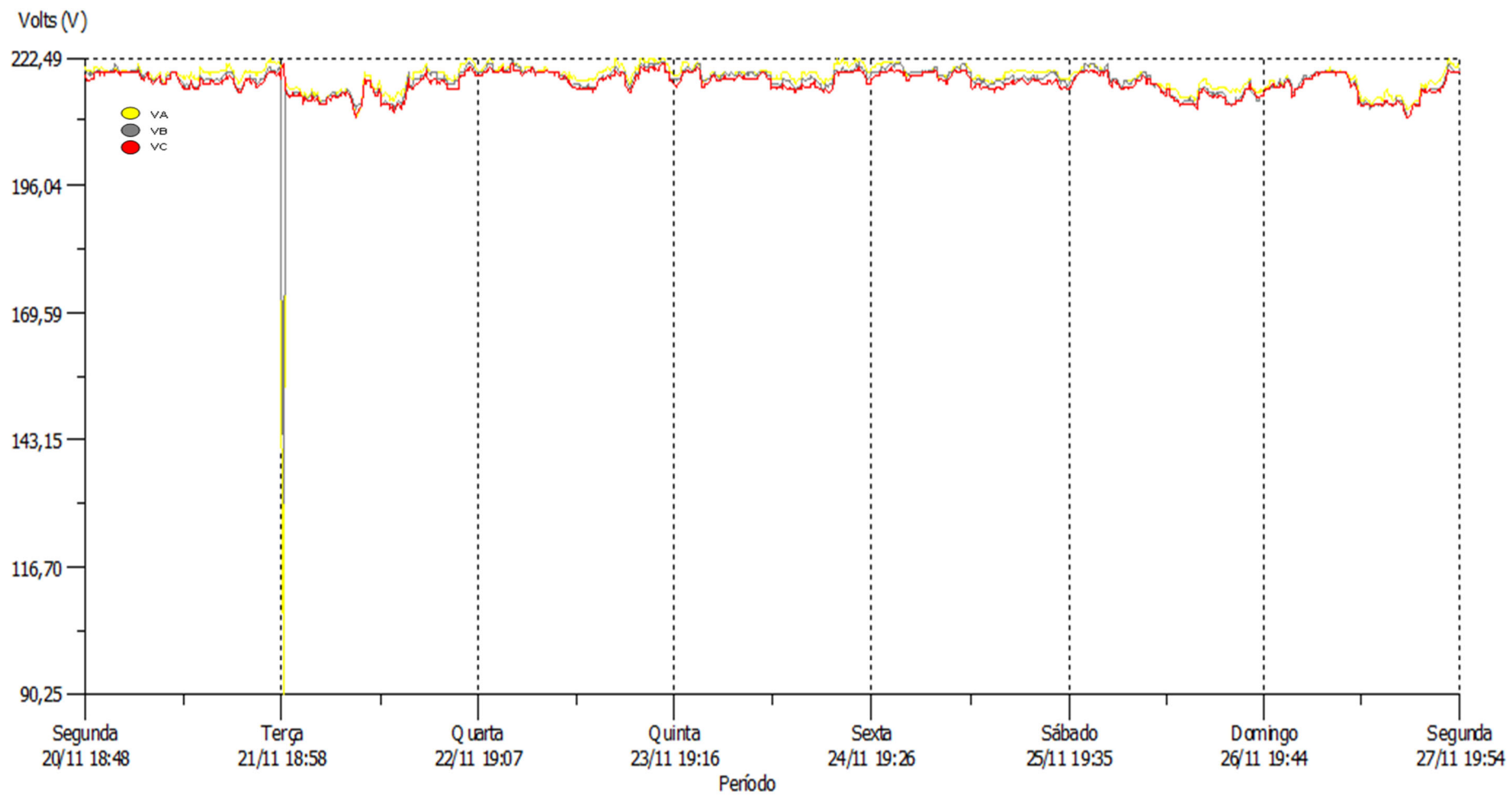
### **3.3. Estudo de Caso**

Os principais dados apresentados nesse tópico serão:

- Tensão em Regime Permanente
- Corrente
- Fator de Potência
- Distribuição de Tensão

### 3.3.1. Serviço do Condomínio

Gráfico 4 - Tensão em Regime Permanente (Condomínio)



Fonte: Software ANL 7000. (2023)

Tabela 4 - Valores de Tensão (Condomínio)

|                      | <b>UA</b> | <b>UB</b> | <b>UC</b> |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Tensão Média</b>  | 218,31    | 217,60    | 217,11    |
| <b>Tensão Máxima</b> | 222,49    | 221,80    | 221,07    |
| <b>Tensão Mínima</b> | 90,2      | 129,74    | 209,73    |

Fonte: Autores. (2023)

Visando manter a qualidade na prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica, a ANEEL exige que as concessionárias mantenham um padrão de conformidade da tensão em regime permanente e, para tal, estabelece limites para os indicadores DRP (duração relativa da transgressão de tensão precária) e DRC (duração relativa da transgressão de tensão crítica), que expressam o percentual do tempo em que determinada unidade consumidora permanece com tensão precária e com tensão crítica, conforme definido no Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição - PRODIST.

Tabela 5 - Distribuição das Tensões (Condomínio)

| Valor (%) | UA (%) | UB (%) | UC (%) | Valor (%) | UA (%) | UB (%) | UC (%) |
|-----------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|
| <80,0     | 0,20%  | 0,10%  | 0,00%  | 100,8     | 24,11% | 15,38% | 4,76%  |
| 80,9      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 101,8     | 0,69%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 81,9      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 102,8     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 82,8      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 103,8     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 83,8      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 104,7     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 84,7      | 0,00%  | 0,10%  | 0,00%  | 105,5     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 85,7      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 106,3     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 86,6      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 107,3     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 87,7      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 108,3     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 88,8      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 109,2     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 89,9      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 110,2     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 91,0      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 111,2     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 92,1      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 112,2     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 93,1      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 113,1     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 94,1      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 114,1     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 95,0      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 115,1     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 96,0      | 0,20%  | 0,30%  | 0,79%  | 116,1     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 97,0      | 0,89%  | 6,25%  | 8,13%  | 117,1     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 97,9      | 12,60% | 12,30% | 13,59% | 118,0     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 98,9      | 16,17% | 23,31% | 34,13% | 119,0     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 99,9      | 45,14% | 42,26% | 38,59% | >=120,0   | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |

Fonte: Software ANL 7000. (2023)

Em verde temos a faixa de valores adequados, em amarelo valores precários, em vermelho valores críticos.

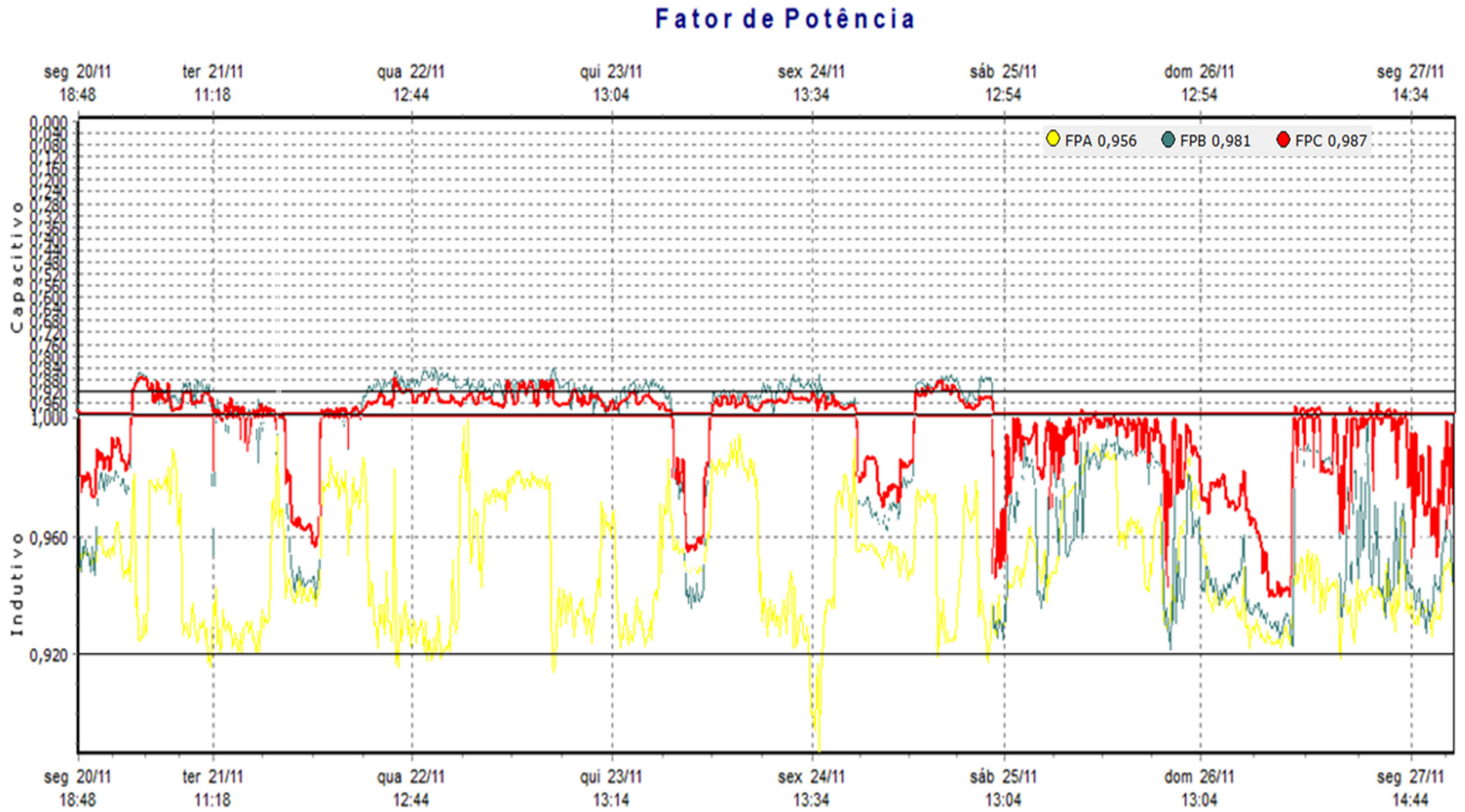
Tabela 6 - Indicadores Individuais DRC e DRP (Condomínio)

| Indicador | Fase A | Fase B | Fase C | Total |
|-----------|--------|--------|--------|-------|
| Nlp       | 0      | 0      | 0      | 0     |
| Nlc       | 2      | 2      | 0      | 4     |
| DRP(%)    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00% |
| DRC(%)    | 0,20%  | 0,20%  | 0,00%  | 0,13% |

Fonte: Dados extraídos do Software ANL 7000. (2023)

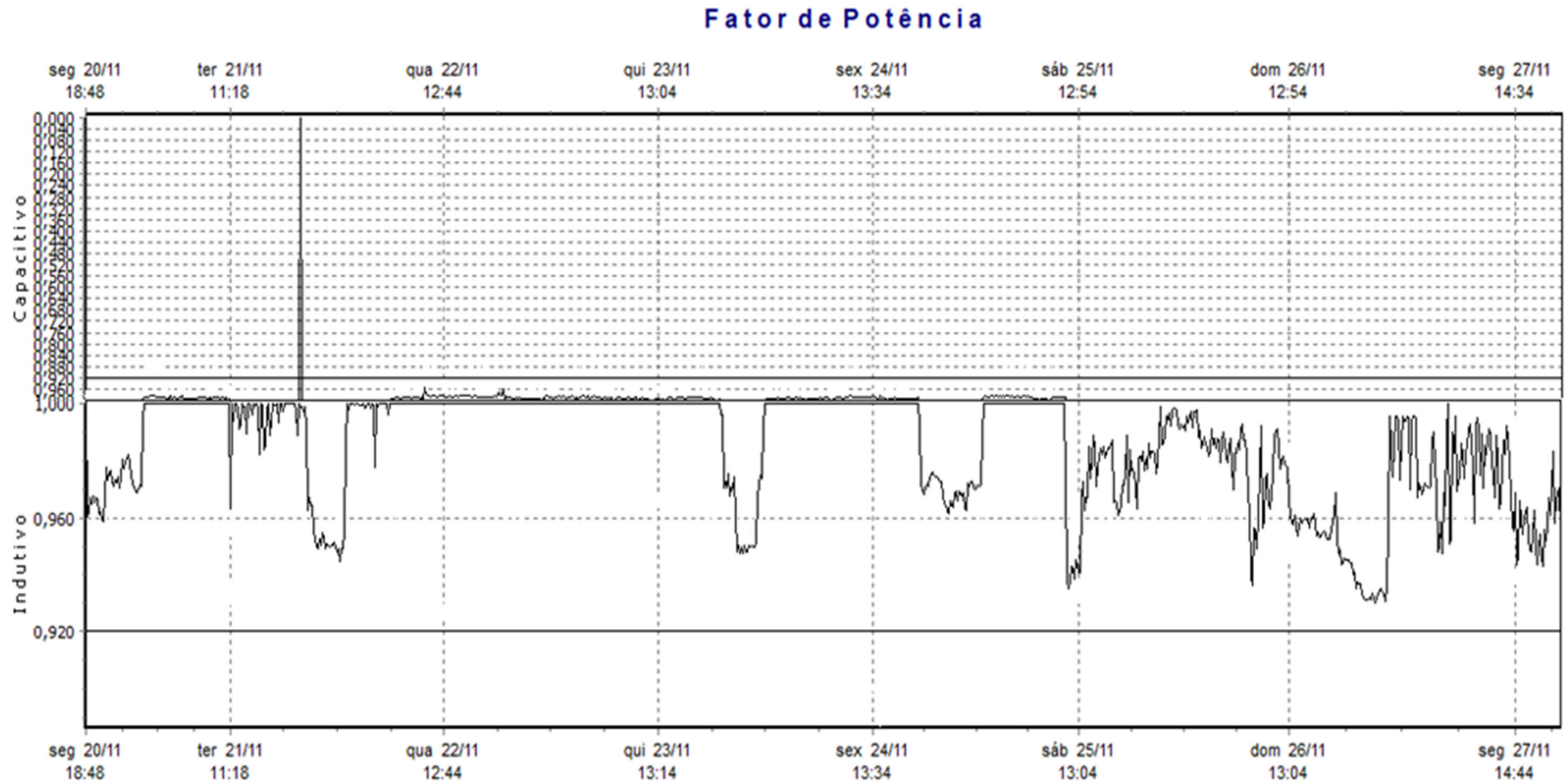
Após a verificação dos registros de tensão pelo analisador de energia, verificou-se que a grande maioria dos valores medidos pelo equipamento estavam dentro da faixa adequada.

Gráfico 5 - Fator de Potência das 3 fases (Condomínio)



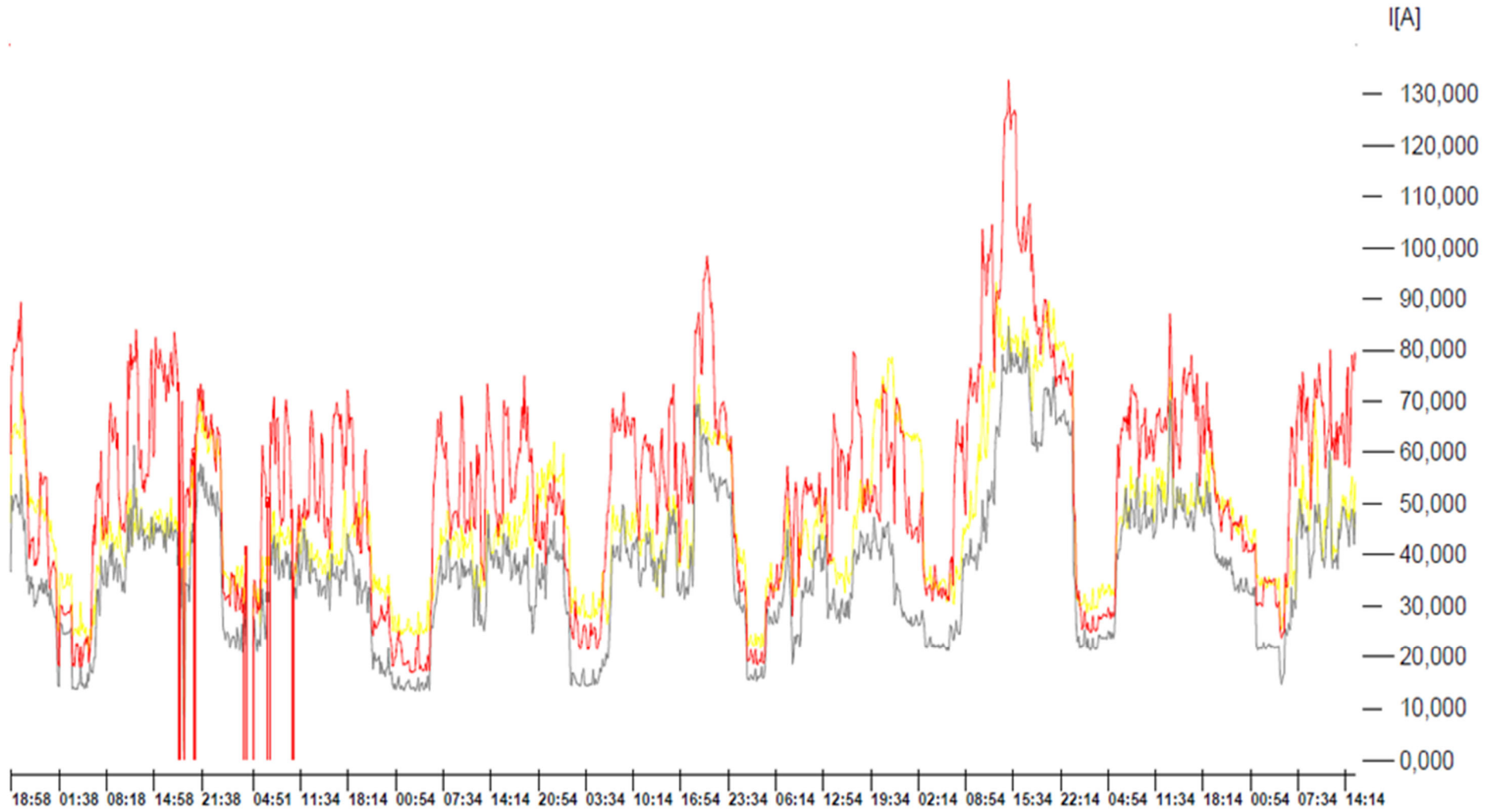
Fonte: Software ANL 7000. (2023)

Gráfico 6 - Fator de Potência Trifásico (Condomínio)



Fonte: Software ANL 7000. (2023)

Gráfico 7 - Correntes (Condomínio)

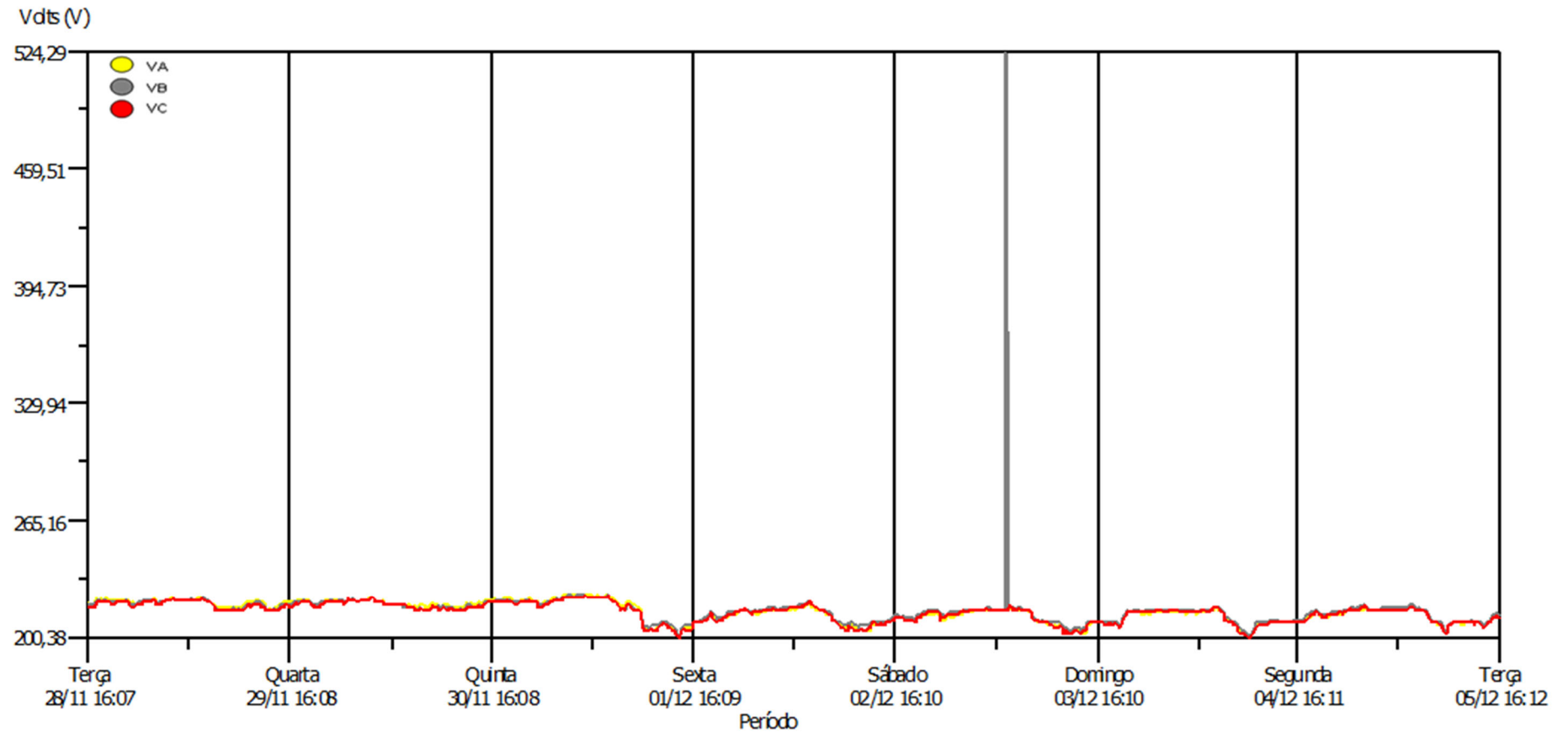


Fonte: Software ANL 7000. (2023)

Pelo gráfico temos que a corrente máxima foi registrada na fase C e com um valor de 133,03A.

### 3.3.2. Apartamentos do Condomínio

Gráfico 8 - Tensão em Regime Permanente (Apartamentos)



Fonte: Software ANL 7000. (2023)

Tabela 7 - Valores de Tensão (Apartamentos)

|                      | <b>UA</b> | <b>UB</b> | <b>UC</b> |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Tensão Média</b>  | 213,84    | 214,88    | 213,57    |
| <b>Tensão Máxima</b> | 223,62    | 524,28    | 222,88    |
| <b>Tensão Mínima</b> | 200,37    | 201,62    | 200,41    |

Fonte: Autores. (2023)

Com os dados obtidos da tensão, podemos perceber que a fase B um pico de tensão, podendo ser por vários fatores, entre eles manobras da concessionária.

Visando manter a qualidade na prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica, a ANEEL exige que as concessionárias mantenham um padrão de conformidade da tensão em regime permanente e, para tal, estabelece limites para os indicadores DRP (duração relativa da transgressão de tensão precária) e DRC (duração relativa da transgressão de tensão crítica), que expressam o percentual do tempo em que determinada unidade consumidora permanece com tensão precária e com tensão crítica, conforme definido no Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição - PRODIST.

Tabela 8 - Distribuição das Tensões (Apartamentos)

| Valor (%) | UA (%) | UB (%) | UC (%) | Valor (%) | UA (%) | UB (%) | UC (%) |
|-----------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|
| <80,0     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 100,8     | 17,06% | 13,89% | 9,92%  |
| 80,9      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 101,8     | 3,57%  | 1,98%  | 1,19%  |
| 81,9      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 102,8     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 82,8      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 103,8     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 83,8      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 104,7     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 84,7      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 105,5     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 85,7      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 106,3     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 86,6      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 107,3     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 87,7      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 108,3     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 88,8      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 109,2     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 89,9      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 110,2     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 91,0      | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 111,2     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 92,1      | 0,69%  | 0,30%  | 1,09%  | 112,2     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 93,1      | 3,67%  | 1,39%  | 4,76%  | 113,1     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 94,1      | 8,23%  | 6,25%  | 6,75%  | 114,1     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 95,0      | 10,02% | 10,02% | 9,92%  | 115,1     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 96,0      | 6,55%  | 7,94%  | 6,25%  | 116,1     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 97,0      | 10,91% | 7,14%  | 8,63%  | 117,1     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 97,9      | 11,51% | 13,69% | 13,19% | 118,0     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 98,9      | 14,19% | 21,23% | 22,02% | 119,0     | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 99,9      | 13,59% | 16,07% | 16,27% | >=120,0   | 0,00%  | 0,10%  | 0,00%  |

Fonte: Software ANL 7000. (2023)

Em verde temos a faixa de valores adequados, em amarelo valores precários, em vermelho valores críticos.

Tabela 9 - Indicadores Individuais DRC e DRP (Apartamentos)

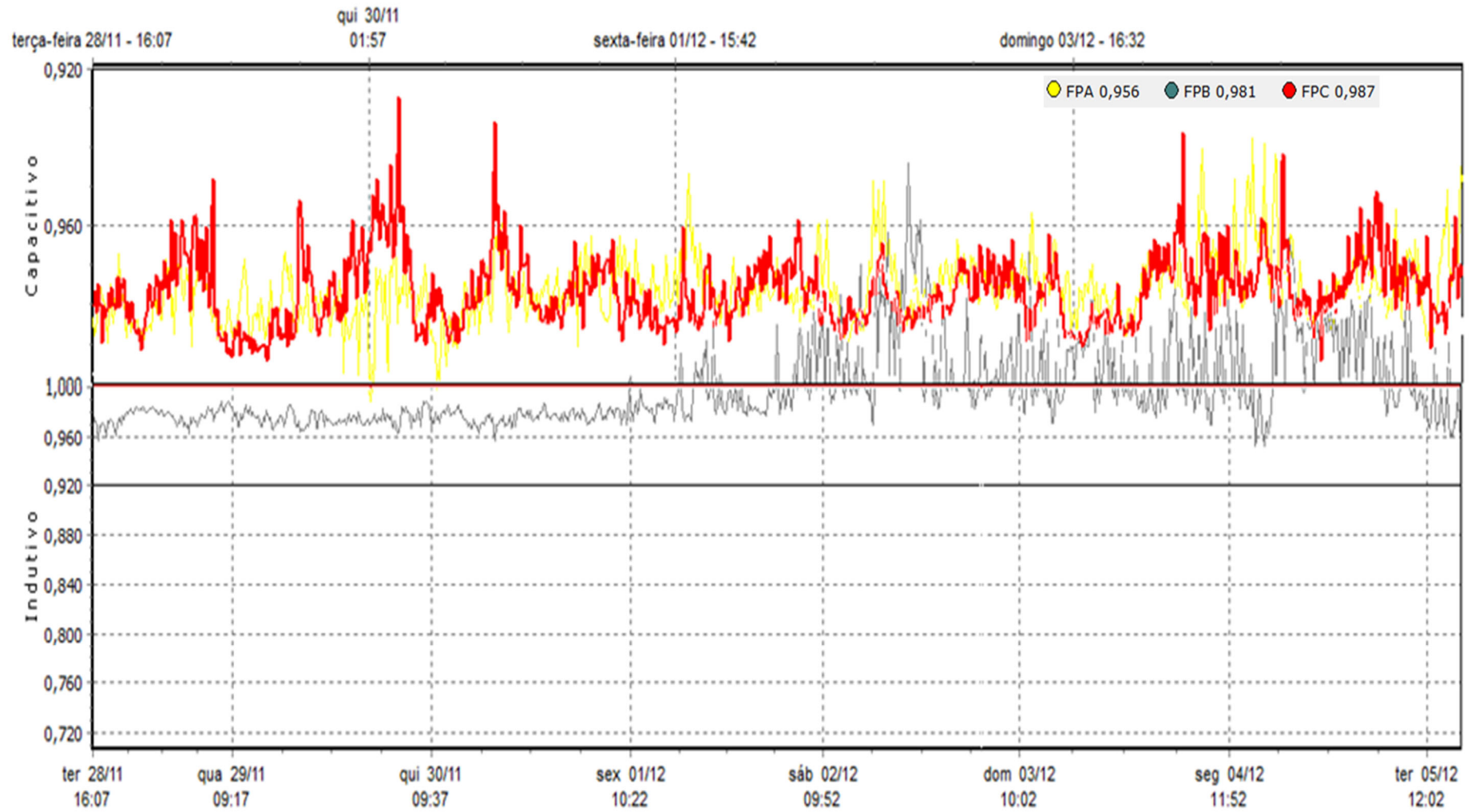
| Indicador | Fase A | Fase B | Fase C | Total |
|-----------|--------|--------|--------|-------|
| Nlp       | 2      | 0      | 3      | 5     |
| Nlc       | 0      | 1      | 0      | 1     |
| DRP(%)    | 0,00%  | 0,10%  | 0,00%  | 0,03% |
| DRC(%)    | 0,20%  | 0,00%  | 0,30%  | 0,17% |

Fonte: Dados extraídos do Software ANL 7000. (2023)

Após a verificação dos registros de tensão pelo analisador de energia, verificou-se que a grande maioria dos valores medidos pelo equipamento estavam dentro da faixa adequada.

Gráfico 9 - Fator de Potência das 3 fases (Apartamentos)

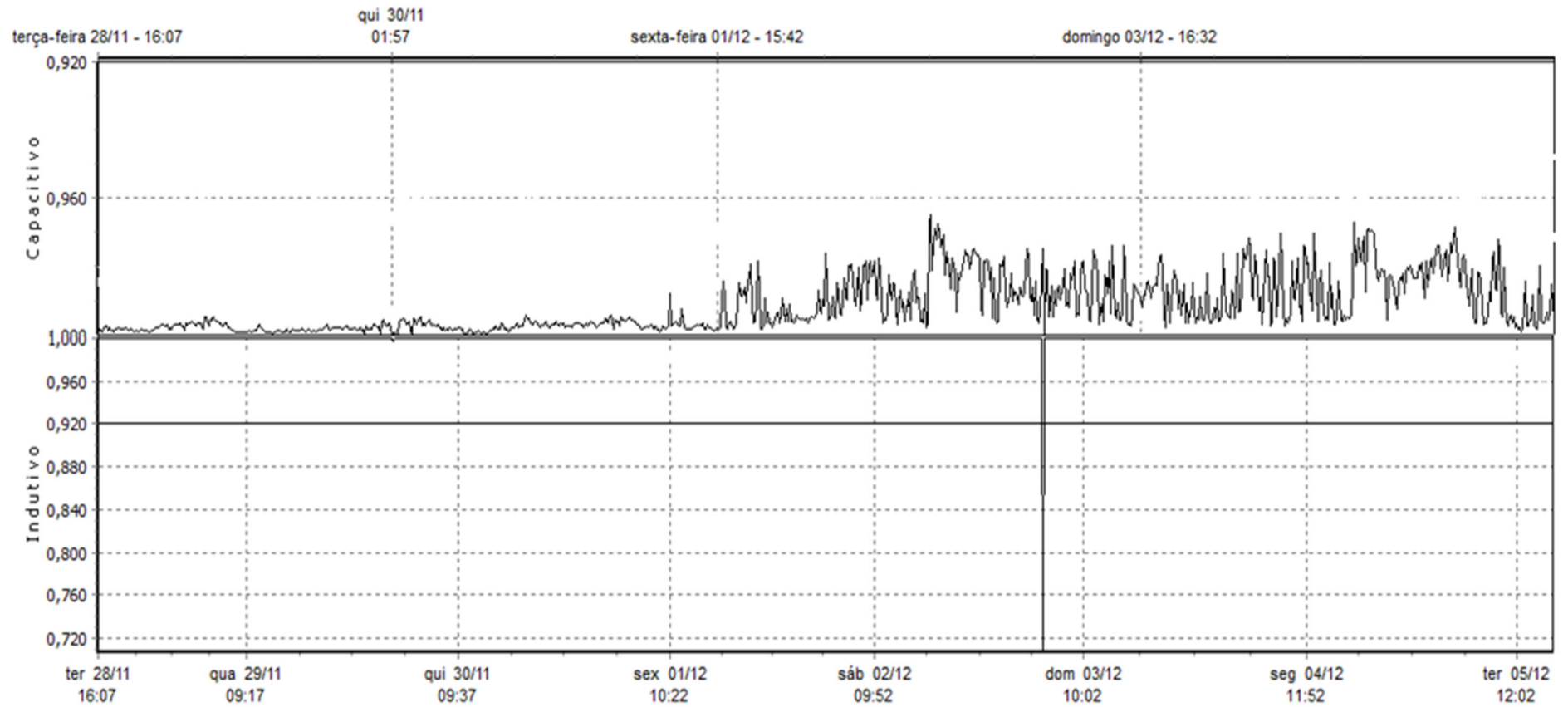
### Fator de Potência



Fonte: Software ANL 7000. (2023)

Gráfico 10 - Fator de Potência Trifásico (Apartamentos)

### Fator de Potência



Fonte: Software ANL 7000. (2023)

Gráfico 11 - Correntes (Apartamentos)



Fonte: Software ANL 7000. (2023)

Pelo gráfico temos que a tensão máxima foi registrada na fase C e com um valor de 217,477A

### 3.4. Análise dos dados

A partir dos dados gerados pelo PRODIST podemos inferir que não existe nenhuma ocorrência séria nas instalações de forma a necessitar de alguma intervenção ou atenção maior.

Utilizando o software ANL 7000 para gerar um resumo com alguns dados fundamentais para análise de viabilidade de implementação de pontos de recarga teremos o seguinte:

Figura 4 - Resumo com dados importantes do Serviço do Condomínio, gerado pelo software ANL 7000

**Intervalo considerado:**

segunda-feira 20/11/2023 18:38:40,00 até terça-feira 28/11/2023 15:34:18,00

**Máximos, médios e mínimos de tensões e correntes por fase.**

**Não considerados registros em queda e volta de energia. Tensão zero: 0,00 V**

**Fase A: tensões [V]**

Média 218,43  
Mínimo 90,25  
Máximo 222,49

**Correntes [A]**

Média 46,272  
Mínimo 0,014  
Máximo 93,422

**Fase B: tensões [V]**

Média 217,73  
Mínimo 129,74  
Máximo 222,03

**Correntes [A]**

Média 37,029  
Mínimo 0,000  
Máximo 84,855

**Fase C: tensões [V]**

Média 217,21  
Mínimo 209,72  
Máximo 221,50

**Correntes [A]**

Média 53,798  
Mínimo 0,000  
Máximo 133,028

**Potências médias, por fase e trifásicas, no intervalo**

| FASE  | kW     | kVAr   | kVA    | FP     |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| A     | 9,584  | 3,129  | 10,082 | 0,951  |
| B     | 7,603  | 0,146  | 7,604  | 0,999  |
| C     | 11,316 | -0,359 | 11,322 | -0,999 |
| Total | 28,503 | 2,915  | 28,652 | 0,995  |

**Potências aparentes por fase, segundo máximos e mínimos trifásicos**

| FASE | kVA(máx.) | Horário                | kVA(min) | Horário                |
|------|-----------|------------------------|----------|------------------------|
| A    | 18,741    | 26/11/2023 14:54:18,00 | 0,001    | 21/11/2023 19:12:18,00 |
| B    | 18,218    | 26/11/2023 14:54:18,00 | 0,000    | 21/11/2023 19:12:18,00 |
| C    | 28,443    | 26/11/2023 14:54:18,00 | 0,000    | 21/11/2023 19:12:18,00 |
| 3f   | 65,280    | 26/11/2023 14:54:18,00 | 0,001    | 21/11/2023 19:12:18,00 |

**Demandas máximas**

Potência Ativa [kW]  
62,659

Potência Reativa [kVAr]  
18,967

**Fator de Carga**

0,455

Fonte: Software ANL 7000. (2023)

Figura 5 - Resumo com dados importantes dos Apartamentos, gerado pelo software ANL 7000

**Intervalo considerado:**

terça-feira 28/11/2023 15:57:42,00 até quinta-feira 07/12/2023 08:42:03,00

**Máximos, médios e mínimos de tensões e correntes por fase.**

**Não considerados registros em queda e volta de energia. Tensão zero: 0,00 V**

**Fase A: tensões [V]**

|        |        |             |            | <b>Correntes [A]</b> |                |             |            |
|--------|--------|-------------|------------|----------------------|----------------|-------------|------------|
| Média  | 213,84 |             |            | Média                | 130,799        |             |            |
| Mínimo | 200,37 | 10:32:03,00 | 04/12/2023 | Mínimo               | 65,540         | 17:22:03,00 | 04/12/2023 |
| Máximo | 223,62 | 05:57:42,00 | 01/12/2023 | <b>Máximo</b>        | <b>217,477</b> | 23:27:42,00 | 29/11/2023 |

**Fase B: tensões [V]**

|        |        |             |            | <b>Correntes [A]</b> |         |             |            |
|--------|--------|-------------|------------|----------------------|---------|-------------|------------|
| Média  | 214,88 |             |            | Média                | 115,179 |             |            |
| Mínimo | 201,62 | 10:32:03,00 | 04/12/2023 | Mínimo               | 66,921  | 16:32:03,00 | 04/12/2023 |
| Máximo | 524,28 | 05:22:03,00 | 03/12/2023 | Máximo               | 187,819 | 15:52:03,00 | 03/12/2023 |

**Fase C: tensões [V]**

|        |        |             |            | <b>Correntes [A]</b> |         |             |            |
|--------|--------|-------------|------------|----------------------|---------|-------------|------------|
| Média  | 213,57 |             |            | Média                | 109,699 |             |            |
| Mínimo | 200,41 | 10:32:03,00 | 04/12/2023 | Mínimo               | 64,914  | 05:12:03,00 | 06/12/2023 |
| Máximo | 222,88 | 03:17:42,00 | 01/12/2023 | Máximo               | 177,754 | 20:32:03,00 | 03/12/2023 |

**Potências médias, por fase e trifásicas, no intervalo**

| <b>FASE</b>  | <b>kW</b>     | <b>kVAr</b>   | <b>kVA</b>    | <b>FP</b>     |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| A            | 27,347        | -5,924        | 27,981        | -0,977        |
| B            | 24,325        | 1,609         | 24,378        | 0,998         |
| C            | 22,899        | -4,841        | 23,405        | -0,978        |
| <b>Total</b> | <b>74,571</b> | <b>-9,156</b> | <b>75,131</b> | <b>-0,992</b> |

**Potências aparentes por fase, segundo máximos e mínimos trifásicos**

| <b>FASE</b> | <b>kVA(máx.)</b> | <b>Horário</b>                | <b>kVA(min)</b> | <b>Horário</b>                |
|-------------|------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| A           | 43,220           | 28/11/2023 22:07:42,00        | 15,655          | 04/12/2023 16:02:03,00        |
| B           | 35,967           | 28/11/2023 22:07:42,00        | 15,845          | 04/12/2023 16:02:03,00        |
| C           | 38,307           | 28/11/2023 22:07:42,00        | 15,604          | 04/12/2023 16:02:03,00        |
| <b>3f</b>   | <b>116,048</b>   | <b>28/11/2023 22:07:42,00</b> | <b>45,022</b>   | <b>04/12/2023 16:02:03,00</b> |

**Demandas máximas**

**Potência Ativa [kW]**  
115,948

**Potência Reativa [kVAr]**  
-18,186

**Fator de Carga**

0,643

Fonte: Software ANL 7000. (2023)

Após a coleta dos dados principais para esse estudo, é necessário analisar a demanda projetada com a demanda máxima extraída pelo analisador de energia, onde a demanda máxima registrada nos apartamentos foi de 116,048 kVA e a demanda máxima registrada no serviço do condomínio foi de 65,280 kVA.

As demandas de projeto são as seguintes:

Figura 6 - Demanda total do Serviço do Condomínio

### CÁLCULO DE DEMANDA DE SERVIÇO(DS.)

$$Ds = a + b + b1 + c + d$$

a = LUMINAÇÃO = 38698 W

b = TOMADAS = 64625 W

b1 = CHUVEIRO = 8800 W

b2 = Sauna = 18000 W

c = Ar-Condicionado = 17400 W

#### d = MOTORES

7 DE 15CV = 54,95KVA - 6 ELEVADORES + 1 BOMBA ECALQUE

1 DE 3CV = 4,04KVA - BOMBA DE RECALQUE

2 DE 15CV = 2,28KVA – BOMBA DE ÁGUA SERVIDA, PISCINAS

nota: DADOS DA TABELA 3 DA NTC 04 REV.03

D. ILUMINAÇÃO =  $10,0 \text{ KW} \times 1 + 0,25 \times 28,7 \text{ KW} = 17,17 \text{ KW}/0,92 = 18,66 \text{ KVA}$

D. TOMADA =  $0,20 \times 64,625 \text{ KW} = 12,92 \text{ KW}/0,92 = 14,04 \text{ KVA}$

D. CHUVEIROS =  $0,68 \times 8,8 \text{ KW} = 5,98 \text{ KW}/1,00 = 5,98 \text{ KVA}$

D. SAUNA =  $1 \times 18 \text{ KW} = 18 \text{ KW}/1 = 18,00 \text{ KVA}$

D. AR-CONDICIONADO =  $1 \times 17,4 \text{ KW} = 17,4 \text{ KW}/0,92 = 18,91 \text{ KVA}$

D. MOTORES =  $54,95 \text{ KVA} + 4,04 \text{ KVA} + 2,28 \text{ KVA} = 61,27 \text{ KVA}$

D. total SERVIÇO =  $(18,66 + 14,04 + 5,98 + 18,00 + 18,91 + 61,27) \text{ KVA} = 136,86 \text{ KVA}$

IP: 213,86A

DISJUNTOR: 250A

ALIMENTAÇÃO 4#120mm<sup>2</sup> - 0,6/1KV – EPR/XLPE – 90°C. – ENCORDAMENTO CLASSE 2

Fonte: Dados retirados do Projeto. (2023)

Figura 7 - Demanda total dos Apartamentos

MÉDIA PONDERADA DOS 92 APTOS:  $\{(44 \times 175) + (2 \times 344) + (44 \times 145,57) + (2 \times 311,86)\} / 92 = 167,57 \text{ m}^2$

CÁLCULO DE DEMANDA DOS 92 APARTAMENTOS (VENEZA + POSITANO):

Daptos:  $3,41 \times 58,86$

Daptos: 200,71 KVA

IP: 304,95A

DISJUNTOR: 300A

Fonte: Dados retirados do Projeto. (2023)

A partir da demanda projetada podemos determinar se existem folgas ou não de demanda na edificação para que sejam implementados pontos de recarga.

As tabelas a seguir irão ilustrar essas condições:

Tabela 10 - Tabela Referente às Demandas (Apto, Serviço e Total)

|                               | <b>Apartamentos</b> | <b>Serviço</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------------|---------------------|----------------|--------------|
| <b>Demanda Projetada(kVA)</b> | 200,71              | 136,86         | 337,57       |
| <b>Demanda Medida(kVA)</b>    | 116,048             | 65,28          | 181,328      |
| <b>Demanda Folga(kVA)</b>     | 84,662              | 71,58          | 156,242      |

Fonte: Autores. (2023)

Tabela 11 - Tabela Referente às Demandas (Trafo e Folga)

|                      | <b>Demanda(kVA)</b> |
|----------------------|---------------------|
| <b>Trafo</b>         | 300                 |
| <b>Medida Total</b>  | 181,328             |
| <b>Folga Real</b>    | 118,672             |
| <b>Folga Aptos</b>   | 84,662              |
| <b>Folga Serviço</b> | 71,58               |

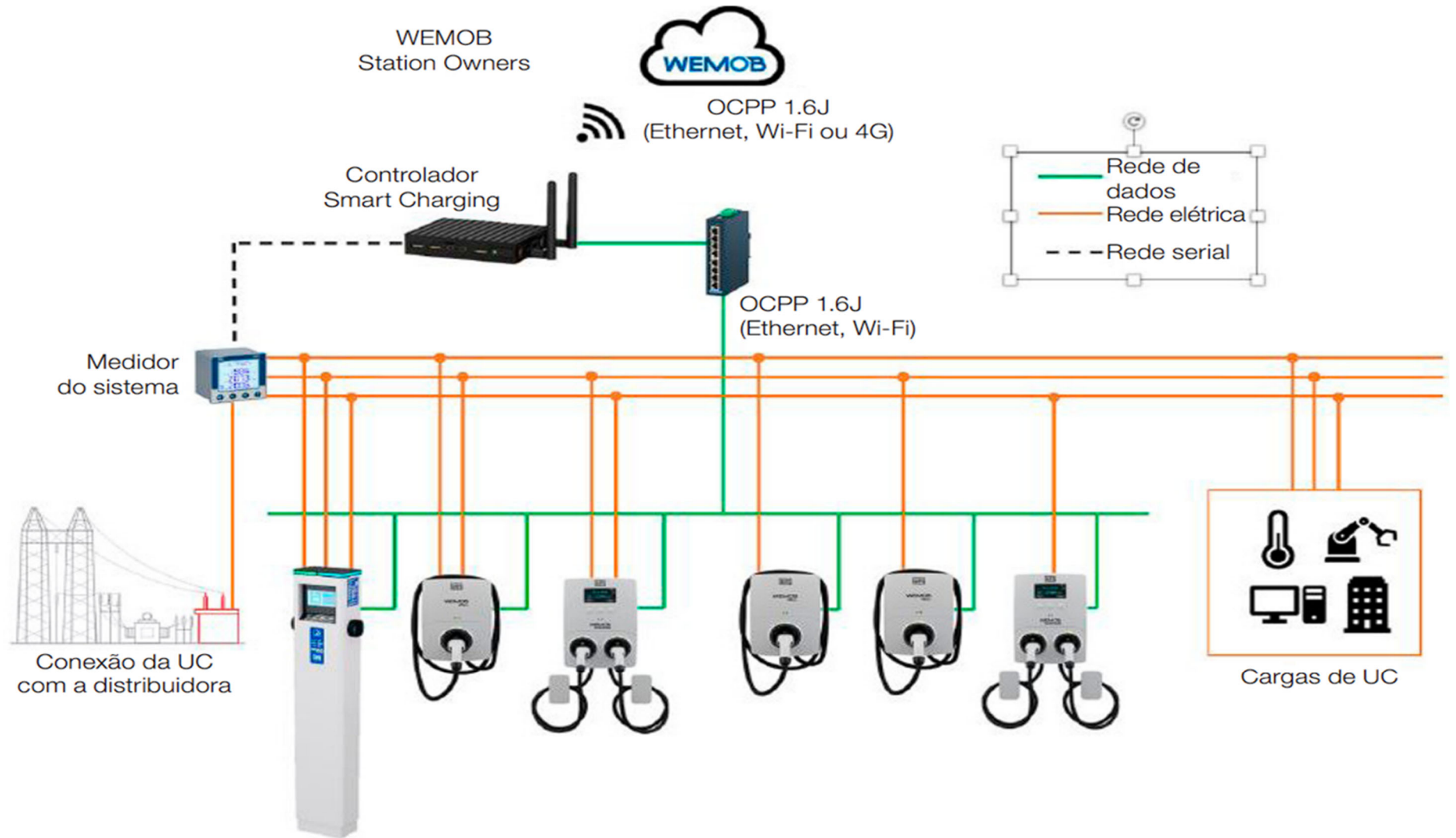
Fonte: Autores. (2023)

Com as demandas calculadas e comparadas com as demandas projetadas podemos inferir algumas proposições. A 1ª é com relação a folga de demanda de carga nos apartamentos, temos exatos 84,662 KVA de carga não utilizada entre os 92 apartamentos, isso implicaria em uma distribuição de aproximadamente 0,9KVA por apartamento fato que não permitiria a implementação de ponto de recarga, nem mesmo o acréscimo de uma tomada específica para recarga de PHEV ou BEV, já que uma carga lenta no modo 02 e 03 é de 3,6 KW. Desta forma, fica impedido a utilização de carregadores elétricos por apartamento.

A 2ª Proposição é a utilização de equipamentos smart charging (carregamento inteligente). É um sistema capaz de controlar dinamicamente a demanda utilizada em recargas de veículos elétricos de modo a respeitar limites impostos por questões físicas (capacidade da infraestrutura elétrica) ou contratuais (demanda contratada), reduzindo assim, riscos de desarme de disjuntores e multas com ultrapassagem de demanda junto à distribuidora. Para tal, é

necessário utilizar equipamentos que tem essa tecnologia embargada, existem alguns no mercado, para um viés demonstrativo usaremos os equipamentos da WEG.

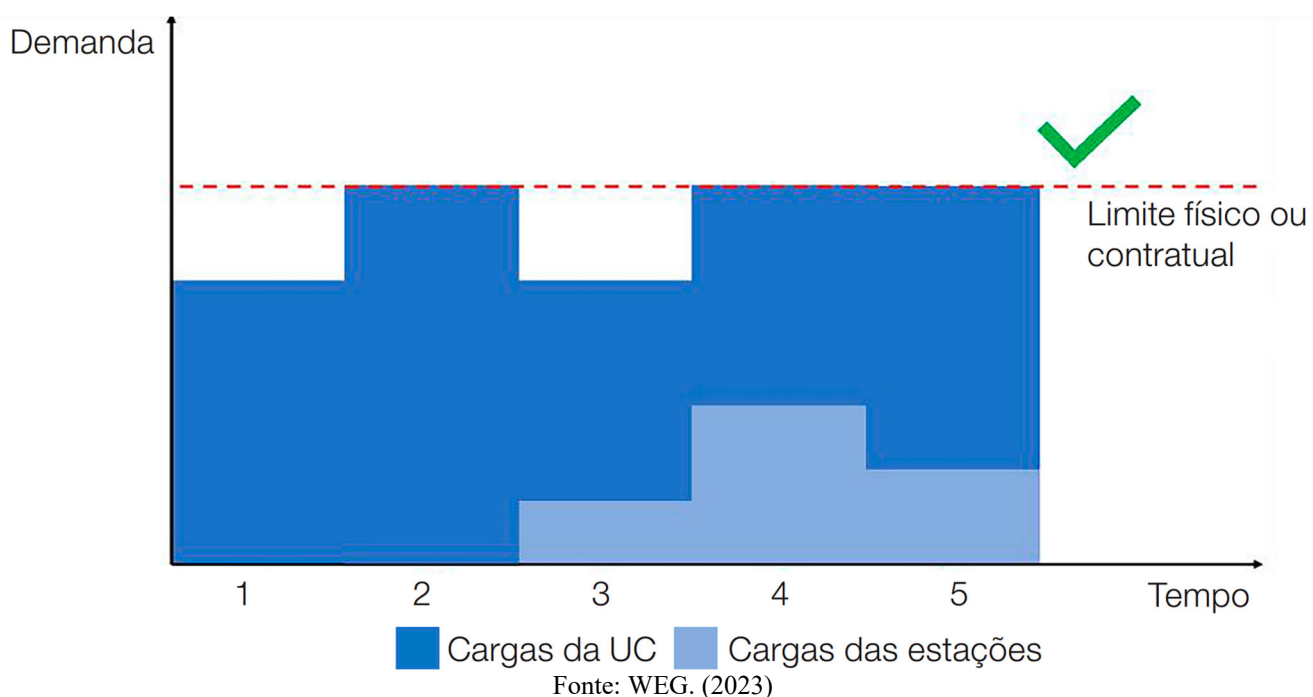
Figura 8 - Topologia típica de um sistema de Smart Charging



Fonte: WEG. (2023)

Nesse contexto, existe uma viabilidade de implementação de uma maior quantidade de pontos respeitando os limites estabelecidos na 2ª proposição (demanda máxima 71,58 KVA e uma limitação de corrente devido a registros de correntes no valor de 133A). A vantagem desse sistema é permitir o maior número de veículos em carregamento ao mesmo tempo, tendo uma distribuição de carga inteligente, atendendo com maior potência os carros conectados primeiramente e fazendo a liberação de carga à medida que os carros têm sua carga máxima atingida.

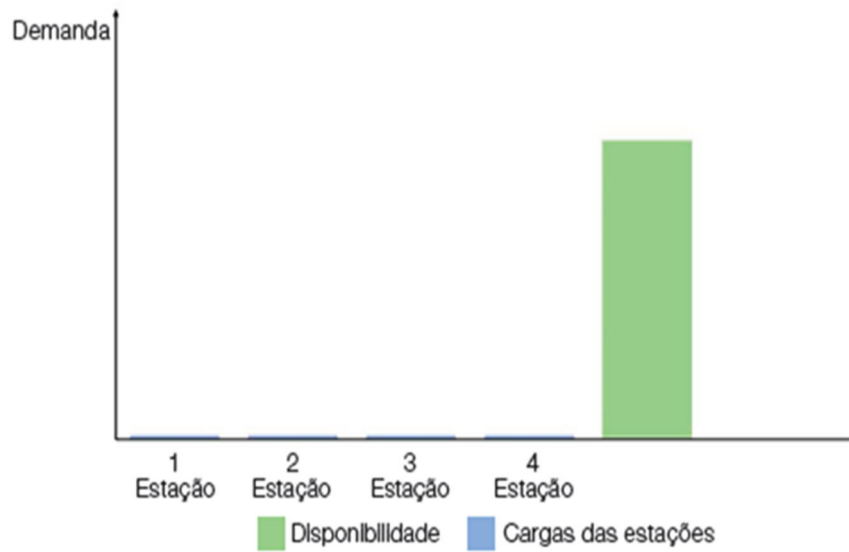
Gráfico 12 - Estação de recarga controlada por Smart Charging



Para entender melhor o funcionamento de um sistema de Smart Charging WEG disponibiliza gráficos mostrando como seria o comportamento de um conjunto de estações em operação a partir de uma demanda disponível, mostrando a distribuição dessa carga entre as estações que forem sendo utilizadas ao longo de um período.

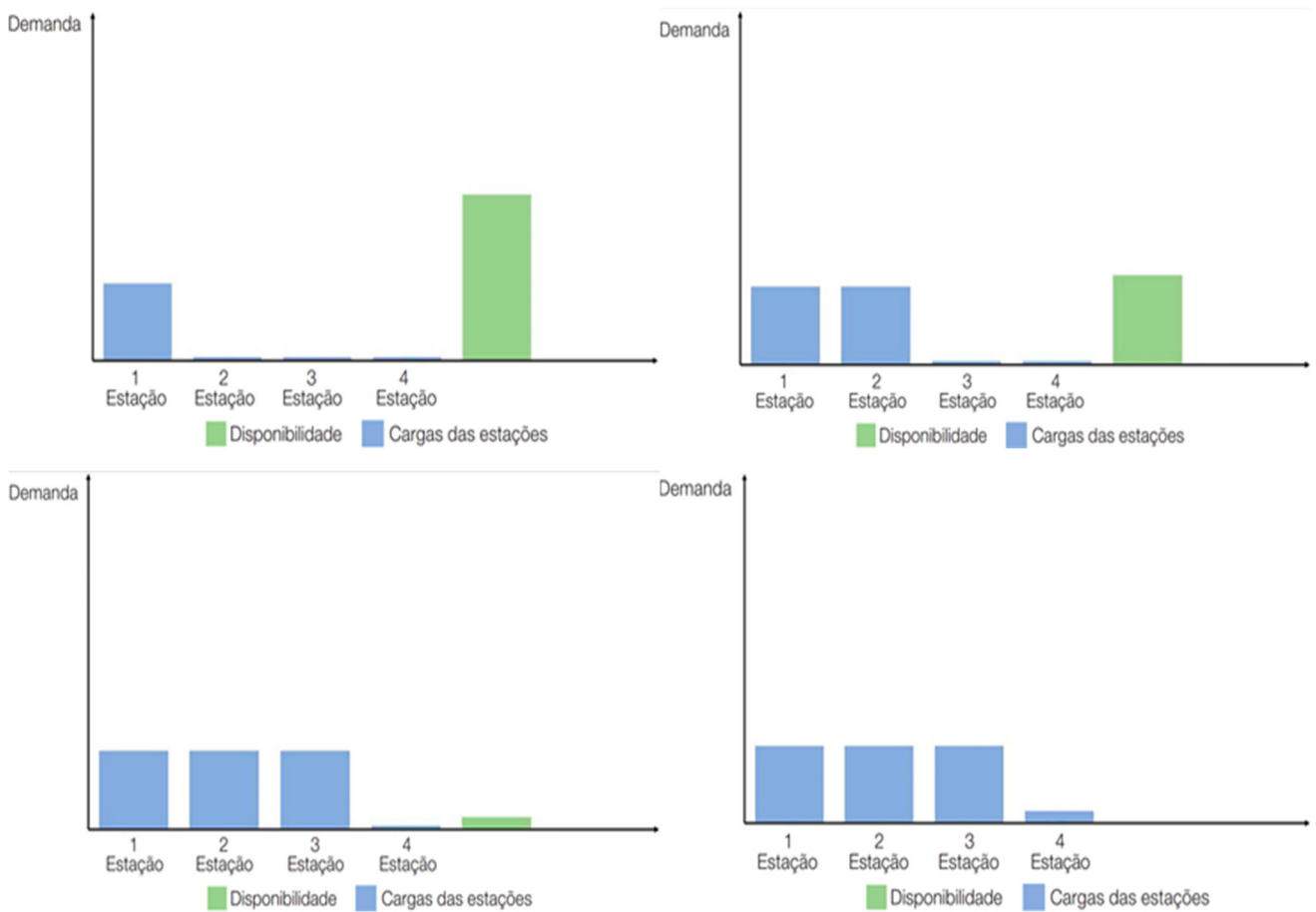
O Gráfico 12 ilustra uma situação em que existe uma limitação de demanda, seja física ou contratual, e a estação de recarga atua de acordo com a liberação de demanda das instalações, onde o número 3 mostra a entrada dessa estação de recarga e os números 4 e 5 demonstram a flutuação de acordo com a folga de carga do sistema.

Gráfico 13 - Demanda total disponível para a Estação de Recarga



Fonte: WEG. (2023)

Gráfico 14 - Distribuição de carga entre as Estação de Recarga em um sistema Smart Charging



Fonte: WEG. (2023)

Os Gráficos 13 e 14 demonstram um exemplo do funcionamento da distribuição de demanda entre as estações de recarga, onde a carga disponível é distribuída pelas estações a medida que é requisitada, ou seja, a medida em que carros elétricos entram no sistema. Com o smart charging essa distribuição pode ser feita de várias formas, podendo ser comissionada da melhor forma para atender o condomínio.

Tendo esse exemplo em mente, fica evidente o quão interessante pode ser para uma instalação a implementação de smart charging, possibilitando atender de forma inteligente a necessidade do condomínio. Com esse cenário, 4 estações de recarga poderiam ser utilizadas para atender o condomínio, entendendo que a adesão aos carros elétricos ainda é um processo que irá demorar alguns anos, essa quantidade de estações iria atender bem os condôminos, já que devido a carga disponível e a corrente, poderiam ser carregados ao mesmo tempo 2 carros em plena carga (22kW).

Outro ponto extremamente interessante é que carregadores com essa tecnologia embarcada disponibilizam a opção de cobrança via aplicativo, com o controle de consumo, liberação de recarga via token, todas essas opções são um benefício para o condomínio ter maior controle dos gastos e poder cobrar de forma devida os usuários.

A última proposição é com relação a um aumento de demanda via Equatorial, para isso é necessário seguir as orientações previstas na NBR 5410 (Instalações Elétricas de Baixa Tensão), na NT 042-EQTL(Critérios de Conexão para Estações de Recarga de Veículos Elétricos) e NTC-04. Primeiramente precisa se calcular a nova demanda. Sendo que para o cálculo de demanda utilizaremos a Tabela 3 da NT-042 da Equatorial.

$$(D = N * FD * P) / FP \quad (1)$$

D é a demanda de potência dada em Volt-Ampère, N é o número de vagas onde serão instaladas ER, P é a potência de recarga das ER, FD é o fator de demanda e FP o fator de potência.

Para que tenhamos uma previsão de demanda que atenda todos os apartamentos, podemos proceder de duas formas, a primeira é acrescentarmos tomadas específicas para a recarga veicular, com uma carga de 3,6 KW. Para essa situação teríamos um fator de demanda de 0,45 devido a quantidade de vagas/apartamentos ser de 92, resultando em uma demanda de:

$$D = 92 * 0,45 * 3,6KW / 0,884 = 168,597KVA \quad (2)$$

Tendo em vista que a folga dos apartamentos é de 84,662KVA, seria necessário um acréscimo de carga de 83,935KVA isso implicaria em uma demanda total de:

$$D(\text{total}) = 1,2*(200,71\text{KVA}+83,935\text{KVA}+136,86\text{KVA}) = 505,806\text{KVA} \quad (3)$$

Tal fator exigiria uma mudança no transformador para um trafo de 500KVA, esse fator implicaria mudança do disjuntor de entrada da edificação e dos disjuntores e cabos de alimentação dos quadros de alimentação geral dos apartamentos e também no disjuntor e cabos de alimentação do quadro de serviço, já que a nova demanda para os apartamentos seriam de 341,574KVA e do serviço de 164,232KVA. O valor de 1,2 representa um fator de aumento de carga para modificações e ampliações futuras na edificação, para assim garantir uma maior segurança e possibilidades de mudanças.

Outra forma de dimensionarmos para que tenhamos uma previsão de demanda que atenda todos os apartamentos, é acrescentarmos estações de recarga veicular com uma carga de 7KW, uma carga lenta, porém mais rápida que tomadas específicas para recarga. Para essa situação teríamos um fator de demanda de 0,45 devido a quantidade de vagas/apartamentos ser de 92, resultando em uma demanda de:

$$D = (92 * 0,45*7\text{KW})/0,884 = 327,828\text{KVA} \quad (4)$$

Tendo em vista que a folga dos apartamentos é de 84,662KVA, seria necessário um acréscimo de carga de 243,166KVA isso implicaria em uma demanda total de:

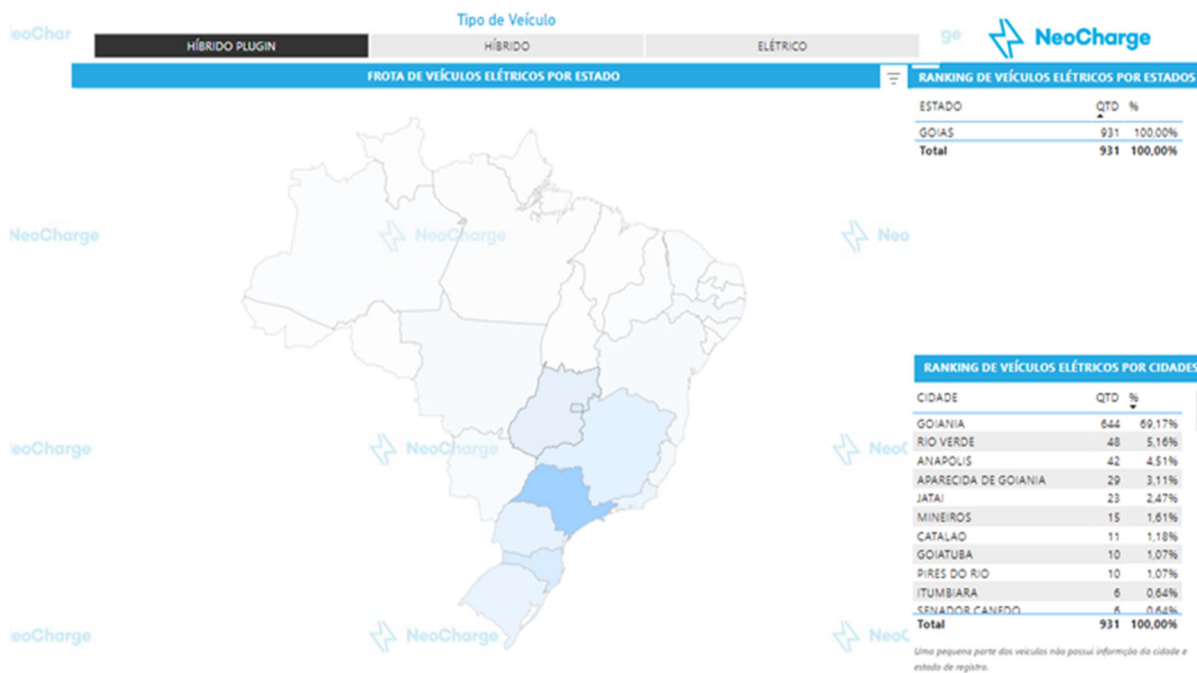
$$D(\text{Total})=1,2*(200,71\text{KVA}+243,166\text{KVA}+136,86\text{KVA})=580,736\text{KVA} \quad (5)$$

Tal fator exigiria uma mudança no transformador para um trafo de 750KVA segundo a Tabela 04 da NT-02.EQTL, esse fator implicaria também na mudança do disjuntor de entrada da edificação e dos disjuntores e cabos de alimentação do quadro dos apartamentos e também nos disjuntores e cabos de alimentação do quadro de serviço, já que a nova demanda para os apartamentos seria de 443,876KVA e a do serviço seria 164,232KVA. O valor de 1,2 representa um fator de aumento de carga para modificações e ampliações futuras na edificação para os apartamentos e áreas comuns, para assim garantir uma maior segurança e possibilidades de mudanças.

## 4. Conclusão

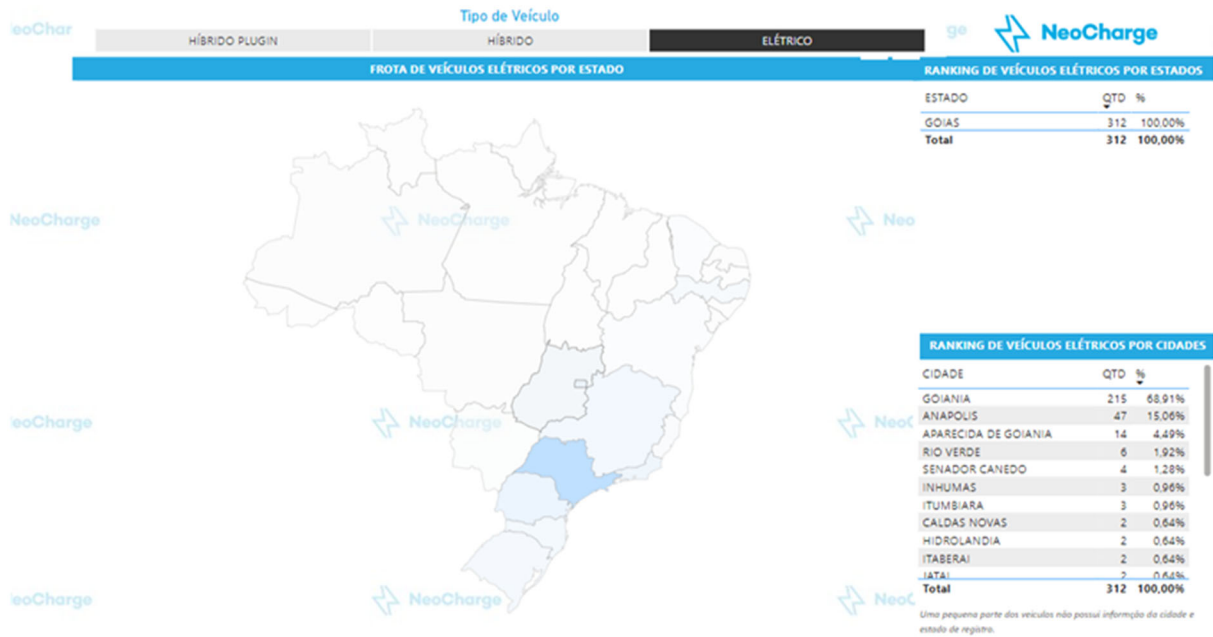
A adesão dos VE's no mercado de Goiás tem se comportado da seguinte forma:

Figura 9 - Dados de carros híbridos-plug-in no Estado de Goiás datado em 01/08/2023



Fonte: NeoCharge

Figura 10 - Demanda total disponível para a Estação de Recarga



Fonte: NeoCharge

Considerando as recentes tendências do setor automotivo e o crescente interesse por veículos elétricos (VEs), especialmente no mercado de Goiás, a análise dos dados disponíveis indica um aumento significativo na demanda. Portanto, é imprescindível desenvolver soluções para atender a essa crescente procura por VEs.

É importante reconhecer que a transição em larga escala para veículos elétricos pode ser um processo extenso. Desta forma, é prudente adotar estratégias que atendam à demanda inicial eficientemente, ao mesmo tempo em que se planeja a expansão futura.

Nesse sentido, a implementação da segunda proposição que se refere a implementação de pontos de recarga no quadro de serviço do condomínio parece ser a alternativa mais apropriada para o estágio inicial. Isso envolve a instalação de equipamentos de carregamento inteligente (*smart charging*), em conformidade com a ABNT NBR IEC 61851-1 e o protocolo OCPP para estações de recarga. A instalação de até quatro estações de recarga de 22KW (carga semirrápida), seguindo as normas de segurança e instalação da NBR 5410 e NBR 17019, é considerada viável. Este plano deve satisfazer as necessidades atuais dos usuários, dado que o volume de VEs em circulação ainda não é expressivo, e espera-se que a demanda do condomínio acompanhe essa tendência. Contudo, a viabilidade dessa iniciativa está condicionada à disponibilidade de vagas de estacionamento no condomínio para instalação dos pontos de recarga.

Para atender ao aumento de demanda previsto no futuro, será necessário ampliar a capacidade de carga elétrica da edificação. Isso implica na solicitação de aumento de carga junto à concessionária de energia, o que irá exigir a substituição do transformador atual, conforme cálculos anteriores, além de custos associados à substituição de cabeamento, disjuntores e elaboração de projetos técnicos para aprovação. A obtenção da autorização para o aumento de carga e os custos elevados de implementação são os principais desafios dessa etapa.

## 5. Referências

ABNT, 2004. ABNT. NBR 5410 - **Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT, 2013a. ABNT. NBR IEC 61851-1 - **Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos - Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT, 2013b. ABNT. NBR IEC 61851-22 - **Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos - Parte 22: Estação de recarga em corrente alternada para veículos elétricos**. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT, 2013c. ABNT. NBR IEC 61851-21 - **Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos - Parte 21: Requisitos de veículos elétricos para a conexão condutiva a uma alimentação em corrente alternada ou contínua**. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT, 2020. ABNT. NBR IEC 61851-23 - **Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos - Parte 22: Estação de recarga em corrente contínua para veículos elétricos**. Rio de Janeiro, 2020.

ABVE. **94 mil eletrificados: 2023 bate todas as previsões**. 2024. Disponível em:

[http://www.abve.org.br/2023-supera-todas-as-previsoes-94-mil-eletrificados/?fbclid=IwAR1TSPSEe8uN090ESyo7D\\_Fl8nAYVNpGQrKggh3hYtKcedpaRT Rz-nTHJuU](http://www.abve.org.br/2023-supera-todas-as-previsoes-94-mil-eletrificados/?fbclid=IwAR1TSPSEe8uN090ESyo7D_Fl8nAYVNpGQrKggh3hYtKcedpaRT Rz-nTHJuU). Acesso em: 8 jan. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica**. 2017. Disponível em:

[https://antigo.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo8\\_Revisao\\_8/9c78cfab-a7d7-4066-b6ba-cfbda3058d19](https://antigo.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo8_Revisao_8/9c78cfab-a7d7-4066-b6ba-cfbda3058d19). Acesso em: 5 jan. 2024.

ALEGO. **CCJ aprova projeto que concede isenção de IPVA a veículos elétricos**. Portal Alego. 2023. Disponível em: <https://portal.al.go.leg.br/noticias/132959/ccj-aprova-projeto-que-concede-isencao-de-ipva-a-veiculos-eletricos>. Acesso em: 4 jan. 2024.

AVARES DE OLIVEIRA, TAÍS . **ESTUDO DA DISTORÇÃO HARMÔNICA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE BAIXA TENSÃO COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS E VEÍCULOS ELÉTRICOS**. 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/216458/001120194.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2024.

AZEVEDO SILVA, ISAAC . **DISTORÇÃO HARMÔNICA CAUSADA PELA INSERÇÃO DE CARREGADORES VEICULARES NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**. 2022. Disponível em:

<https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/2626/TCC%20Isaac%20Azevedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 5 jan. 2024.

BARAN, R. **A introdução de veículos elétricos no Brasil**: avaliação do impacto no consumo de gasolina e eletricidade. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 139. 2012.

BARAN, R.; LEGEY, L. F. L. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil. Rio de Janeiro**: XIII Congresso Brasileiro de Energia, nov. 2010. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1489/3/A%20BS%2033%20Ve%C3%ADculos%20el%C3%A9tricos%20-%20hist%C3%B3ria%20e%20perspectivas%20no%20Brasil\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1489/3/A%20BS%2033%20Ve%C3%ADculos%20el%C3%A9tricos%20-%20hist%C3%B3ria%20e%20perspectivas%20no%20Brasil_P.pdf). Acesso em: 12 jan. 2024

**BYD**. Disponível em: <https://www.byd.com/br>. Acesso em: 5 jan. 2024.

**CARROSWEB**. Disponível em: <https://www.carrosnaweb.com.br/default.asp>. Acesso em: 5 jan. 2024.

COWAN, R.; HULTÉN, S. **Escaping lock-in**: the case of electric vehicle. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 53, n. 1, p. 61-79, set. 1996.

EIA DOE. **Annual Energy Review**, 2009. Disponível em: <https://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/index.php>. Acesso em: 7 jan. 2024.

**ESPECIFICAÇÕES do XC40 Recharge**. Disponível em: <https://www.volvocars.com/br/cars/xc40-electric/specification/>. Acesso em: 5 jan. 2024.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2030**. Nota Técnica. Rio de Janeiro. 2020a. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>.

EXAME. **Mobilidade sustentável: o crescimento do mercado de carros elétricos no Brasil**: Segundo a Associação Brasileira de Veículos Elétricos, em 2023, as vendas no Brasil terão um crescimento de 62% a 83% em relação ao total de 2022. 23. Disponível em: <https://exame.com/brasil/mobilidade-sustentavel-o-crescimento-do-mercado-de-carros-eletricos-no-brasil/>. Acesso em: 4 jan. 2024.

**História do carro elétrico: O veículo elétrico: uma viagem por mais de 200 anos de história.** Iberdrola. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/historia-carro-eletrico> . Acesso em: 4 jan. 2024.

JUSTUS JUNIOR, ZANDERLEI ; DE OLIVEIRA , LEDIANE ; JERÔNIMO, MICHELE. **ESTUDO DE INFRAESTRUTURA PARA RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS.** 2019. Disponível em: [https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2020\\_1\\_18/2020\\_1\\_18\\_final.pdf](https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2020_1_18/2020_1_18_final.pdf). Acesso em: 5 jan. 2024.

LEGEY, L. F. L.; BARAN, R. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil.** Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC. BNDES Setorial, n. 33, p. 207-224, mar. 2011.

**NEOCHARGE. SIMPLES, FÁCIL E DESCOMPLICADO.** Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carregador-carro-eletrico/smart-charging>. Acesso em: 5 jan. 2024.

NORMA Técnica – NT 002: **Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão (13,8kV, 23,1kV e 34,5kV).** Disponível em: [https://go.equatorialenergia.com.br/wp-content/uploads/2023/03/NT.00002.EQTL-08-NT.002.EQTL-.Normas-e-Qualidade-Fornecimento-de-Energia-Eletrica-em-Media-Tensao-138KV-231KV-345KV\\_compressed.pdf](https://go.equatorialenergia.com.br/wp-content/uploads/2023/03/NT.00002.EQTL-08-NT.002.EQTL-.Normas-e-Qualidade-Fornecimento-de-Energia-Eletrica-em-Media-Tensao-138KV-231KV-345KV_compressed.pdf). Acesso em: 5 jan. 2024.

NORMA Técnica – NT.042 Revisão 02 - 2023: **CRITÉRIOS DE CONEXÃO PARA ESTAÇÕES DE RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS.** 2023. Disponível em: <https://go.equatorialenergia.com.br/wp-content/uploads/2023/03/NT.00042.EQTL-02-NT.042.EQTL-Criterios-de-Conexao-de-Conexao-para-Estacoes-de-Recarga-de-Veiculos-Eletricos.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2024.

PINTO, R. **Análise dos Perfis de Carregamento de Veículos Elétricos numa Estação de Carregamento.** Dissertação (Grau de mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) - Universidade da Beira Interior. Covilhã, 2015.

STRUBEN, J.; STERMAN, J. D. **Transition challenges for alternative fuel vehicle and transportation systems.** Environment and Planning B: Planning and Design, v. 35, n. 6, p. 1070-1097, 1 jan. 2008.

TORQUATO ARIOLI, Vitor. **ANÁLISE DE IMPACTOS TÉCNICOS PROVOCADOS PELA PENETRAÇÃO MASSIVA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS EM REDES DE**

**DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.** CAMPINAS, 2016 Trabalho de Conclusão de Curso (ENGENHARIA ELÉTRICA E COMPUTAÇÃO) - Universidade Estadual de Campinas.