



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**KLEBER ROBERTO RIOS STAHELIN**

**MIGUEL PAULI**

**ESTUDO DE SISTEMAS DE CARREGAMENTO DE CARROS ELÉTRICOS PARA  
VIABILIDADE EM CONDOMÍNIOS**

Palhoça

2021

**KLEBER ROBERTO RIOS STAHELIN**  
**MIGUEL PAULI**

**ESTUDO DE SISTEMAS DE CARREGAMENTO DE CARROS ELÉTRICOS PARA  
VIABILIDADE EM CONDOMÍNIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentando ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Fabiano Max da Costa, Eng. Esp.

Palhoça  
2021

**KLEBER ROBERTO RIOS STAHELIN**  
**MIGUEL PAULI**

**ESTUDO DE SISTEMAS DE CARREGAMENTO DE CARROS ELÉTRICOS PARA  
VIABILIDADE EM CONDOMÍNIOS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 18 de junho de 2021

---

Professor e orientador, Fabiano Max da Costa, Eng. Esp.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Professor, Djan de Almeida do Rosário, Eng. Esp.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Fabiano da Silva, Eng.  
ZPN Engenharia e Montagens Elétricas Ltda

Este trabalho é dedicado aos nossos familiares,  
servindo de exemplo, inspiração e estando  
sempre presentes nesta graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradecemos à Deus, por estar nos proporcionando a realização de um sonho, que é a formação no Curso de Engenharia Elétrica.

Agradecemos também aos nossos familiares por sempre nos apoiarem nesta caminhada.

Agradecemos à instituição, Universidade do Sul de Santa Catarina pela organização e ser referência de ensino, e a todos os professores que nos deram a oportunidade de ampliar nossos conhecimentos.

E agradecemos aos professores Anderson Soares André e Claudio Coelho pela coordenação deste trabalho, ao professor Djan de Almeida do Rosário e o Eng. Fabiano da Silva pela participação e avaliação na banca e ao professor Fabiano Max da Costa pela orientação deste trabalho de conclusão de curso e pela atenção neste momento de grande importância em nossas vidas.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”  
(Albert Einstein).

## **RESUMO**

O mercado de veículos elétricos vem tendo um crescimento expressivo, devido a evolução da tecnologia e conscientização ambiental. Atualmente, a montadora Tesla é uma das mais valiosas do mundo produzindo veículos elétricos. Outras montadoras de referência também começaram a produzir em um volume maior esses modelos elétricos e também os híbridos. Com esse crescimento observou-se a necessidade de um estudo sobre recarga dos veículos, com ênfase nos condomínios existentes, onde na maioria dos casos não foi planejado um local para essa recarga ou até mesmo pontos de tomada para uso de um carregador próprio. Este Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo levantar os requisitos necessários para a implantação de carregadores, destinados a atender veículos elétricos em condomínios existentes, tendo a rede da concessionária de energia como alimentadora, podendo a medição ser do condomínio ou do morador. Inicialmente são apresentadas introduções históricas, em seguida definições da tecnologia dos carregadores e soluções nessas aplicações existentes. Finaliza-se o trabalho com o estudo da viabilidade do sistema nos quesitos técnicos, verificando a tecnologia, normas vigentes e leis regulamentadoras.

Palavras-chaves: Veículo Elétrico, Carregador, Energia Elétrica, Conectado à Rede, Viabilidade.

## **ABSTRACT**

The electric vehicle market has been growing significantly, due to the evolution of technology and environmental awareness. Currently, the Tesla automaker is one of the most valuable electric vehicles manufacturers in the world. Others top manufacturers are also producing at large scale not only electric, but also hybrid models. With this growth, there is a need for a study on vehicle recharging, with an emphasis on existing condominiums, where in most cases a spot for recharging or even socket points for chargers have not been planned. This thesis aims to raise the requirements for the implementation of chargers, serving electric vehicles in existing condominiums, having an energy utility network as a feeder, which may be metered at the condominium or at a resident level. The present text starts with historical introductions, then goes to definitions of charger technology and solutions in these existing applications. Finally, it ends with the study of the system technical feasibility, assessing the technology, current standards, and regulatory laws.

Keywords: Electric Vehicle, Charger, Electricity, On Grid, Viability.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- A** - Unidade Ampère
- AC** – Alternating Current
- a-Si** - Silício amorfo
- ABNT**- Agência Brasileira de Normas Técnicas
- ABVE** - Associação Brasileira do Veículo Elétrico
- ANEEL** – Agência Nacional de Energia Elétrica
- BEV** – Battery Electric Vehicle
- BLDC** – Brushless Direct Current
- BRACIER** – Comitê Brasileiro da CIER
- BT** – Baixa Tensão
- CA** - Corrente Alternada
- CC** - Corrente Contínua
- CELESC** – Centrais Elétricas de Santa Catarina
- CIER** – Comissão de Integração Energética Regional
- COPEL** – Companhia Paranaense de Energia
- DC** – Direct Current
- DNIT** – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
- DR** – Dispositivo Diferencial Residual
- DPSC/NT** – Departamento de Santa Catarina de Norma Técnica
- DTT** – Distorção Total de Tensão Harmônica
- c-Si** - Silício cristalino
- EREV** – Extended Range Electric Vehicle
- EV** – Electric Vehicle
- EVSE** – Equipamento de Abastecimento de Veículo Elétrico
- FCV** – Fuel Cell Vehicle
- Fsim** – Fator de Simultaneidade
- FP** – Fator de Potência
- FD** – Fator de Demanda
- GM** - General Motors
- HD** – Harmonization Document
- HDMI** – High-Definition Multimedia Interface
- HEV** – Hybrid Electric Vehicle

**HMI** – Human Machine Interface

**Hz** - Hertz

**IEA** – Agencia Internacional de Energia

**IEC** - International Electrotechical Commission

**IK** – Índice de Proteção Mecânica

**INL** – Idaho National Laboratory

**IP** – Grau de Proteção

**kg** – kilo grama

**kW** – quilowatt

**kW/h** – kilowatt hora

**kV** – kilo Volt

**kVA** – kilo Volt Ampére

**LI-ION** - Íons de Lítio

**MCU** – Microprocessor Control Unit

**MHEV** – Mild Hybrid Electric Vehicle

**m-Si** - Silício monocristalino

**NBR** – Norma Brasileira Regulamentadora

**NI-CD** - Níquel Cádmio

**NI-MH** - Níquel Hidreto Metálico

**NTC** – Norma Técnica Copel

**PEP** – Projeto Elétrico de Particulares

**PEV** – Plug in Electric Vehicle

**PHEV** – Plug-In Hybrid Electric Vehicle

**PLC** – Programmable Logic Controller

**PMAC** – Permanet Magnet Alternating Current

**PMSM** – Permanet Magnet Synchronous Motor

**PRODIST** – Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica

**PoE** – Power Over Ethernet

**PWM** – Pulsewidth Modulation

**p-Si** - Silício policristalino

**QD** – Quadro de Distribuição

**QM** – Quadro de Medição

**RFID** - Radio-Frequency IDentification

**RN** – Resolução Normativa

**SAE** - Society of Automotive Engineers  
**TUE** – Tomada de Uso Especifico  
**UE** – União Europeia  
**USB** – Universal Serial Bus  
**UTP** – Unshield Twisted Pair  
**V** - Unidade Volt  
**VAC** – Volt Alternating Current  
**V2G** - Vehicle to Grid  
**VE** - Veículo Elétrico  
**VEH** - Veículo Elétrico Híbrido  
**VEHP** - Veículo Elétrico Híbrido Plug-In  
**VW** - Volkswagen  
**W** - Unidade Watts  
**Wh** – Unidade de energia Watt-hora  
**Wp** – Watt Pico  
**μHEV** – Micro Hybrids Electric Vehicle

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Primeiro tipo de veículo elétrico que se tem registro.....	23
Figura 2 – Carro elétrico do Prof. Sibrandus Strating. ....	24
Figura 3 – Primeiro Híbrido do mundo .....	25
Figura 4 – Primeiro carro elétrico do Brasil. ....	26
Figura 5 – Operação simplificada de uma bateria de íons de Lítio. ....	31
Figura 6 – Baterias do Audi e-tron. ....	33
Figura 7 – Circuito de controle do inversor.....	37
Figura 8 – Infraestrutura de recarga em garagens. ....	38
Figura 9 - Solução de gerenciamento .....	38
Figura 10 – Tipos de Carregamento. ....	42
Figura 11 – Modos de recarga. ....	44
Figura 12 – Circuito típico de carro elétrico. ....	45
Figura 13 – Estação de Recarga WEMOB WALL.....	46
Figura 14 – Estação de Recarga eHome. ....	47
Figura 15 - Estação de Recarga Evlink Smart Wallbox. ....	48
Figura 16 - Estação de Recarga EVLINK PARKING. ....	50
Figura 17 – Estação de Recarga Mobile DC Charging Station. ....	51
Figura 18 - Plugue tipo 1.....	52
Figura 19 – Plugue tipo 2. ....	53
Figura 20 – Plugue tipo 3. ....	54
Figura 21 – Plugue tipo CHAdeMO.....	54
Figura 22 – Plugue tipo CCS COMBO. ....	55
Figura 23 – CirBEON Series. ....	55
Figura 24 – RVE-WB-SL.....	56
Figura 25 – RVE-CM.....	57
Figura 26 – EVlink LMS.....	57
Figura 27 – PM5320.....	58
Figura 28 – Solução de caso. ....	65
Figura 29 – Solução de caso. ....	66
Figura 30 – Diagrama Unifilar. ....	67
Figura 31 – Detalhe externo de um Quadro com 09 medição padrão Celesc .....	68

Figura 32 – Esquema de Ligação interna do quadro de medição coletiva para o quadro individual de distribuição do consumidor. ....	69
Figura 33 – Esquema de instalação CirBEON. ....	72
Figura 34 – Perfil de consumo em modo estático. ....	75
Figura 35 – Perfil de consumo em modo dinâmico. ....	75
Figura 36 – Sistema de Gestão de Carregamento. ....	76
Figura 37 – Carregador multiponto ....	77
Figura 38 – Diagrama esquemático com carregador multiponto ....	78

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Análise da IEA com base em submissões de países.....	27
Gráfico 2 – Hora do dia dirigida entre janeiro e fevereiro de 2008. ....	60
Gráfico 3 – Hora do dia recarregando entre janeiro e fevereiro 2008.....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo vazio a cheio para carregar com diferentes velocidades de ponto de carga. .....	32
Tabela 2 - Tensões e Densidades de Energia de Baterias.....	34
Tabela 3 - Tempos de carregamento.....	39
Tabela 4 - Eventos de recarga de janeiro a fevereiro de 2008.....	60
Tabela 5 - Fator de Demanda para PTUE's.....	62
Tabela 6 - Índices de Injeção Harmônica de Corrente, conforme (IEC, 1998).....	79
Tabela 7 - Perspectivas de Inserção de VEs.....	79
Tabela 8 - Distorção harmônica total de tensão máxima de componentes permitida pela ANEEL.....	80
Tabela 9 - Harmônicos Resultantes – Trafo de 150kVA - Inserção de 50% de veículos elétricos.....	80
Tabela 10 - Harmônicos Resultantes - Trafo de 75kVA - Inserção de 40% de veículos elétricos.....	81

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	21
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA .....	21
1.3 OBJETIVO GERAL .....	21
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	22
1.5 DELIMITAÇÕES .....	22
1.6 METODOLOGIA DE PESQUISA .....	22
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
2.1 VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	23
<b>2.1.1 Quem inventou o carro elétrico? .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.2 Tipos de veículos elétricos .....</b>	<b>24</b>
2.1.2.1 Micro híbrido ou Micro Hybrids ( $\mu$ HEV/12V).....	24
2.1.2.2 Híbrido suave ou Mild Hybrid (MHEV/48V).....	24
2.1.2.3 Hybrid Electric Vehicle (HEV ou sHEV) .....	25
2.1.2.4 Plug-In Hybrid Electric Vehicle (PHEV).....	25
2.1.2.5 Extended Range Electric Vehicle (EREV).....	25
2.1.2.6 Battery Electric Vehicle (BEV).....	26
2.1.2.7 Fuel Cell Vehicle (FCV) .....	26
2.1.2.8 Plug in Electric Vehicle (PEV) .....	26
<b>2.1.3 Primeiro carro elétrico do Brasil.....</b>	<b>26</b>
<b>2.1.4 Cenário Atual .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1.5 Covid-19.....</b>	<b>28</b>
2.2 BATERIAS .....	28
<b>2.2.1 Tipos de baterias .....</b>	<b>29</b>
2.2.1.1 Bateria de Chumbo-ácido .....	29
2.2.1.2 Bateria Alcalina (Ni-Cad, Ni-Fe e Ni-MH).....	29
2.2.1.3 Bateria de Cloreto de sódio-níquel (Na-NiCl <sub>2</sub> ) .....	30
2.2.1.4 Bateria de Sódio-enxofre (Na-S).....	30
2.2.1.5 Bateria de Íons de Lítio (Li-ion).....	30
<b>2.2.2 Tecnologias atuais .....</b>	<b>32</b>
2.3 MOTOR ELÉTRICO .....	34
<b>2.3.2 Motor de corrente contínua .....</b>	<b>34</b>

<b>2.3.3</b>	<b>Motor de corrente alternada assíncrono .....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Motor de corrente alternada síncrono.....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Eficiência do motor .....</b>	<b>36</b>
<b>2.3.6</b>	<b>Controle de potência.....</b>	<b>36</b>
<b>2.4</b>	<b>RECARREGANDO .....</b>	<b>37</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Infraestrutura .....</b>	<b>37</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Tempo de recarga .....</b>	<b>39</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Normas Internacionais .....</b>	<b>39</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Normas Brasileiras .....</b>	<b>40</b>
<b>2.5</b>	<b>NÍVEIS DE CARREGAMENTO .....</b>	<b>41</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Nível de carga 1.....</b>	<b>41</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Nível de carga 2.....</b>	<b>41</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Nível de carga 3.....</b>	<b>41</b>
<b>2.6</b>	<b>CUSTO DE RECARGA.....</b>	<b>42</b>
<b>2.7</b>	<b>MODOS DE RECARGA .....</b>	<b>43</b>
<b>2.8</b>	<b>COMUNICAÇÃO NO MODO DE RECARGA.....</b>	<b>44</b>
<b>2.9</b>	<b>TIPOS DE CARREGADORES .....</b>	<b>45</b>
<b>2.9.1</b>	<b>Carregadores de parede .....</b>	<b>46</b>
<b>2.9.2</b>	<b>Carregadores de Estacionamento .....</b>	<b>49</b>
<b>2.9.3</b>	<b>Estação de carregamento móvel.....</b>	<b>51</b>
<b>2.10</b>	<b>PLUGUES DE RECARGA.....</b>	<b>52</b>
<b>2.10.1</b>	<b>Plugue de recarga tipo 1.....</b>	<b>52</b>
<b>2.10.2</b>	<b>Plugue de recarga tipo 2.....</b>	<b>53</b>
<b>2.10.3</b>	<b>Plugue de recarga tipo 3.....</b>	<b>53</b>
<b>2.10.4</b>	<b>Plugue de recarga CHAdeMO.....</b>	<b>54</b>
<b>2.10.5</b>	<b>Plugue de recarga CCS COMBO.....</b>	<b>54</b>
<b>2.11</b>	<b>SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE CARGA .....</b>	<b>55</b>
<b>2.11.1</b>	<b>CirBEON (transformador de corrente).....</b>	<b>55</b>
<b>2.11.2</b>	<b>Sistema multiponto Série RVE-CM.....</b>	<b>56</b>
<b>2.11.3</b>	<b>EVlink LMS - Gerenciador de Demanda Para Carregadores Veiculares .....</b>	<b>57</b>
<b>2.11.4</b>	<b>Medidores de potência e energia .....</b>	<b>58</b>
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASOS .....</b>	<b>59</b>
<b>3.1</b>	<b>ESTUDO DE DEMANDA PARA CARREGAMENTO DE VEs.....</b>	<b>59</b>

<b>3.1.1</b>	<b>Perfil de Recarga de VE pelos usuários</b> .....	<b>59</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Perfil de fatores de demanda nas instalações para níveis 1 e 2 de carga de carregadores</b> .....	<b>61</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Perfil de fatores de demanda nas instalações para níveis 2 e 3 de carga de carregadores</b> .....	<b>62</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Estudo de Demanda do edifício</b> .....	<b>63</b>
<b>3.2</b>	<b>ESTUDO DE CASOS</b> .....	<b>65</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Proteção complementar contra os contatos diretos</b> .....	<b>65</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Estudo de Caso 1 – Ligação do carregador nos alimentadores dos condôminos (carregadores portáteis)</b> .....	<b>65</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Estudo de Caso 2 – Ligação do carregador nos alimentadores dos condôminos (carregadores fixos de parede)</b> .....	<b>71</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Estudo de Caso 3 – Ligação do carregador nos alimentadores do condomínio (carregadores de uso compartilhado gerenciável)</b> .....	<b>73</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Estudo de Caso 4 – Ligação do carregador nos alimentadores do condomínio (carregadores multiponto gerenciáveis)</b> .....	<b>76</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Análise de aumento das distorções harmônicas nos EVSE (Equipamento de abastecimento de veículos elétricos)</b> .....	<b>78</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>82</b>
<b>4.1</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>84</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>85</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>89</b>
	<b>ANEXO A – QGBT 12 MEDIDORES NT03</b> .....	<b>90</b>
	<b>ANEXO B – E-MAIL PEP CELESC</b> .....	<b>91</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os primeiros carros surgiram por volta de 1769 e eram movidos a vapor. No final do século 19, com a revolução industrial, as grandes indústrias estavam focadas em substituir em massa as charretes. Com todo o empenho foi inventado o motor a combustão em 1860 e logo em 1886 foi criada a primeira patente de carro a combustão, um dos grandes feitos da época para indústria.

Na mesma época, em torno de 1828, os primeiros projetos de carros elétricos também estavam em testes e a invenção do veículo elétrico é atribuída a várias pessoas. Em 1828, Ányos Jedlik, um húngaro que inventou um tipo primitivo de motor elétrico, criou um pequeno carro modelo alimentado por seu novo motor, mas somente em 1859, quando foi inventada a primeira bateria de chumbo ácido por Gaston Planté, que se deu mais atenção aos carros elétricos. Estas baterias podiam ser recarregadas através de uma corrente reversa passando através dela, aumentando a autonomia para esses veículos.

Na década de 1990, influenciado pelo crescente aumento do efeito estufa ocasionado por poluentes na atmosfera, causados em sua maioria pelos carros a combustão proporcionado pela queima dos combustíveis fósseis que os mesmos precisam para se locomover. O cenário mudou completamente em meados dos anos 2000 até os dias atuais, os carros elétricos começaram a ganhar grande importância como uma alternativa ao combate à poluição e com foco na sustentabilidade. Com a evolução dos motores elétricos e os componentes eletrônicos, bem como os bancos de baterias, se tornou viável a produção comercial de alta escala deste segmento.

Hoje os motores elétricos têm rendimento de mais de 90%, muito diferente dos motores a combustão que têm rendimento muito baixo, cerca de 50%, consolidando assim nos carros elétricos uma eficiente mecânica superior. Porém, o custo do carro elétrico ainda é uma desvantagem. Neste caso, pode-se afirmar que ainda é uma aquisição para poucos e não algo essencial ao dia a dia. Outro fator importante são as baterias, destinadas a exercer a autonomia de deslocamento destes veículos, mas que ainda possuem custo significativo elevado e, ao final de sua vida útil, têm sua destinação final reciclada para proporcionar a sustentabilidade.

Essenciais aos carros elétricos são as estações de carregamento ou carregadores individuais. Hoje existem modelos de várias potências e tipos para proporcionar o carregamento total em um melhor tempo hábil ou até mesmo de suportar vários veículos plugados. Uma realidade em condomínios são as dificuldades de como e onde instalar os pontos de carregamento para ser mais viável, qual a forma de estrutura para atender a

demanda de carga em quantidade e velocidade, e a estrutura de energia para atender essa demanda específica.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Pela atual conscientização do mundo moderno, não irá demorar muito para que os recursos naturais cheguem a limites críticos, portanto, uma mudança de paradigma deve ocorrer nos meios de transporte existentes.

Com o crescimento expansivo na procura por veículos elétricos e um crescimento também expansivo na moradia em edifícios, observou-se uma demanda na análise de rede em condomínio para a instalação de carregadores, devido a não existência de uma vaga destinada a essa recarga ou uma tomada apropriada para a mesma, ou o projeto desta viabilidade para novos edifícios para a demanda específica.

Existem diversos modelos de carregadores, classificados por eficiência de recarga, já a instalação é simples desde que seja acompanhada por profissionais habilitados. Além disso, o estudo tem foco em condomínio, onde essa análise deve ser feita no acréscimo de carga que esses equipamentos irão proporcionar, e o controle dessa energia fornecida para os condôminos que optarem por esse tipo de veículo, já que diferente de uma residência, as instalações elétricas das garagens pertencem a área comum, com energia rateada entre os condôminos.

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Tendo em vista a evolução e o crescente aumento do mercado dos veículos elétricos, uma das preocupações é quanto a estrutura existente nos condomínios residenciais, como adequar o acréscimo de energia proporcionado pela demanda de carregamento destes veículos, também quanto a utilização da medição do próprio condomínio gerando faturas individuais para cada carregamento, ou a preparação para utilização de carregadores individuais em medição do próprio condômino, assim não gerando desconfortos entre os condôminos.

## 1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo é realizar estudos de viabilidade na implantação de carregadores de veículos elétricos com modelos já comercializados para vagas de garagem em condomínio. Também serão abordadas as adequações nas estruturas para suportar a demanda de carregadores específicos assim como os possíveis tipos de medição de consumo.

#### 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar soluções de adequações em estruturas existentes, especificamente em condomínios já construídos, para carregamento em massa ou individual de veículos elétricos.
- Desenvolver estudos de projetos para novos empreendimentos, para carregamento de acordo a cada modelo de demanda. Promovendo assim o incentivo à aquisição de veículos elétricos e conseqüentemente à valorização do imóvel com a estrutura elétrica preparada para esta nova tendência.
- Verificar as normas e legislações para implantar o sistema de carregamento a partir do quadro de medição do condomínio ou do condômino.

#### 1.5 DELIMITAÇÕES

Será delimitado o estudo de recarga em corrente alternada para carros elétricos, em condomínios residenciais existentes.

#### 1.6 METODOLOGIA DE PESQUISA

Esse trabalho tem como metodologia de pesquisa a exploratória. “A pesquisa exploratória é desenvolvida no sentido de proporcionar uma visão geral acerca de determinado fato, procurando buscar padrões, ideias ou hipóteses, em vez de testar ou confirmar uma hipótese” (COLLIS; HUSSEY, 2005). Este trabalho apresentará dados de campo, estudos bibliográficos, projetos e análise técnica, resultando assim, em maiores informações para a análise da viabilidade da implementação desse sistema.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

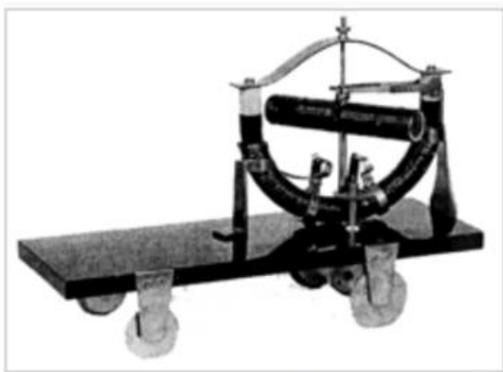
### 2.1 VEÍCULOS ELÉTRICOS

Propulsionados por um motor elétrico, os veículos elétricos (VE, Veículo Elétrico), hoje são usados para qualquer tipo de transporte. Diferente dos veículos a combustão usuais os VE puramente elétricos não usam combustíveis fósseis. É utilizada para o motor elétrico uma energia armazenada em baterias, que podem ser recarregáveis, esta energia é convertida em energia elétrica para alimentar um motor, que fará a sua conversão em energia mecânica, possibilitando que o veículo se mova (ABVE, 2020).

#### 2.1.1 Quem inventou o carro elétrico?

A invenção do veículo elétrico é atribuída a várias pessoas. Em 1828, Ányos Jedlik, um húngaro que inventou um tipo de veículo com seu novo motor elétrico, conforme apresentado na Figura 1 (HUNGARIANHISTORY, 2012).

Figura 1– Primeiro tipo de veículo elétrico que se tem registro.



Fonte: REVE, 2015.

Em 1834, Vermont Blacksmith Thomas Davenport, o inventor do primeiro motor elétrico americano DC, instalou seu motor em um pequeno modelo de carro, que ele operou em uma pista curta eletrificada circular (RUG, 2019).

Em 1835, o professor Sibrandus Stratingh de Groningen, o Holandês e seu assistente Christopher Becker criaram um carro elétrico de pequena escala, alimentado por pilhas não-recarregáveis, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Carro elétrico do Prof. Sibrandus Strating.



Fonte: RUG, 2019.

Em 1838, o escocês Robert Davidson construiu uma locomotiva elétrica que atingiu uma velocidade de 4 mph (6,4 km / h) (BELLIS, 2012).

Entre 1832 e 1839, Robert Anderson da Escócia inventou um carro elétrico que usava uma bateria recarregável alimentada por um pequeno motor elétrico. O veículo era pesado, caro e precisava frequentemente de recarga.

A patente para o uso de trilhos como condutores de corrente elétrica foi concedida na Inglaterra em 1840 e patentes semelhantes foram emitidas para Lilley e Colten no Estados Unidos, em 1847 (BELLIS, 2012).

## 2.1.2 Tipos de veículos elétricos

### 2.1.2.1 Micro híbrido ou Micro Hybrids ( $\mu$ HEV/12V)

Veículo convencional equipado com motor de combustão interna (ICE) capaz de recuperar energia de baixa potência (recorrendo, por exemplo, à frenagem regenerativa) a fim de fazer funcionar alguns dispositivos do veículo (*start-stop*, por exemplo). Pode-se considerar o primeiro estágio do desenvolvimento do *powertrain* eletrificado (DENTON, 2018).

### 2.1.2.2 Híbrido suave ou Mild Hybrid (MHEV/48V)

Há melhoria e ampliação das funções do micro híbrido. Aqui a bateria é mais robusta proporcionando mais armazenamento (recuperação) de energia (regenerativa, por exemplo) proporcionando assim melhorias no sistema *start-stop* bem como de funcionamento de outras funções do veículo.

### 2.1.2.3 Hybrid Electric Vehicle (HEV ou sHEV)

É um veículo elétrico híbrido que usa tanto um motor elétrico como um motor de combustão interna para propulsar o veículo (não pode ser carregado na rede elétrica).

No entanto, os veículos híbridos puros também podem realizar distâncias curtas ao serem propulsados unicamente com eletricidade. A energia necessária para isso é gerada previamente pelo motor de gasolina ou diesel. Por outras palavras, a bateria carrega-se sem necessidade de uma fonte de corrente elétrica (VOLKSWAGENAG, 2017).

Em 1899, Ferdinand Porsche construiu o primeiro automóvel híbrido que foi batizado de Lohner-Porsche, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Primeiro Híbrido do mundo



Fonte: VOLKSWAGENAG, 2017.

### 2.1.2.4 Plug-In Hybrid Electric Vehicle (PHEV)

Um veículo elétrico híbrido *plug-in* é aquele que usa a eletricidade obtida na rede para alimentar um motor elétrico e também utiliza um motor de combustão interna, semelhante a um híbrido puro (DENTON, 2018).

### 2.1.2.5 Extended Range Electric Vehicle (EREV)

É um veículo elétrico com extensor de autonomia que funciona como um veículo elétrico a bateria por um certo número de quilômetros e muda para um motor de combustão interna, quando a bateria está descarregada.

#### 2.1.2.6 Battery Electric Vehicle (BEV)

É um veículo elétrico a bateria que é alimentado exclusivamente por energia elétrica a partir de sua bateria *on-board*, carregada em uma tomada da rede elétrica (carregado apenas na rede elétrica).

#### 2.1.2.7 Fuel Cell Vehicle (FCV)

Um veículo elétrico a células de combustível converte a energia química de um combustível, como o hidrogênio, em energia elétrica.

#### 2.1.2.8 Plug in Electric Vehicle (PEV)

Muito utilizado e se refere a duas categorias: *Battery Electric Vehicle* (BEV) e *Plug-In Hybrid Electric Vehicle* (PHEV) (DENTON, 2018).

### 2.1.3 Primeiro carro elétrico do Brasil

Em 1974 João Conrado do Amaral Gurgel, fundador da montadora nacional Gurgel Motores S/A, apresentou o Itaipu, o primeiro carro elétrico da América Latina, conforme pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Primeiro carro elétrico do Brasil.



Fonte: GURGEL800, 2007.

O veículo era movido por um motor elétrico de 3,2 kW, equivalente a 4,2 cv e alimentado por 10 baterias, três na frente, duas atrás dos bancos e mais cinco na traseira. A

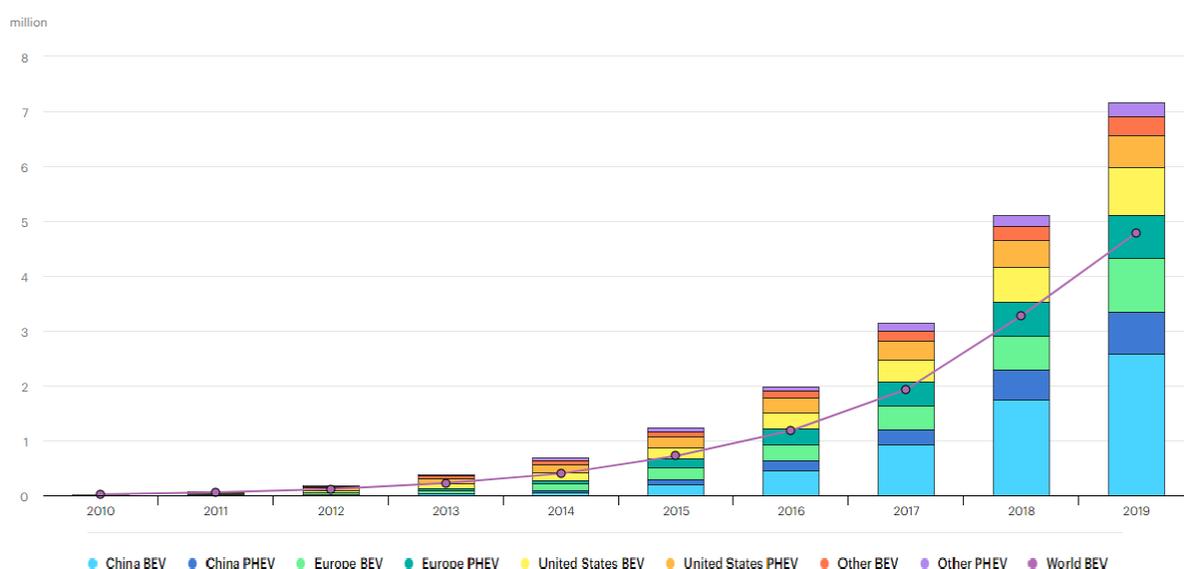
autonomia era de 60 a 80 km a uma velocidade máxima de 50 km/h, e a recarga completa levava 10 horas (BARAN, 2010).

#### 2.1.4 Cenário Atual

Em 2010 existiam apenas 17.000 carros elétricos circulando no mundo, após entrarem nos mercados comerciais na primeira metade desta década, as vendas de carros elétricos dispararam e em 2019 já havia 7,2 milhões de VEs (IEA, 2020).

O cenário atual tem evoluído do ponto de vista comercial. As vendas de carros elétricos superaram 2,1 milhões globalmente em 2019, superando 2018 – já um ano recorde – para elevar o estoque para 7,2 milhões de carros elétricos, conforme apresentado no Gráfico 1. Os carros elétricos, que responderam por 2,6% das vendas globais de automóveis e cerca de 1% das ações globais de automóveis em 2019, registraram um aumento de 40% em relação ao ano anterior. A medida que o progresso tecnológico na eletrificação de dois/três rodas, ônibus e caminhões avança e o mercado para eles cresce, os veículos elétricos estão se expandindo significativamente. Anúncios ambiciosos de políticas têm sido fundamentais para estimular a implantação de veículos elétricos nos principais mercados de veículos nos últimos anos. Em 2019, as indicações de uma mudança contínua de subsídios diretos para abordagens políticas que dependem mais de medidas regulatórias e outras medidas estruturais – incluindo mandatos de veículos de emissão zero e padrões de economia de combustível – estabeleceram sinais claros e de longo prazo para a indústria automobilística e consumidores que apoiam a transição de forma economicamente sustentável para os governos (IEA, 2020).

Gráfico 1 – Análise da IEA com base em submissões de países



Fonte: IEA, 2020.

### 2.1.5 Covid-19

A pandemia Covid-19 afetará os mercados globais de veículos elétricos, embora em menor grau do que o mercado global de automóveis de passageiros. Com base nos dados de venda de automóveis entre janeiro e abril de 2020, segundo a perspectiva da IEA (2020) é que o mercado de automóveis de passageiros contrairá em 15% ao longo do ano de 2020 em relação a 2019, enquanto as vendas de veículos leves para passageiros e comerciais permanecerão amplamente nos níveis de 2019. Segundas ondas da pandemia e recuperação econômica mais lenta do que o esperado pode levar a diferentes resultados, bem como as estratégias para as montadoras lidarem com as normas regulamentares. No geral, estima-se que as vendas de carros elétricos serão responsáveis por cerca de 3% das vendas globais de carros em 2020. Essa perspectiva é sustentada pelo apoio às políticas, particularmente na China e na Europa. Ambos os mercados têm regimes de subsídios nacionais e locais em vigor – a China recentemente ampliou seu regime de subsídios até 2022. A China e a Europa também reforçaram e estenderam recentemente seus mandatos de Veículos De Nova Energia e padrões de emissões de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), respectivamente. Finalmente, há sinais de que as medidas de recuperação para enfrentar a crise do Covid-19 continuarão a se concentrar na eficiência dos veículos em geral e na eletrificação em particular.

## 2.2 BATERIAS

Baterias de armazenamento com maior densidade de energia eram essenciais para os veículos elétricos se tornarem viáveis, por isso os inventores Thomas Davenport e o escocês Robert Davidson por volta de 1842 construíram as primeiras células elétricas. Em 1865 o francês Gaston Plante inventou uma melhor bateria de armazenamento, tornando possível a ingressão no mundo dos veículos elétricos (DENTON, 2018).

O cenário atual está se desenvolvendo para a introdução massiva dos veículos elétricos, pois as restrições ambientais, o aumento da infraestrutura de recarga e a redução do custo das baterias, farão do carro elétrico uma opção interessante para o consumidor comum.

Para que esse cenário aconteça, um dos fatores importantes é o do desenvolvimento da tecnologia das baterias, no âmbito de terem maior autonomia e de se tornarem mais acessíveis.

Autonomia é o grande impacto na hora da escolha de um veículo elétrico, e dirigir suavemente com poucas frenagens faz com que a energia das baterias tenha um consumo menos elevado, com impacto direto na autonomia proporcionada.

A vida da bateria e reciclagem da mesma é geralmente feita quando ela chega em torno de 80% da sua capacidade de armazenamento, que significa que se a bateria tem capacidade nominal para 300km, em torno de 10 anos de uso irá se reduzir para 240km. Esta perda de 20% é classificada geralmente pelos fabricantes de veículos como ponto de reciclagem. Sendo de desconhecimento do grande público, a bateria de um veículo elétrico é construída para ter durabilidade para toda vida útil do carro, e é de obrigação dos fabricantes recolherem, reciclarem ou darem fim adequado (DENTON, 2018).

### **2.2.1 Tipos de baterias**

A seguir será apresentado uma breve introdução sobre os tipos de baterias já utilizadas em veículos elétricos, para por último as baterias de Lítio que se destacam atualmente.

#### **2.2.1.1 Bateria de Chumbo-ácido**

As primeiras baterias para veículos foram construídas pelo físico Francês Gaston Planté, e eram de chumbo-ácido (Pb-PbO<sub>2</sub>). E ainda é uma boa escolha se tratando de custo e densidade de energia. Com o passar do tempo este tipo de bateria se desenvolveu sendo selada e livre de manutenção, com longa duração e confiável (BUCHMANN, 2006).

Esta bateria de 12V nominal tem como construção seis células conectadas em série, cada célula produz 2V aproximadamente, e são armazenados em compartimento individual feito na maioria das vezes em polipropileno, o material ativo é mantido em grades para se formar placas positiva e negativa. Estas placas são isoladas uma da outra com plástico micro poroso (BUCHMANN, 2006).

#### **2.2.1.2 Bateria Alcalina (Ni-Cad, Ni-Fe e Ni-MH)**

Bateria níquel-cádmio (Ni-Cad ou NiCad) que são compostas pela placa positiva contendo hidróxido de níquel III (NiOOH), placa negativa contendo cádmio (Cd), também o eletrólito contendo hidróxido de potássio (KOH) e água (H<sub>2</sub>O). A recarga se realiza com a transferência de oxigênio da placa negativa para a positiva e o oposto acontece na descarga.

Baterias de NiCad não sobrecarregam na recarga, pois no processo, quando o óxido de cádmio se transforma só em cádmio, a reação química para (BUCHMANN, 2006).

Baterias de níquel-metal hidreto (Ni-MH) foram implementadas em alguns modelos de veículos elétricos e provaram ser eficientes. Sua construção consiste em catodo de hidróxido de níquel, um ânodo de ligas que absorvem hidrogênio e um eletrólito de hidróxido de potássio. A densidade de energia de uma bateria Ni-MH é o dobro de uma de chumbo-ácido (KOPERA, 2004).

Baterias de níquel-metal, devido ao custo, confiabilidade e durabilidade são ideais para veículos híbridos, podendo chegar até a 320 km de autonomia (KOPERA, 2004).

#### 2.2.1.3 Bateria de Cloreto de sódio-níquel (Na-NiCl<sub>2</sub>)

É uma bateria que consiste de eletrólitos de sais fundidos, fornece boa potência e densidade de armazenamento. Elas são térmicas e utilizam um eletrólito que é sólido e inerte em temperatura ambiente. Essas baterias recarregáveis de metal líquido são utilizadas também em veículos elétricos, pois fornecem três vezes mais potência que a de chumbo ácido, devido à alta condutividade iônica do sal fundido (BUCHMANN, 2006).

#### 2.2.1.4 Bateria de Sódio-enxofre (Na-S)

A construção consiste em um cátodo de sódio líquido no qual é inserido um coletor de corrente. O problema desta bateria é que para ela gerar energia deve atingir temperatura entre 300 °C e 350 °C, tendo como solução um aquecedor de algumas centenas de Watts em seu circuito de recarga, permitindo que a corrente percorra a resistência da bateria. Ela tem vantagem no requisito de espaço, pois pequenas células podem ser distribuídas em vários pontos do carro (BUCHMANN, 2006).

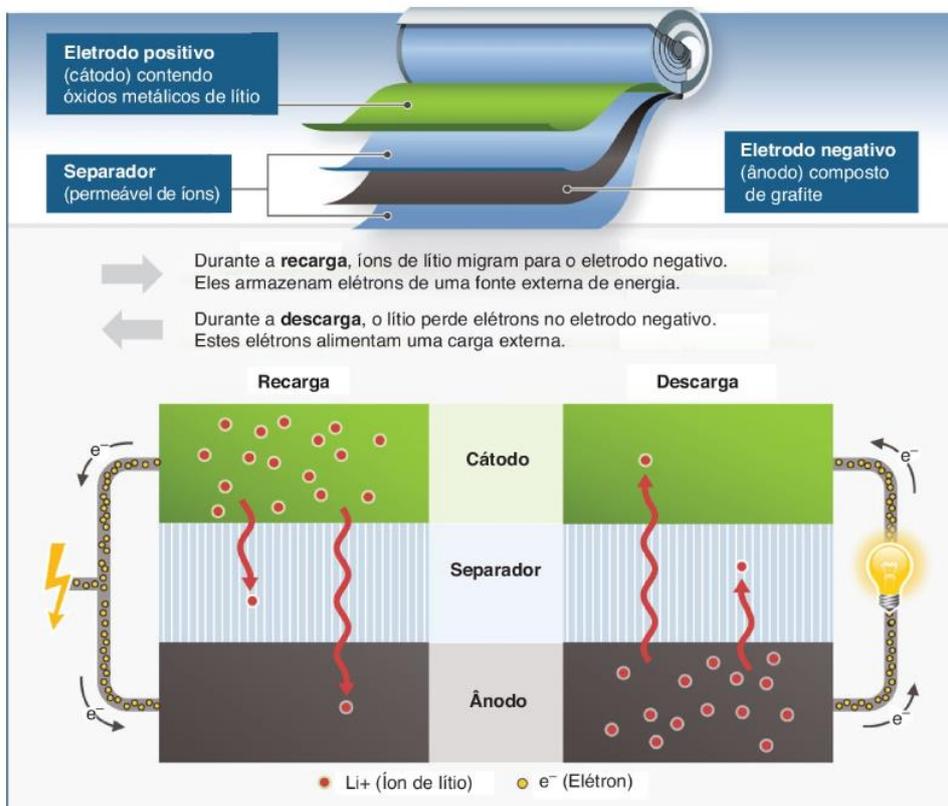
#### 2.2.1.5 Bateria de Íons de Lítio (Li-ion)

As baterias do momento são as com tecnologia de íons de lítio, mas elas ainda têm muito potencial de melhoria. As baterias de hoje possuem densidade de energia, isto é, energia por unidade de volume, ao redor de 140 Wh/kg, ou mais em alguns casos, mas o potencial pode subir a valores de 280 Wh/kg. Muitas pesquisas em otimização de células estão sendo feitas para criar uma bateria com alta densidade de energia e autonomia maior. A

tecnologia de íons de lítio tem sido considerada a mais segura. Pode-se observa na Figura 5, que ao descarregar os íons liberam elétrons para o ânodo e voltam para o cátodo (DENTON, 2018).

Segue uma descrição do funcionamento das baterias de Li-ion. Um polo negativo (ânodo) e um polo positivo (cátodo) fazem parte de uma célula individuais de uma bateria de íons de lítio em conjunto com o eletrólito e um separador. O ânodo é uma estrutura de grafite, enquanto o cátodo é feito de camadas de óxido metálico. Íons de lítio são depositados entre essas camadas. Quando a bateria está recarregando, os íons de lítio vão do ânodo para o cátodo e absorvem elétrons. Portanto, o número de íons determina a densidade de energia. (DENTON, 2018, p. 85).

Figura 5 – Operação simplificada de uma bateria de íons de Lítio.



Fonte: DENTON, 2018.

Um problema desse tipo de bateria é que os íons de lítio se movimentam lentamente em condições de temperatura baixa durante o processo de recarga. Isso faz com que eles peguem os elétrons da superfície do ânodo ao invés do interior. Além disso, utilizar corrente de recarga muito alta cria o elemento lítio. Este pode se depositar na superfície do ânodo, cobrindo-a e fechando a passagens de elétrons. Isso é conhecido como revestimento de lítio. Pesquisas vêm sendo feitas e uma possível solução seria aquecer a bateria antes de recarregá-la (DENTON, 2018).

O termo “bateria” é frequentemente utilizado, mas a unidade eletroquímica correta é a “célula”. A alta tensão da célula de Lítio-Íon permite a fabricação de conjuntos de baterias que consistem em apenas uma célula, proporcionado pelos eletrólitos de alta-tensão que melhoram o desempenho da bateria, podendo ser projetada a tensão das células em até 5 Volts.

Para calcular o tempo de carregamento da bateria de 0 a 100%, precisamos da capacidade de carga (kWh) e da potência do carregador (kW). Logo, dividimos a capacidade de carga pela potência do carregador e teremos o tempo (horas). Pode-se observar na Tabela 1 o tempo vazio a cheio para carregar com diferentes velocidades de ponto de carga (PODPOINT, 2020).

Tabela 1 - Tempo vazio a cheio para carregar com diferentes velocidades de ponto de carga.

**Tempo vazio a cheio para carregar com diferentes velocidades de ponto de carga:**

Veículo			Tempo para carga de 0 a 100%			
Modelo	Bateria Íons de Lítio	Alcance seguro	3,7 kW devagar	7 kW rápido	22 kW rápido	43-50 kW rápido
Nissan LEAF (2018)	40 kWh	230 km	11 h	6 h	3 h	1 h
Tesla Modelo S de longo alcance (2019)	100 kWh	410 km	27 h	15 h	6 h	2 h
BMW i3s (2018)	42,2 kWh	284 km	12 h	6 h	4 h	1 h

Fonte: PODPOINT, 2020.

### 2.2.2 Tecnologias atuais

A Bosch está trabalhando em uma bateria sucessora dos íons de lítio, feita com lítio-enxofre, que promete maior densidade de energia e capacidade de carga (BOSCH, 2020).

Nos últimos anos os preços das baterias têm caído devido ao aumento da produção e à amortização dos custos de pesquisa e desenvolvimento. Para isto estar acontecendo, está se investindo em matérias primas com maior densidade energética e suprimindo ao máximo o uso de metais preciosos que encarecem o produto final.

Acredita-se que o potencial da estrutura de autonomia dos íons de lítio já está próximo do limite, mas os estudos continuam em prol sempre de atingir ou buscar o máximo de

capacidade e rendimento. Pode-se observar na Figura 6, um exemplo atual de armazenamento físico das baterias em VEs (BOSCH, 2020).

Figura 6 – Baterias do Audi e-tron.



Fonte: AUDI, 2020.

Hoje várias tecnologias de baterias são pesquisadas, e o mercado estima que no futuro não haverá um tipo de bateria dominante, e que essa evolução distinta irá trazer diferentes tipos de células com rendimento, capacidade, tempo de recarga, durabilidade e segurança, superiores aos fornecidos atualmente. Na Tabela 2 observa-se diferentes tipos de tensões e Densidades de Energia de Baterias.

Entre as várias alternativas promissoras, as que se destacam mais são as de Lítio Metal Silício (que têm densidade energética superior, mas com riscos de segurança), Bateria em Estado Sólido (que são seguras, mas têm custos elevados, dificuldade de carregamento e baixa durabilidade), Lítio Enxofre (com densidade energética superior e baixos custos, mas durabilidade insuficiente) e Lítio Oxigênio (com muita densidade energética, mas cara e com pouca durabilidade) (ASSOBRAV VW, 2020).

De todas essas alternativas, a que parece ter maior probabilidade de se tornar a sucessora dos Íons de Lítio é a Bateria do Estado Sólido (ASSB). No entanto, existem aspectos a serem melhorados, como os desafios relacionados ao carregamento rápido. O problema é que uma bateria ASSB leva cerca de uma hora para ir de 20% a 80% da carga, mas para chegar aos 100% são necessárias mais duas horas. Isto numa bateria de 80 kWh, que é o máximo que estão testando neste

momento. Para chegarmos a baterias com maior capacidade e cargas mais rápidas, ainda teremos que evoluir (HINTENNACH, 2020).

Tabela 2 - Tensões e Densidades de Energia de Baterias

Tensões e Densidades de Energia de Baterias						
Tipo de Bateria	Energia Específica (Wh/kg)	Densidade de energia (Wh/l)	Tensão nominal da célula (V)	Temperatura de operação (°C)	Descarga automática (%)	Ciclos de recarga 80%
Chumbo-ácido	20-35	54-95	2,1	Ambiente	2%	800
Níquel-cádmio (Ni-Cad)	40-55	70-90	1,35	-40 a +80	0,50%	1200
Níquel-metal hidreto (Ni-MH)	65	150	1,2	Ambiente	5%	1000
Cloreto de sódio-níquel	100	150	2,5	300-350	10% /dia	>1000
Íons de lítio (Li-ion)	140	250-620	3,5	Ambiente	10% /mês	>1000
Estado Sólido (ASSB)	320	400-700	3,8	0 a 150	Não informado	>1000

Fonte: DENTON, 2018.

## 2.3 MOTOR ELÉTRICO

Um melhor carro elétrico se obtém pelo motor, tanto pelo seu desempenho quanto seu peso. O motor elétrico é mais simples que os motores de combustão internas, e basicamente são formados por estator e rotor. Os três modelos de motores mais usados em veículos elétricos são: motor de corrente contínua (CC), motor de corrente alternada (AC) assíncrono, motor de corrente alternada (AC) síncrono.

“Os motores AC oferecem algumas vantagens relacionadas ao controle, porém necessitam que a energia DC, fornecida pelas baterias, seja convertida por meio de um inversor” (DENTON, 2018).

### 2.3.2 Motor de corrente contínua

É um motor alimentado por corrente contínua (CC), sendo esta alimentação proveniente de uma bateria ou qualquer outra de alimentação CC. Sua troca de energia entre rotor e estator, chamada de comutação pode ser através de anéis comutadores (escovas) ou

não. A configuração com escovas foi a mais utilizada nos primeiros projetos de carros elétricos, devido ao baixo custo comparado a outros motores, porém a grande desvantagem é a manutenção. A aplicação mais comum é em carros de golfe e empilhadeiras (UNISUL, 2020).

### **2.3.3 Motor de corrente alternada assíncrono**

Também conhecido como motor de indução funciona por corrente alternada e é constituído por dois campos magnéticos. O campo magnético do rotor tende a alinhar-se com o campo do estator sendo induzida uma força eletromotriz produzindo assim o movimento de rotação. É chamado de motor assíncrono devido ao rápido atraso em relação entre a rotação do motor ao campo magnético girante, devido ao escorregamento. Com o avanço da eletrônica de potência, utilizando conversores estáticos, torna-se possível a utilização nos veículos elétricos e um dos motores mais desejáveis devido a sua baixa manutenção por não ter escovas. Um exemplo de aplicação é no Tesla Model S (UNISUL, 2020).

### **2.3.4 Motor de corrente alternada síncrono**

Também conhecido como motor síncrono de ímã permanente PMAC (*Permanet Magnet Alternating Current*), tem como princípio básico a corrente de campo produz um campo magnético estacionário. Da mesma forma as correntes que circulam no estator do motor síncrono produzem um campo magnético girante. Podem ser classificados em dois tipos, BLDC (*Brushless DC*) ou PMSM (*Permanet Magnet Synchronous Motor*). O motor BLDC tem características de velocidade semelhantes aos de CC com escova, é na verdade um motor CA que foi desenvolvido a partir do motor DC com escovas. Os motores PMSM requerem uma alimentação com onda senoidal, e podem ter os ímãs montados à superfície do rotor ou em posições interior e necessitam de um sensor de corrente por casa fase, caso sejam trifásicos, sendo então mais complexo que o BLDC. Aplicações com PMSM se encontram nos modelos, Bolt, BMW i3 e Nissan Leaf por exemplo. Os motores BLDC encontra-se por exemplo nos modelos Renault Zoe, Fluence e Kangoo (UNISUL, 2020).

Atualmente a empresa Tesla utiliza no seu veículo Modelo 3 o motor IPM-SynRM (*Internal Permanent Magnet - Synchronous Reluctance Motor*), o uso deste motor de relutância síncrona de ímã permanente interno melhora a eficiência em alguns pontos percentuais em comparação com um motor de indução. Em geral, é um tipo que combina o

motor de ímã permanente interno com o tipo de rotor de motor de relutância síncrona para obter uma característica mais desejada na aplicação EV - alta eficiência em velocidades baixas e altas (INSIDEEVS, 2020).

### 2.3.5 Eficiência do motor

A eficiência de motores elétricos varia conforme o tipo, o tamanho, número de polos, o arrefecimento e o peso. Um fator com bastante importância para sua eficiência é o sistema de arrefecimento de motores. Com um bom sistema arrefecimento faz com que fique compacto e não perca potência.

Segundo DENTON (2018), a eficiência de um BLDC fica na faixa de 80% para uma potência de 1 kW e 95% para 90 kW. Eficiência de um motor é a razão entre a potência de saída no eixo e a potência elétrica na entrada, calculada por:

$$P_{\text{saída}}/P_{\text{entrada}}$$

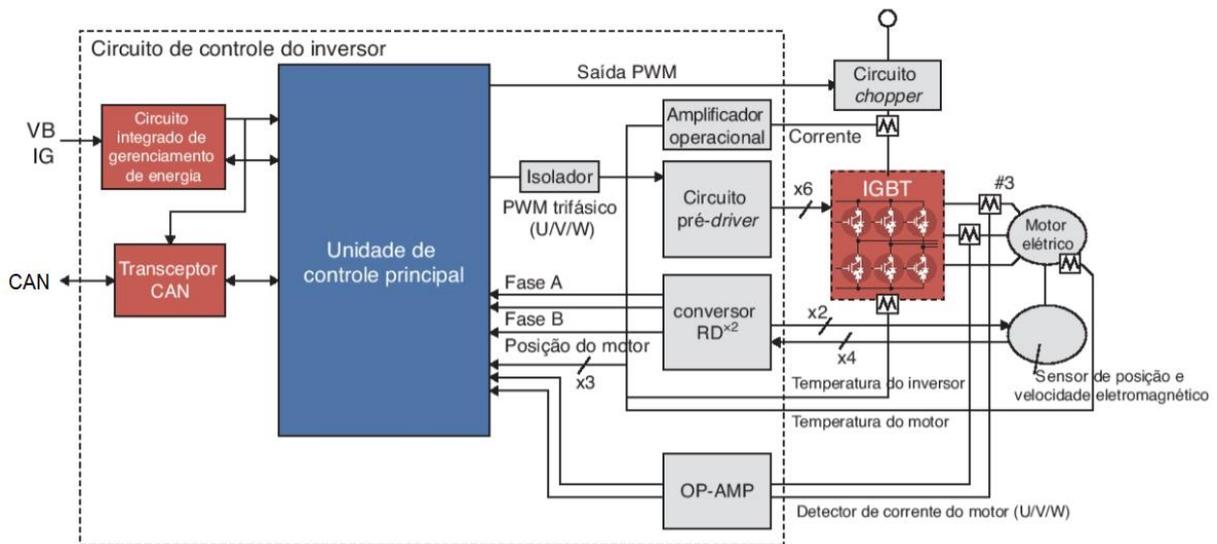
As perdas ocorridas nesse processo podem ser chamadas de:

- Perda no cobre, potência elétrica perdida nos enrolamentos do primário e secundário.
- Perda no entreferro, a energia magnética dissipada quando o campo magnético do motor é aplicado no núcleo do estator.
- Perdas suplementares, as perdas que sobram após as outras perdas.
- Perdas Mecânicas, o atrito no rolamento do motor e nos sistemas de arrefecimento.

### 2.3.6 Controle de potência

O principal objetivo do controle é fornecer tração e regeneração quando o motor funciona como gerador. A principal unidade de controle microprocessador (*microprocessor control unit* – MCU) controla o inversor por meio de um circuito de interface. Inversor: é um circuito eletrônico responsável por converter energia DC em AC. Observa-se na figura 7, o controle do inversor (DENTON, 2020).

Figura 7 – Circuito de controle do inversor.



Fonte: DENTON, 2018.

## 2.4 RECARREGANDO

### 2.4.1 Infraestrutura

Inicia-se frisando que é extremamente recomendado que a infraestrutura de recarga seja projetada por profissional técnico credenciado, e a instalação seja executada por um eletricista qualificado.

Novos empreendimentos imobiliários já estão sendo projetados com um percentual de vagas de estacionamento destinadas a carros elétricos, onde são instaladas estações de recarga.

Um ponto de recarga que possua um circuito independente é a melhor maneira de recarregar um veículo elétrico com segurança, pois garante que o circuito gerencie a demanda de energia, através de proteção de disjuntores, e que o circuito esteja ativado enquanto o carregador esteja se comunicando com o veículo. Como muitos consumidores farão a recarga a noite, e não do tipo recarga rápida, estes carregadores possuem sensores de corrente que monitoram a potência consumida e mantêm a conexão de recarga apenas se a demanda estiver dentro de uma faixa predeterminada. Outro fator de segurança é que o fornecimento de energia pelo carregador só é realizado se o plugue estiver na posição correta, pois os sensores adicionais funcionam com sinal de retorno. Observa-se na figura 8 a infraestrutura de recarga em garagens (DENTON, 2018).

Figura 8 – Infraestrutura de recarga em garagens.

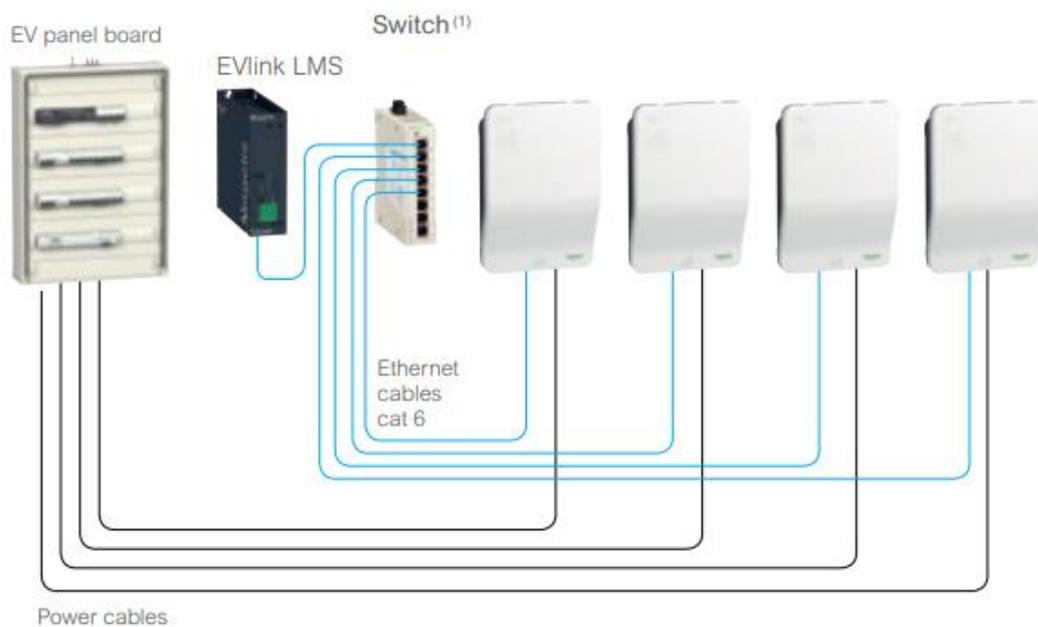


Fonte: CARRO ELÉTRICO, 2019.

Do ponto de vista de consumo, alguns sistemas utilizam pagamentos pré-pagos, outros são pagos conforme o uso e outros exigem uma mensalidade.

Na figura 9 observa-se um modelo de solução de gerenciamento para instalação VE, bem adaptada a garagens ou parques de estacionamento.

Figura 9 - Solução de gerenciamento



Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC, 2020.

### 2.4.2 Tempo de recarga

Vários fatores influenciam o tempo de recarga, tais como: o quanto descarregado está a bateria e o seu tamanho (Wh/kg), o tipo de veículo e potência de recarga. Como exemplo podemos verificar o veículo elétrico Renault Zoe com potência de recarga de 3,7 kW, com tensão monofásica, pode chegar a até 11 horas de tempo de recarga para uma autonomia completa. Dependendo do perfil do consumidor, este tempo pode ser reduzido aumentando a potência de recarga, e conseqüentemente readequando a infraestrutura elétrica. Observa-se na tabela 3, o tempo de carregamento. (SCHNEIDER ELECTRIC, 2019).

Tabela 3 - Tempos de carregamento.

		Tempo de carregamento 2018/19							
		Renault Zoé	Mistubishi Outlander (PHEV)	Nissan Leaf	Tesla Model S		Golf GTE (PHEV)		
Battery (kWh)		41	12	24	40	60	100	8,7	
On-board Charger (kW)		22	3,7	3,7	6,6	11	22	3,7	
NDEC Range (km)		400	50	150	378	400	600	50	
AC Charging stations	1-phase	3,7 kW - 16 A	11h	3h30	6h30	11h	16h30	27h	2h20
		7 kW - 32 A	6h			8h	13h30		
	3-phase	11 kW - 16 A	4h			6h	9h		
		22 kW - 32 A	2h			5h30	4h30		
DC Charging Station	3-phase	50 kW - 125 A	Not available	15 min	25 min	40min	1h	1h40	Not available

Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC, 2019.

### 2.4.3 Normas Internacionais

Foi necessário padronizar os equipamentos que formam este sistema de carregamento, como cabos, plugues e métodos, para que os VEs possam ser recarregados sem problemas de conexão. A IEC é o órgão internacional que publica as normativas que definem os requisitos técnicos para padrões de recarga, conforme listados a seguir (IEC, 2020).

IEC 62196-1: Plugues, tomadas, tomadas móveis para veículo elétrico e plugues fixos de veículos elétricos – Recarga condutiva para veículos elétricos.

IEC 62196-2: Requisitos dimensionais de compatibilidade e de intercambiabilidade para os acessórios em AC com pinos e contatos tubulares.

IEC 62196-3: Requisitos dimensionais de compatibilidade para DC dedicada e AC/DC combinada com pinos e contatos tubulares para veículos.

IEC 61851-1: Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos. Requisitos para sistemas embarcados ou não embarcados para a recarga de veículos elétricos rodoviários, bem como a comunicação com o veículo.

IEC 61851-21-1: Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos. Requisitos para sistemas embarcados ou não embarcados para a recarga de veículos elétricos rodoviários, bem como a comunicação com o veículo.

IEC 61851-21-2: Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos e requisitos de compatibilidade eletromagnética para sistemas de recarga alheios ao veículo.

HD 60364-7-722: Instalações elétricas de baixa tensão. Requisitos especiais para instalação de sistemas de recarga para veículos elétricos.

#### **2.4.4 Normas Brasileiras**

No Brasil, várias normas regulamentam a construção de estações de recarga para carros elétricos. Entre elas a ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão e ABNT NBR 14039 – Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV, estas normas gerais utilizadas para infraestrutura elétrica de alimentação dos carregadores. Já as normas regulamentadoras específicas para recarga de veículos elétricos são: ABNT NBR IEC 61851-1 - Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos - Parte 1: Requisitos gerais, 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, ABNT NBR IEC 61851-22 - Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos - Parte 22: Estação de recarga em corrente alternada para veículos elétricos; ABNT NBR IEC 61851-22 - Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos - Parte 22: Estação de recarga em corrente alternada para veículos elétrico; Resolução Normativa ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) nº 819, de 19 de junho de 2018; e as RNs 414 e 819 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2020).

Cada estado também pode adotar normas específicas, um exemplo é a distribuidora de energia Copel do Paraná, que utiliza a NTC 902210 que regula os procedimentos para ligação dos sistemas de recarga.

Em vigor desde 6 de julho de 2018, a Resolução Normativa nº 819/2018 da Agência Nacional de Energia Elétrica disciplina a recarga de veículos elétricos no Brasil. A norma permite que qualquer interessado, tais como distribuidoras, postos de combustíveis, shopping centers e empreendedores, realizem serviços de recarga com fins comerciais, a preços livremente negociados. A Agência optou por uma regulamentação leve, garantindo a viabilidade dessa atividade sem impacto nas tarifas dos consumidores de energia elétrica (ANEEL, 2018).

## 2.5 NÍVEIS DE CARREGAMENTO

### 2.5.1 Nível de carga 1

Este nível de carga é chamado de modo lento, geralmente utilizada em áreas residenciais por meio de uma tomada típica de uma instalação de uso final ou a rede de baixa tensão. Neste modo de carregamento, é usada uma tensão padrão de 120 VAC, com corrente de 15 A ou 20 A e taxa de potência máxima de 3,44 kW, o que tem como consequência um aumento no tempo de carregamento da bateria, que fica em torno de 8 a 10 horas para atingir 100% da capacidade (DENTON, 2018).

### 2.5.2 Nível de carga 2

Este nível de carga é mais apropriado para o carregamento do VEs, pois se encontra em instalações públicas e privadas, possuindo uma tensão de 240 VAC monofásico com corrente de até 40 A, podendo fornecer uma taxa de carregamento ou potência de carga de 3.3 kW a 9.6 kW. Tem um tempo de carregamento estimado em 7 horas, para que se alcance o nível de 100% da bateria (DENTON, 2018).

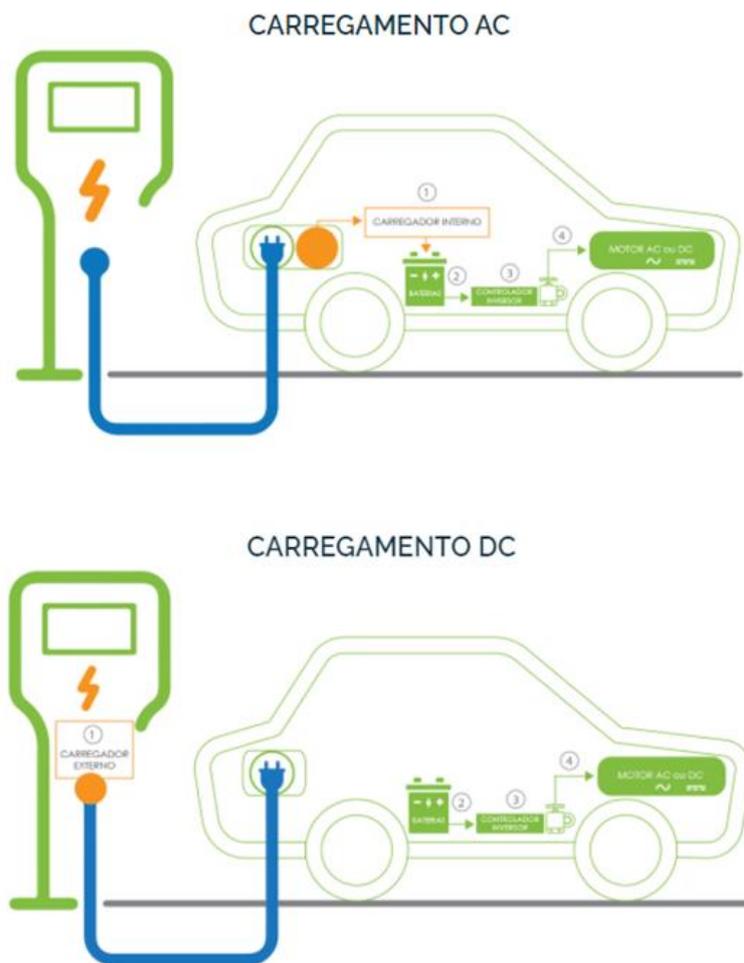
### 2.5.3 Nível de carga 3

Este nível de carga é chamado de carga rápida. Foi desenvolvida para carregar a bateria dos VEs com uma potência superior a 60 kW, assim a bateria pode ser carregada até atingir 80% de sua capacidade em menos de uma hora. Este modo de carga rápida tem sua instalação destinada para estações de serviço com aplicações comerciais e públicas, semelhante aos postos de combustíveis. Utiliza uma tensão de 380 VAC com circuito trifásico (DENTON, 2018).

Muitos veículos elétricos são limitados no poder de carregamento máximo que podem aceitar, por causa das limitações em sua habilidade de converter a potência CA da rede em potência de CC que carrega as baterias. Por exemplo, o Chevrolet Volt, um veículo híbrido de

encaixe (PHEV), é limitado a 3,6 quilowatts, e o Nissan Leaf, um veículo elétrico da bateria (BEV), é limitado a 6,6 quilowatts. Além disso, alguns modelos de veículos elétricos, incluindo a maioria dos PHEVs, não são capazes de carregamento rápido DC. Pode se observa na figura 10 carregamentos em CA e CC (ZEEV, 2020).

Figura 10 – Tipos de Carregamento.



Fonte: ZEEV, 2020.

## 2.6 CUSTO DE RECARGA

Conforme Norma Técnica DPSC/NT-03 da CELESC, exige-se uma medição geral para o condomínio, e uma medição única e individual para cada unidade consumidora, agrupadas em um ou mais quadros para medidores, padronizados pela CELESC conforme ANEXO A (CELESC, 2020).

Segundo o Comitê Brasileiro da CIER – BRACIER (2019), no ano de 2019 abastecer um carro elétrico custava R\$ 0,06 por quilometro rodado, que dependendo do carro elétrico e

de seu banco de baterias seria algo entre R\$ 9,00 e R\$ 12,00 para carregamento 100%. Já em comparação com os veículos a combustão, que custa cerca de R\$ 0,40 por quilometro rodado, o preço de reabastecimento de carros elétricos fica bem mais baixo, mas sendo compensado pelo preço final para adquirir um carro elétrico, que hoje ainda se encontra muito mais caro que veículos a combustão.

## 2.7 MODOS DE RECARGA

Hoje existem quatro modos de recarga específicos para carros elétricos, estes modos são definidos pela segurança que garantem no momento do carregamento. Se diferenciam em relação à fonte de potência que pode ser por contatos isolados, tomadas de recarga ou em plugues industriais.

No modo de recarga 1 é utilizada tomada com no máximo 16 A, podendo ser trifásica CA, e sem comunicação com o carro, pois o próprio carregador está integrado com o veículo, tendo que ser levado ao veículo um cabo com plugue e tomada convencionais 2P+T (NEWS, 2020).

Já o modo de recarga 2 é mais seguro, pois se dá através de tomada com no máximo 32 A, podendo ser trifásica CA, com função de controle e proteção integrada ao cabo, tendo o plugue instalado na parede, e o dispositivo de recarga também fica instalado no carro elétrico. Para este modo, a norma exige um dispositivo móvel e um dispositivo de comunicação para aumentar o nível de proteção (NEWS, 2020).

No modo 3, o carregamento é de até 63 A e podendo ser trifásica CA. Já o carregador é fixo na estrutura elétrica do condomínio, casa ou Eletroposto, com proteção interna específica no circuito de alimentação do dispositivo. No carregador já se encontram comunicação PWM, dispositivo DR, proteção de sobrecorrente e tomada de recarga (NEWS, 2020).

Por último, o modo 4 é específico para Eletropostos com corrente contínua CC podendo chegar a 200 A e 170 kW, para recargas extremamente rápidas. O dispositivo de recarga fica na estação com proteções específicas padronizadas. Pode-se observar na figura 11 os Modos de recarga (NEWS, 2020).

Figura 11 – Modos de recarga.



Fonte: REVISTA NEWS, 2020.

## 2.8 COMUNICAÇÃO NO MODO DE RECARGA

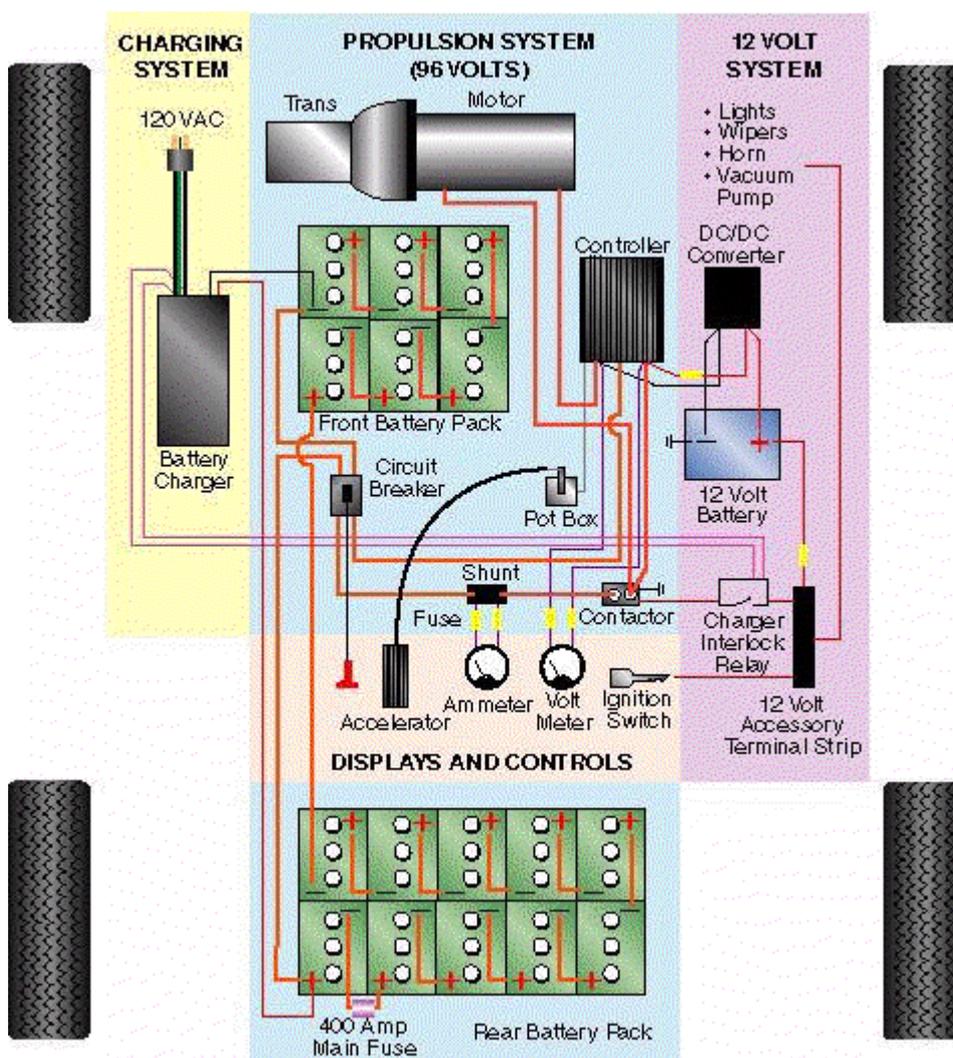
Nos modos 2, 3 e 4 vistos anteriormente, a comunicação com o carro elétrico ocorre através de uma conexão de canal de controle por PWM: *pulse width modulation* (modulação por largura de pulso). Esta comunicação básica verifica conforme é definida o limite de corrente de recarga e diversos parâmetros, a recarga apenas irá iniciar caso todas as verificações de segurança sejam atendidas e assim informadas para o sistema (DENTON, 2018).

A execução do sistema ocorre inicialmente na estação de recarga e no veículo, onde eles travam o acoplador de recarga (plugue ou cabo), em ambos os lados, o carregador verifica a conexão do circuito e informa a disponibilidade de corrente de recarga, o veículo identifica e ajusta o carregador (DENTON, 2018).

Se todo o passo a passo acima for atendido, o carregador libera a recarga para o veículo. Tudo monitorado pelo PWM no processo de recarga, qualquer informação falsa nos parâmetros a tensão é cortada de imediato no carregador (DENTON, 2018).

O limite de corrente de recarga é definido pelo elo mais fraco no processo, é o que determina a corrente máxima, sendo os principais a resistência do plugue e do cabo de recarga. Pode se observa na figura 12 o circuito típico do carro elétrico e alguns equipamentos de proteção.

Figura 12 – Circuito típico de carro elétrico.



Fonte: SEU CARRO ELÉTRICO, 2009.

## 2.9 TIPOS DE CARREGADORES

Os veículos elétricos são uma tendência mundial e ter um carregador será indispensável nesse novo cenário. Existem alguns fabricantes nacionais que já desenvolveram alguns modelos, dos quais será dado enfoque em modelos de Estação de Recarga do Modo tipo 3, que podem ser utilizados com frequência em condomínios. Além dos fabricantes nacionais, também serão abordados modelos de fabricantes internacionais, devido a maior fabricação de veículos elétricos e modelos de carregadores.

A corrente elétrica que é produzida nas centrais elétricas e que chega às nossas casas é do tipo alternada CA, mas as baterias usam corrente contínua CC sendo necessário converter CA em CC para carregar um VE, um processo que pode acontecer no próprio veículo, através do carregador interno ou nos carregadores propostos no modo 3 e 4.

### 2.9.1 Carregadores de parede

O fabricante WEG possui um modelo WEMOB WALL, que foi desenvolvido com grau de proteção IP54 para uso em locais com projeções de água. O carregador é compacto e deve ser fixado em parede, perfeito para instalação em condomínios. Com 7,4 kVA de potência, é possível recarregar as baterias de um veículo elétrico em aproximadamente metade do tempo estimado de um carregador padrão do modo 2, que geralmente acompanha o veículo. Observa-se na figura 13 a Estação de Recarga WEMOB WALL.

Figura 13 – Estação de Recarga WEMOB WALL



Fonte: WEG, 2019.

Seguem algumas especificações técnicas do modelo WEMOB WALL:

Rede de alimentação:

- 220 - 240 V monofásico - 60 Hz para 7,4 kW.
- Detecção de falta de terra, 30 mA CA + 6 mA CC + DR classe A.

Características mecânicas e ambientais:

- Código de proteção de entrada: IP54, para uso em locais com projeções de água.
- Código de proteção de impacto: IK08, grau de impacto de 5 joules 1,7 kg a 295mm.
- Temperatura de operação: 0 ° C a + 45 ° C.
- Temperatura de armazenamento: -10 ° C a + 70 ° C.

- Comprimento do cabo conectado: 4,7 m.

Modos de controle de acesso:

- Acesso livre, sem controle de liberação.

Padrões atendidos:

- IEC 62955.
- IEC 61851-1.
- IEC 61439-7.

O fabricante Circutor possui modelos para ser facilmente instalada em estacionamentos privados, tanto interiores, como exteriores. A gama eHome foi otimizada para oferecer a melhor relação custo/características do mercado. Em resultado, obtivemos um produto de alta qualidade que pode carregar confortavelmente todas as marcas de veículos elétricos do mercado em Modo 3, com um conector Tipo 1 ou Tipo 2. Observa-se na figura 14 a Estação de Recarga eHome.

Figura 14 – Estação de Recarga eHome.



Fonte: CIRCUTOR, 2020.

Seguem algumas especificações técnicas do modelo eHOME:

Rede de alimentação:

- 230 V monofásico - 50/60 Hz para 7,4 kW estações de carregamento.
- 400 V trifásico - 50/60 Hz para estações de carregamento de 11 kW.

Características mecânicas e ambientais:

- Código de proteção de entrada: IP54, para uso em locais com projeções de água.
- Código de proteção de impacto: IK10, grau de impacto de 20 joules 5 kg a 400mm.
- Temperatura de operação: -5 ° C a + 50 ° C.
- Temperatura de armazenamento: -60 ° C a + 60 ° C.

Modos de controle de acesso:

- Acesso livre, sem controle de liberação.

Padrões atendidos:

- IEC 61851-1.
- IEC 61851-22.
- IEC 62196-1.
- IEC 62196-2.

O fabricante Schneider Electric também possui modelos do Modo tipo 3 de parede com diversas potências e são ideais para estacionamentos semi-públicos, condomínios e vagas corporativas. O EVlink Smart Wallbox oferece recurso de medição de energia além da conectividade necessária para garantir a autenticação do usuário, com criação de relatórios, alocação de custos para usuários individuais e realização de manutenção remota. Observa-se na figura 15 a Estação de Recarga Evlink Smart Wallbox.

Figura 15 - Estação de Recarga Evlink Smart Wallbox.



Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC, 2016.

Seguem algumas especificações técnicas do modelo Evlink Smart Wallbox.

Rede de alimentação:

- 220 - 240 V monofásico - 50/60 Hz para 3,7 e 7,4 kW estações de carregamento.

- 380 - 415 V trifásico - 50/60 Hz para estações de carregamento de 11 e 22 kW.
- Sistemas de aterramento adequados: - TT, TN-S, TN-C-S - IT (pode exigir a adição de um transformador de isolamento para torná-lo possível carregar certos veículos).

Características mecânicas e ambientais:

- Código de proteção de entrada: IP54, para uso em locais com projeções de água.
- Código de proteção de impacto: IK10, grau de impacto de 20 joules 5 kg a 400mm.
- Temperatura de operação: -30 ° C a + 50 ° C.
- Temperatura de armazenamento: -40 ° C a + 80 ° C.
- Comprimento do cabo conectado: 4 m.
- Opções exclusivas de gerenciamento de energia: início de carregamento atrasado, ou seja, os usuários também podem adiar o momento de início do carregamento; limitação de corrente temporária para um valor definido, controlado por um contato com fio, para reduzir o consumo geral da instalação e reduzir o risco de queda de energia.

Modos de controle de acesso:

- Acesso livre, sem controle de liberação.
- Controle por bloqueio de tecla, incluindo bloqueio de cabo de carregamento

Padrões atendidos:

- IEC/EN 61851-1 ed 2.0.
- IEC/EN 61851-22 ed 1.0.
- IEC/EN 62196-1 ed 2.0.
- IEC/EN 62196-2 ed 1.0.

## **2.9.2 Carregadores de Estacionamento**

É uma Estação de Recarga também desenvolvida pela Schneider Electric, o EVlink Parking oferece recursos de medição de energia mais a conectividade de que você precisa para garantir a autenticação dos usuários, gerar relatórios, alocar custos para usuários individuais e realizar manutenção remota. Permite a recarga de dois veículos elétricos simultaneamente, proporcionando também um alto desempenho no tempo de recarga pelos seus 2x22 kW. Observa-se na figura 16 a Estação de Recarga EVLINK PARKING.

Figura 16 - Estação de Recarga EVLINK PARKING.



Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC, 2020.

Seguem algumas especificações técnicas do modelo EVLINK PARKING

Rede de alimentação:

- -380 / 415 V AC 3P + N - 60 Hz para estações de carregamento de 2x22 kW.

Características mecânicas e ambientais:

- Grau de proteção (IEC 60529): IP54 , para uso em locais com projeções de água.
- Grau de proteção mecânica (IEC 62262): IK10 , grau de impacto de 20 joules 5 kg a 400mm.
- Temperatura de trabalho de -25 ° C a + 50 ° C.
- Temperatura de armazenamento: -10 ° C a + 70 ° C.

Modos de controle de acesso:

- Leitor de cartões RFID Permite o acesso e disponibiliza a carga após a leitura e validação do cartão.

Padrões atendidos:

- IEC 62955.
- IEC 61851-1.
- IEC 61439-7.

### 2.9.3 Estação de carregamento móvel

O fabricante Nansen, um dos mais importantes fabricantes de medidores de energia da América Latina, desenvolveu algumas soluções de recarga para VE, possuem modelo diferenciado tipo móvel leve, com leitor de cartão RFID, HMI por tela sensível ao toque de 5 polegadas, ideal para veículos elétricos de passeio, frotas de veículos elétricos, concessionárias, carregador de emergência e até mesmo em condomínio podendo utilizar de forma compartilhada. Observa-se na figura 17 a Estação de Recarga Mobile CC Charging Station.

Figura 17 – Estação de Recarga Mobile DC Charging Station.



Fonte: NANSEN, 2019.

Seguem algumas especificações técnicas do modelo Mobile DC Charging Station.

Rede de alimentação:

- 400VCA trifásico - 50/60 Hz para de 7 kW, 22 kW, 44 kW, 84 kW.

Características mecânicas e ambientais:

- Código de proteção de entrada: IP54, para uso em locais com projeções de água.
- *Display 5"* colorido sensível ao toque.
- Comprimento do cabo conectado: 3 metros.

Modos de controle de acesso:

- Acesso livre, sem controle de liberação / com controle de liberação através de RFID.
- Controle por bloqueio de tecla, incluindo bloqueio de cabo de carregamento.

Padrões atendidos:

- IEC/EN 61851-1 2010.
- IEC/EN 61851-23 2014.

## 2.10 PLUGUES DE RECARGA

No Brasil, são seguidos os padrões definidos pela IEC 62196-2 (*International Electrotechnical Commission*) para conexão com veículos elétricos. A seguir serão descritos cinco tipos de plugues e tomadas que foram padronizados e atendem aos requisitos de segurança para o consumidor e não são compatíveis entre si. A tensão de alimentação é ligada apenas quando os plugues nos veículos e carregadores estão completamente inseridos e travados.

### 2.10.1 Plugue de recarga tipo 1

É utilizado para recarga monofásica e foi desenvolvido no Japão. A potência máxima de recarga é 7,4 kW em 230 VAC. O padrão é usado principalmente em modelos de carros da região asiática e é raro na Europa, motivo pelo qual não existem muitas estações de carregamento públicas do tipo 1. Os seguintes fabricantes oferecem carros elétricos compatíveis com este padrão: Chevrolet, Citroën, Ford, Kia, Mitsubishi, Nissan, Peugeot, Opel e Toyota. Observa-se na figura 18 o plugue tipo 1.

Figura 18 - Plugue tipo 1.



Fonte: CPFL ENERGIA, 2019.

### 2.10.2 Plugue de recarga tipo 2

O tipo 2 é o plugue de recarga desenvolvido na Alemanha pela Mennekes. É apropriado para corrente alternada monofásica (CA) em instalações residências e até conexões de potência trifásicas com 63 A. Com esse plugue, pode-se utilizar tensão de 230 V monofásica, ou 400 V trifásico, com potência de 3,7 kW a 43,5 kW e também é base para sistema de recarga com corrente contínua. Devido às estruturas de segurança eletrônica, não existe a necessidade de proteção contra contato, tanto no plugue como no conector de recarga. Atualmente o plugue tipo 2 é o mais utilizado. Os seguintes fabricantes oferecem carros elétricos compatíveis com este padrão: Audi, BMW, BYD, Mercedes-Benz, Renault, Smart, Tesla, Volkswagen e Volvo. Observa-se na figura 19 o plugue tipo 2.

Figura 19 – Plugue tipo 2.



Fonte: CPFL ENERGIA, 2019.

### 2.10.3 Plugue de recarga tipo 3

O tipo 3 também conhecido como GB/T, é o plugue de recarga desenvolvido na China. Versão em corrente alternada com voltagem entre 220 VAC e 440 VAC, tem potência máxima de até 14,08 kW, vemos o GB/T em carros importados da China como o JAC IEV40. Observa-se na figura 20 o plugue tipo 3.

Figura 20 – Plugue tipo 3.



Fonte: CPFL ENERGIA, 2019.

#### 2.10.4 Plugue de recarga CHAdeMO

Esse sistema de carregamento rápido foi desenvolvido no Japão e permite capacidades de carregamento de até 50 kW nas estações de carregamento públicas apropriadas. Os seguintes fabricantes oferecem carros elétricos compatíveis com o plugue CHAdeMO: BD Otomotive, Citroën, Honda, Kia, Mazda, Mitsubishi, Nissan, Peugeot, Subaru, Tesla (com adaptador) e Toyota. Observa-se na figura 21 o plugue tipo CHAdeMO.

Figura 21 – Plugue tipo CHAdeMO.



Fonte: CPFL ENERGIA, 2019.

#### 2.10.5 Plugue de recarga CCS COMBO

O plugue CCS é uma versão aprimorada do plugue tipo 2, com dois contatos de energia adicionais para fins de carregamento rápido e suporta níveis de energia de carregamento CA e CC (corrente alternada e contínua) de até 170 kW. Na prática, o valor é geralmente em torno de 50 kW. Este padrão combinado é uma tentativa dos fabricantes de unificar os padrões de carga CA e CC. Observa-se na figura 22 o plugue tipo CCS COMBO.

Figura 22 – Plugue tipo CCS COMBO.



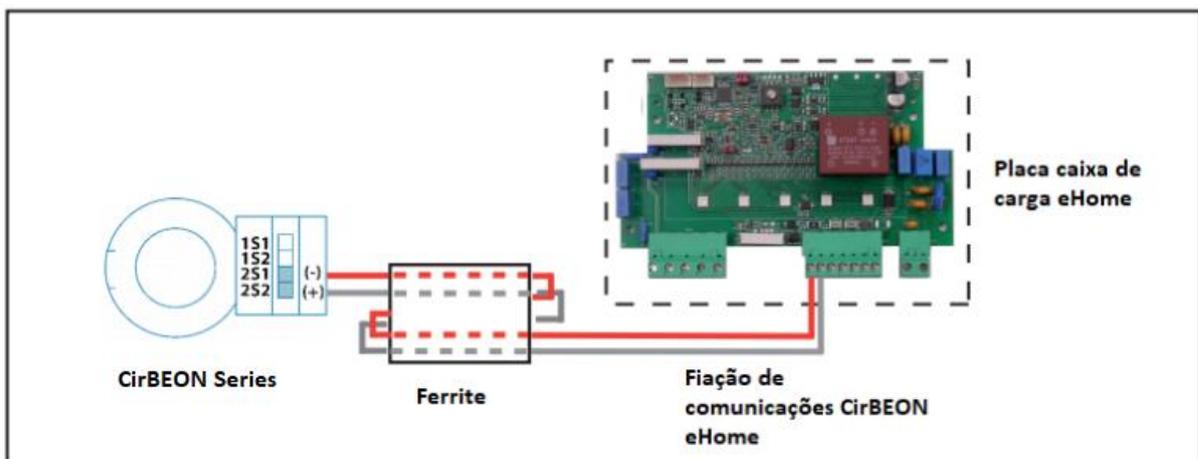
Fonte: CPFL ENERGIA, 2019.

## 2.11 SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE CARGA

### 2.11.1 CirBEON (transformador de corrente)

O sistema consiste em um dispositivo CirBEON (transformador de corrente) conectado ao carregador (eHome). Estes formam um conjunto que permite otimizar o carregamento do Veículo Elétrico. O aparelho é responsável por medir o consumo total e alocar a energia disponível para carregar o VE, evitando assim os possíveis disparos dos sistemas de proteção devido ao consumo excessivo. Observa-se na figura 23 o CirBEON conectado a uma placa do carregador eHome.

Figura 23 – CirBEON Series.



Fonte: CIRCUTOR, 2020.

O modelo CirBEON deve ser selecionado com base na potência instalada, podendo variar de 20 A para 4,60 kW até 63 A para 14,49 kW. Seguem algumas características técnicas:

- Tipo de transformador de corrente: tipo anel.
- Precisão: Classe 1.
- Nível de isolamento: 0,72 / 3 – kV.
- Grau de proteção: IP 20.

### 2.11.2 Sistema multiponto Série RVE-CM

O sistema multiponto da família RVE é gerenciável e uma solução inteligente de recarga de veículos elétricos que podem ser utilizados com múltiplas tomadas, ideal para condomínios ou outros estacionamentos. Esta solução permite gerenciar a recarga de um grande número de veículos elétricos de forma inteligente, controlando os diferentes parâmetros da rede elétrica, bem como as preferências do utilizador e do gestor. O sistema permite carregar o veículo sob as condições mais favoráveis quanto as tarifas elétricas ou de forma imediata. Este sistema pode otimizar ao máximo a sua instalação que se encarrega de realizar um controle de potência gerindo as cargas dos veículos elétricos e a capacidade da linha, evitando assim a sobrecarga no circuito. O sistema também permite a integração de sistemas de pagamento e a exportação de dados elétricos, tais como consumos totais, parciais, alarmes, históricos de carga, eventos, etc. (CIRCUTOR, 2020).

Este sistema é composto por 2 equipamentos, observa-se na figura 24 o RVE-WB-SL responsável pelo ponto de ligação do veículo à rede elétrica.

Figura 24 – RVE-WB-SL



Fonte: CIRCUTOR, 2020.

E observa-se na figura 25 o controlador RVE-CM que adota o sistema de inteligência.

Figura 25 – RVE-CM



Fonte: CIRCUTOR, 2020.

### 2.11.3 EVlink LMS - Gerenciador de Demanda Para Carregadores Veiculares

O EVlink Load Management System (EVlink LMS) permite monitorar, controlar e maximizar o carregamento de VE com base na energia disponível em tempo real no edifício. Ele garante o respeito às restrições de custo e eficiência energética de um conjunto de estações de carregamento controlando sua operação. O controlador executa seu programa de gerenciamento de acordo com os parâmetros e dados selecionados recebidos das estações de carregamento de carga (EVlink LMS) e um monitor demonstrando o sistema (SCHNEIDER ELECTRIC, 2021). Observa-se na figura 26 o Sistema de gerenciamento.

Figura 26 – EVlink LMS



Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC, 2021.

Seguem algumas características:

- Tipo de PLC: Magelis iPC IIoT Edge Box Core.

- Sistema operacional: Linux Yocto.
- Tensão de alimentação: 12 ... 24 V DC.
- Corrente de pico: 0,43 A.
- Consumo: 16 W.
- Dimensões: 150 x 46 x 157 mm.
- Classe de proteção: IP40.
- Conformidade com as diretrizes: - 2014/30 / UE (compatibilidade eletromagnética) - 2014/35 / UE (Diretiva de Baixa Tensão) - Classe A EN 55022 (compatibilidade eletromagnética, conduzida e emissões radiadas).
- Conexões: 2 x USB 2.0, 1 x HDMI, 2 x Ethernet (10/100/1000 Mb / s), 1 x COM RS-232 (padrão), RS-232/422/485 (não isolado), 1 terra conexão, 1 x GPIO, 1 conector de fonte de alimentação 24 V DC.

#### 2.11.4 Medidores de potência e energia

Os medidores de potência e energia PowerLogic PM5320 oferecem valor para as necessidades exigentes de suas aplicações de monitoramento de energia e gerenciamento de custos. Seguem algumas características:

- Porta de comunicação; 1 Ethernet
- Classe de precisão 0,5 S
- Dimensões 96 x 96 x 72 mm (A x L x P)
- Consumo 130 mA / 24 V DC - 65 mA / PoE 48 V DC

Observa-se na figura 27 o medidor de potência PM5320.

Figura 27 – PM5320



Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC, 2021.

### 3 ESTUDO DE CASOS

#### 3.1 ESTUDO DE DEMANDA PARA CARREGAMENTO DE VES

##### 3.1.1 Perfil de Recarga de VE pelos usuários

Este estudo se concentra em unidades consumidoras residenciais atendidas em tensão secundária. Nestes casos, os usuários de VEs geralmente utilizam os padrões de recarga de nível 1 e 2, com correntes variando de 10 a 40A.

Para conceituar este estudo de demanda deve ser verificado o tempo de recarga que um veículo elétrico leva para ser completamente carregado, levando em consideração sua autonomia, potência de carregamento e principalmente pela distância diária percorrida. Considerando que cada condômino percorra com seu veículo, em média, segundo KBB (2019), 12900 km anuais, o que equivale a 35,34 km por dia. A partir desta média pode-se calcular a quantidade de energia necessária (kWh) para que o VE não fique sem carga.

Vale ressaltar que esta média aproximada considera o cenário de bateria vazia a cheia e que não satisfaz aos padrões de comportamento dos usuários de veículos elétricos, que, em sua maioria, irão plugar diariamente para recarga após a sua viagem de volta para casa. Para tal afirmação deste impacto deve-se analisar que ocorre um predomínio de deslocamento de regiões urbanas (DNIT, 2006) nos dias úteis e em horário de pico.

Devido à ausência considerável de infraestrutura de recarga em rodovias, para um primeiro momento, o padrão de recarga utilizado pelos usuários vem sendo o residencial. Assim, será utilizado um fator de demanda baseado no comportamento do usuário, pois esta metodologia tem ligação direta com a demanda de energia consumida pelos condôminos.

Como base deste estudo será adotado os parâmetros para implementação nos estudos de caso, o levantamento de perfil tendo em vista o mercado grandioso de veículos elétricos dos Estados Unidos, desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Idaho (Idaho National Laboratory - INL), preparou para o escritório de eficiência energética e energia renovável do departamento de energia dos EUA um estudo de perfil de carregamento dos usuários em 2008. O estudo concluiu que os usuários de VEs retornavam por volta das 18h para sua residência, plugavam seu veículo para recarga e que até as 23h a recarga estava completa. Também verificou que esta demanda de energia para o carregamento se realizava em 90% neste período, como será apresentado a seguir (INL, 2008).

Baseado nos dados estão disponíveis no INL para tendências de condução e carregamento de VEs, a Tabela 4 e os Gráficos 2 e 3 apresentam dados coletados de nove VEs que operaram durante os meses de janeiro e fevereiro de 2008. Este período pertence ao início do ciclo de adoção de VEs, antes do desenvolvimento de uma rica infraestrutura de carregamento para suportar a atual demanda de recarga dos VEs nos Estados Unidos (INL, 2008).

Em média, conforme tabela 4 esses eventos de carga duraram 3,0 horas cada e entregaram 2,3 kWh, uma média de 0,77 kW por hora. Pode ser visto nos Gráficos 2 e 3 que os nove veículos eram dirigidos predominantemente durante o dia e recarregados a noite, definido pelo INL como 90% da carga de eventos ocorridos antes do início do horário de pico até às 23h00 (INL, 2008).

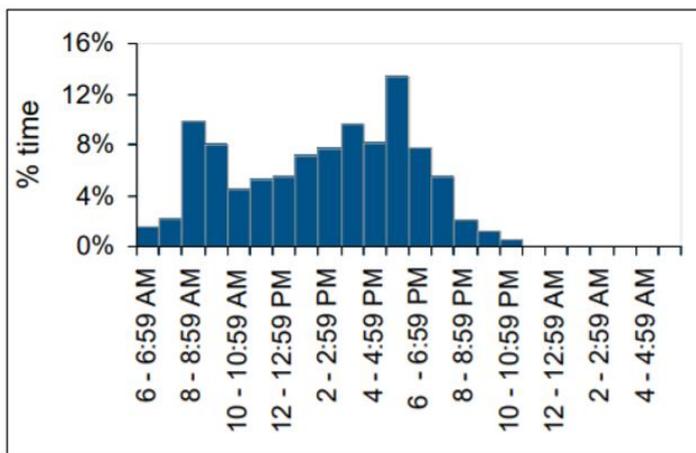
No estudo do INL no período de janeiro a fevereiro 2008, tiveram um total de 137 eventos de carregamento (Tabela 4) e tiveram como resultado o período de carregamento conforme mostrado na Gráfico 3. (INL, 2008).

Tabela 4 - Eventos de recarga de janeiro a fevereiro de 2008.

	Média mensal	Máximo mensal	Mínimo mensal	Viagens totais
Eventos de carga	15	30	6	137
Duração média da carga (hora)	3.0	4.3	1.7	-
Energia/Carga média (kWh)	2.3	3.5	1.3	-
Energia de carga total (kWh)	29.8	46.5	19.0	276.2

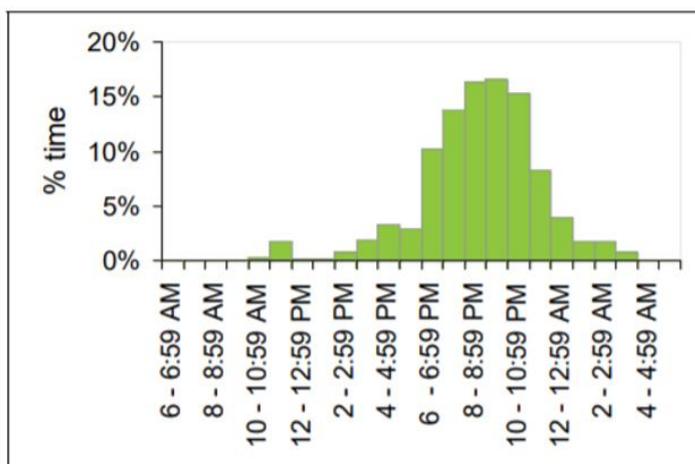
Fonte: INL, 2008.

Gráfico 2 – Hora do dia dirigida entre janeiro e fevereiro de 2008.



Fonte: INL, 2008.

Gráfico 3 – Hora do dia recarregando entre janeiro e fevereiro 2008.



Fonte: INL, 2008.

### 3.1.2 Perfil de fatores de demanda nas instalações para níveis 1 e 2 de carga de carregadores

O nível de carga 1 é efetuado normalmente em áreas residenciais por meio de uma tomada típica de uma instalação de uso final ou à rede de baixa tensão que faz parte da rede de distribuição. Neste modo de carregamento é usado entre 15A ou 20A e taxa de potência máxima em torno de 3,44 kW. (DENTON, 2018).

As tomadas de uso específico (TUE) em conformidade com a ABNT NBR 5410 são destinadas à ligação de equipamentos fixos e estacionários, como é o caso de chuveiros, condicionadores de ar, copiadora xerox, etc, e até mesmo carregadores de VE de baixa potência.

Muitas vezes não são “tomadas” propriamente ditas e sim caixas de ligação (como acontece, por exemplo, com a maioria dos chuveiros). A essas tomadas deve ser atribuída a potência do equipamento de maior potência que possa ser ligado, ou, se esta não for conhecida, uma potência determinada pelo produto da corrente nominal da tomada pela tensão nominal do circuito (por exemplo, tomada de ida em circuito terminal de 127 V —  $10 \times 127 = 1270$  VA). (PRYSMIAN, 2010).

A potência mínima a considerar num parque de estacionamento para a totalidade do carregamento de VE será obtida pelo somatório das potências atribuídas aos lugares de estacionamento considerados para esse fim, aplicando um fator de simultaneidade igual a 1,00. (DGEG, 2017).

Para exemplificar neste estudo será adotado o fator de demanda ou simultaneidade igual a 1,00 e dependendo do estudo do consumidor individual, esta demanda pode variar conforme tabela 5.

Tabela 5 - Fator de Demanda para PTUE's.

nº de circuitos PTUE'S	FD
1	1,00
2	1,00
3	0,84
4	0,76
5	0,70
6	0,65
7	0,60
8	0,57
9	0,54
10	0,52
11	0,49
12	0,48
13	0,46
14	0,45
15	0,44
16	0,43
17	0,40
18	0,40
19	0,40
20	0,40
21	0,39
22	0,39
23	0,39
24	0,38
25	0,38

Fonte: MANUAL PRYSMIAN, 2019.

### 3.1.3 Perfil de fatores de demanda nas instalações para níveis 2 e 3 de carga de carregadores

Para o nível de carga 1 a potência mínima a considerar por ponto de conexão de VE não deve ser inferior a 2,3kW, para níveis de carga do tipo 2 acima de 20A e nível 3 já no caso de pontos de conexão de potência superior, deve ser considerada essa potência em substituição do valor de 3680VA. (DGEG, 2017).

Nestes circuitos que alimentam diretamente os pontos de conexão de VE, o fator de simultaneidade a aplicar deve ser igual a 1,00. No uso normal, cada ponto de conexão de VE individual é utilizado à sua corrente estipulada e os circuitos que alimentam múltiplos pontos de conexão, o fator de simultaneidade pode ser inferior a 1,00 desde que seja verificado o dimensionamento do condutor de entrada ou esteja instalado um sistema de controle da carga. (DGEG, 2017).

Para este cálculo de fator de simultaneidade que é a relação entre a demanda total de um grupo de cargas e a somatória da demanda de cada carga que compõe este grupo. Que é representado na Eq. (1) pela relação da máxima demanda no transformador e a soma das demandas máximas de cada um dos quadros que o transformador (ou quadro geral a ele associado) alimenta durante um mesmo período. (O SETOR ELÉTRICO, 2018).

$$FSim = \frac{\text{Demanda máxima grupo cargas}}{\Sigma \text{ Demandas máximas das cargas individuais}} \quad (1)$$

$$FSim \leq 1$$

Para exemplificar neste estudo será adotado o fator de simultaneidade igual a 1,00 e dependendo do projeto esta demanda pode variar conforme Eq. (1).

### 3.1.4 Estudo de Demanda do edifício

Segundo a CELESC (1997), a demanda de uma instalação é a potência elétrica média solicitada pela mesma, durante um determinado intervalo de tempo, à fonte supridora, e o Fator de Demanda é a razão entre a potência efetivamente absorvida, e a potência nominal do equipamento. Como este estudo aborda cargas existentes e novas, deve-se analisar o que consta na normativa na NT-03 (Fornecimento de Energia Elétrica à Edifícios de Uso Coletivo) da CELESC, pois alterações significativas na demanda ocasionadas pelos EVSE (Equipamento de abastecimento de veículos elétricos) podem exceder o limite de potência instalada de até 75kW para fornecimento em tensão secundária de distribuição 380/220V, com medição direta, a um único consumidor de energia elétrica de edifícios de uso coletivo. Quando ultrapassado este limite deverá ser instalado um transformador no local da edificação a ser implantado pelo consumidor (CELESC NT-03, 1997).

Nos casos de edifícios existentes, onde haverá o acréscimo de carga, ou em edifícios novos, o projeto elétrico, desenvolvido por profissional técnico credenciado, deverá ser encaminhado à CELESC, que analisa e aprova através da Consulta Prévia, pois existe a necessidade da avaliação dos limites de potência do transformador da rede da concessionária ou do condomínio, dependendo do caso.

Para análise da CELESC, o projeto elétrico de Edifício de uso coletivo deve conter o cálculo da demanda total, que consiste em apresentar um resumo da potência instalada, com a indicação da quantidade e potência dos principais equipamentos por unidade consumidora,

bem como a indicação da carga elétrica do condomínio (elevadores, bombas, iluminação, EVSE, etc.).

O cálculo de demanda dos apartamentos deve ser feito pela demanda provável através da área útil do apartamento, seguindo a tabela nº 6 da NT-03 da CELESC para cada perfil de área, e também o número de apartamentos do edifício conforme a tabela nº 7 da NT-03.

Para casos de carga extra, como por exemplo os EVSE, no cálculo de Demanda provável o projetista pode adotar o critério que julgar conveniente, desde que ele não apresente valores de demanda inferiores aos calculados pelo método a seguir descrito, conforme Eq. (2). (CELESC NT-03, 1997).

$$\mathbf{DT = 1,2 (D1 + D2) + E + G} \quad (2)$$

Sendo:

$$\mathbf{D1 = F \times A}$$

$$\mathbf{D2 = (B + C + D)}$$

Onde:

**DT** = Demanda Total

**D1** = Demanda dos Aptos. Residenciais

**D2** = Demanda do Condomínio

**A** = Demanda por apartamento em função de sua área útil (Tabela nº 06)

**F** = Fator de diversidade em função do nº de apartamentos (Tabela nº 07)

**B** = Demanda referente a iluminação das áreas comuns (áreas do condomínio), aplicando os seguintes fatores de demanda: 100% para os primeiros 10 kW e 25% para as cargas acima de 10 kW. (utilizar F.P.=0,9).

**C** = Demanda referente às tomadas de corrente das áreas comuns (áreas do condomínio), aplicando o seguinte fator de demanda: 20% da carga total. (utilizar F.P.=0,9).

**D** = Demanda referente aos motores elétricos (Tabela nº 05).

**E** = Demanda das cargas especiais (saunas, centrais de refrigeração ou aquecimento, iluminação de quadras esportivas, etc.), aplicando-se o fator de demanda 100%.

**G** = Demanda referente a lojas, escritórios e outros (Tabelas nº 02 a 05).

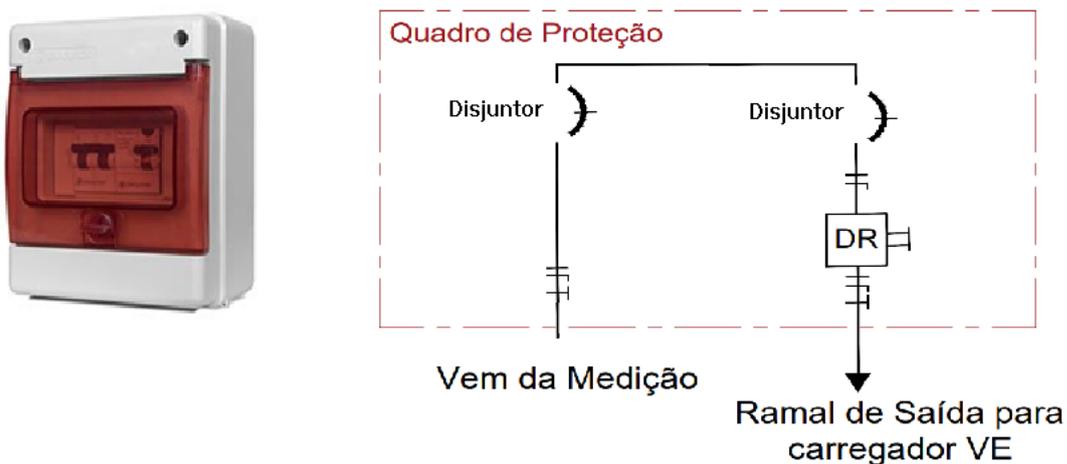
Para implantação no estudo deste trabalho, será referenciado o que diz a norma acima sobre o fator de Demanda das cargas especiais (E), no caso de implantação de EVSE (Equipamento de abastecimento de veículos elétricos) na Demanda do Condomínio (D2), aplicando-se o fator de demanda de 100%.

## 3.2 ESTUDO DE CASOS

### 3.2.1 Proteção complementar contra os contatos diretos

Para os estudos de casos será adotado, como medida de proteção complementar contra os contatos diretos, que cada ponto de recarga deve ser protegido individualmente por meio de um DR, com uma corrente diferencial-residual  $I\Delta n$  não superior a 30 mA. (GTIEAVE, 2015). Pode-se observar na figura 28 o equipamento provido de interruptor diferencial Tipo A para proteção contra contatos diretos ou indiretos e disjuntor com curva C para proteger o equipamento de recarga em caso de sobrecargas ou curtos-circuitos. Se na instalação não tiver proteção contra surtos, é preciso incluir um protetor contra sobretensões permanentes e de trânsito.

Figura 28 – Solução de caso.



Fonte: CIRCUTOR, 2021.

### 3.2.2 Estudo de Caso 1 – Ligação do carregador nos alimentadores dos condôminos (carregadores portáteis)

Para implementação deste estudo de caso 1, foi adotado como veículo o Nissan Leaf, com seu banco de baterias de 40 kWh, com alcance seguro de 230 km. Conforme tabela 1, o tempo de recarga com potência de carregamento de 2,3 kW é de 17 horas com o carregador do próprio veículo, plugado em uma tomada comum na sua vaga de garagem respectiva.

O edifício residencial existente proposto tem 43 apartamentos e será estudada a possibilidade de instalação de 43 carregadores, um para cada condômino, e tendo em vista a utilização da subestação existente de 150 kVA.

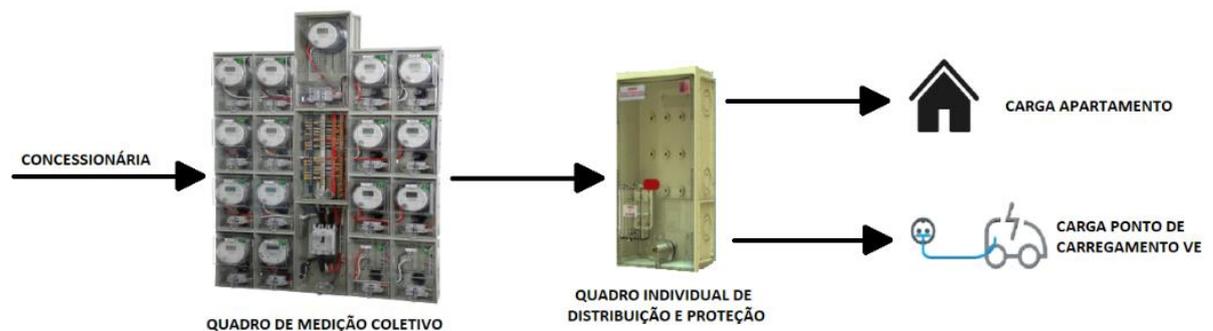
O estudo de caso 1 consiste no primeiro tipo de recarga, utilizando carregadores portáteis de 2,3 kW que geralmente são os de menor custo e que acompanham o veículo. Conforme indicado no item 2.7, na figura 11, nos modos de recarga pode-se observar um modelo de carregador portátil. Estes carregadores, apesar de serem simples, exigem recomendações mínimas na instalação que devem ser executadas por um profissional habilitado.

- Disjuntor tipo C (20A) exclusivamente dedicado para a instalação da tomada.
- Fiação compatível para 20A considerando a distância da tomada ao quadro de distribuição e a seção dos condutores não deve ser inferior a 2,5 mm<sup>2</sup>.
- Tomada 2P+T de 20A convencional ou do tipo industrial (IEC 60309), dependendo do modelo adquirido.
- Aterramento disponível com uma resistência de 10hm

Além dessas recomendações mínimas, também deve ser considerado o cenário geral da instalação. Apesar de ser um carregador com uma potência baixa não deve ser desprezado seu estudo de demanda somando com as cargas já existentes. Conforme visto no item 3.1 este cenário de demanda é de grande importância, principalmente em locais onde possam existir outros carregadores, como no caso dos edifícios residenciais.

Nesse exemplo de aplicação, outro fator que tem que ser levantado no estudo é de onde será alimentado esse circuito de carregamento, visto a necessidade de um circuito individual. Sabendo que não deve haver derivação no disjuntor do quadro de medição coletivo, observa-se na figura 29 um *layout* que contém um quadro com a função de distribuir o circuito para alimentar a residência e também o carregador.

Figura 29 – Solução de caso.

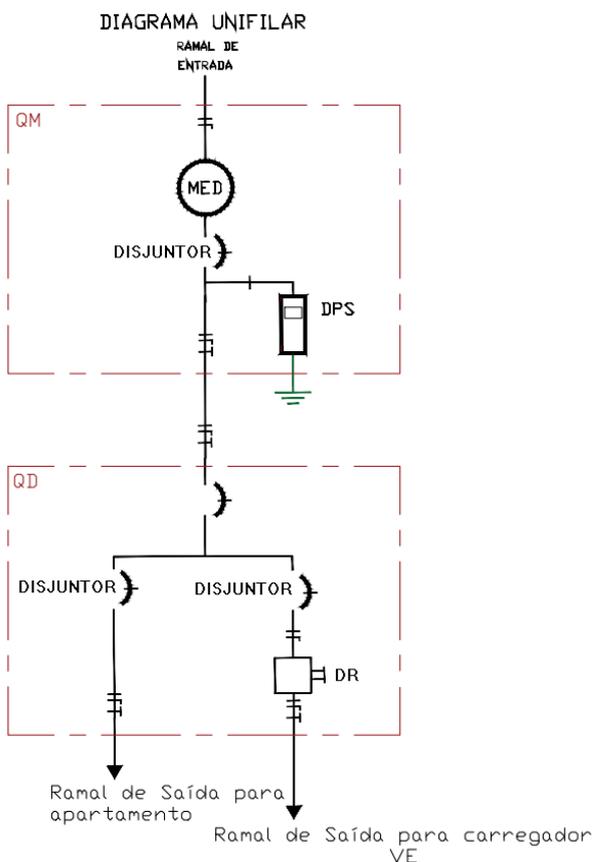


Fonte: AUTORES, 2021.

Outro fator que deve ser considerado para adotar como orientação deste cenário supracitado é referente à queda de tensão, visto que geralmente o quadro de distribuição do apartamento fica distante da garagem. Também deve ser considerada a seção de agrupamento, pois possivelmente a tubulação existente foi apenas planejada para o ramal de entrada, não sendo possível retornar um novo circuito até a garagem para alimentar o carregador.

Na figura 30 pode ser observado o diagrama unifilar vindo do quadro de medição existente e passando no quadro de distribuição e proteção que foi criado como uma possível solução.

Figura 30 – Diagrama Unifilar.

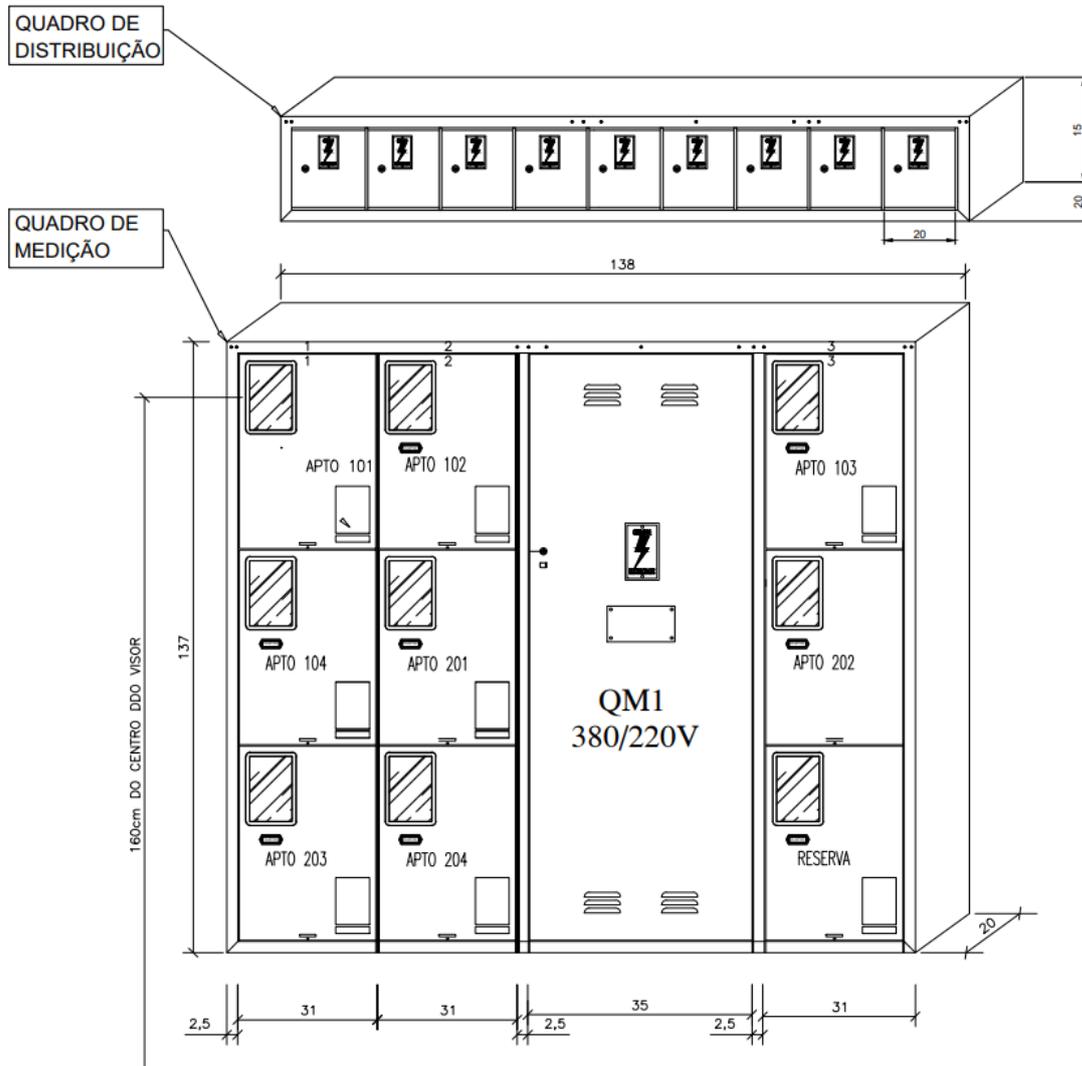


Fonte: AUTORES, 2021.

Como sugestão, foi desenvolvido um outro *layout* tendo como base uma consulta realizada através do PEP CELESC (Projeto Elétrico de Particulares) conforme é mostrado no ANEXO B. Este novo quadro de distribuição e proteção foi localizado logo acima do quadro de medição existente, diminuindo assim a distância dos condutores de alimentação e aumentando a possibilidade do aproveitamento do ramal que vai até o apartamento. Esta caixa sugerida poder ser confeccionada sob medida por uma empresa já homologada pela

concessionária na fabricação dos demais quadros. Lembrando que toda a instalação elétrica deve seguir as normas ABNT NBR vigentes. Pode-se observar na figura 31 o detalhe externo de um quadro com 09 medições no padrão Celesc com a sugestão da criação de um quadro de distribuição para atender também 9 derivações para possíveis carregadores, podendo ser sobrepor ou até mesmo de embutir.

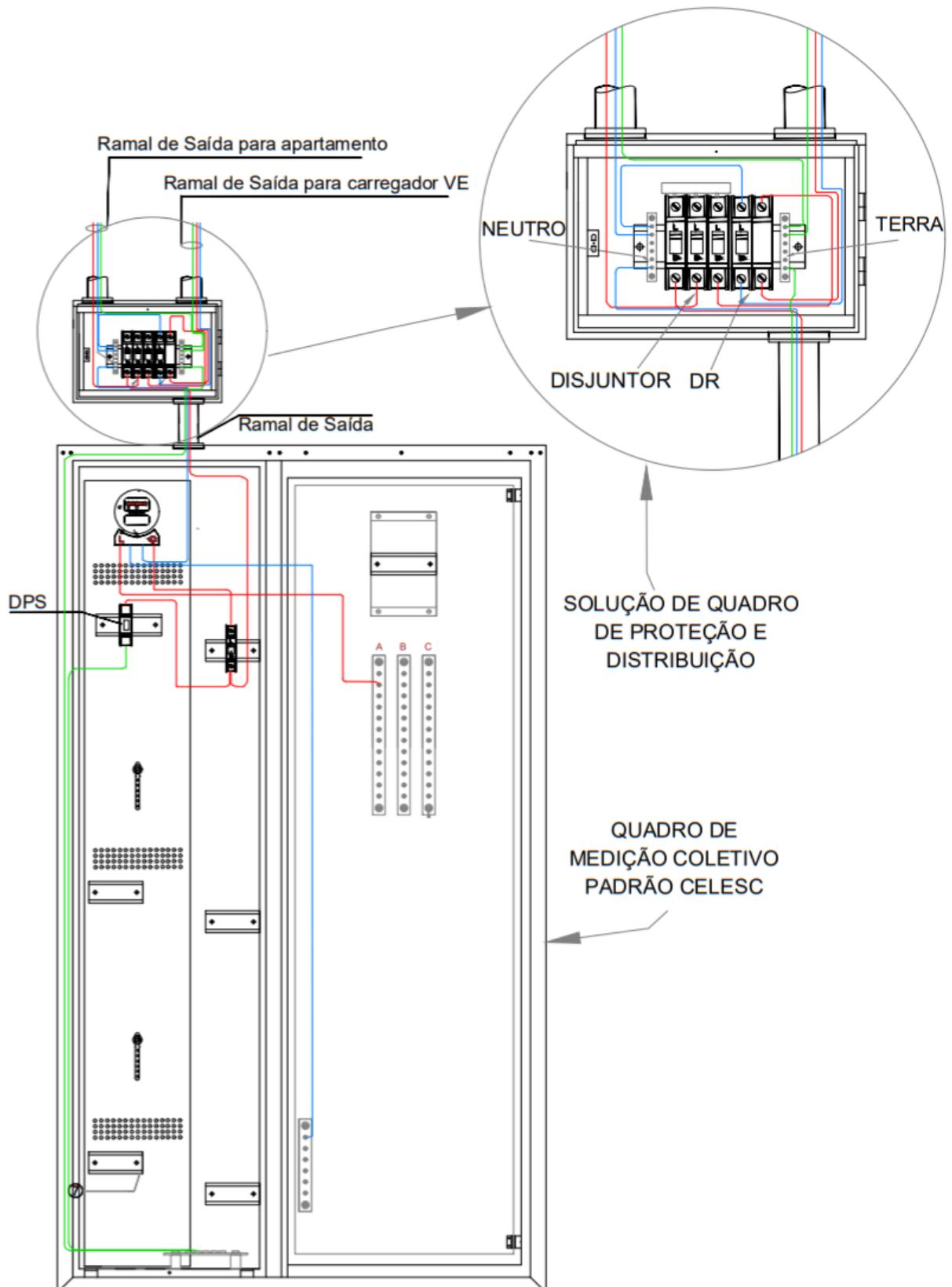
Figura 31 – Detalhe externo de um Quadro com 09 medição padrão Celesc



Fonte: ADAPTAÇÃO CELESC, 2021.

Pode-se observar na figura 32 a vista interior com Esquema de Ligação do quadro de medição coletiva já com a instalação de um quadro de distribuição e proteção.

Figura 32 – Esquema de Ligação interna do quadro de medição coletiva para o quadro individual de distribuição do consumidor.



Fonte: ADAPTAÇÃO CELESC, 2021.

Para suprir a demanda diária com o carregador de 2,3 kW monofásico, tendo como horário de ponta de recarga das 18:00 h às 00:00 h, será utilizado o fator de demanda igual a 1, conforme item 3.1.1 mostrado na Eq. (3) e (4).

$$\text{Potência instalada} = \text{número carregadores} \times \text{potência do carregador} \quad (3)$$

$$\text{Potência instalada} = 43 \times 2,3 = 98,90 \text{ kW}$$

$$\text{Demanda} = \text{Fator de demanda} \times \text{Potência instalada} \quad (4)$$

$$\text{Demanda} = 1 \times 98,90 = 98,90 \text{ kW}$$

Para exemplificar o estudo de caso, foi adotada uma demanda de 123,85 kVA em um condomínio existente sem a instalação dos carregadores e com uma subestação de 150 kVA, restando uma potência de 26,15 kVA que não está sendo usada.

No cálculo de demanda para suprir a necessidade dos veículos elétricos, teria que ser usado 100% da potência total dos 43 carregadores, ou seja, 98,90 kW, inviabilizando o uso da subestação existente e tendo a necessidade de troca do transformador.

Para atender a demanda só com o uso da subestação existente podem ser utilizados apenas 26,15 kVA, conforme pode ser observado na aplicação da Eq. (5).

$$\text{Carregadores} = \frac{\text{Potência restante}}{\frac{\text{Potência carregador} \times \text{FD}}{\text{FP}}} \quad (5)$$

$$\text{Carregadores} = \frac{26,15 \text{ kVA}}{\frac{2,3 \text{ kW} \times 1}{0,92}} = 10,46$$

Sendo assim, não será possível a instalação de 43 carregadores, neste cenário suporta apenas 10 carregadores. Visto que não foi sanado o problema abordaremos o estudo de caso 2.

### 3.2.3 Estudo de Caso 2 – Ligação do carregador nos alimentadores dos condôminos (carregadores fixos de parede)

No estudo de caso 2 será aplicado um carregador de 7,4 kW (figura 14) para uso individual alimentado da unidade consumidora do condômino. Também irá ser implantado neste caso a mesma característica do condomínio e da demanda do estudo de caso 1. Pode-se prever que esse carregador agregará um grande impacto na instalação, visto que essa carga não foi prevista no projeto existente.

Para suprir esta demanda diária com o carregador de 7,4 kW monofásico 220V, tendo como horário de ponta de recarga das 18:00 h as 00:00 h será utilizado o fator de demanda igual a 1, conforme item 3.1.1.

$$\text{Potência instalada} = 43 \times 7,4 \text{ kW} = 318,2 \text{ kW}$$

$$\text{Demanda} = 1 \times 318,2 = 318,2 \text{ kW}$$

A demanda deste condomínio existente sem a instalação dos carregadores estava em 123,85 kVA, como a subestação é de 150 kVA possui uma potência de 26,15 kVA que não está sendo usada.

No cálculo de demanda e fator de demanda mencionado acima, para suprir a necessidade dos veículos elétricos, teria que ser usado 100% da potência total dos 43 carregadores, ou seja, 318,2 kW, novamente inviabilizando o uso da subestação existente e tendo a necessidade de troca do transformador.

Para atender a demanda só com o uso da subestação existente, podem ser utilizados apenas 26,15 kVA.

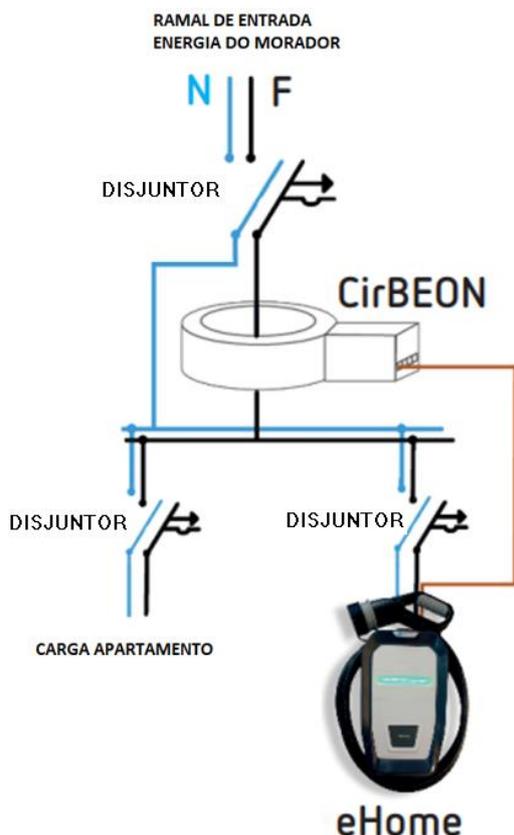
$$\text{Carregadores} = \frac{\text{Potência restante}}{\frac{\text{Potência carregador} \times \text{FSim}}{\text{FP}}}$$

$$\text{Carregadores} = \frac{26,15\text{kVA}}{\frac{7,4\text{kW} \times 1}{0,92}} = 3,25$$

Sendo assim, não será possível a instalação de 43 carregadores, neste cenário suporta apenas 3 carregadores. Visto ainda a existência deste problema abordaremos no estudo de

caso 3 uma possível solução. Ainda neste caso 2 além do cálculo de demanda apresentado acima, aplicaremos com o carregador de 7,4 kW onde se necessita ainda controlar a potência do carregador junto com a carga do apartamento, assim apresenta-se como possível solução para utilização total do ramal de carga do condômino, conforme indicado no item figura 14, a Estação de Recarga eHome do fabricante Circuitur. Este sistema é composto pelo eHOME (caixa de recarga) e pelo dispositivo CirBEON (transformador de corrente), conforme item 2.11.1, formando um conjunto que permite otimizar o carregamento do VE. O conjunto é responsável por medir o consumo total e alocar a energia disponível para carregar o VE, evitando assim os possíveis disparos dos sistemas de proteção devido ao consumo excessivo do ramal de carga do condômino. Observa-se na figura 33 o esquema de ligação CirBEON do sistema proposto.

Figura 33 – Esquema de instalação CirBEON.



Fonte: CIRCUTOR, 2021.

Outra possível solução já comercializada para sanar esses problemas apontados é a instalação de uma Estação de Recarga Evlink Smart Wallbox, do fabricante Schneider Electric, conforme indicado no item 2.9.1 na figura 14, com a qual os usuários também podem adiar o momento de início do carregamento, limitar a corrente temporária para um valor

definido em um período cuja demanda é baixa, por exemplo após as 00:00, para com isso aproveitar toda a potência do carregador, consequentemente reduzindo o risco de queda de energia.

### **3.2.4 Estudo de Caso 3 – Ligação do carregador nos alimentadores do condomínio (carregadores de uso compartilhado gerenciável)**

No estudo de caso 3 será aplicado um carregador de 2x22 kW conforme indicado no item 2.9.2 Carregadores de Estacionamento. Também irá ser implantado neste caso a mesma característica do condomínio e da demanda do estudo de caso 1. Pode ser observada na Figura 16 - Estação de Recarga uma solução do Fabricante Schneider Electric para uso coletivo, alimentado no Quadro de Distribuição do condomínio existente proposto. Com o cálculo de demanda apresentado (item 3.1.2) observa-se o impacto que esse carregador agregará na instalação do condomínio existente, visto que esse cálculo não foi considerado para o dimensionamento do transformador. Outro fator que deve ser considerado é referente ao consumo gerado pela sua utilização, já que a medição do condomínio é de uso geral.

Para suprir esta demanda diária com o carregador de 44 kW, tendo como horário de ponta de recarga das 18:00 h às 00:00 h será utilizado o fator de demanda de 1 conforme item 3.1.2.

$$\text{Potência instalada} = 44 \text{ kW}$$

$$\text{Demanda} = 1 \times 44 \text{ kW} = 44 \text{ kW}$$

A demanda deste condomínio existente sem a instalação dos carregadores estava em 123,85 kVA. Como a subestação é de 150 kVA, possui uma potência de 26,15 kVA que não está sendo usada.

No cálculo de demanda e fator de demanda mencionados acima, para suprir a necessidade dos veículos elétricos, teria que ser usado 100% da potência total deste carregador, ou seja, 44 kW, inviabilizando o uso da subestação existente e tendo a necessidade de troca do transformador.

O carregador EVlink Parking pode ser gerenciado em conjunto com o EVlink Load Management System (EVlink LMS) e agregado também com o medidor de potência e energia PowerLogic PM5320. Juntos, permitem monitorar, controlar e maximizar o carregamento de

EV com base na energia disponível em tempo real no edifício. A energia disponível para as estações de carregamento será distribuída entre os veículos. Um VE precisa de um ponto de ajuste mínimo para aceitar o carregamento e se este mínimo não estiver disponível, a cobrança será momentaneamente suspensa. O sistema de gerenciamento de carga permite que o perfil de administrador escolha entre dois limiares (valores mínimos):

- 8A por padrão para carregamento monofásico e 14A por padrão para trifásico carregando.
- 6A por padrão para fase única e trifásica (com base em IEC 61851).

Quando um novo veículo se conecta e não há energia disponível suficiente, o sistema irá suspender a carga de outro veículo para permitir que o novo veículo carregue.

Duas opções de priorização de cobrança estão disponíveis durante a configuração do sistema de gerenciamento de carga:

- Energia: O sistema suspende a cobrança dos veículos que já consumiram a maior quantidade de energia. Esta opção é definida por padrão.
- Duração: O sistema suspende o carregamento dos veículos com maior tempo de carregamento.

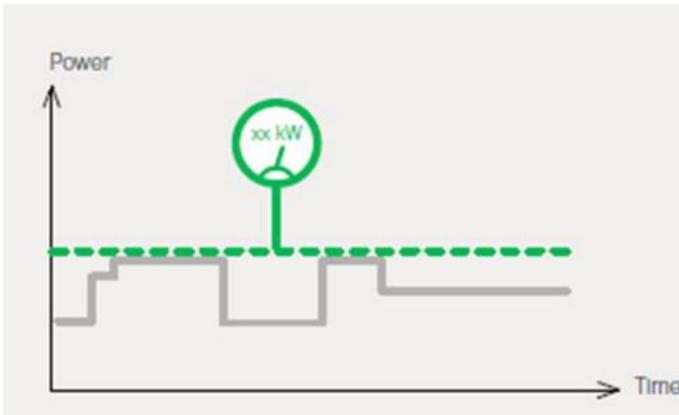
De acordo com a referência o EVlink LMS pode gerenciar:

- Crachás VIP, que permitem ao usuário obter o máximo disponível de energia a qualquer momento, independentemente da estação de carregamento.
- Estações de carregamento VIP, que possibilitam a qualquer crachá de usuário obter a potência máxima disponível a qualquer momento nessa estação de carregamento VIP específica. O status VIP (crachá ou estação de carregamento) pode ser adicionado ou excluído com o Admin ou Perfis de usuário. A potência máxima disponível para o status VIP pode ser inferior à classificação da estação de carregamento dependendo do número de VIP cobrando ao mesmo tempo.

Gerenciamento de energia, duas implementações possíveis:

Modo estático: O ponto de ajuste de corrente máximo para toda a infraestrutura de carregamento é um valor fixo dependendo da fonte de alimentação e da energia consumida no resto do edifício. Esta corrente é distribuída entre todos os veículos conectados para limitar o risco de sobrecarga na instalação. Pode-se observar na figura 34 o perfil de consumo em modo estático.

Figura 34 – Perfil de consumo em modo estático.

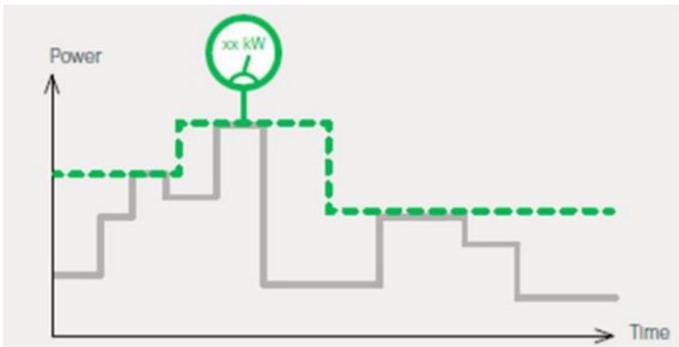


Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC, 2020.

Por exemplo, dez pontos de carregamento de 22 kW podem ser usados ao mesmo tempo com um total consumo não superior a 100 kVA.

Modo Dinâmico: O ponto de ajuste de corrente máxima para toda a infraestrutura de carregamento, dinamicamente muda de acordo com o consumo do edifício. A corrente restante disponível é distribuída entre todos os veículos conectados para limitar o risco de sobrecarga na instalação. Pode-se observar na figura 35 o perfil de consumo em modo dinâmico.

Figura 35 – Perfil de consumo em modo dinâmico.

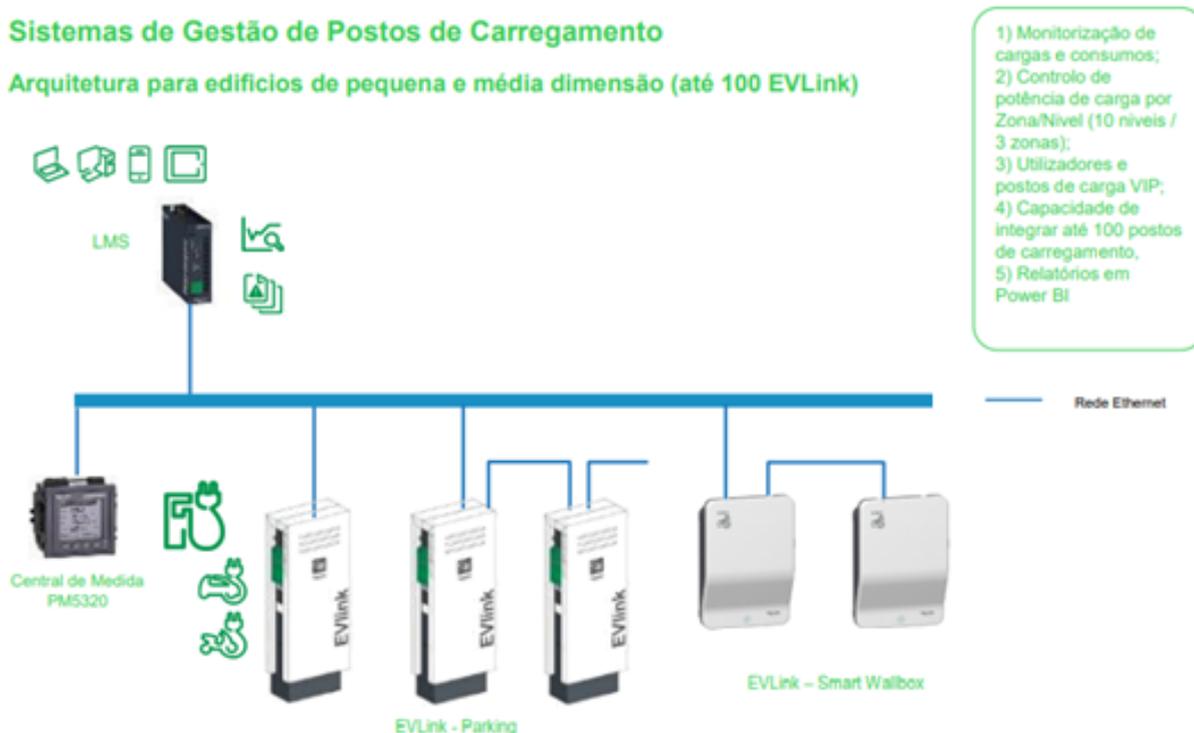


Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC, 2020.

Por exemplo, dez pontos de carregamento de 22 kW podem ser usados ao mesmo tempo em uma instalação projetada para fornecer 150 kVA para o edifício e todas as cargas estações. Dependendo do consumo do edifício, o ponto de ajuste máximo atual para toda a infraestrutura de carregamento pode, teoricamente, atingir 150 kVA. (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

Estes carregadores também poderiam ser instalados com alimentação vindo do condômino conforme estudos de caso 1 e 2, porém como necessita dos equipamentos de gerenciamento e medição de carga para fazer o controle e consumo, sendo mais viável a ligação da alimentação vindo do condomínio, não necessitando a criação das caixas de distribuição individuais. Pode-se observar na figura 36 este Sistema de Gestão de Carregamento.

Figura 36 – Sistema de Gestão de Carregamento.



Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC, 2020.

### 3.2.5 Estudo de Caso 4 – Ligação do carregador nos alimentadores do condomínio (carregadores multiponto gerenciáveis)

No estudo de caso 4 será apresentada uma solução do Fabricante Circutor para carregadores multiponto, com possibilidade de até 20 tomadas de 3,6 kW, através de um gerenciador inteligente para a recarga de veículos elétricos em condomínios, possibilitando um planejamento para várias estações de recarga. Esta solução permite o gerenciamento da recarga de um grande número de veículos elétricos de forma inteligente, controlando os diferentes parâmetros da rede elétrica e os veículos que se conectam a ela. O sistema permite o carregamento em condições mais favoráveis em termos de tarifas elétricas, ou

imediatamente, se solicitado pelo usuário, podendo otimizar ao máximo sua instalação. O sistema é responsável por realizar um controle de energia gerenciando cargas de VE e capacidade da linha para evitar que se sature a demanda total do condomínio. O sistema também permite integração com sistemas de pagamento, bem como a exportação de dados elétricos como consumos totais e parciais, alarmes, históricos de carga, eventos, entre outros. Essa solução é ideal onde já se planeja outros possíveis pontos de carregamentos, tornando a instalação mais organizada e segura através de um gerenciador. Pode ser observado na figura 37 o carregador multiponto, com o controlador RVE-CM responsável pelo gerenciamento e o RVE-WB-SL responsável pelo ponto de ligação do veículo à rede elétrica

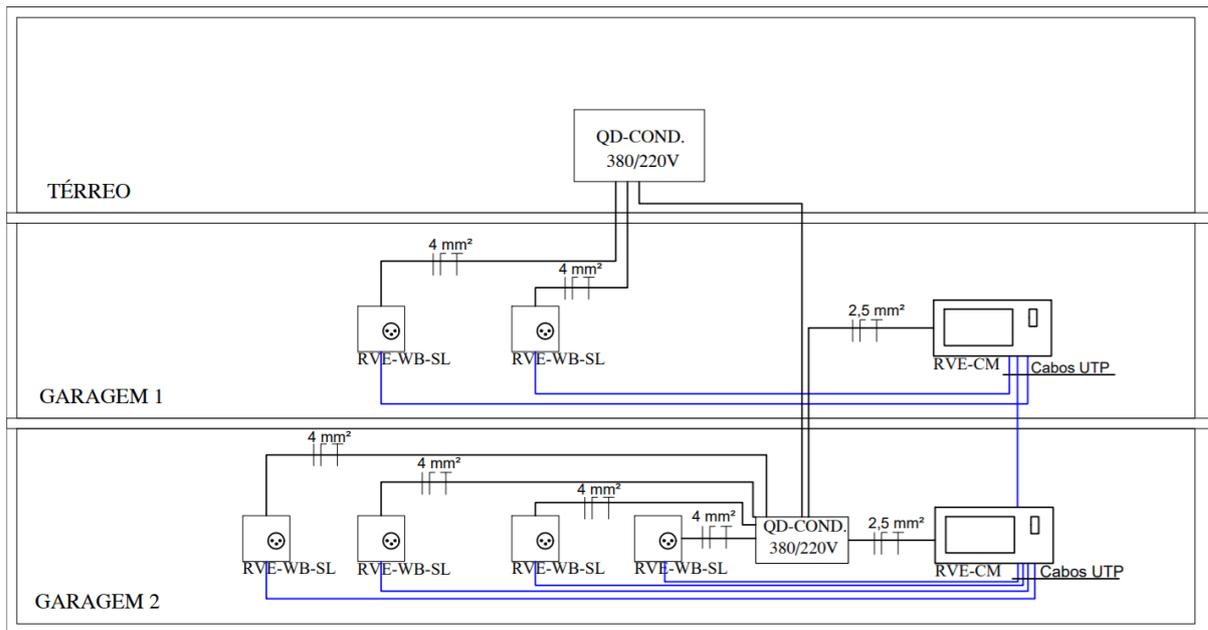
Figura 37 – Carregador multiponto



Fonte: CIRCUTOR, 2021.

Pode-se observar na figura 38, um diagrama esquemático com carregador multiponto, demonstrando que a instalação do RVE-WB-SL independe eletricamente do RVE-CM comunicando somente através do cabo de dados UTP, caso sejam necessárias mais tomadas, pode ser ampliado mediante mais unidades RVE-CM formando um único sistema a nível de operação e integração com limite até 32 tomadas RVE-WB-SL, podendo então ser conectado em um quadro de distribuição mais próximo.

Figura 38 – Diagrama esquemático com carregador multiponto



Fonte: AUTORES, 2021.

### 3.2.6 Análise de aumento das distorções harmônicas nos EVSE (Equipamento de abastecimento de veículos elétricos).

Na instalação de carregadores de VEs nos sistemas elétricos residenciais de grupo de consumidores, os mesmos podem gerar distorções harmônicas e afetar a qualidade da energia fornecida pela concessionária, gerando consumo excessivo destes potenciais. (FABRICÍO *et al*, 2020).

Diante desta preocupação foi realizada uma análise do impacto da inserção de carga de veículos elétricos em sistemas elétricos de rede residencial (FABRICÍO, 2020). Para verificar este possível dano na rede de distribuição desta tecnologia nos indicadores de distorção harmônicas de tensão, foi utilizada a ferramenta SimPowerSystem do Matlab/Simulink, que possibilita o estudo das distorções harmônicas geradas pelos conversores de acoplamento dos VEs à rede. (FABRICÍO *et al*, 2020).

Esta ferramenta considera que os carregadores obedecem à IEC 61000-3-4 (IEC, 1998), normativa para os carregadores encontrados no mercado. Tais índices são a referência de injeção harmônica de corrente deste estudo e podem ser visualizados na Tabela 6. (FABRICÍO *et al*, 2020).

Tabela 6 - Índices de Injeção Harmônica de Corrente, conforme (IEC, 1998).

Ordem Harmônica	DII [%]
3	21,6%
5	10,7%
7	7,2%
9	3,8%
11	3,1%
13	2,0%

Fonte: FABRICÍO *et al*, 2020.

Nas simulações verificadas (FABRICÍO *et al*, 2020) nos barramentos de BT, 220V fase-fase, junto ao transformador de distribuição, foram analisadas as distorções harmônicas de tensão totais de componentes e global em cada fase, para comparação com valores de referência indicados nos procedimentos de distribuição. (ANEEL, 2018).

Considerando o cenário de BT selecionada, a qual possui um total de 54 unidades consumidoras, a Tabela 7 apresenta um detalhamento do cenário de inserção a ser avaliado.

Tabela 7 - Perspectivas de Inserção de VEs.

Perspectivas de Inserção (%)	Nº de Automóveis	Fase AB	Fase BC	Fase AC
50	27	9	9	9

Fonte: FABRICÍO *et al*, 2020.

Conforme é definido pela PRODIST (ANEEL, 2018), a Distorção Harmônica Total de Tensão Máxima de Componentes Permitida é referida na Tabela 8, que mostra os valores que devem ser atendidos pelas distorções harmônicas totais para componentes pares não múltiplas de 3, ímpares não múltiplas de 3 e múltiplas de 3. Nesta tabela, DTT% representa Distorção Total de Tensão Harmônica, DTTp representa Distorção harmônica total de tensão para as componentes pares não múltiplas de 3, DTTi representa Distorção harmônica total de tensão para as componentes ímpares não múltiplas de 3, DTT3 representa Distorção harmônica total de tensão para as componentes múltiplas de 3.

Tabela 8 - Distorção harmônica total de tensão máxima de componentes permitida pela ANEEL.

$V_n \leq 1,0 \text{ kV}$	DTT [%]
$DTT_p$	2,5%
$DTT_1$	7,5%
$DTT_3$	6,5%

Fonte: PRODIST (ANEEL), 2018.

Tem-se na Tabela 9 os valores resultantes da simulação da inserção dos VEs, na rede elétrica de BT selecionada, para o respectivo percentual de inserção: 50%.

Tabela 9 - Harmônicos Resultantes – Trafo de 150kVA - Inserção de 50% de veículos elétricos.

Ordens Harmônicas	Distorções de Tensão (%)		
	Potência no Trafo = 120 kVA		
	Fase A	Fase B	Fase C
3	3,07%	1,46%	4,87%
5	3,2%	2%	1,24%
7	1,31%	1,06%	0,25%
9	0,92%	0,24%	0,73%
$V_{FUND}$	124,6 V	124,6 V	124,5 V
$DTT_1$	4,73%	4,42%	3,49%
$DTT_3$	3,2%	1,48%	4,92%
$DTT\%$	5,72%	4,66%	6,04%

Fonte: FABRICÍO *et al*, 2020.

Tem-se na Tabela 10 os valores resultantes da simulação da inserção dos VEs, na rede elétrica de BT selecionada, para o respectivo percentual de inserção de veículos: 40%. Nesta tabela,  $DTT\%$  representa Distorção Total de Tensão Harmônica. O cenário se inverteu neste estudo de caso, pois houve sobrecarga no transformador abaixador do circuito.

Tabela 10 - Harmônicos Resultantes - Trafo de 75kVA - Inserção de 40% de veículos elétricos

Ordens Harmônicas	Distorções de Tensão (%)		
	Potência no Trafo = 96,5 kVA		
	Fase A	Fase B	Fase C
3	3,7%	3,66%	6,8%
5	4,43%	3,41%	1,35%
7	2,24%	1,53%	0,95%
9	1,3%	0,38%	1,11%
V <sub>FUND</sub>	123,1 V	123,2 V	122,4 V
DTT <sub>1</sub>	5,93%	5,44%	3,67%
DTT <sub>3</sub>	3,92%	3,68%	6,89%
DTT%	7,1%	6,56%	7,8%

Fonte: FABRICÍO *et al*, 2020.

Os resultados de simulação apontam, de forma geral, que os carregadores dos veículos elétricos não violam os limites de distorção harmônica de tensão quando atendem a normativa IEC 61000-3-4 para cenários onde a rede trabalha dentro de seus valores nominais, mesmo com valores típicos de *background distortion*. Já quando decorre a sobrecarga no transformador, cenário provável ao ocorrer a inserção de VEs na rede, a situação se inverte, ocorrendo violações normativas de distorção harmônica de tensão, conforme estabelecido no PRODIST. Com isto, reforça-se a necessidade de as concessionárias estarem atentas ao carregamento de seus transformadores, visto que a entrada de veículos elétricos no mercado automotivo causará uma alteração nas curvas de cargas típicas das redes residenciais, podendo trazer casos de violação dos limites de distorção harmônica de tensão. (FABRICÍO *et al*, 2020).

É importante que se avalie a sobrecarga no transformador, para que nas instalações de recarga de VEs com mais de 5 estações de recarga e mesmo que os equipamentos atendem a normativa IEC 61000-3-4, o projetista estude a necessidade de instalar filtros de correção de componentes harmônicos, para manter a distorção harmônica de tensão dentro dos limites característicos da tensão de alimentação nas redes de distribuição. (GTIEAVE, 2015).

Vale ressaltar, que os consumidores de uso coletivo em sua grande maioria são atendidos pelo grupo B da CELESC, e não pagam pela poluição de harmônicas que podem causar nas redes de distribuição, pois a concessionária não enxerga tal poluição devido ao medidor não identificar (ANEEL, 2010). Para solução do problema, na concessionária existe estudo para novos medidores inteligentes, para enxergar estas distorções em sua rede, mas que ainda se encontram em desenvolvimento e sem previsão de implantação.

## 4 CONCLUSÃO

No primeiro momento constatou-se que a busca por equipamentos de recarga é essencial, para gerenciar e solucionar possíveis problemas de controle de carga e tarifas em condomínios.

Posteriormente foi apresentada uma visão geral do estudo das tecnologias utilizadas em motores e baterias. Dentre os componentes do circuito típico de carro elétrico, nota-se um avanço significativo no desenvolvimento de novas baterias, porém ainda deve-se ir em busca de melhorar as tecnologias atuais, onde observa-se aqui a alternativa de uso da Bateria do Estado Sólido (ASSB), que tem maior probabilidade de se tornar a sucessora dos Íons de Lítio. A bateria ASSB se encontra ainda em testes e busca aspectos a serem melhorados, como os desafios relacionados ao carregamento rápido.

Com um enfoque maior, foram apresentados os tipos de cargas e carregadores, na busca de modelos para solucionar os possíveis problemas para condomínios. Foram apresentados modelos de carregadores de fabricantes nacionais e internacionais, devido a utilização mais frequente dos VEs em outros países mais desenvolvidos. Também foi identificado que o carregamento do banco de baterias dos veículos elétricos não viola os limites de distorção harmônica de tensão quando os carregadores atendem à normativa IEC 61000-3-4, para cenários onde a rede trabalha dentro de seus valores nominais.

Através do estudo do INL (Idaho National Laboratory), foi observado que os usuários de VEs, em sua maioria, retornavam por volta das 18:00h para sua residência e plugavam seu veículo para recarga. Também se analisou que até as 23:00h a recarga estava completa, podendo assim gerar neste primeiro período noturno um pico de demanda significativo com a inserção de veículos elétricos na rede.

Para um carregamento benéfico ao condômino em relação a tempo, constatou-se a importância do estudo na infraestrutura de recarga e em carregadores de distintas potências ou até mesmo gerenciáveis, onde terá que se analisar com cuidado esta carga extra no ramal do condomínio e do condômino, para assim ficarem de acordo com a demanda e o dimensionamento do condutor de ramal de entrada e até mesmo para não sobrecarregar o transformador, caso exista.

Por fim, foram realizados quatro estudos de caso por meio da implementação de cálculos de demanda existente em um condomínio, com objetivo de amostrar tipos de cenários encontrados de acordo com alguns tipos de problemas apontados. No estudo de caso 1 e 2 onde a alimentação vem da medição do condômino, se mostrou como recomendado o

caso 2, sendo mais eficiente quanto ao tempo de recarga e seguro no parâmetro de proteção, porém não supriu a necessidade de atender todos os condôminos. Já no estudo de caso 3 e 4 onde a alimentação vem do condomínio, ambos são seguros nos parâmetros de proteções, logo o caso 3 se mostrou mais eficiente em condomínio existente, e com possibilidade de maior expansão nos níveis de carga e integração, podendo atender todas as vagas de garagem. O caso 4 possui uma infraestrutura bem dinâmica, logo uma boa opção para condomínios existentes, mas com uma limitação de integração. Este estudo de caso foi realizado em Florianópolis-SC, sendo então seguidas as Normas Técnicas da Concessionária CELESC, além de normas da ABNT NBR e IEC (International Electrotechnical Commission). Com o estudo feito foram mostradas opções para sanar esses problemas de infraestrutura em busca de uma melhor relação custo/benefício para o condomínio ou para os solicitantes proprietários de VEs. Assim, pode-se evitar grandes investimentos com trocas de alimentadores ou até mesmo com troca de transformadores e toda subestação.

#### 4.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Recarga exterior de veículos elétricos em vias públicas.
- Integração do sistema de recarga através do sistema fotovoltaico.
- Impacto na recarga de veículos elétricos na rede da concessionária.
- Desenvolvimento de carregadores nacionais gerenciáveis para recarga de veículos elétricos em várias estações de recarga, com custo de equipamento e implantação.

## 5 REFERÊNCIAS

ABVE, **O que é um veículo elétrico?**, ABVE.org.br, Brasil, <http://www.abve.org.br/PF/ExibePF.asp?codigo=0001> , acessado em 02/10/2020.

ANEEL, **Recarga de Veículos Elétricos**, <https://www.aneel.gov.br/documents/10184/0/Recarga+de+Ve%C3%ADculos+El%C3%A9tricos+-+Levantamento+de+informa%C3%A7%C3%B5es+do+Corredor+El%C3%A9trico+Sul+do+Brasil/fad49adf-0e06-062e-ef11-814e6232f372?version=1.0>, acessado em 05/11/2020.

BARAN, Renato; LEGEY, Luiz Fernando L.: **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil**, XIII Congresso Brasileiro de Energia, Brasil, 2010.

BELLIS, Mary: **History of Electric Vehicles**, About.com, EUA, 9 de abril de 2012, <http://inventors.about.com/library/weekly/aacarselectrica.htm>, acessado em 05/09/2020.

BOSCH: **Veículos híbridos e elétricos**, 2020, [http://br.bosch-automotive.com/pt/internet/parts/parts\\_and\\_accessories\\_2/motor\\_and\\_sytems/hybrid\\_systems/hybrid\\_electric\\_vehicle\\_types\\_hybrid\\_motorsys\\_parts/hybrid\\_electric\\_vehicle\\_types\\_hybrid\\_motorsys\\_parts\\_1.html](http://br.bosch-automotive.com/pt/internet/parts/parts_and_accessories_2/motor_and_sytems/hybrid_systems/hybrid_electric_vehicle_types_hybrid_motorsys_parts/hybrid_electric_vehicle_types_hybrid_motorsys_parts_1.html) , acessado em 19/10/2020.

BUCHMANN, Isidor. **Carregando a bateria de Chumbo-Ácido**, Battery University, 2006, [http://batteryuniversity.com/learn/article/charging\\_the\\_lead\\_acid\\_battery](http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_the_lead_acid_battery), acessado em 15/09/2020.

BUCHMANN, Isidor: **Qual é a melhor bateria?**, Battery University, 2006, [http://batteryuniversity.com/learn/article/whats\\_the\\_best\\_battery](http://batteryuniversity.com/learn/article/whats_the_best_battery), acessado em 15/09/2020.

CELESC, **Norma Técnica DPSC NT 03**, disponível em <https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/padrao-entrada/adendo-norma-nt03.pdf> , acessado em 22/11/2020.

CIRCUTOR, **Produtos recargas inteligentes**, disponível em [http://docs.circutor.com/docs/CT\\_RVE\\_PT.pdf](http://docs.circutor.com/docs/CT_RVE_PT.pdf) , acessado em 19/04/2021.

CIRCUTOR, **CirBEON Series**, disponível em <http://circutor.com/pt/produtos/recarga-inteligente-para-veiculos-electricos/recarga-interior-de-veiculos-electricos/cirbeon-series-detail> , acessado em 20/04/2021.

CIRCUTOR, **Série RVE-CM**, disponível em <http://circutor.com/pt/produtos/recarga-inteligente-para-veiculos-electricos/recarga-interior-de-veiculos-electricos/serie-rve-cm-detail> , acessado em 20/04/2021.

CIRCUTOR, **Serie COFRET**, disponível em <http://circutor.com/pt/produtos/recarga-inteligente-para-veiculos-electricos/recarga-interior-de-veiculos-electricos/serie-rve-cm-detail> , acessado em 20/04/2021.

COPEL, **Norma Técnica COPEL – NTC, NTC 902210**, disponível em [https://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcarquivos.nsf/EEACEDD63BC449AA8325848F006EA283/\\$FILE/NTC%20902210%20Sistemas%20de%20recarga%20de%20VE.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcarquivos.nsf/EEACEDD63BC449AA8325848F006EA283/$FILE/NTC%20902210%20Sistemas%20de%20recarga%20de%20VE.pdf), acessado em 05/11/2020.

CPFL ENERGIA, **Mobilidade Elétrica e Tipos de Plugues**, disponível em <https://www.cpfl.com.br/sites/mobilidade-eletrica/mobilidade-e/tipos-de-plug/Paginas/Chademo-yazaki.aspx>, acessado em 05/11/2020.

DGEG, **Guia técnico veículos elétricos**, disponível em <https://www.dgeg.gov.pt/media/mpzhmae2/guia-tecnico-veiculos-eletricos.pdf>, acessado em 29/04/2021

DENTON, Tom; traduzido CANO, Márcio: **Veículos elétricos e Híbridos**, Editora Blucher 216 ISBN 9788521213024, 2018.

DNIT, **Manual estudos de trafego**, disponível em [http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/manual\\_estudos\\_trafego.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/manual_estudos_trafego.pdf), acessado em 25/05/2021.

EEPOWER, **Ford Invests in Solid Power to Develop Solid-State Batteries for EVs**, disponível em <https://eepower.com/news/ford-invests-in-solid-power-to-develop-solid-state-batteries-for-evs/#>, 2019, acessado em 19/10/2020.

EV1: **GM EV-1s destruídos e armazenados em um pátio da pista de testes da GM**, 2013, disponível em <http://www.ev1.org>, acessado em 10/09/2020.

FABRICÍO et al: **Análise do impacto da inserção de veículos elétricos em sistemas elétricos de distribuição, focando distorções harmônicas de tensão**, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil, 2020.

HOWSTUFFWORKS: **Primeiro veículo elétrico de Thomas Parker em 1884**, auto.howstuffworks.com, 2012, disponível em <http://auto.howstuffworks.com/who-created-the-first-electric-car.htm>, acessado em 10/09/2020.

HUNGARIAN HISTORY: **Invento de Ányos Jedlik**, 2012, disponível em <http://www.hungarianhistory.com/mszh/ejedlik.htm>, acessado em 10/09/2020.

IEA, **Global EV Outlook 2020**, 2020, disponível em <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>, acessado em 25/09/2020.

INL, IDAHO NATIONAL LABORATORY, **Charging Infrastructure Review**, disponível em <https://avt.inl.gov/sites/default/files/pdf/phev/phevInfrastructureReport08.pdf>, acessado em 26/03/2021.

INSIDEEVS, **Motor elétrico IPM-SynRM da Tesla Model 3 explicado**, disponível em <https://insideevs.com/news/461811/video-tesla-model-3-electric-motor-explained/>, acessado em 05/07/2021.

KBB, **Você sabe quanto a quilometragem impacta o preço do carro usado?**, disponível em <https://www.kbb.com.br/detalhes-noticia/quilometragem-precos-carro-usado/?id=1802>, acessado em 17/04/2021.

KOPERA, John J.C.: **Por dentro da bateria de níquel metal-hidreto**. Cobasys, Estados Unidos, 2004.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 9ª edição. Rio de Janeiro LTC, 2017.

NANSEN, **Eletro mobilidade**, disponível em <http://nansen.com.br/eletromobilidade/residencial-wall-mount-ac-charger>, acessado em 16/11/2020.

O SETOR ELÉTRICO, **Fatores das instalações**, disponível em [https://www.osetoreletrico.com.br/os-fatores-das-instalacoes/#:~:text=FD%3DDemanda%20\(W\)%20%2F,\)%20Fator%20de%20simultaneidad e%20](https://www.osetoreletrico.com.br/os-fatores-das-instalacoes/#:~:text=FD%3DDemanda%20(W)%20%2F,)%20Fator%20de%20simultaneidad e%20), acessado em 05/05/2021.

POD POINT, **How long Does It Take to Charge na Electric Car?**, disponível em <https://pod-point.com/guides/driver/how-long-to-charge-an-electric-car>, acessado em 05/10/2020.

PRYSMIAN GROUP, **Manual de Instalações Elétricas**, disponível em <https://br.prysmiangroup.com/pt/ferramentas>, acessado em 02/05/2021.

REVE, **The Evolution of the Electric Car**, 2015, disponível em <https://www.evwind.es/2015/04/29/the-evolution-of-the-electric-car-2/51796>, acessado em 16/10/2020.

NEWS, Revista, **Veículos elétricos: invista certo nos equipamentos necessários para recarga**, 2020, disponível em <https://revistanews.com.br/2020/01/22/veiculos-eletricos-investa-certo-nos-equipamentos-necessarios-para-recarga/>, acessado em 02/10/2020.

RUG, **The world's first electric car**, 2019, disponível em <https://www.rug.nl/university-museum/collections/collection-stories/wagentje-van-stratingh?lang=en>, acessado em 03/10/2020.

SCHNEIDER ELECTRIC, **Estação de Recarga para veículos elétricos**, disponível em [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Catalog&p\\_File\\_Name=COM-POWER-VE-CA3-EN+%28web%29.pdf&p\\_Doc\\_Ref=COM-POWER-VE-CA3-EN](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=COM-POWER-VE-CA3-EN+%28web%29.pdf&p_Doc_Ref=COM-POWER-VE-CA3-EN), acessado em 14/11/2020.

SEU CARRO ELÉTRICO, **Um pouco sobre a conversão de veículos elétricos**, disponível em <https://seucarroeletrico.wordpress.com/2009/02/06/um-pouco-sobre-a-conversao-de-veiculos-eletricos/>, acessado em 02/10/2020.

UNISUL, Universidade: **Carro Elétrico - Tecnologias e Tendências**, YouTube.com, Brasil, 03 de julho de 2020 disponível em [https://www.youtube.com/watch?v=\\_BCnOR9rA3o](https://www.youtube.com/watch?v=_BCnOR9rA3o), acessado em 05/10/2020.

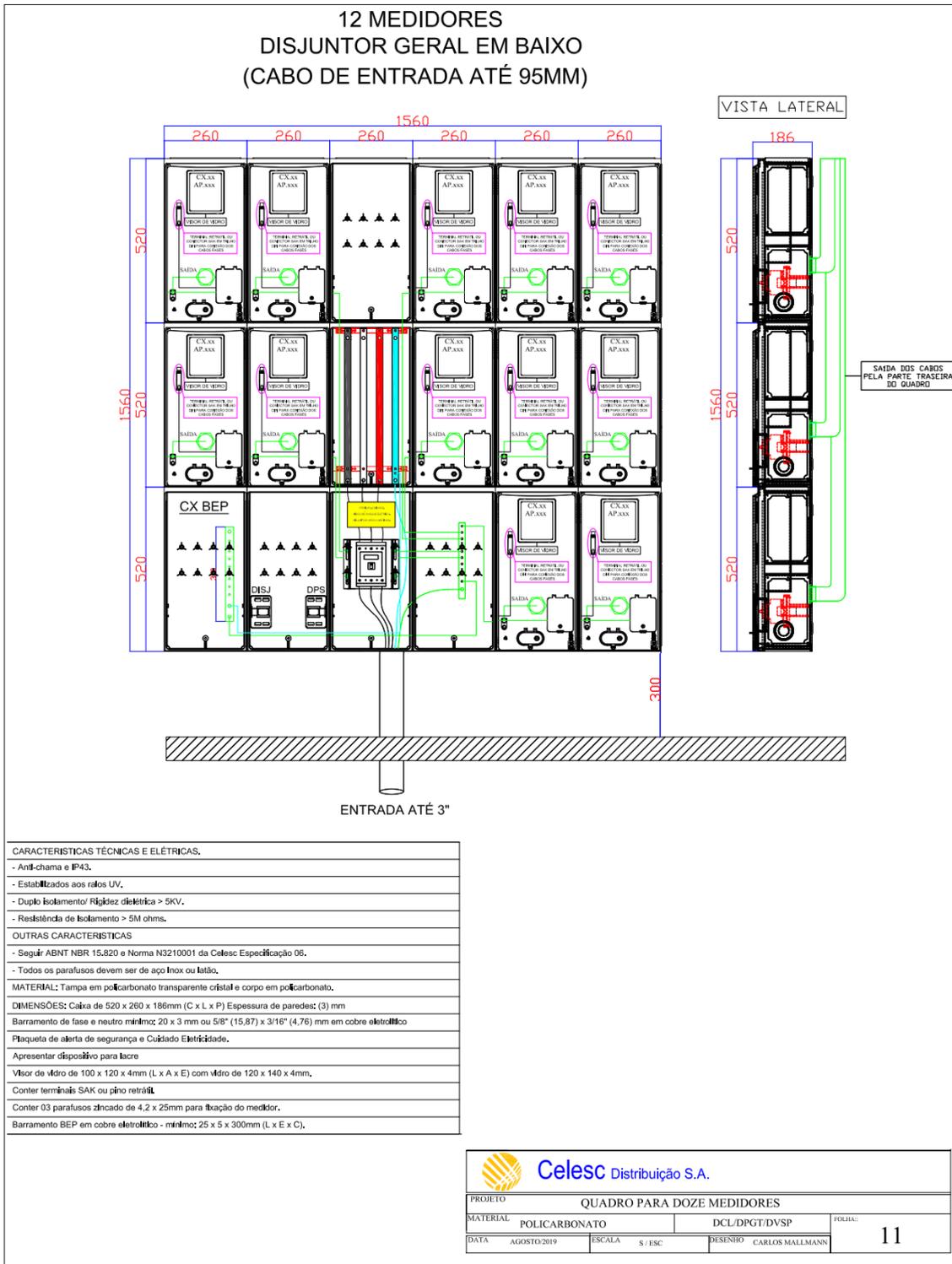
VOLKSWAGENAG, **The car was a milestone in automotive history**, 2017, disponível em <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2017/07/origins.html>, acessado em 27/09/2020.

WEG, **Estação de Recarga para veículos elétricos**, disponível em <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h2e/hff/WEG-estacoes-de-recarga-de-veiculos-eletricos-WEMOB-50094133-pt.pdf>, acessado em 14/11/2020.

ZEEV, **ZEEV – energy in motion**, disponível em <https://www.zeev.pt/como-posso-carregar-o-meu-carro/>, acessado em 26/11/2020.

**ANEXOS**

### ANEXO A – QGBT 12 MEDIDORES NT03



Fonte: CELESC-NT03, 2019.

## ANEXO B – E-MAIL PEP CELESC

← (Protocolo PEP 3567) Quadro de medição coletiva

Projeto Eletrico de Particulares Adm <pepadm@celesc.com.br>  
Sex, 12/06/2020 11:37  
Para: Você

Prezado Projetista,

É permitida a utilização de um único ramal de carga por unidade consumidora, portanto não deve haver derivação no disjuntor situado no quadro de medição coletiva. No entanto, não há restrição em nossas normas para que a derivação ocorra em outro ponto da instalação, desde que atendidas as normas da ABNT NBR. Caso a estação esteja conectada na unidade consumidora do condomínio, é permitido que a administração implemente um sistema de rateio e cobrança do consumo entre os condôminos.

Atenciosamente,  
Suporte PEP Adm.

----- Mensagem original -----  
De: kleberstahelin@hotmail.com  
Para:  
Cc:  
Assunto: (Protocolo PEP 3567) Quadro de medição coletiva  
Data: seg, 1 de jun de 2020 14:30

Boa tarde,

Tenho uma demanda para a execução de tomadas para recarga de carro híbrido em um condomínio.  
Gostaria de saber se tem alguma norma atualizada na qual permite projetar a saída desta tomadas, a partir da proteção da medição para que cada morador pague pela sua recarga ou deve distribuir do Quadro de Distribuição do condomínio.  
Obrigado.

Fonte: AUTORES, 2020.