



Universidade Federal  
do Rio de Janeiro  

---

Escola Politécnica

# ESTUDO PRELIMINAR DE IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UFRJ

Thamara Emanuelle de Oliveira Calçado

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Walter Issamu Suemitsu, Dr. Ing.

Rio de Janeiro

Março 2015

ESTUDO PRELIMINAR DE IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE  
RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO CENTRO DE  
TECNOLOGIA DA UFRJ

Thamara Emanuelle de Oliveira Calçado

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
ENGENHEIRO ELETRICISTA.

Examinada por:

---

Prof. Walter Issamu Suemitsu, Dr.Ing.  
(Orientador)

---

Prof. Sergio Sami Hazan, Ph.D.  
(Examinador)

---

Prof. Luís Guilherme Barbosa Rolim, Dr.-Ing.  
(Examinador)

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

MARÇO DE 2015

De Oliveira Calçado, Thamara Emanuelle

Estudo Preliminar de Implantação de Estações de Recarga de Veículos Elétricos no Centro de Tecnologia da UFRJ / Thamara Emanuelle de Oliveira Calçado. – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2015.

XV 84 p.: il.; 29,7 cm

Orientador: Walter Issamu Suemitsu, Dr. Ing.

Projeto de Graduação – UFRJ / Escola Politécnica / Curso de Engenharia Elétrica, 2015.

Referências Bibliográficas: p. 73-81

1. Veículos Elétricos. 2. Redes Elétricas Inteligentes 3. Estações de Recarga. I. Suemitsu, Walter Issamu. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Elétrica. III. Estudo Preliminar de Implantação de Estações de Recarga de Veículos Elétricos no Centro de Tecnologia da UFRJ.

“É longo o caminho que vai do projeto à coisa”.

Molière

# Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida. Por ter guiado meus passos ao longo desta trajetória, principalmente durante os momentos mais difíceis. Obrigada Senhor por conceder-me sabedoria e tranquilidade, que me fizeram seguir em frente.

Agradeço também aos meus pais. À minha mãe Vilma, minha fiel amiga e maior incentivadora por compartilhar comigo todas as mais diversas situações até aqui. É sempre bom poder dividir minha alegria com você e, sobretudo, contar com seu amor incondicional. Ao meu pai Emanuel, por todo esforço e sacrifício que foram feitos para que mais essa conquista fosse alcançada. Gostaria ainda de agradecer à minha irmã Thamires por todo seu apoio ao longo desses anos de convivência, essa vitória é nossa!

Agradeço a minha avó Altiva por estar presente em minha vida e ter feito parte da minha educação. Agradeço a todos meus demais familiares, tios e primos pelo carinho sincero e contribuição na minha formação.

Ao meu namorado e “anjo-da-guarda”, Matheus, por ter estado ao meu lado nesta reta final da graduação apesar da enorme distância. Obrigada por todo bem que você me faz e por ter colaborado com toda a sua competência no auxílio da realização deste trabalho. Agradeço também à sua família pelo carinho e zelo.

Agradeço a todos meus amigos de longa data, àqueles que fiz durante a caminhada na faculdade e àqueles com quem compartilhei a incrível experiência do intercâmbio. Nossa verdadeira amizade consegue ser maior do que todos esses obstáculos vividos até aqui.

Agradeço ao meu orientador Prof. Walter Issamu Suemitsu, não apenas pela oportunidade proporcionada em desenvolver este projeto, como principalmente por toda dedicação e ensinamentos transmitidos durante a realização do mesmo.

A todos os professores do DEE/Poli/UFRJ, além da querida secretária Katia Tripolli, pelo acesso ao conhecimento, paciência e atenção.

Ao PET/UFRJ e ao Fundo Verde/UFRJ, pelo incentivo à pesquisa e pelas informações disponibilizadas, favorecendo em grande medida a qualidade deste trabalho.

Gostaria também de agradecer a todos aqueles que estiveram comigo durante esta jornada e que de igual forma contribuíram para o meu aperfeiçoamento. Meu mais sincero obrigada!

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica / UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

## ESTUDO PRELIMINAR DE IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UFRJ

Thamara Emanuelle de Oliveira Calçado

Março/2015

Orientador: Walter Issamu Suemitsu

Curso: Engenharia Elétrica

O agravamento dos impactos ambientais causados pela emissão de gases de efeito estufa - notadamente em decorrência do aumento da demanda de energia como um todo - atraiu a atenção da sociedade para a criação de alternativas ao uso dos combustíveis fósseis. Sob a ótica da infraestrutura de transporte, a proposta de solução apresentada pelo uso de veículos elétricos *plug-in* remete, por sua vez, a um novo contexto nos âmbitos logístico e de geração e distribuição de energia elétrica, uma vez que se adequam eficazmente ao conceito de mobilidade urbana com emissão zero, sendo ainda capazes de interagir com a rede de distribuição de energia, a partir do advento das redes elétricas inteligentes. Contudo, o aproveitamento de todos os potenciais benefícios intrínsecos a esta tecnologia será possível apenas com a correta adaptação da infraestrutura de distribuição atualmente existente. O presente trabalho visa assim apresentar um estudo preliminar de implantação de estações de recarga para elétricos no Centro de Tecnologia da UFRJ.

*Palavras-chave:* Veículos elétricos, redes elétricas inteligentes, estações de recarga.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI / UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Electrical Engineer.

PRELIMINARY STUDY FOR IMPLANTATION RECHARGING STATIONS TO  
ELECTRIC VEHICLES IN THE TECHNOLOGY CENTER OF FEDERAL  
UNIVERSITY OF RIO DE JANEIRO

Thamara Emanuelle de Oliveira Calçado

March/2015

Advisor: Walter Issamu Suemitsu

Course: Electrical Engineering

The worsening of environmental impacts caused by greenhouse gases emission - notably due to the increase in energy demand as a whole - got modern society's attention as for alternatives to the use of fossil fuels. As a proposed solution for the transportation infrastructure issue, the incentive to *Plug-in Hybrid* and *Electric Vehicles* (PHEVs and PEVs) provides a new context from both logistics and power generation and distribution points of view. One can say they efficiently align with the concept of zero emission urban mobility, while still being able to interact with the distribution network, thanks to the advent of smart grids. However, profiting from all the potential intrinsic benefits of this technology will only be possible if the proper adoption of the existing network infrastructure takes place. Therefore, this work intends to present a preliminary study for the implantation of EVs recharging stations in the Technology Center of Federal University of Rio de Janeiro.

*Keywords:* Electric Vehicles (EV), smart grids, recharging stations.



# SUMÁRIO

Lista de Figuras .....	xii
Lista de Tabelas .....	xiv
Lista de Siglas.....	xv
1 Introdução.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Motivação .....	3
1.3 Objetivo .....	6
1.4 Estrutura do Trabalho .....	7
2 Redes Elétricas Inteligentes.....	8
2.1 Sistemas Elétricos de Potência .....	8
2.2 Redes Elétricas Inteligentes ou ‘Smart Grids’ .....	9
2.2.1 O conceito.....	9
2.2.2 Benefícios .....	10
2.2.3 Perspectivas e Oportunidades para o Desenvolvimento.....	13
2.3 Veículos Elétricos.....	14
2.3.1 Tipos Existentes.....	15
2.3.2 Características.....	17
2.3.2.1 Baterias.....	19
2.3.2.2 Status da Recarga .....	21
2.3.3 Modos de Recarga .....	22
2.3.3.1 Estado da Arte .....	23
2.3.3.2 Recarga wireless.....	24
2.4 Aplicação nas Redes Inteligentes .....	25
2.4.1 Geração Distribuída.....	25
2.4.2 Vehicle to Grid (V2G).....	27
3 Conceito de Recarga no Centro de Tecnologia da UFRJ .....	29

3.1	Considerações Iniciais .....	29
3.1.1	Contextualização .....	29
3.1.2	Características do Estacionamento .....	29
3.1.3	Modelos dos Carros e Características.....	31
3.2	Funcionamento .....	33
3.2.1	Pré-Requisitos Técnicos e Especificações.....	33
3.2.2	Estação de Recarga e Conectores .....	34
3.2.2.1	Estações de Recarga.....	34
3.2.2.2	Conectores.....	38
3.2.2.3	Tomadas .....	40
3.2.3	Comunicação com a Rede e Controle.....	41
3.2.3.1	Horário para Efetuar a Recarga.....	41
3.2.3.2	Tráfego de informações.....	42
3.2.4	Testes Realizados .....	44
3.3	Impactos na Rede.....	47
3.3.1	Conexão à Rede de Distribuição .....	49
3.3.2	Oportunidade para Desenvolvimento do GLD.....	49
3.3.2.1	Definição .....	49
3.3.2.2	Modalidades .....	50
3.3.2.3	Benefícios do GLD.....	52
3.3.2.4	Desafios na Implementação .....	53
3.3.2.5	Comentários Finais sobre o GLD.....	54
4	Conclusão e Sugestões para Trabalhos Futuros .....	56
4.1	Conclusão .....	56
4.2	Sugestões para Trabalhos Futuros .....	57
	Referências Bibliográficas.....	58
	ANEXO I – Especificações Técnicas do Toyota Prius .....	67

ANEXO 2 – Especificações Técnicas do Nissan Leaf ..... 69

# Lista de Figuras

Figura 1 - Projeção do aumento do consumo de eletricidade até 2050 .....	1
Figura 2 - Consumo energético do uso dos recursos naturais do Brasil por setor.....	2
Figura 3 - Emissões Totais em Mt de CO2 .....	2
Figura 4 - Estimativa de crescimento das vendas de veículos elétricos e híbridos .....	5
Figura 5 - Matriz energética brasileira no ano de 2013 .....	6
Figura 6 –Subsistemas do SEP .....	9
Figura 7 - Conceito de <i>Smart Grid</i> .....	9
Figura 8 - Esquema de um veículo HEV .....	15
Figura 9 - Esquema de um PHEV .....	16
Figura 10 - Esquema de um PEV .....	17
Figura 11 - Esquema de um FCEV.....	17
Figura 12 - Curvas de Rangone – Densidade Energética .....	21
Figura 13 - Diferentes estágios de condicionamento da energia que podem estar incluídas à bordo do veículo ou na própria estação de recarga.....	22
Figura 14 - Estação de Recarga para veículos elétricos na USP .....	24
Figura 15 - Taxa de crescimento mundial de estações de recarga sem fio.....	25
Figura 16 - Visão das seções do estacionamento do Centro de Tecnologia/UFRJ.....	30
Figura 17 – Modelo híbrido a ser utilizado .....	32
Figura 18 - Nissan Leaf, modelo puramente elétrico a ser utilizado.....	33
Figura 19 – Estação de recarga usando corrente alternada.....	35
Figura 20 - Borne de recarga rápida no estacionamento da USP com parceira da EDP Brasil (à esquerda). Borne de recarga no Posto BR no Rio de Janeiro (à direita).....	35
Figura 21 - <i>Trickle Charger Cable</i> .....	36
Figura 22 – Box A – Modo 3, Box B – Modo 1 e 2.....	36
Figura 23 - Recarga Modo 2 no Nissan Leaf.....	37
Figura 24 - Recarga Rápida no Nissan Leaf.....	37

Figura 25 - Conector Tipo 1 .....	38
Figura 26 - Conector Tipo 2 .....	39
Figura 27 - Conector Tipo 3 .....	39
Figura 28 - Conector ChadeMo usado no Modo 3 .....	40
Figura 29 - Sistema de Recarga Combinada com padrão Tipo 1 e Tipo 2 de conectores .....	40
Figura 30 – Controle e Comunicação .....	43
Figura 31 – Veículo elétrico utilizado para os testes modelo Nissan Leaf.....	44
Figura 32 - Perfil de Tensão durante a recarga.....	45
Figura 33 - Perfil de Corrente durante a recarga .....	46
Figura 34 - Perfil de Potências durante a recarga.....	46
Figura 35 – Variações do modelo para molde da curva de carga.....	52

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Estimativa da demanda global por veículos puramente elétricos.....	4
Tabela 2 – Mudanças das redes elétricas atuais e com o advento do Smart Grid .....	10
Tabela 3 – Tipos de Recarga .....	22
Tabela 4 – Potencias melhorias da Geração Distribuída .....	27
Tabela 5 - Distribuição de pontos de recarga por seção do estacionamento do Centro de Tecnologia/UFRJ.....	31
Tabela 6 – Valores de tensão observados durante a recarga .....	45
Tabela 7 - Valores de corrente observados durante a recarga .....	46
Tabela 8 - Valores de Potências observados durante a recarga.....	47

# Lista de Siglas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABVE – Associação Brasileira do Veículo Elétrico

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

EVSE – *Electric Vehicle Supply Equipment*

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

FPTI – Fundação Parque Tecnológico Itaipu

GD – Geração Distribuída

IEA – *International Energy Agency*

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MME – Ministério de Minas e Energia

IEC – *International Electrotechnical Commission*

INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética

NBR – Norma Brasileira

PEV – *Plug-in Electric Vehicle*

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PHEV – *Plug-in Hybrid Electric Vehicle*

QC – *Quick Charger*

REI – Redes Elétricas Inteligentes

SEP – Sistemas Elétricos de Potência

VE – Veículo Elétrico

V2G – *Vehicle to grid*

# 1 Introdução

## 1.1 Introdução

Ao longo das últimas décadas foram observadas mudanças significativas nos mais diversos segmentos do setor elétrico, seja na parte de geração de energia elétrica, na implantação de novas tecnologias de rede, no rearranjo das parcelas de mercado e na reestruturação da regulamentação. Aos olhos da realidade brasileira, tal evolução se deu graças ao aumento da demanda de energia, através das mais diversas formas no emprego da eletricidade, em função principalmente do desenvolvimento econômico fomentado pelo consumo familiar, decorrente da maior distribuição de renda ocorrida ao longo da última década. De forma mais abrangente, de todos os possíveis destinos de toda a forma de energia produzida no planeta, o consumo de eletricidade é o que demonstra crescimento mais acentuado, com um aumento esperado de mais de 150%, segundo o Energy Technology Perspectives 2010 e mais de 115% entre 2007 e 2050, sob o cenário da BLUE Map (IEA, 2010).

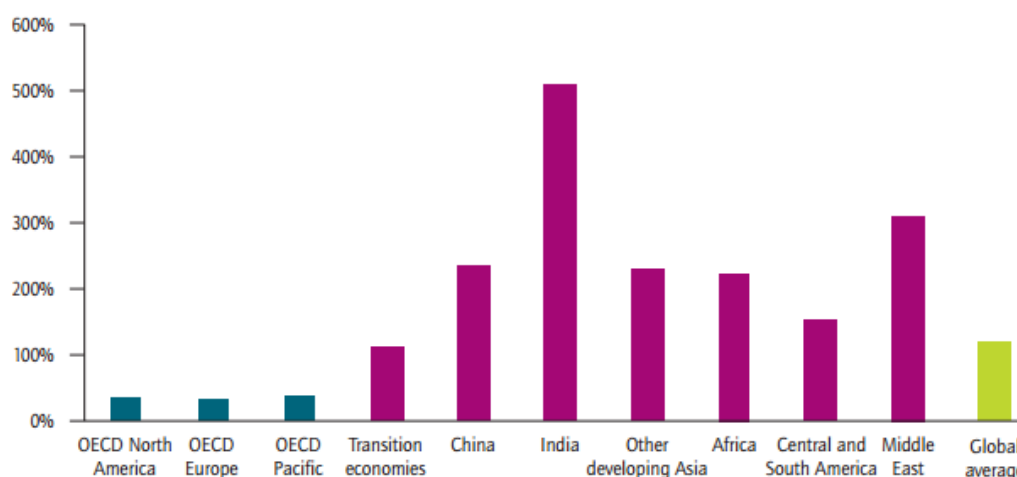


Figura 1 - Projeção do aumento do consumo de eletricidade até 2050 [64]

Ainda sob a ótica mundial, o consumo de energia elétrica representa 17% do uso final dos recursos energético sendo, no entanto, responsável por 40% das emissões de CO<sub>2</sub>, visto que 70% da eletricidade é advinda de combustíveis fósseis [64]. Infelizmente, o custo ambiental desse tipo de atividade é proporcional à sua intensidade tornando, portanto, imprescindível a adoção de tecnologias de geração e de consumo que considerem não



somente a eficiência de rendimento do ponto de vista técnico, a qualidade da energia, a confiabilidade e o consumo energético final [53], como também a sustentabilidade da atividade e os reais impactos gerados ao meio ambiente.

No contexto brasileiro, o setor de transportes ocupa a segunda posição no *ranking* de utilização dos recursos energéticos disponíveis. Cerca de 32% da energia nacional produzida por diferentes fontes de energia são utilizadas nos meios de transporte. Ademais, este setor é o maior responsável pelas emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera brasileira, graças à predominância do modal rodoviário como principal filosofia de logística e transporte nacionais.

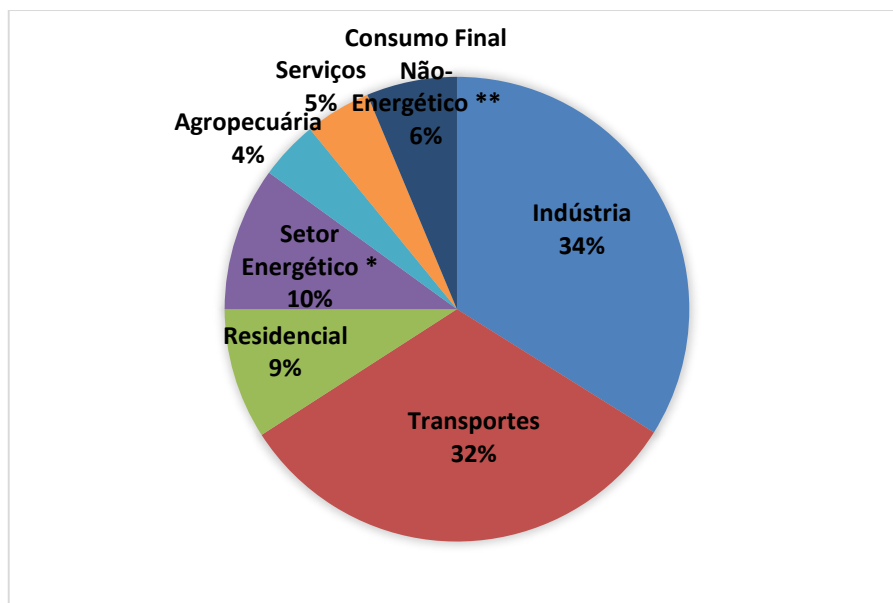


Figura 2 - Consumo dos recursos naturais energéticos do Brasil por setor da economia- \*Setor Energético (refino de petróleo e destilarias de álcool); \*\* Setor Não-Energético: perdas [18]

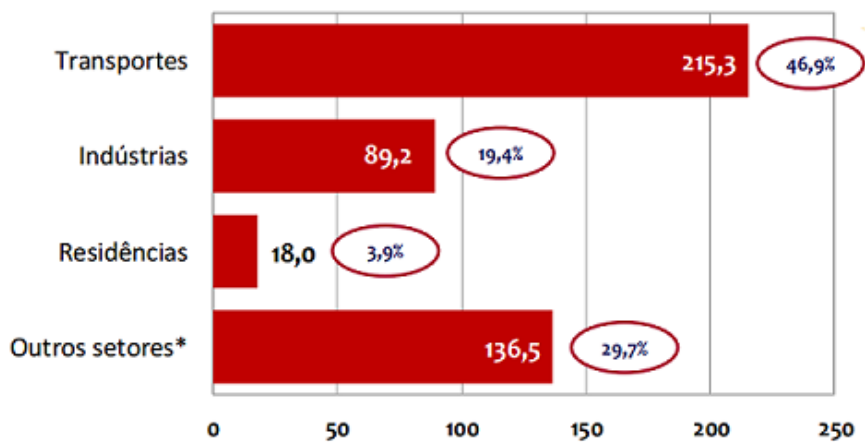


Figura 3 - Emissões Totais em mega toneladas de CO<sub>2</sub> - \*inclui os setores agropecuário, serviços, energético, elétrico e as emissões fugitivas [18]

Com o objetivo de minimizar os impactos ambientais decorrentes da emissão dos mais diversos poluentes, além de assegurar benefícios sociais e econômicos ocasionados pelo uso da energia, a utilização de fontes renováveis de energia vem se destacando como uma proposta de suprimento mais sustentável. Nos transportes, as melhores perspectivas quanto à redução do uso de combustíveis fósseis são esperadas através da adoção de veículos elétricos e híbridos. Contudo, nas localidades onde os carros elétricos foram bem difundidos, as contrapartidas fiscais dos respectivos governos mostraram-se a forma mais eficaz de fomentar a penetração de mercado destes veículos. No longo prazo, porém, os benefícios obtidos através da emissão zero de poluentes e de ruídos, além da decorrente melhoria da qualidade do ar permitem aos governos justificar economicamente os incentivos fiscais concedidos.

## **1.2 Motivação**

Em virtude das mudanças climáticas, perceptíveis em todo o planeta e nos mais diferentes níveis, a sociedade contemporânea vem progressivamente se deparando com situações cada vez mais adversas. A deterioração do ar por gases poluentes e o aumento do nível dos oceanos causado pelo degelo polar têm motivado de forma crescente a busca de possíveis soluções para a mitigação desses efeitos.

Ao mesmo tempo, outro aspecto relevante é observado: o aumento da demanda de energia atrelado ao crescimento populacional e ao desenvolvimento econômico mundial. Significa, portanto, uma maior dependência das fontes primárias para a conversão de energias, muitas das quais são não-renováveis – carvão, petróleo e gás. O resultado dessa combinação de fatores é claramente mais severo, uma vez que o preço de comercialização de energia será cada vez maior a longo prazo.

Nesse contexto, torna-se cada vez mais imprescindível a utilização de fontes renováveis para a geração de energia. A partir desta premissa, a questão da mobilidade urbana e transportes “verdes” passam a ter um enfoque maior na contribuição para a diminuição da emissão de gases poluentes causadores do chamado efeito estufa.

Do ponto de vista da mobilidade urbana, pode-se apontar o uso dos veículos elétricos e híbridos como uma excelente proposta para a diminuição da demanda por fontes combustíveis não-renováveis e do custo de transportes de pessoas e da logística de distribuição industrial. Além disso, contribui também para o aumento da qualidade de

vida da população principalmente das grandes cidades, uma vez que a redução de emissões de carbono contribui para a melhoria da qualidade do ar nesses locais. Um importante passo nesse sentido é o incentivo e a realização cada vez mais frequente de pesquisas nesse âmbito por parte das grandes montadoras do setor automobilístico.

Em diversos países, planos e políticas governamentais têm sido estabelecidos para a transição em direção a um modelo econômico mais sustentável. O aumento da procura pelos veículos com menor emissão de poluentes registra um crescimento em vendas. Estudos realizados pela consultoria global PriceWaterhouseCoopers mostram que em 2009 foram vendidas 5.882 unidades em todo o mundo, e que somente este ano alcançarão 415 mil unidades. Os carros híbridos, no mesmo período, crescerão de 907 mil unidades para 3,34 milhões.

A parcela de mercado dos veículos elétricos atingirá 6,3% em 2020 segundo enquete realizada pela PwC em 2012 com pessoas em 34 países. Cerca de metade dos entrevistados nesta pesquisa disseram que a redução de seus gastos pessoais (graças a menor despesa com reabastecimento, se comparado ao valor do abastecimento do veículo a gasolina) acabaria por ser o fator decisivo para convencer as pessoas a adotarem o uso deste tipo de veículo.

**Tabela 1 - Estimativa da demanda global por veículos puramente elétricos [90]**

<b>Demanda Global</b>			
	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>
<b>Combustão/Diesel</b>	11.252.438	12.437.535	17.361.083
<b>Combustão/Gasolina</b>	43.446.105	47.483.880	61.008.261
<b>Híbrido/Diesel</b>	3.385	29.706	311.907
<b>Híbrido/Gasolina</b>	904.304	1.321.389	3.341.004
<b>Elétricos</b>	5.882	39.695	415.257
<b>TOTAL</b>	55.612.114	61.312.205	82.437.512

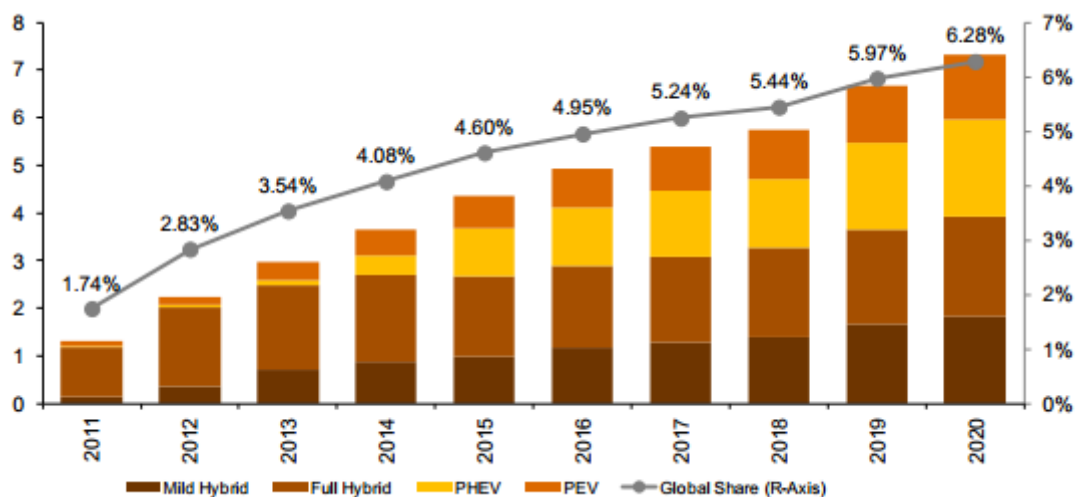


Figura 4 - Estimativa de crescimento das vendas de veículos elétricos e híbridos [89]

No Brasil, apesar da utilização dos veículos híbridos e elétricos ainda ser pequena, existe a real oportunidade para a consolidação desse tipo de automóvel no mercado automobilístico. O INEE (Instituto Nacional de Eficiência Energética) e a ABVE (Associação Brasileira do Veículo Elétrico) – cuja missão é promover a ampla adoção de veículos elétricos para o transporte limpo e eficiente de pessoas e cargas – vêm organizado sucessivos *workshops* envolvendo: meio ambiente e responsabilidade social, veículos elétricos (VEs) e as montadoras brasileiras, barreiras ao desenvolvimento dos VEs no Brasil, políticas públicas para VEs – incentivos e remoção de barreiras fiscais – assim como questões relacionadas ao desenvolvimento tecnológico. Dessa forma, ambas as entidades auxiliam na motivação dos órgãos governamentais, inclusive os de caráter regulatório.

Em 2004 foi iniciado o “Projeto VE”, um importante projeto num acordo de cooperação tecnológico entre a Itaipu Binacional e a empresa suíça KWO (KraftWerke Oberhasli) [67]. Este acordo tem por objetivo contribuir com o desenvolvimento da tecnologia para veículos movidos a eletricidade através da execução de linhas de pesquisa com a participação de instituições de ensino, empresas públicas e iniciativa privada.

Para a penetração dos veículos elétricos na matriz de transporte brasileira, sugere-se em nível nacional a redução do IPI<sup>1</sup>. Em nível estadual sugere-se a isenção de IPVA<sup>2</sup> ou redução do seu valor, isenção de taxa de licenciamento anual de veículos, desconto

<sup>1</sup> IPI – Imposto sobre Produto Industrializado

<sup>2</sup> IPVA – Imposto sobre a Propriedade de Veículo Automotor

temporário no valor do DPVAT<sup>3</sup>. Atualmente, os veículos elétricos têm isenção de IPVA em sete estados - Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Sul - e alíquota diferenciada em São Paulo, Rio de Janeiro e Mato Grosso do Sul. No municipal, pode-se citar três medidas: a isenção quanto aos rodízios de veículos ao exemplo da cidade de São Paulo, a não cobrança de pedágio e estacionamento, a exemplo de Londres além de incentivos para renovação de frota taxista, à medida em que os VEs tiverem autonomia adequada.

Contudo, o esgotamento do potencial dos rios, a fonte hidrelétrica deve perder espaço na matriz energética nacional.

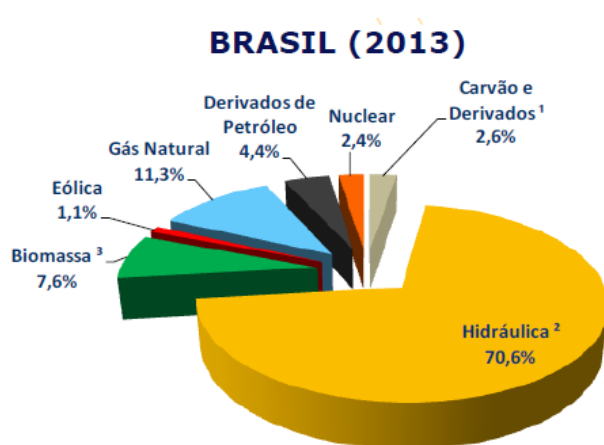


Figura 5 - Matriz energética brasileira no ano de 2013 [18]

Por essas dificuldades identificadas, a projeção de Demanda de Energia 2050 elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) aposta em novidades no cenário energético brasileiro, como a inserção em massa de veículos elétricos e o crescimento da geração distribuída de eletricidade em residências e indústrias.

## 1.3 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de implantação de estações de recarga para veículos elétricos no Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. São apresentadas as condições para abastecimento desses veículos, bem como as características de comunicação e o controle dos mesmos, além dos principais impactos e perspectivas de utilização da referida proposta.

<sup>3</sup> DPVAT – Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres

## 1.4 Estrutura do Trabalho

A estrutura deste trabalho é constituída de 4 capítulos e referência bibliográfica.

No Capítulo 2 são citados conceitos importantes sobre as Redes Elétricas Inteligentes (REI), em uma breve comparação entre o modelo do sistema elétrico existente e este novo conceito. Além disso, uma introdução à geração distribuída e a potencial associação dos veículos elétricos à rede de distribuição.

No Capítulo 3 serão abordados os tópicos relativos à infraestrutura de adequação necessária à recarga de carros puramente elétricos e híbridos, a partir da descrição de um modelo de cada tipo como exemplo. Aliado ao conceito de *Smart Grid*, apresenta-se ainda uma nova finalidade aos veículos no que diz respeito a uma tendência de auxílio na confiabilidade da rede.

No Capítulo 4 tem-se a conclusão feita a partir deste trabalho além da sugestão para trabalhos futuros.

## 2 Redes Eléctricas Inteligentes

### 2.1 Sistemas Eléctricos de Potência

Os Sistemas Eléctricos de Potência (SEP) são caracterizados por fornecer energia eléctrica aos consumidores obedecendo as premissas técnicas de continuidade, confiabilidade e qualidade e por conseguinte, com o menor custo e redução de impactos ambientais. A continuidade assegura ao cliente a disponibilidade ininterrupta de energia eléctrica, enquanto a confiabilidade garante a capacidade do sistema de realizar e manter seu funcionamento, tanto em circunstâncias de rotina, bem como em situações hostis e inesperadas. Finalmente, a qualidade do fornecimento de energia denota o atendimento às melhores práticas e aos padrões normativos quanto a energia eléctrica entregue ao consumidor.

Estes sistemas podem ser subdivididos em três outros sistemas: Sistemas de Geração de Energia Eléctrica, Sistemas de Transmissão de Energia Eléctrica, e Sistemas de Distribuição de Energia Eléctrica.

#### i) Sistemas de Geração:

Têm por principal função a geração de energia eléctrica a partir da transformação das matérias-primas utilizadas para tal finalidade. Ao contrário do sugerido pela terminologia, a energia eléctrica proveniente não é « criada » pelo processo. O que ocorre, entretanto, é a conversão de fontes energéticas diversas em electricidade, das quais podemos citar, entre outras, as fontes: térmica, hidráulica, solar, e eólica.

#### ii) Sistemas de Transmissão:

São responsáveis pelo transporte da energia eléctrica do ponto de sua produção – usina geradora – até os centros consumidores. Este grupo de sistemas é composto pelas linhas de transmissão, transformadores e subestações, sendo a energia transmitida em até duas formas distintas: em corrente contínua ou em corrente alternada (mais usual).

#### iii) Sistemas de Distribuição:

Este sistema é a parte final da cadeia de geração de energia elétrica, tendo como principal função distribuir a energia elétrica das subestações aos consumidores finais. A distribuição pode ser de forma aérea (através de postes de luz) ou subterrânea, sendo portanto interligada à rede elétrica de determinada concessionária.

Por isso, a energia distribuída, é então, a energia que é entregue aos clientes conectados à rede elétrica de uma determinada empresa de distribuição.



Figura 6 –Subsistemas do SEP (Elaboração Própria)

## 2.2 Redes Elétricas Inteligentes ou ‘Smart Grids’

### 2.2.1 O conceito

Em 2005, Massoud e Bruce F. Wollenberg, por meio do artigo *Toward a Smart Grid* introduzem o conceito das Redes Elétricas Inteligentes. Seu ineditismo consistiria em uma nova filosofia, um novo conceito para os sistemas elétricos de potência diretamente associados às questões econômicas, sociais e ambientais.

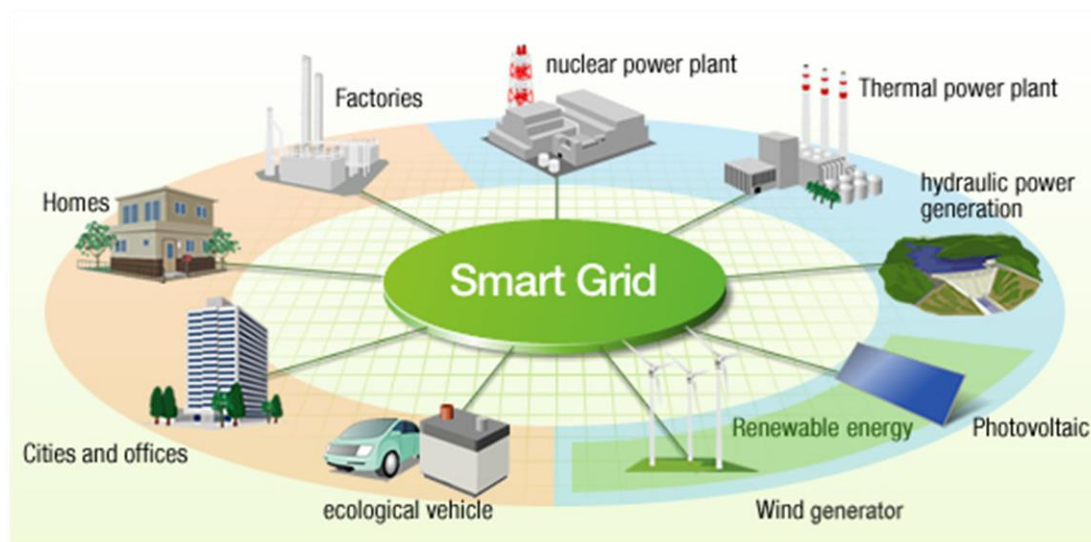


Figura 7 - Conceito de *Smart Grid* [35]

O conceito vem se desenvolvendo com o objetivo de aprimorar e integrar os serviços de energia elétrica por meio de novas tecnologias. Sua abrangência alcança todos os agentes envolvidos nos sistemas elétricos, tais como: consumidores finais, concessionárias de



distribuição, órgãos reguladores e demais instituições governamentais e operadores do setor elétrico. Em princípio, os agentes seriam capazes de estabelecer comunicação entre si, trabalhando em conjunto de maneira a se autoconfigurar quando da introdução de um novo elemento na rede (*plug and play*) ou da necessidade de correção da mesma [77].

Em última instância, as redes elétricas inteligentes possibilitam ao usuário uma melhor percepção do consumo de energia elétrica, através da ampliação de rotinas de pesquisa e disseminação das informações de rede.

Dessa forma, o usuário desfruta de maior transparência no serviço prestado e participa ativamente da gestão de seu consumo, viabilizando o uso mais racional e eficiente da energia elétrica para um melhor planejamento e controle dos gastos adequando-se ao seu orçamento.

## 2.2.2 Benefícios

Para o sistema elétrico como um todo, as mudanças que podemos observar com a progressão das redes inteligentes permitem elaborar o seguinte comparativo:

Tabela 2 – Mudanças das redes elétricas atuais e com o advento do *Smart Grid* (Adaptado de [63])

<b>Rede atual</b>	<b>Principal mudança</b>	<b><i>Smart Grid</i></b>
Impossibilidade de acesso às informações de consumo e controle do usuário	<b>Participação ativa do consumidor</b>	Acompanhamento do consumo e efetiva gestão dos gastos realizados
Dependência total de realização <i>in loco</i> de manutenção por parte de equipes da concessionária	<b>Auto recuperação da rede</b>	Reconfigurações automáticas da rede, tornando mais eficiente o atendimento ao cliente final
Frágil a ataques cibernéticos e a roubo de informações	<b>Resistência a ataques</b>	Redes monitoradas e automatizadas

**Tabela 2 – Mudanças das redes elétricas atuais e com o advento do *Smart Grid* (Adaptado de [63])**

Mercados limitados, não integrados	<b>Integração de mercados</b>	Mercados integrados e consistentes, além do crescimento dos mercados de energia existentes
Interface de comunicação unidirecional com a rede	<b>Geração e armazenamento (Bidirecionalidade)</b>	O usuário pode também vender e estocar energia
Interrupções não programadas no abastecimento de energia elétrica	<b>Qualidade da energia</b>	Melhoria nos índices de confiabilidade do sistema
Rede não automatizada	<b>Automatização da rede</b>	Deteção e correção de falhas em tempo real, melhoria na operação
Sistema rígido de contratação do serviço	<b>Pré-pagamento</b>	Opção de preços, planos para os consumidores

No Brasil, esse conceito já vem sendo empregado por algumas concessionárias de energia elétrica. O primeiro passo para a modernização tem sido feito com a substituição dos medidores eletromecânicos para medidores chamados “inteligentes”. A nova tecnologia está sendo utilizada apenas porque o custo do equipamento eletrônico tornou-se inferior ao do eletromecânico [28]. Assim, está ocorrendo uma mudança tecnológica nas redes elétricas no Brasil, sem que isso represente de fato uma rede mais inteligente. A implementação de redes e medição inteligente está em fase de estudos e existem algumas empresas de distribuição de energia elétrica que estão investindo em P&D neste tema.

A aplicação em larga escala como deve ser utilizada ainda está numa etapa inicial. Alguns fatores como os investimentos obrigatórios por partes das empresas em Pesquisa e Desenvolvimento regulamentados pela ANEEL [31], têm incentivado, de certa forma, na assimilação e incorporação dos elementos das redes elétricas inteligentes. Contudo, se faz

necessário ainda, uma maciça modernização e difusão dos pacotes tecnológicos englobados pelas *Smart Grids*.

Do ponto de vista da concessionária, a vantagem está diretamente ligada à capacidade de suprir o fornecimento de energia elétrica de forma mais eficiente, com qualidade superior àquela que é entregue aos consumidores nos dias atuais, além de possibilitar uma significativa redução de custos no que diz respeito às eventuais manutenções corretivas, e taxas de emissão de carbono. A vida útil dos componentes que integram o sistema passa a ser estendida, o que também gera a possibilidade de um ganho em longo prazo.

Outro benefício relevante é a diminuição das perdas não-técnicas, ou seja, os populares “gatos”. Esses são os furtos de energia cometidos em abrangência nacional, os quais reduzem a arrecadação das concessionárias de energia elétrica. Estas, por sua vez, acabam por repassar esse custo para os clientes por meio de reajuste da tarifa de energia elétrica. Além disso, outro ponto em que as empresas distribuidoras ganham é na diminuição das multas por não compatibilização dos índices mínimos e máximos de qualidade do fornecimento de energia elétrica (DEC<sup>4</sup> e FEC<sup>5</sup>, por exemplo). Pois, com a automatização da rede, o religamento pode ser feito de forma automática encurtando o tempo de manutenção e melhorando o atendimento aos seus clientes. Como consequência, o tempo de interrupção passa a ser inferior ao atual, e a frequência com que esses danos acontecem, de certo modo também passa a ser eventualmente menor.

Outro aspecto bastante favorável a ambas as partes, geralmente caracterizado por uma vantagem maior por parte da empresa distribuidora, é a parcela de contribuição dos usuários nos processos de gerenciamento pelo lado da demanda. Isto quer dizer que com a opção de venda e armazenamento de energia, os consumidores operam na movimentação na curva de carga. Esta transferência é dada por intermédio de uma rede elétrica bidirecional que permite que o consumidor venda sua energia estocada, que costuma ser seu excedente, para a rede em horários de pico (que normalmente são mais caros para a operação). Esse processo é baseado no princípio da geração distribuída fomentado pela mudança nos hábitos de consumo de energia e em dispositivos de

---

<sup>4</sup> DEC – Índice coletivo de continuidade que mede a Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora

<sup>5</sup> FEC – Índice coletivo de continuidade que mede a Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora

armazenamento de energia. O que no médio prazo possibilita o melhor suprimento às cargas sensíveis a flutuações, incrementando a qualidade de energia da rede.

O pré-pagamento é um importante fator no quesito do estabelecimento de melhores condições de utilização da energia elétrica tendo como base o acompanhamento do consumo de energia elétrica por parte do usuário.

Este viabiliza que o consumidor possa adquirir um pacote de energia elétrica que melhor lhe convém, como um plano de tarifa de celular, ou ainda de serviços de televisão fechada (a cabo). E também, possa adquirir informações importantes sobre o uso de energia, os horários que mais consome – Tarifa Branca<sup>6</sup>, onde normalmente a tarifa passa a custar mais e assim, passar a planejar seu consumo e consequentes gastos.

### **2.2.3 Perspectivas e oportunidades para o desenvolvimento**

A fim de incentivar as mais distintas aplicabilidades das REIs, a ANEEL reconheceu em 2008, pautada no Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica, aprovado pela Resolução Normativa nº 316 [31], a necessidade de uma modernização da infraestrutura das redes elétricas existentes. Numa análise comparativa às demais nações tecnologicamente desenvolvidas, possui caráter de incentivo ao desenvolvimento de pesquisas e avanços tecnológicos no setor.

Nesse contexto, foi criado o Programa de Ação Conjunta Inova Energia que fomenta a inovação utilizando-se dos recursos da Finep, em parceria com a ANEEL e o BNDES. Este dispõe de recursos para o emprego de verbas públicas em quatro linhas temáticas, uma destinada tão somente aos projetos de apoio às redes elétricas inteligentes. E busca prioritariamente soluções integradas e padrões para implementação de redes elétricas inteligentes, *smart grids* no Brasil, apoiar o desenvolvimento e uniformizar critérios, somar esforços e evitar possíveis redundâncias e lacunas no desenvolvimento dos demais projetos.

É preciso portanto, reunir os pilares para a implementação de um sistema eficiente de energia inteligente, isto é: infraestrutura de ponta na medição, gestão e segurança da

---

<sup>6</sup> Tarifa Branca é uma modalidade tarifária que define para os consumidores de baixa tensão (residenciais) três níveis tarifários por intervalos de horários ao longo do dia. Seu objetivo é sinalizar aos consumidores os horários nos quais o custo de produção da energia é mais caro, mais barato ou intermediário. Sua aplicação ocorrerá de acordo com a escolha do consumidor.

informação, sistemas integrados, avançado processamento de dados e participação dos consumidores.

Os medidores inteligentes, como são conhecidos, começam a sair do papel e se tornarem realidade. Eles possuem chips que efetuam a comunicação em tempo real com a distribuidora de energia elétrica. Alguns modelos desenvolvidos já foram testados e homologados quanto à certificação do INMETRO [33][93]. É o exemplo do medidor inteligente desenvolvido pela Light [74]. O desafio na substituição dos atuais medidores eletromecânicos se dá dentre outros aspectos pelo grande número de residências com energia elétrica no país – cerca de 40 milhões – e o custo que ainda é considerado elevado.

A chegada das REIs no Brasil significa também uma grande oportunidade de mercado para fornecedores de tecnologia. Por isso, é de grande importância que as empresas com tecnologia nacional possuam uma boa estratégia de mercado para capturar esses investimentos, por exemplo, participando de projetos-piloto que estão em fase de implementação e aprimorando-se para proporcionar soluções robustas para seus clientes.

Tal como em diversos setores, existe um perfil conservador por parte da maioria das empresas do ramo de eletrodomésticos e de utensílios para o lar. No país somente a Whirlpool tem desenvolvido uma linha de eletrodomésticos inteligentes voltados para aplicações em *smart grid*.

## 2.3 Veículos Elétricos

Os PEVs (*Plug-in Electric Vehicles*) são automóveis que contêm um motor elétrico e o utilizam em sua totalidade ou parcialmente para o deslocamento, e que são abastecidos por energia elétrica por meio das baterias internas. Nem sempre são de caráter puramente elétrico. Alguns deles também possuem o motor de combustão convencional, os denominados veículos híbridos PHEV (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle*), e consequentemente são abastecidos por outros tipos de combustíveis.

Os veículos elétricos (VEs) surgiram então como uma alternativa aos impactos danosos ao meio ambiente devido à contaminação do ar e à emissão de ruídos causados pelos motores à combustão. Enquadram-se também numa perspectiva inteligente à elevação do preço do petróleo e possibilidade do fim do ciclo de utilização dos combustíveis fósseis. Isto embasado pela pressão das entidades internacionais, as quais visam a redução das

emissões globais de gases que contribuem com o efeito estufa. Além disso, esses órgãos propõem cada vez mais fóruns mundiais e debates informativos e disseminadores de propostas para diminuir a poluição.

Os veículos elétricos são uma tentativa de otimização dos veículos convencionais, no entanto envolvem a filosofia essencial para a integração entre engenharia elétrica e mecânica, mas estendendo-se aos preceitos das engenharias eletrônica, materiais e química.

### 2.3.1 Tipos existentes

Pode-se classificar os VEs da seguinte forma de acordo com a maneira na qual a energia elétrica é empregada a bordo:

**Veículos Elétricos Híbridos (*Hybrid Electric Vehicles - HEV*):** Os veículos elétricos híbridos podem ter sistemas de acionamento complementares: tipicamente um motor de combustão interna a gasolina ou a diesel, um motor elétrico e um banco de baterias e controles. Eles podem funcionar de forma independente ou numa combinação simultaneamente. "Híbrido" é um termo genérico que engloba todas as formas de veículos com dois ou mais sistemas de propulsão. O HEV não pode ser recarregado a partir da rede elétrica – as baterias são recarregadas pelo motor a combustão e pela frenagem regenerativa. A frenagem regenerativa converte a energia cinética que seria dissipada na forma de calor pelas pastilhas de freio em eletricidade para carregar as baterias.

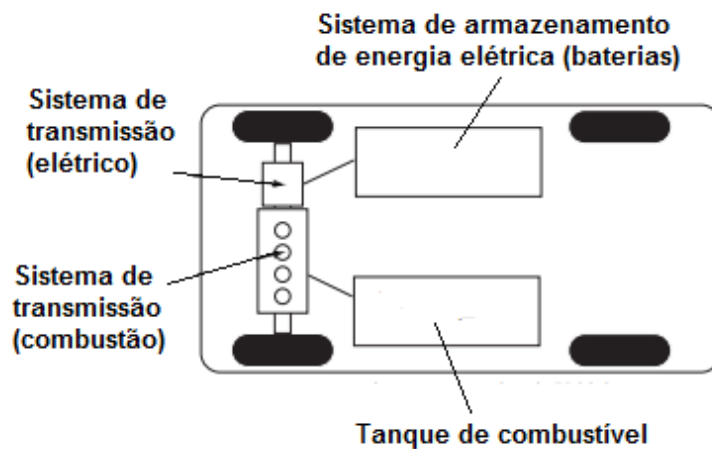


Figura 8 - Esquema de um veículo HEV (Adaptado de [23])

**Veículos Elétricos Híbridos *Plug-in* (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle - PHEV*):** Estes veículos funcionam com uma bateria e por acionamento do motor elétrico que depende da rede elétrica para carregar a bateria através de tomadas. Contam também com o apoio de um motor de combustão interna que pode ser usado para recarregar a bateria do veículo e /ou substituir a unidade de tração elétrica quando a bateria está fraca e é necessário mais carga. Pelo fato dos PHEVs usarem eletricidade, eles permitem uma economia maior nos custos de combustível para os consumidores do que os híbridos normais. Esta economia depende da quilometragem rodada utilizando apenas o motor elétrico [47]. De certa forma, esses veículos reduzem a necessidade imediata de estações de carregamento públicas.

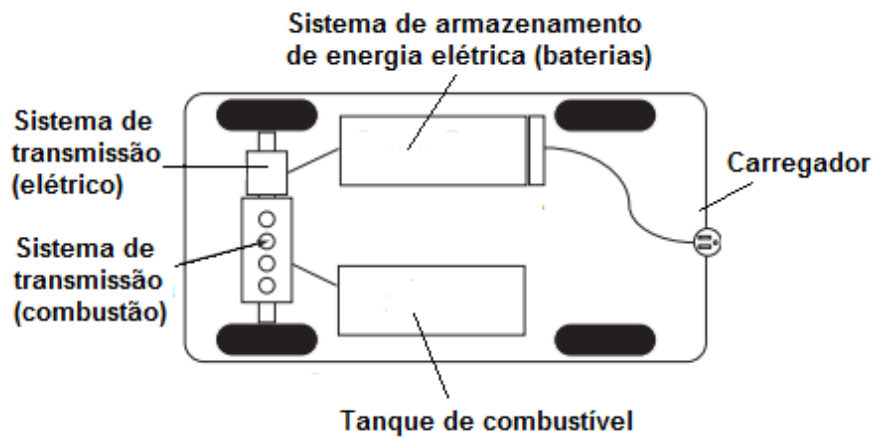


Figura 9 - Esquema de um PHEV (Adaptado de [23])

**Veículos Elétricos *Plug-in* (*Plug-in Electric Vehicles - PEV*) ou Veículos Elétricos à Bateria (*Battery Electric Vehicle - BEV*):** Este tipo de veículo adota inteiramente o motor elétrico como motor principal, sem o apoio de um motor de combustão interna tradicional. Suas baterias necessitam ser carregadas em uma fonte externa de energia elétrica. Os BEVs também podem, como todos os veículos elétricos, recarregar as baterias através de um processo conhecido como a frenagem regenerativa que usa o motor elétrico do veículo para ajudar na desaceleração do veículo, e para recuperar parte da energia normalmente convertida em calor pelos freios [29][107].

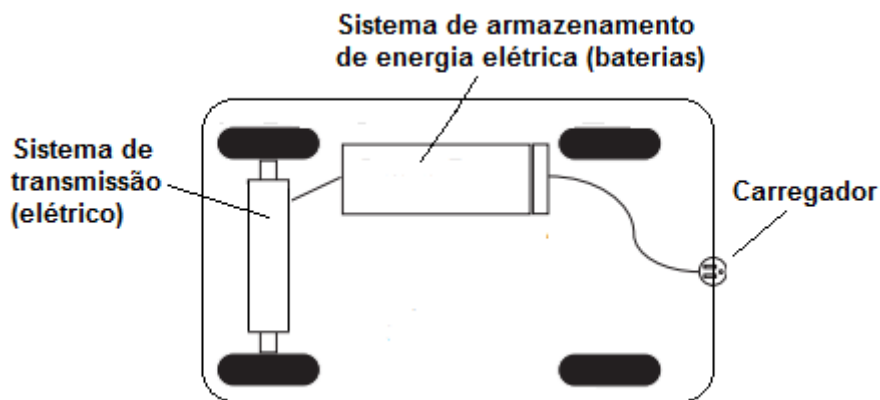


Figura 10 - Esquema de um PEV (Adaptado de [23])

**Veículos Elétricos à Célula Combustível (*Fuel Cell Electric Vehicle - FCEV*):** O veículo de célula combustível possui um equipamento eletroquímico que transforma a energia do hidrogênio diretamente em eletricidade. Esta tecnologia é objeto de muita pesquisa na atualidade e diversos fabricantes apostam nela como o futuro dos veículos. Porém o custo da célula combustível é muito alto, o que deixa dúvidas em relação a isso. O hidrogênio é distribuído diretamente ou produzido a partir do metano (gás natural), metanol ou etanol.

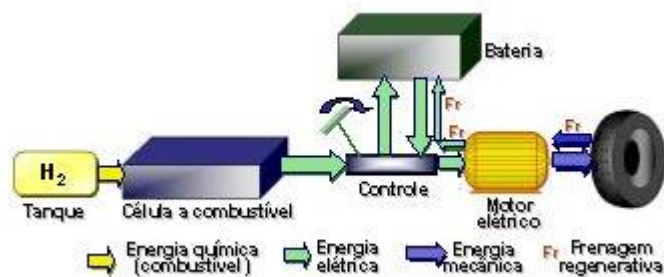


Figura 11 - Esquema de um FCEV [5]

### 2.3.2 Características

Esses veículos são portanto mais limpos, se comparados aos convencionais, pois não emitem gases para a atmosfera após a queima de hidrocarbonetos.

Quanto ao custo, estes são ainda elevados e se explicam pelo fato, dentre outros, do alto preço do conjunto de baterias e principalmente pela produção ser em pequena escala. No momento atual a maior parte das montadoras trabalham em parceria com os fornecedores



das baterias para a construção de laboratórios que permitirão, com a produção em massa, diminuir o custo de um carro elétrico em comparação com o modelo convencional.

O tempo de recarga é um ponto bastante discutido, pois na maioria dos veículos existentes é de aproximadamente oito horas para uma tomada doméstica, privada. Quando o reabastecimento é feito em vias públicas, recarga mais rápida, o período pode ser reduzido em alguns minutos pois a potência de recarga da rede é maior.

Assim como num carro automático, esses carros não possuem pedal de embreagem. Apenas os pedais de freio e acelerador. Sendo que durante a frenagem a energia é estocada novamente, não é perdida, fazendo com que o máximo de energia ainda permaneça nas baterias.

A autonomia pode variar de acordo com o modelo, mas é possível garantir uma média de 150km sem a necessidade de recarga em alguns modelos. Muitas observações são feitas quanto à autonomia de um carro elétrico. Geralmente esse tempo determinado pelo fabricante é especificado nas condições de operação: tráfego constante, portanto sem variações bruscas de velocidade, troca e ou redução de marcha, etc.

A otimização de múltiplas fontes de energia para obter a melhor performance com o menor custo é o percurso no médio prazo da proposição da nula emissão de gases. Sendo assim, podem ser considerados também uma proposta eficaz para o transporte urbano tão problemático nas grandes cidades, devido a sua pouca emissão de gases poluentes se comparados aos veículos à combustão.

Além disso, o perfil aerodinâmico vem sendo bastante estudado assim como já é feito nos veículos a combustível. Tenta-se obter o mínimo de perdas com a resistência do ar. Por isso, muitos carros tem um perfil inovador de *design*.

São também mais silenciosos e não possuem o ruído característico de um automóvel convencional quando ligado. Quanto a isto, investe-se em: para-brisas com isolamento sonoro, o motor é duplamente isolado, existe um controle do fluxo de ar, redução do ruído do limpador do para-brisa. Na estrada, o barulho é amenizado pela existência de um chassi altamente rígido.

### 2.3.2.1 Baterias

As baterias são um fator crítico na adoção em massa dos veículos elétricos, uma vez que estas possuem uma densidade de energia menor que a gasolina [59]. O que têm sido feito é a procura por materiais que possam ter custo inferior, que tenham menor tamanho, que sejam mais leves, que possuem maior ciclo de vida (número de recargas), e que tenham um caráter melhor no armazenamento de energia (maior densidade de energia).

Os tipos mais usuais de baterias empregados nos modelos existentes são [34]:

**Chumbo-ácido  $PbSO_4$ :** Baterias de chumbo-ácido são usados em carros convencionais e caminhões para o arranque, ignição, iluminação e outras funções elétricas. Elas são relativamente baratas e têm uma elevada densidade de potência, mas uma densidade de energia relativamente baixa.

**Hidretos de Níquel (NiMH):** São comumente usados em veículos híbridos. Seu custo é moderado e elas têm uma densidade de energia cerca de duas vezes maior que as baterias de chumbo-ácido, embora a sua densidade de potência seja menor em termos de volume (espaço necessário). Elas também têm uma taxa de auto descarga mais elevada - a tendência para descarregar-se quando não for utilizada, embora sejam capazes de fornecer um alto pico de energia, descargas rápidas repetidas com altas cargas reduzem o ciclo de vida da bateria. Consequentemente, são mais adequadas para aplicações híbridas do que em BEVs, que normalmente experimentam ciclos de descarga profunda.

**Ion-Lítio (LI-ION):** As baterias de íon-lítio são comumente usadas nos PHEVs e BEVs, bem como alguns híbridos convencionais. As suas densidades de energia e densidade de potência são ambas tipicamente maiores do que as de chumbo-ácido e baterias NiMH, e sua eficiência de carga /descarga também é maior. Ao passo que são mais caras e, na sua forma mais comum a sua temperatura deve ser bem controlada, por vezes, necessitando de um elaborado sistema de resfriamento da bateria no veículo. Por causa de sua alta densidade de energia, as baterias de lítio-íon são a escolha preferida para muitos PHEVs e atualmente nos modelos BEVs [97].

**Polímero de Lítio (Li-poli):** A bateria de polímero de lítio é semelhante a outras baterias de íon-lítio, diferenciam-se por um eletrólito sólido de plástico (polímero), o que significa que a sua forma de células não se restringe à forma cilíndrica da maioria dos outros. Isso

significa que a sua forma pode ser alterada em conformidade com espaços específicos dentro de um veículo, fazendo assim uma melhor utilização do espaço. Suas outras características são semelhantes às de outras baterias de íon-lítio. As baterias Li-poli já estão sendo usadas em alguns veículos híbridos.

**Fosfato de Ferro Lítio (LFP):** Existem diversas variações de baterias de íon-lítio, dependendo de sua química interna - especificamente o material utilizado no catodo da bateria. Os materiais de catodo mais comuns são óxidos de cobalto e óxidos de manganês. A bateria de fosfato de ferro lítio utiliza química de íons de lítio, mas com um cátodo de fosfato de ferro. Em comparação com outras baterias de lítio-íon, suporta temperaturas mais elevadas e maior estabilidade química, sem risco de incêndio em caso de sobrecarga ou curto-circuito. Possuem uma classificação de potência de pico maior, mas sua densidade de energia é significativamente menor do que em outras baterias a base de lítio. Baterias de fosfato de ferro lítio estão sendo usadas agora em híbridos e BEVs por algumas montadoras, que consideram que as suas vantagens de segurança são compensadas mesmo com menor densidade de energia.

Uma robusta análise sobre os coeficientes de descarga, tipos de material a serem usados nas células das baterias vem sendo realizada. Por isso, é possível afirmar que nos próximos anos a densidade energética das células de baterias de íons de lítio irão mais que dobrar com a adição de outros materiais como o Manganês e o Cobalto [44].

O custo também deverá cair como demonstrado no estudo *Batteries for Electric Cars: Challenges, Opportunities and the Outlook for 2020* desenvolvido pelo Boston Consulting Group (BCG) [20].

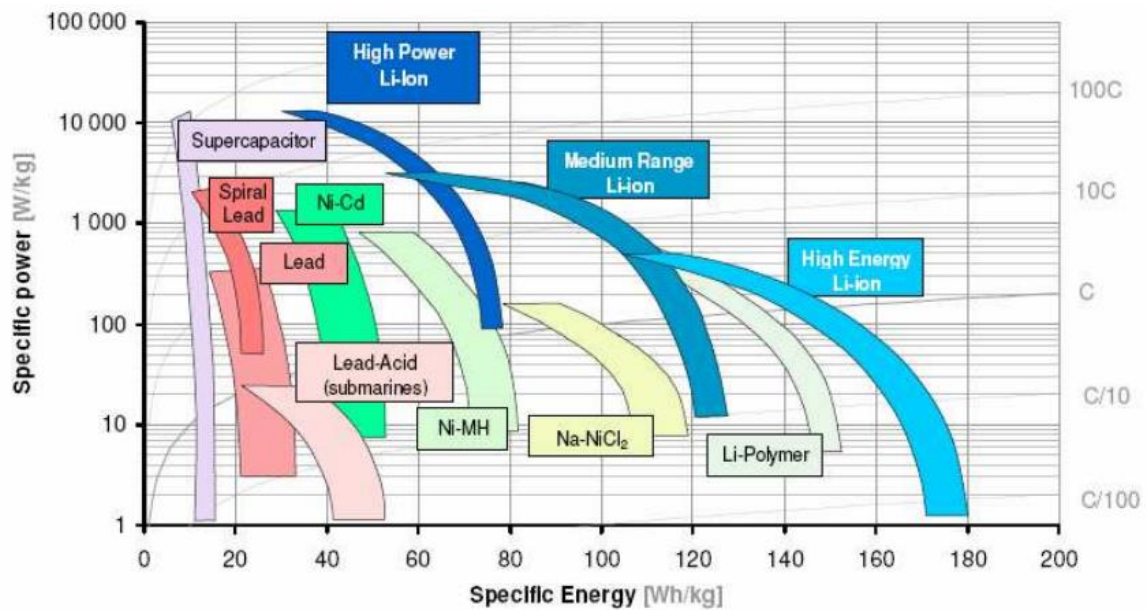


Figura 12 - Curvas de Rangone – Densidade Energética [21]

No Brasil, um convênio entre a FINEP, FPTI e a Itaipu Binacional tem inovado com a utilização de uma bateria de caráter nacional feita à base de sódio para a utilização em carros elétricos [7].

Também devem ser observados os impactos decorrentes da alienação de baterias utilizadas em veículos elétricos. O descarte inadequado pode contaminar o solo, águas subterrâneas e o ar, oferecendo, desta forma, riscos à população. A composição que inclui metais pesados e outros elementos tóxicos podem contribuir para a bioacumulação, processo no qual o produto químico se acumula em alta concentração nos organismos. A reciclagem é uma solução à eliminação inadequada, no entanto, ele ainda tem custos elevados.

### 2.3.2.2 Status da recarga

Após muitos anos de aperfeiçoamento, as tecnologias envolvidas nos veículos elétricos estão se consolidando. Inúmeras pesquisas vêm sendo realizadas nesse campo, sobretudo no que diz respeito ao aumento da autonomia do veículo e possível redução do seu valor de venda devido à otimização das baterias.

O advento dessas novas tecnologias irá, sem dúvidas, assegurar ao mercado automotivo uma aceleração nas vendas dos veículos elétricos. E a conseqüente massificação destes, ampliando assim as frotas de veículos elétricos que cada montadora fabrica atualmente. Isto abre caminho para que outros modelos sejam desenvolvidos.

### 2.3.3 Modos de Recarga

O abastecimento do veículo se dá por um processo de recarga pelo acoplamento da tomada do carro a um borne de alimentação. A recarga pode ser efetuada de três diferentes modos de conexão, como pode ser visto notar na Tabela 3.

Tabela 3 – Tipos de Recarga (Elaboração Própria)

Método	Corrente Máxima (A)	Tensão nominal de alimentação (V)	Média de tempo para recarga
CA Modo 1 (Residencial)	16 A	110 a 127 V ou 220 a 240 V	8 a 10 horas
CA Modo 2 (Normal)	32 A	220 a 240 V	5 a 8 horas
CC Modo 3 (Rápida)	até 400 A	400 a 600 V	1/2 hora

É possível realizar a recarga basicamente por dois modos. O primeiro usando corrente alternada monofásica ou trifásica e o segundo por corrente contínua. O carregamento rápido é melhor implementado como CC (Modo 3), através de conversores implementados no carro. A Figura 13 retrata os componentes da recarga a bordo, que são transportados no veículo e que podem variar.

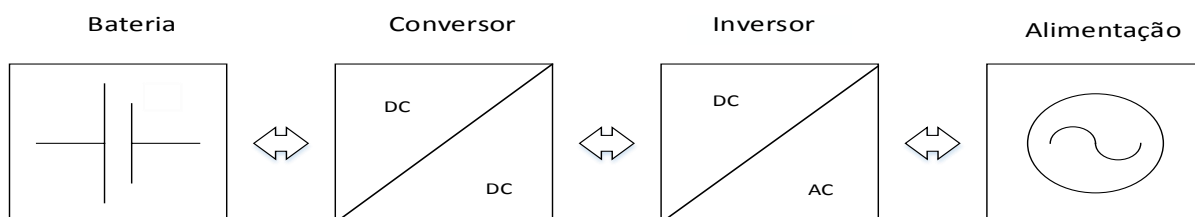


Figura 13 - Diferentes estágios de condicionamento da energia que podem estar incluídas a bordo do veículo ou na própria estação de recarga. (Elaboração Própria)

Para os modos de recarga 2 e 3, as estações de recarga podem ser instaladas em vias públicas, shoppings, supermercados, etc.

### **2.3.3.1 Estado da arte**

A Europa tem investido consideravelmente em pontos de recarga nas rodovias e estabelecimentos comerciais. Este avanço tem sido liderado pelas empresas distribuidoras de energia elétrica, a exemplo da IDC Energy Insights [62]. O continente vem se preparando com a infraestrutura necessária para que os carros elétricos circulem pelas principais cidades sem risco de desabastecimento.

Da expansão da infraestrutura para veículos elétricos no mundo, basta examinar a evolução, por empresa, abaixo relacionadas:

- Alemanha, *Power Utility* - Rheinisch-Westfälisches-Elektrizitätswerk (RWE): 240 pontos de carregamento já instalados e outros 1.000 pontos em processo de instalação;
- Vattenfall (Alemanha): 33 já instalados, outros 50 sendo instalados;
- E.ON (Alemanha): 40 estações de carregamento em Munique e arredores. Mais 60 em processo de instalação;
- Endesa, Iberdrola, e MOVELE: 546 pontos de carregamento em Sevilha, Barcelona e Madrid em processo de instalação;
- A EDP (Portugal): 1.000 estações concluídas em 2011;
- Irlanda ESB (Irlanda): 1.500 estações de carregamento;
- ENEXIS, Liander, Delta, Westland, NRE Netwerk, Rendo, Cogas e TenneT: 10.000 pontos;
- No Reino Unido mais de 200 locais já instalados e, em Londres, 25.000 pontos serão instalados até este ano;
- Noruega: 56 pontos de recarga rápida e 2.984 no final de 2012;
- Enel (Itália): instalação de 400 estações de carregamento em execução;

- Japão: Numero de QC's no Japão dobrou em 14 meses: de 833 para 1600 em fevereiro de 2013. Objetivo para 2020: 5.000 pontos de recarga rápida.

No Brasil foi assinado o Protocolo de Intenções entre BR Distribuidora e Nissan em Junho de 2012 no Rio de Janeiro. Foram instalados dois pontos de abastecimento rápido em postos da cidade [105].

Também em 2012 a USP construiu o primeiro eletroposto para recarga de veículos elétricos em São Paulo fruto da parceria da EDP do Brasil - empresa do Grupo EDP Energia de Portugal - e a universidade [9][50][113].



Figura 14 - Estação de Recarga para veículos elétricos na USP (Elaboração Própria)

Em outubro de 2013 foi aprovada pela Comissão de Minas e Energia da Câmara dos Deputados, a proposta que obriga as concessionárias de energia a instalarem pontos de recarga para veículos elétricos em estacionamentos públicos. A proposta também determinou que caberá ao Executivo criar incentivos para a instalação de tomadas para recarga desses veículos nas garagens de prédios residenciais [27].

### **2.3.3.2 Recarga *wireless***

As perspectivas para o carregamento sem fio dos VEs pareciam muito limitadas. Isso tem mudando ao longo dos últimos 12 meses. Grandes fabricantes de automóveis estão planejando trazer os sistemas sem fio para o mercado nos próximos anos, e uma parcela significativa da indústria acredita que a tecnologia *wireless* representa o futuro dos PEVs [14].

No início de 2014 havia apenas um sistema de carregamento sem fio comercial disponível para PEVs, um sistema de pós-venda oferecido pela Evatran e Bosch, apenas disponível na América do Norte. A maioria dos sistemas de recarga sem fio estão em fase piloto e deverão permanecer lá por mais 2 a 3 anos.

A Navigant Research divulgou um relatório em que prevê que os equipamentos de carregamento sem fio para veículos irá crescer a uma taxa composta de crescimento anual (CAGR - Compound Annual Growth Rate) de 108% entre 2013 e 2022, atingindo um faturamento anual de pouco menos de 302 mil unidades em 2022.

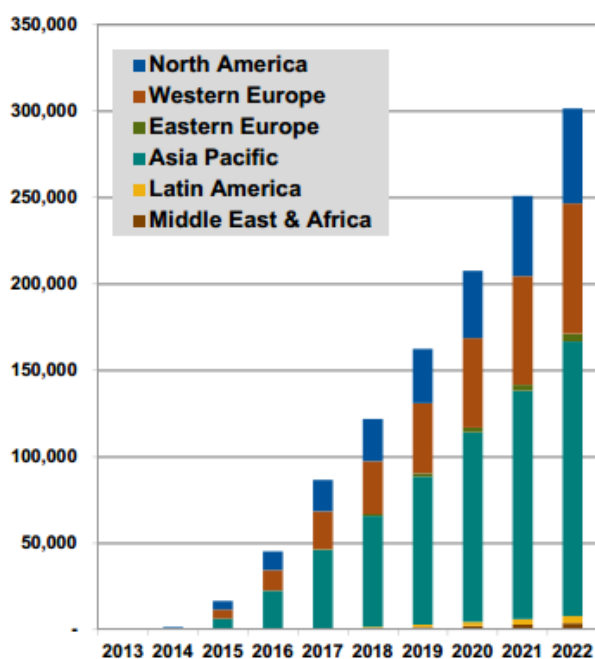


Figura 15 - Taxa de crescimento mundial de estações de recarga sem fio [81]

Este relatório também traz em pauta previsões de mercado global de vendas de sistemas de tarifação para EV com recarga sem fio, segmentados por região até 2022. O relatório também analisa os aspectos de demanda e as barreiras de mercado associados à recarga de EVs sem fio juntamente com os esforços das montadoras para incorporar capacidade de carregamento sem fio em seus modelos EV.

## 2.4 Aplicação nas Redes Inteligentes

### 2.4.1 Geração Distribuída

Geração distribuída consiste na forma de gerar energia elétrica, de maneira a aproximar a geração dos centros consumidores. Isto é, fazer com que a geração esteja perto da carga



que é solicitada ao sistema, ela pode operar também conectada à rede de energia elétrica da concessionária, ou operar de modo isolado. O que é diferente da geração dispersa, visto que esta representa apenas o modelo em que o sistema trabalha de modo ilhado, sem conexão com o restante do sistema da rede de energia elétrica. Um exemplo disto são geradores a diesel que são amplamente usados nas indústrias por serem capazes de reestabelecer a energia a partir de um *blackout*.

A Geração Distribuída (GD) reúne diversos tipos de geração e consequente armazenamento de energia, seja ela de origem fotovoltaica, eólica, e até mesmo formada por pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) [79].

Em teoria, a geração distribuída pode contribuir positivamente em uma variedade de aspectos para seus proprietários e usuários do sistema de distribuição, de forma mais ampla. Alega-se que tal tipo de sistema permite a melhoria da confiabilidade na garantia do fornecimento e também da qualidade da energia entregue ao consumidor, além da redução de custo e emissão de poluentes.

Entretanto, os benefícios desse tipo de geração são altamente dependentes das características de cada instalação e das características da rede elétrica local ao qual esta mini rede será conectada, e podem ser observados segundo a Tabela 4.

**Tabela 4 – Potenciais melhorias da Geração Distribuída (Adaptado de [114])**

<b>Confiabilidade e segurança</b>	<b>Vantagens Econômicas</b>	<b>Benefícios na emissão de poluentes</b>	<b>Benefícios na qualidade de energia</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento na diversidade da geração;</li> <li>- Redução nos impactos de ataques físicos e cibernéticos;</li> <li>- Diminui o congestionamento na transmissão e distribuição.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução de custos provenientes do restabelecimento de energia;</li> <li>- Custo de operação reduzido no horário de ponta do sistema;</li> <li>- Adiamento de investimentos na melhoria da geração, transmissão e distribuição.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução na emissão de poluentes;</li> <li>- Redução de perdas na linha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melhoria no perfil da tensão (menor flutuação);</li> <li>- Menor frequência de quedas de energia;</li> <li>- Redução de harmônicos na rede.</li> </ul>

### **2.4.2 Vehicle to Grid (V2G)**

Os veículos elétricos apresentam portanto uma possibilidade de armazenamento de energia elétrica por meio de suas baterias. Os VEs atuam como *buffers* da rede, armazenando energia durante o horário de baixo consumo energético (vales) e devolvendo à rede nos períodos de maior demanda energética (picos). A integração com as redes inteligentes é dada por intermédio da bidirecionalidade de conexão das baterias do VE com a sistema de distribuição de energia.

O que vale ressaltar é que seria possível obter um acréscimo na oferta energética com o uso desta tecnologia. Possibilita ainda que o consumidor possa administrar o que é gasto da melhor forma e revender essa energia para a distribuidora quando julgar interessante devido ao valor da tarifa nos diferentes horários. Insere então o conceito do chamado “prosumidor”, no qual o cliente além de consumir também a disponibiliza para a rede e passa assim a revendê-la para a própria concessionária [109].

E com isso pode vender para a rede o seu excedente, se assim desejar; ter sua fatura abatida do valor de energia que vendeu; e obter benefícios de manutenção de seus

equipamentos, dentre outras formas de comercialização e precificação dos serviços, ajustadas sempre de acordo com o perfil desejado num relacionamento direto com a concessionária de distribuição de energia.

Em 2009 nos Estados Unidos, o governador de Delaware assinou o projeto de lei (primeiro de seu tipo no mundo), onde se exige que as empresas de energia elétrica compensem os proprietários de carros elétricos pela energia elétrica enviada de volta para a rede com a mesma taxa que é paga pela energia elétrica para carregar as baterias do automóvel [112].

Nesse âmbito no Brasil existe pouco avanço nas questões que envolvem a compra e venda de energia com relação consumidor/“prosumidor”. Pois, para viabilizar este procedimento é preciso regulamentações e normas bem estabelecidas pelos agentes reguladores competentes e operacionais do governo brasileiro. E por fim solucionar as divergências que envolvem os interesses das distribuidoras e os direitos dos consumidores.

## **3 Conceito de Recarga no Centro de Tecnologia da UFRJ**

### **3.1 Considerações Iniciais**

#### **3.1.1 Contextualização**

Nos últimos anos a Escola Politécnica da UFRJ, em parceria com a administração do Centro de Tecnologia, tem apoiado e estimulado iniciativas sustentáveis, com o intuito de incentivar cidades mais inteligentes e conscientizar a comunidade acadêmica da importância de uma mudança de conduta em relação ao meio ambiente. Uma pesquisa realizada pelo Programa de Engenharia de Transportes (PET/COPPE/UFRJ) [85], indica que o deslocamento médio diário de acesso à Cidade Universitária é realizado em aproximadamente 50 minutos nos horários de maior tráfego, levando-se em conta um trajeto aproximado de 20km a 30km. De modo a minimizar os efeitos da emissão de poluentes relativos à frota universitária, e ainda promover a melhoria na mobilidade interna no campus, uma medida de destaque foi a implantação de veículos elétricos de pequeno porte para o transporte de alunos, professores e servidores entre os dois polos do Centro de Tecnologia.

Antecipando-se às mudanças e sob as projeções da ABVE de transição de 10% da frota existente para veículos híbridos/elétricos até 2020 [5], acredita-se ser fundamental a instalação de estações de recarga no estacionamento do Centro de Tecnologia. Aliado a isso, potencializa-se a possibilidade de criação de uma *microgrid* associada a outras formas de geração de energia elétrica – uso de painéis fotovoltaicos e aerogeradores também no estacionamento, por exemplo – para uma maior confiabilidade da rede elétrica existente.

#### **3.1.2 Características do Estacionamento**

O Centro de Tecnologia da UFRJ dispõe atualmente de três seções de estacionamento, as quais são indicadas na Figura 16. A seção 1 destinada exclusivamente aos professores, funcionários e demais servidores e é localizada paralelamente a Avenida Horácio Macedo – vagas entre os blocos A e H. As outras duas seções são exclusivas aos alunos: Seção 2,

cujo acesso se dá pela Avenida Athos da Silveira Ramos e a Seção 3, com acesso pela Rua Moniz de Aragão.

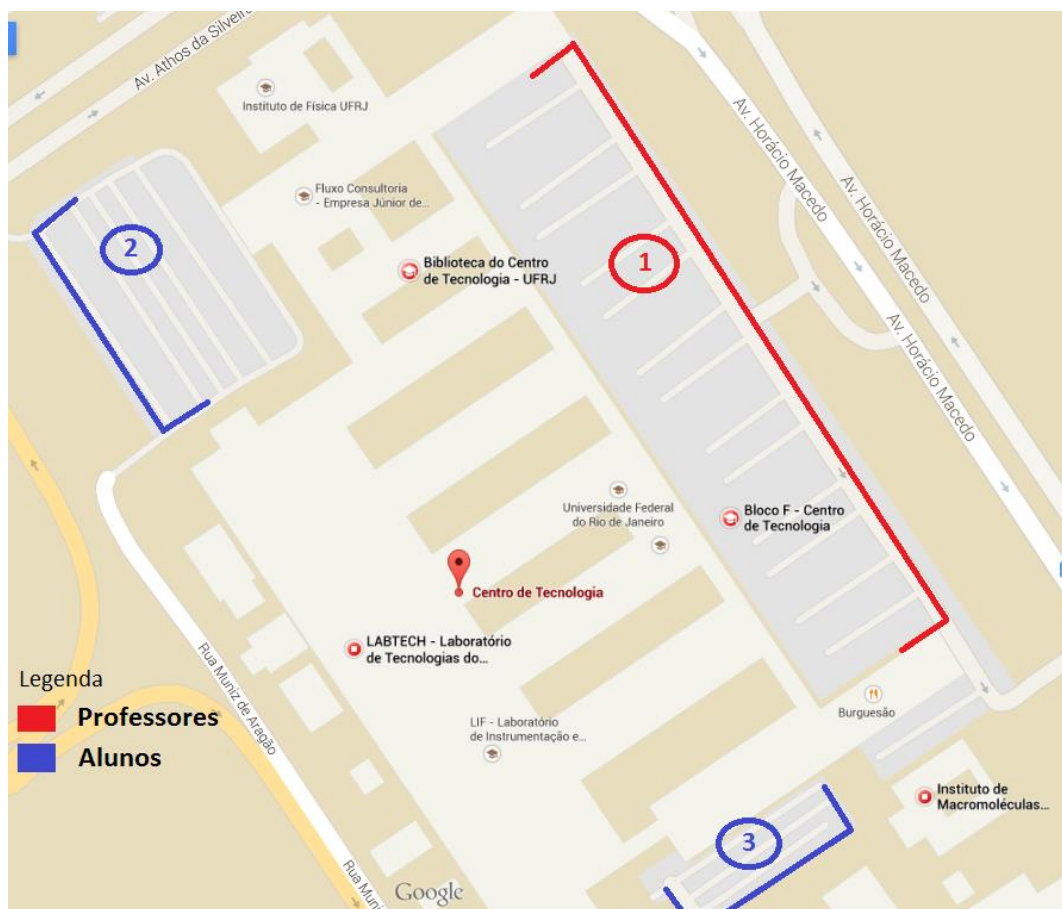


Figura 16 - Visão das seções do estacionamento do Centro de Tecnologia/UFRJ [57]

Ao todo, os estacionamentos disponibilizam aproximadamente 1.000 vagas. A título de análise, considera-se um percentual 10% dessa frota como sendo composta por veículos híbridos ou puramente elétricos em um horizonte de 5 a 10 anos. Portanto, o total de veículos com necessidade de recarga seria de 100 unidades.

Como segunda premissa, a disposição dos pontos de recarga se daria de forma indistinta, sendo o abastecimento irrestrito a qualquer indivíduo da comunidade acadêmica. Logo, os pontos de recarga serão distribuídos proporcionalmente de acordo com o número de vagas de cada seção do estacionamento.

A partir do total de 100 veículos, os pontos de recarga serão implantados numa escala 1:10, estimando-se assim um total de 10 estações de recarga em todo Centro de Tecnologia. A distribuição resultante pode ser observada na Tabela 5.

**Tabela 5 - Distribuição de pontos de recarga por seção do estacionamento do Centro de Tecnologia/UFRJ  
(Elaboração Própria)**

<b>Seções</b>	<b>Vagas disponíveis</b>	<b>Quantidade de veículos híbridos/elétricos</b>	<b>Quantidade de Pontos de Recarga</b>
<b>Seção 1</b>	600	60	6
<b>Seção 2</b>	300	30	3
<b>Seção 3</b>	100	10	1
<b>Total:</b>	1.000 vagas	100 veículos	10 pontos

Na sequência, são definidos os modelos de veículos elétrico e híbrido e estudadas suas especificações e parâmetros de recarga, a fim de instalar as estações de recarga em conformidade com as mesmas.

### **3.1.3 Modelos dos carros e características**

A escolha dos veículos representativos foi estabelecida com base em uma análise dos modelos existentes no mercado, e para os quais foi possível reunir o máximo de informações junto aos fabricantes. Para o modelo elétrico, em especial, foi escolhido um veículo existente pertencente ao Fundo Verde/COPPE/UFRJ.

#### **3.1.3.1 Modelo Híbrido**

O modelo híbrido a ser considerado é o Toyota Prius Plug-in, que já registra mais de 7 milhões de unidades vendidas em quase 80 países. Desde o seu lançamento em 1997, a montadora vem desenvolvendo novas tecnologias e novos modelos foram lançados.



**Figura 17 – Modelo híbrido a ser utilizado [110]**

O Prius possui quatro modos de direção, a saber: ‘Normal’, no qual os motores à combustão e elétrico são utilizados; ‘Power’, com resposta de aceleração dos dois motores até 25% superior; ‘Eco’, que possibilita redução no consumo de combustível entre 8% e 20%; e ‘EV’ – *Electric Vehicle*, o qual aciona apenas o motor elétrico. De acordo com a montadora, a tecnologia *Hybrid Synergy Drive* empregada no Prius emite aproximadamente 44% menos CO<sub>2</sub> em comparação com um veículo convencional de mesma potência. Além disso, 95% dos componentes da bateria podem ser reutilizados.

A autonomia deste é estimada em 1.200km, o que em termos de distância é equivalente a uma viagem de ida e volta de São Paulo a Belo Horizonte, aproximadamente, com apenas um tanque. O consumo de combustível do sedã em média é de 6,2 km/l em perímetro urbano e 10,7 km/l na estrada – levando em consideração a versão XEi, que conta com o motor 2.0 e é a mais vendida da linha. Apesar de contar com o motor de combustão, o Prius é consideravelmente silencioso em comparação aos veículos convencionais. Em relação às suas vendas, o maior mercado consumidor se concentra no Reino Unido, contabilizando 20% das vendas na Europa, enquanto no Brasil suas vendas tiveram início em 2013.

### **3.1.3.2 Modelo Elétrico**

Já para o modelo elétrico, será adotado o Nissan Leaf. Este modelo já possui mais de 100 mil unidades vendidas em todo o mundo desde 2010. Foi o primeiro veículo 100% elétrico comercializado em série. O domínio de 33% das vendas europeias de automóveis elétricos de passageiros garante ao *hatch* da Nissan a liderança de mercado no Velho Continente.



**Figura 18 - Nissan Leaf, modelo puramente elétrico a ser utilizado [82]**

Este modelo também dispõe de quatro diferentes modos de direção: ‘Eco’ – destinado a uso com redução de consumo – ‘Drive’, ‘Parking’ e ‘Reverse’.

O Nissan Leaf conta com avançadas baterias de Lítio (Li-Ion) de 24 kWh, que armazena e fornece energia para o motor, conferindo emissão zero de gases poluentes. Ele contém ainda um carregador de bordo de 6,6kW, permitindo a recarga completa do veículo em cerca de cinco horas (Modo 2), ou em um tempo máximo de oito horas, numa tomada do tipo domiciliar (Modo 1). O cabo de recarga é do tipo MODO-3 e pode ser utilizado em estações públicas de carregamento compatíveis, nas quais a gestão da comunicação de segurança é efetuada diretamente entre a tomada e o veículo.

O modelo contém ainda um sistema de frenagem regenerativa onde é possível resgatar parte da energia dissipada por atrito durante o processo, sendo estocada novamente em seu banco de baterias. Com o *display* de energia, o usuário pode acompanhar o consumo ou o armazenamento de energia, de acordo com a aceleração ou a frenagem, respectivamente [86].

A partir do apresentado acima, na próxima seção serão analisadas as especificações e os requisitos técnicos para o dimensionamento adequado dos pontos de recarga.

## **3.2 Funcionamento**

### **3.2.1 Pré-Requisitos Técnicos e Especificações**

Em junho de 2013, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a norma ABNT NBR IEC 61851-1:2013 – “Sistema de recarga condutiva para veículos



elétricos”. Esta norma visa estabelecer diretrizes e procedimentos técnicos para os sistemas embarcados ou não embarcados de recarga de veículos elétricos rodoviários com tensões alternadas normalizadas (conforme a IEC 60038) até 1.000 V e para tensões contínuas até 1.500 V. Da mesma forma, rege sob a alimentação de energia elétrica de todos os serviços auxiliares do veículo durante a conexão à rede elétrica.

Os carros elétricos possuem normalmente um carregador embarcado, que é um dispositivo de eletrônica de potência. Ele é responsável por realizar a conversão do tipo de energia elétrica do padrão da concessionária fornecedora, majoritariamente em C.A. (Corrente Alternada) em C.C. (Corrente Contínua).

## **3.2.2 Estação de Recarga e Conectores**

### **3.2.2.1 Estações de Recarga**

A estação de recarga, ou EVSE (*Electric Vehicle Supply Equipment*), é propriamente o local onde os veículos híbridos e elétricos *plug-in* podem recarregar as baterias usando a rede elétrica. Tendo como base a

Tabela , observa-se que as tomadas utilizadas nas estações de recarga se diferenciam do padrão convencional devido ao emprego de conectores especialmente desenvolvidos para esse tipo de conexão. Para a recarga rápida (Modo 3), o padrão ChadeMo é atualmente o mais utilizado em todo o mundo.



Figura 19 – Estação de recarga usando corrente alternada [46]



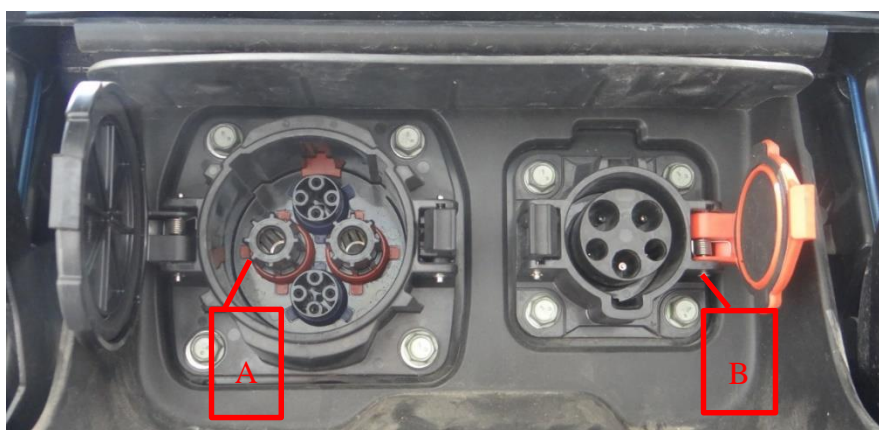
Figura 20 - Borne de recarga rápida no estacionamento da USP com parceira da EDP Brasil (à esquerda). Borne de recarga no Posto BR no Rio de Janeiro (à direita) (Elaboração Própria)

Para o Nissan Leaf, a recarga lenta é realizada com capacidade de corrente máxima preestabelecida de 16A, sem possibilidade de alteração quando feita com o *Trickle Charger Cable*, uma mini-EVSE portátil.



**Figura 21 - Trickle Charger Cable (Elaboração Própria)**

O carregamento lento é feito sempre em uma rede elétrica de CA, com tensão de 220 V e a corrente demandada depende tanto da capacidade do carregador embarcado, quanto da capacidade da instalação elétrica do ponto de tomada de energia. A diferença em relação a uma simples conexão dá-se pelo fato de, no carregamento normal, o VE pode demandar uma corrente elétrica variante de 16A até 50A, limite este já considerado como carregamento rápido.



**Figura 22 – Box A – Modo 3, Box B – Modo 1 e 2 (Elaboração Própria)**

Portanto, o carregador embarcado é usado tanto nos carregamentos de Modos 1 e 2. Segundo as recomendações dos fabricantes, dentre todos os modos de recarga, o Modo 1 deve ser priorizado por conferir à bateria um maior prazo de vida útil.



**Figura 23 - Recarga Modo 2 no Nissan Leaf (Elaboração Própria)**

Na recarga rápida, não se faz necessário o uso do conector do *Trickle Charger Cable*, pois a energia elétrica é fornecida ao VE na forma de tensão em corrente contínua. A recarga rápida só pode ser realizada em estações de carregamento dedicadas, dado que estas estações estão conectadas à rede de MT.



**Figura 24 - Recarga Rápida no Nissan Leaf (Elaboração Própria)**

Retomando a abordagem da vida útil das baterias, a Nissan informa que se a recarga rápida é a principal maneira de que se vale o proprietário do modelo Leaf, então a perda gradual da capacidade das baterias é de cerca de 10% a mais do que com a recarga lenta [83]. Os testes também foram realizados com uma construção alternativa de bateria, contendo fosfato de ferro-lítio e titanato de lítio, capazes de permitir o carregamento ultrarrápido em apenas 5 minutos sem afetar significativamente a vida útil, mesmo após 20 mil ciclos de carga-descarga [118]. Devido a sua natureza, a quantidade de calor produzida tanto durante a utilização normal da bateria, quanto durante sua recarga, é

maior do que aquela respectiva às baterias de íon-lítio, tornando-se necessário o resfriamento ativo das mesmas. No entanto, esta construção ainda não foi testada em grande escala.

### 3.2.2.2 Conectores

Assim como a divisão dos modos de recarga de veículos elétricos, os diferentes tipos de conectores utilizados para essa finalidade são também classificados, seguindo a norma IEC 62196-2. Mais precisamente, o padrão por ela estabelecido remete aos conectores utilizados quando da recarga em CA (Modos 1 e 2). Atualmente, são dois os tipos de maior penetração no mercado: o Tipo 1 [65], comumente chamado de “conector Yazaki”, o qual segue a recomendação SAE J1772, da *Society of Automotive Engineers* (SAE) e cujo polo de utilização se concentra na América do Norte e Japão; e o Tipo 2, chamado também de “conector Mennekes”, usado como padrão pela *Association des Constructeurs Européens d’Automobiles* (ACEA). Existe ainda o conector de Tipo 3, o “*EV Plug Alliance*”, estabelecido a partir da aliança formada entre companhias de França e Itália. Entretanto, devido à adoção do Tipo 2 como padrão, por parte da ACEA, a utilização deste conector restringe-se em grande parte ao mercado francês.



Figura 25 - Conector Tipo 1 [5]

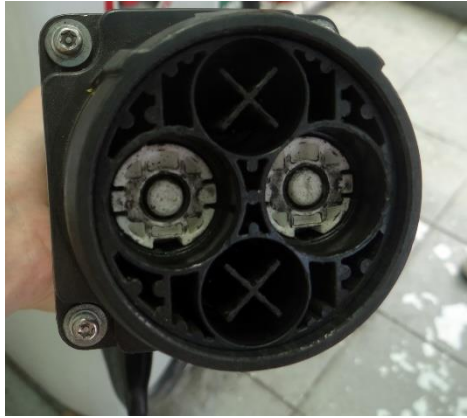


Figura 26 - Conector Tipo 2 [117]

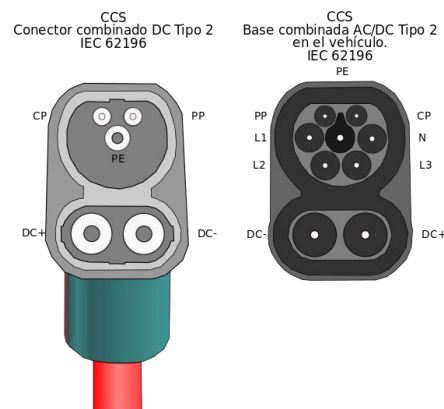


Figura 27 - Conector Tipo 3 [100]

Em relação aos conectores CC (Modo 3), utilizados para recarga rápida dos VEs, a especificação mais difundida em todo mundo é a CHAdeMO, que descreve a realização da recarga rápida em tensões de até 500V e correntes elétricas de até 200A. Além disso, existe ainda a proposição por parte tanto da SAE quanto da ACEA em estabelecer uma nova especificação para a recarga rápida, a qual adicionaria conectores CC a conectores CA já existentes, de modo a implantar apenas um único “envelope” global para recargas Modo 3. Essa especificação é denominada de Sistema de Recarga Combinada (CCS – *Combined Charging System*) e não necessariamente apresentará concorrência ao CHAdeMO, uma vez que o custo adicional de uma estação de recarga rápida detentora das duas especificações é de apenas 5%, sendo esse o principal argumento de campanha para a instalação de estações multipadronizadas [32].



**Figura 28 - Conector CHAdeMO usado no Modo 3 (Elaboração Própria)**



**Figura 29 - Sistema de Recarga Combinada com padrão Tipo 1 e Tipo 2 de conectores. [117]**

### 3.2.2.3 Tomadas

A respeito das tomadas é necessário sempre respeitar o limite informado no plugue a ser utilizado. Atualmente, a norma ABNT NBR 5410:2004, que rege todas as exigências para instalações elétricas no Brasil, descreve que as cargas lentas de VEs padronizadas internacionalmente encontram-se fora de conformidade no país, pois pontos de tomada de propósito geral são definidos para fornecer até no máximo 10A, e não 16A. Ainda segundo a norma brasileira, pontos de tomada acima de 10A devem ser considerados PTUEs, isto é, Pontos de Tomada de Uso Específico.

A NBR 14136 unifica as diferentes versões dos plugues e tomadas existentes no mercado nacional em dois modelos básicos: bipolar (2P) e bipolar com contato de aterramento (2P + T). O novo padrão foi elaborado de maneira a evitar a conexão de equipamentos com potência superior à que a tomada é capaz de suportar. Em termos de corrente elétrica nominal, a NBR estabelece dois modelos de plugues e tomadas:

- i) Plugues e tomadas para 10 A (PTUG<sup>7</sup>);
- ii) Plugues e tomadas para 20 A (PTUE), onde “*todo ponto de utilização previsto para alimentar, de modo exclusivo ou virtualmente dedicado, equipamento com corrente nominal superior a 10A deve constituir um circuito independente.*” (ABNT NBR 5410:2004 Versão Corrigida: 2008) [3].

A distinção prática dos modelos está no diâmetro do orifício de entrada da tomada, sendo maior no modelo de 20A. Como resultado, os modelos para 20A permitem a conexão de ambos os plugues, enquanto os modelos de 10A, apenas plugues de 10A, garantindo que a capacidade de corrente nominal não seja excedida [66].

Esta norma prevê ainda que para a tomada fixa, exista o terceiro pino – chamado também de contato de aterramento, ou ainda contato PE – de modo a atender às exigências quanto à presença de condutor de proteção nos circuitos elétricos de baixa tensão.

### **3.2.3 Comunicação com a Rede e Controle**

#### **3.2.3.1 Horário para Efetuar a Recarga**

Na presente análise, a recarga dos VEs se enquadra no modo de carga imediata, isto é, ao conectar o cabo, o carregamento será iniciado imediatamente e automaticamente. Considera-se ainda o horário em que a maior parte da comunidade acadêmica permanece no Centro de Tecnologia se dá entre 8h e 17h. De certa forma, trata-se de um horário bastante salutar para efetuar a recarga dos veículos, tanto da ótica do Sistema Elétrico, quanto daquela do consumidor final.

Do ponto de vista técnica, é preciso considerar a modalidade tarifária contratada pela UFRJ para o Centro de Tecnologia e a curva de demanda do mesmo. A modalidade tarifária horo-sazonal verde é a contratada pela UFRJ para o CT. Esta é caracterizada pela aplicação de quatro diferentes tarifas de consumo de energia elétrica, as quais variam de acordo com as horas do dia e estações do ano. Consiste numa alternativa oferecida às unidades consumidoras cujo atendimento pelo sistema elétrico interliga-se com tensão inferior a 69 kV [19].

---

<sup>7</sup> PTUG – Ponto de Tomada de Uso Geral



Portanto, é preciso observar o perfil de demanda diária do CT para que a recarga seja feita sem ultrapassar a demanda contratada no respectivo horário e época do ano, o que poderia acarretar até mesmo o desligamento do fornecimento de energia para o CT pela Light.

### **3.2.3.2 Tráfego de Informações**

As estações de carregamento são capazes também de transferir informações operacionais através de uma conexão a cabo ou de forma remota para o gabinete contendo o gerenciamento automático de recarga do sistema. As informações são então armazenadas em um banco de dados utilizado pelo sistema de gestão, podendo ser instalado de duas formas:

- i) Localmente: se um sistema já estiver operacional e adaptado para a gestão de veículos elétricos;
- ii) Remotamente: se a operação for realizada em outro local ou subcontratadas através de uma prestadora de serviços.

Assim, obtém-se uma supervisão de estações, observando-se dados como: qualidade de energia, usuários e infraestrutura e gestão.

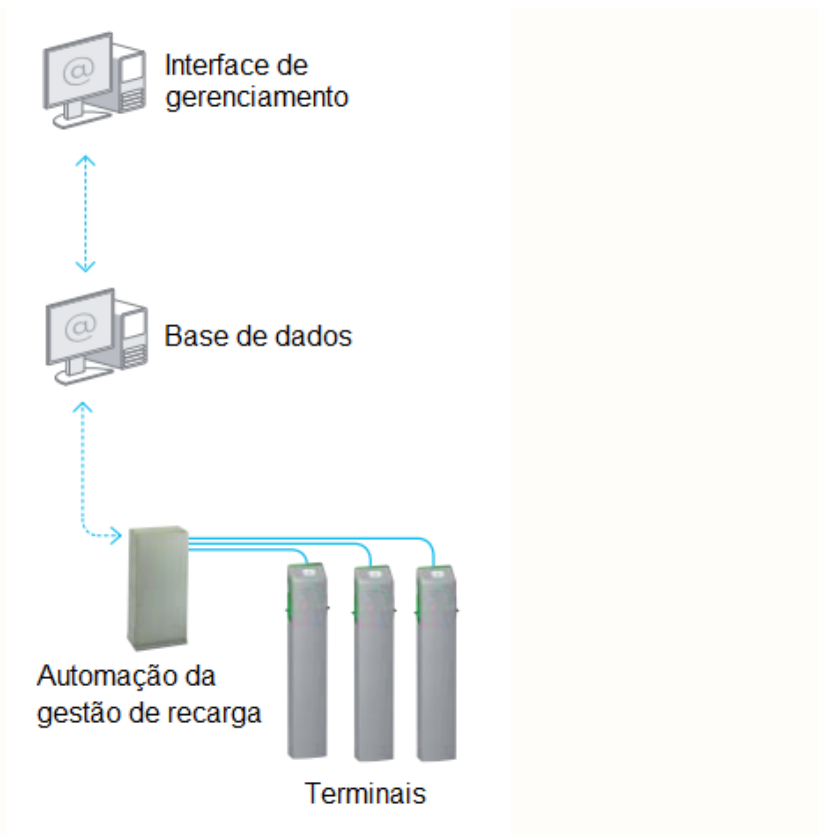


Figura 30 – Controle e Comunicação [101]

Conforme previamente descrito na seção 3.2.2.2, a SAE e a ACEA vêm desenvolvendo, a partir dos Tipos 1 e 2 de conectores, modelos combinados, possuidores de pinos adicionais para acomodar carga CC rápida em 200-450V<sub>CC</sub>, até 90kW. Estes novos modelos também utilizarão o protocolo GreenPHY PLC (*Power Line Communication*) para a comunicação entre o veículo e o meio exterior, como o carregador e a rede inteligente. De modo geral, as principais capacidades do protocolo de sinalização a ser utilizado baseiam-se nas diretrizes estabelecidas pelo IEC 61851, por sua vez fundamentadas na SAE J1772, e são apresentadas a seguir.

- A estação de abastecimento, ou EVSE, fornece um sinal de detecção de sua presença conectado a entrada do VE;
- O veículo detecta que está conectado, entrando assim em bloqueio (evitando que o veículo se movimente enquanto estiver conectado);
- As funções de monitoramento e controle são realizadas na sequência;
- O equipamento de abastecimento detecta a conexão com um veículo elétrico;

- O equipamento de abastecimento indica ao PEV que está pronto para fornecer energia;
- Os requisitos de ventilação do PEV são determinados;
- A capacidade de fornecimento de corrente do equipamento, de acordo com o PEV;
- Comandos do fluxo de energia para o PEV;
- O PEV e o equipamento de abastecimento monitoram, permanentemente, a continuidade do aterramento de segurança;
- A operação de carga continua, tal como determinado pelo PEV;
- A operação de carga pode ser interrompida por simplesmente desconectar o cabo do veículo.

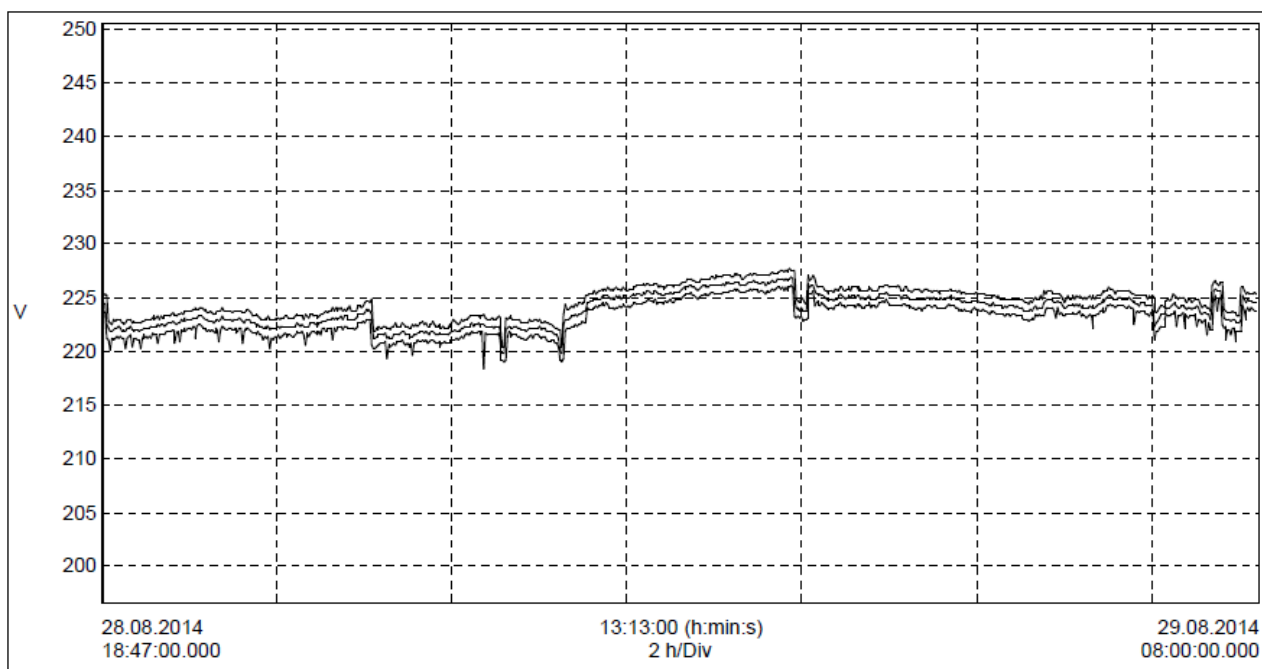
### 3.2.4 Testes Realizados

A partir da gentil cessão do veículo elétrico Nissan Leaf, por parte do Fundo Verde/COPPE/UFRJ, foi possível adquirir dados relativos aos níveis de consumo, tensão e corrente elétrica durante sua recarga.



Figura 31 – Veículo elétrico utilizado para os testes, modelo Nissan Leaf (Elaboração Própria)

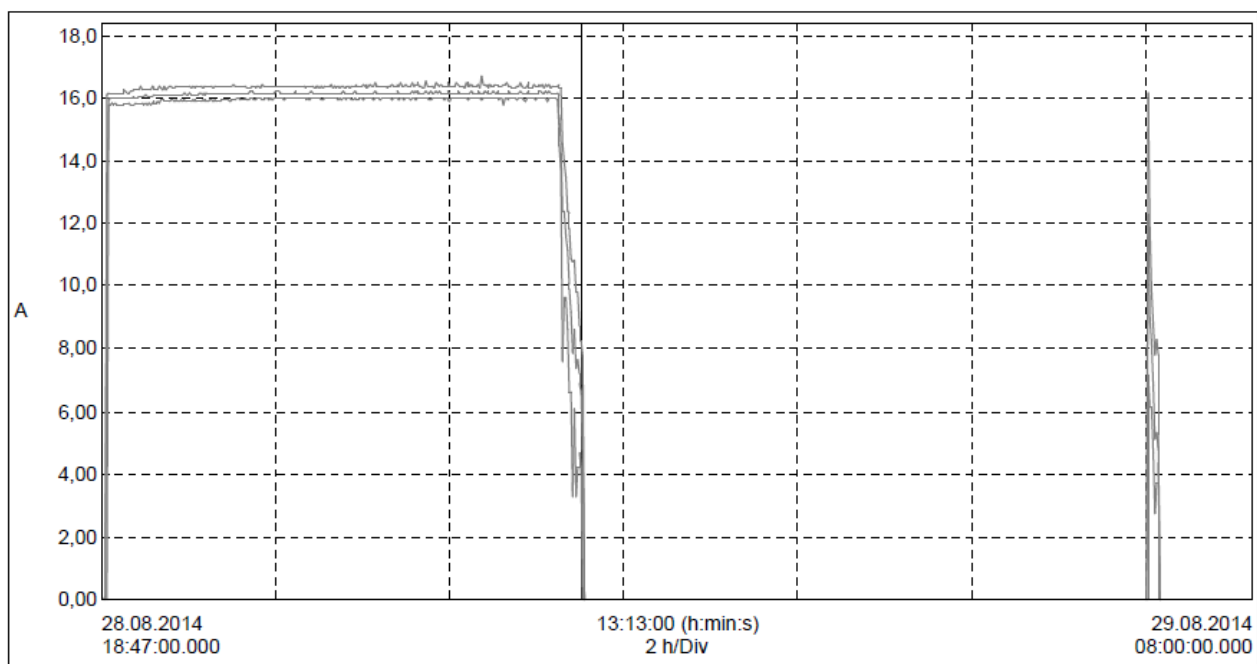
No dia 28/08/2014, foram observados os seguintes parâmetros:



**Figura 32 - Perfil de tensão durante a recarga [92]**

**Tabela 6 – Valores de tensão observados durante a recarga (Elaboração Própria)**

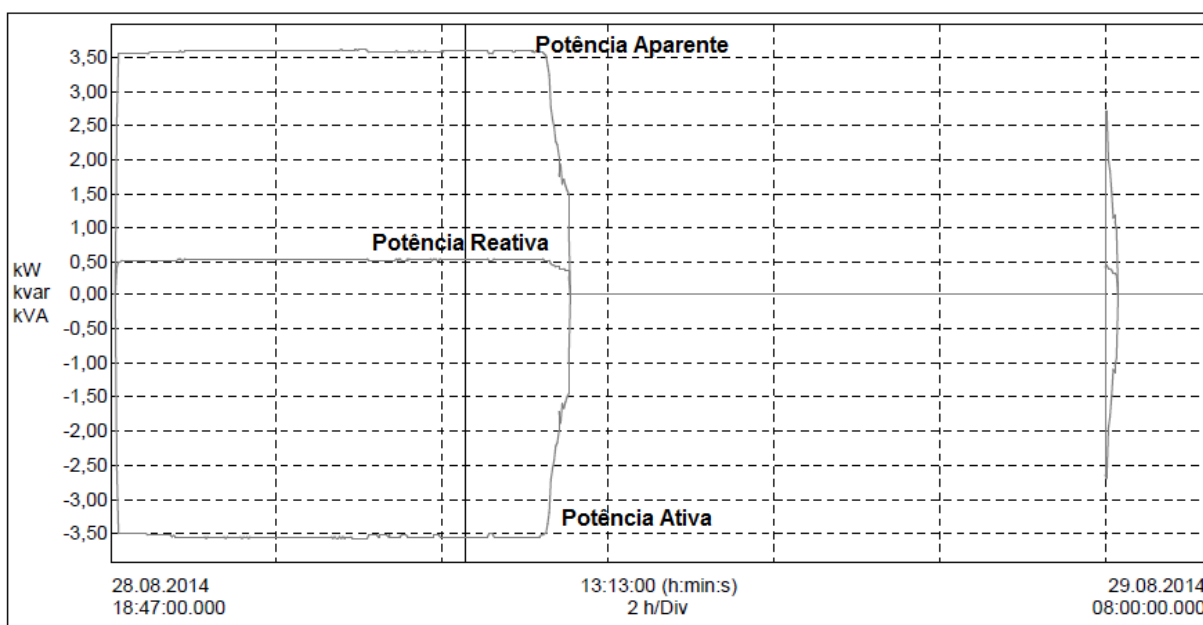
Tensão RMS Máxima	225,0 V
Tensão RMS	224,2 V
Tensão RMS Mínima	223,5 V



**Figura 33 - Perfil de Corrente durante a recarga [92]**

**Tabela 7 - Valores de corrente observados durante a recarga (Elaboração Própria)**

Corrente RMS Máxima	6,810 A
Corrente RMS	6,650 A
Corrente RMS Mínima	4,190 A



**Figura 34 - Perfil de Potências durante a recarga [92]**

**Tabela 8- Valores Médios de Potências observados durante a recarga (Elaboração Própria)**

Potência Ativa	-3,560 kW
Potência Reativa	527,5 var
Potência Aparente	3,599 kVA

### **3.3 Impactos na Rede**

Tal qual as unidades de geração distribuída, os VEs podem gerar um impacto inapropriado na rede elétrica, bem como instalações elétricas nas residências dos consumidores, caso não sejam apropriadas para o aumento da carga respectiva. Além disso, sugere-se ainda a recarga no local de trabalho ou de estudo, uma vez que poderia reforçar a quantidade de potência necessária para o deslocamento diário, diminuindo o tempo de recarga ao fim de todo um dia de utilização.

Adicionalmente, a capacidade de carregar em qualquer estação é restrita pela bitola dos condutores a partir do painel de disjuntor do circuito, bem como dos fusíveis. Ademais, o contrato de fornecimento com a Light – distribuidora de energia elétrica da cidade do Rio de Janeiro – bem como a capacidade da linha de alimentação podem restringir a potência disponível, especialmente se outros aparelhos de alta capacidade forem usados simultaneamente. Consequentemente, cresce o risco de sobrecarga do transformador associado à rede, podendo acarretar quedas de tensão, interrupção do fornecimento e redução da vida útil do equipamento, devido ao desgaste induzido por temperatura de seu isolamento.

O período da carga, sua localização e o consumo total são também aspectos muito importantes. O horário de início da recarga do VE tem um significativo efeito sobre a rede elétrica. A recarga desordenada no horário de ponta impõe claramente um novo pico para o sistema e pode causar um congestionamento ainda maior na rede local. A recarga controlada no horário fora de ponta pode, no entanto, fazer com que esse pico seja deslocado, de modo que o sistema experimente dois períodos de maior demanda. A recarga inteligente é aquela que otimiza o método de abastecimento do veículo de maneira mais benéfica possível para a distribuidora de energia e os usuários finais.

O sincronismo é afetado pelos períodos disponíveis para carregamento, estratégias e expectativas dos usuários de veículos sobre o status da bateria. As expectativas quanto à recarga variam com o tipo de veículo (PHEV / PEV) e das características da bateria, uma vez que uma bateria de maior capacidade não precisa necessariamente estar sempre cheia no momento da próxima partida.

A média de consumo típico de energia elétrica da bateria para VE é entre 0,17 a 0,25 kWh / km, dependendo do peso do veículo, arraste e as condições de condução [5]. Dois critérios técnicos devem ser levados em conta para calcular o incremento de potência que a adição destes veículos irá demandar do sistema:

- i) A potência disponível no sistema para carregar os veículos existentes;
- ii) A potência máxima exigida durante a recarga do veículo (Modos 1, 2, ou 3).

Sendo assim, é feito o cálculo da potência total que deve ser disponibilizada para este sistema, e estipulam-se possíveis mudanças de infraestrutura: aterramento, dimensionamento dos cabos, etc. Com a inclusão de todas estas novas variáveis, novos desafios na operação da rede surgem:

- Abordagem tradicional inadequada no planejamento da rede baseada num modelo de geração verticalmente integrado;
- Gestão e integração de geração intermitente e dispersa;
- Trânsito de potências bidirecional;
- Garantia do balanceamento energético e confiabilidade do sistema;
- Papel ativo do usuário (gestão ativa de cargas e microgeração);
- Controle coordenado de tensão e de energia reativa;
- Gestão de cargas com respostas e ações automatizadas (automação da distribuição e algoritmos de *self-healing*<sup>8</sup>).
- Transferência de cargas;

---

<sup>8</sup> Self-healing é um sistema composto por sensores, controles automatizados e software avançados que utilizam dados da distribuição em tempo real para detectar e isolar falhas e para reconfigurar a rede de distribuição para minimizar os clientes afetados.

Muitos estudos a respeito dos impactos sobre a rede elétrica da introdução de veículos elétricos ressaltam que não poderia haver um aumento excessivo do consumo de eletricidade sem as modificações que se façam necessárias [1].

### **3.3.1 Conexão à Rede de Distribuição**

No Brasil, a ANEEL – órgão responsável por proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade – por meio do PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional) estabeleceu em seu Módulo 8 a regulamentação sobre a qualidade de energia elétrica. A principal barreira regulatória, tal como foi para a GD, é a falta de especificidade nos regulamentos para o tratamento de questões como conexão, medição e contratação de energia, respeitando as atribuições legais e também a Política Energética Nacional [2]. Diversas dessas problemáticas se referem a temas de competência do MME. Tratam-se de políticas públicas que devem ser levadas a cargo do Ministério.

Com relação à interação V2G, não existe de fato uma norma de suporte à conexão de veículos elétricos na rede de distribuição. Espera-se os requisitos mínimos para efetuar esta conexão, definindo critérios para garantir a qualidade de energia, classificando bases em parâmetros de tensão, potência, etc.

### **3.3.2 Oportunidade para Desenvolvimento do GLD**

#### **3.3.2.1 Definição**

Entende-se por Gerenciamento pelo Lado da Demanda – GLD, proveniente do termo em inglês *Demand Side Management*, uma estratégia a fim de garantir a estabilidade na rede de energia elétrica. O fornecimento e a demanda de energia elétrica devem permanecer em equilíbrio em tempo real. Tradicionalmente, as concessionárias de energia apelam às usinas geradoras para que aumentem sua geração de energia ou ampliem sua capacidade para atender à crescente demanda.

O GLD destaca fatores importantes como eficiência energética e da resposta à demanda, ou seja, funcionando a partir do outro lado da equação – em vez de acrescentar mais geração ao sistema, ele estimula os usuários a reduzirem seu consumo de forma



consciente. Isto porque é normalmente mais barato e mais fácil de se realizar o GLD do que a o aumento da capacidade de geração tradicional. Ele permite ainda que os usuários de todos os tipos possam atuar como "usinas virtuais." Sendo assim, voluntariamente reduzindo sua própria demanda de energia elétrica, estas empresas distribuidoras auxiliam na estabilização da rede, e os usuários são recompensados por contribuir nesta tarefa. Vale ressaltar que este é um tipo de recurso despachável e é utilizado apenas quando as concessionárias o julgarem necessário.

Em linhas gerais, o principal intuito do GLD é tentar poupar os sistemas de geração, transmissão e distribuição de operarem no seu limite máximo, ou seja, que uma melhor administração da demanda seja feita com a ajuda dos consumidores em benefício próprio. As consequências positivas seriam o aumento do fator de carga da companhia, a redução de perdas e uma possível redução no custo da energia.

Os EVs podem, potencialmente, diminuir os custos de integração de geração distribuída e fontes de energia variáveis, criando flexibilidade no sistema de energia. Por outro lado, EVs competirão com outras fontes possíveis de resposta à demanda.

### **3.3.2.2 Modalidades**

O GLD apresenta como finalidade os seguintes métodos para moldar a curva de carga [56]:

i) Rebaixamento de pico (*peak clipping*):

É uma das formas mais clássicas de gerenciamento de carga. O rebaixamento de pico é definido pelo corte da carga feito de forma direta pela concessionária de energia. Normalmente isto é feito apenas em casos extremos de pico do sistema e além disso faz com que a empresa não só tenha custo reduzido uma vez que não será necessário gerar mais energia, mas também postergar investimentos na transmissão e distribuição.

ii) Preenchimento de vales (*valley filling*):

Este método é também clássico e estimula o consumidor a consumir mais nos horários fora de ponta, e assim preencher os vales. Os custos para produzir energia também são mais baixos e mais vantajosos para as concessionárias.

iii) Deslocamento da carga (*load shifting*):

Consiste na técnica de alterar a curva de carga a partir da transferência da carga no horário de pico para o horário fora de pico. Sendo assim ela se combina às técnicas do rebaixamento de pico e preenchimento de vales. Deste modo, este método normalmente é associado a um plano de tarifas diferenciado de acordo com o horário onde a demanda de carga é maior e os custos de operação também.

iv) Conservação Estratégica (*strategic conservation*):

O foco deste método é a eficiência energética, pois diminui a procura global de carga aumentando a eficiência do uso de energia. "Estratégica" destina-se a distinguir entre o que ocorre naturalmente e aquilo que a concessionária estimula. A demanda é reduzida não só durante horários de pico, mas também em outras horas do dia. As concessionárias investem na troca de aparelhos que consomem menos energia no lugar daqueles que demandam mais energia.

v) Crescimento estratégico da carga (*strategic load growth*):

Trata-se puramente do aumento do consumo de energia elétrica através do desuso de tecnologias de combustíveis fósseis, substituindo-as pelo uso de eletricidade. Com a consolidação dos veículos elétricos no mercado é de se imaginar que a demanda por energia elétrica crescerá.

vi) Curva de carga flexível (*flexible load shape*):

Acima de tudo está relacionado ao conceito da confiabilidade. No planejamento futuro, que deve englobar o estudo da oferta e da demanda, a carga poderá ser flexível se forem dados aos consumidores opções de qualidade do serviço, que variam conforme o preço. Este programa envolve interrupção da carga, gerenciamento integrado da energia e instrumentos individuais de controle de carga [39][60].

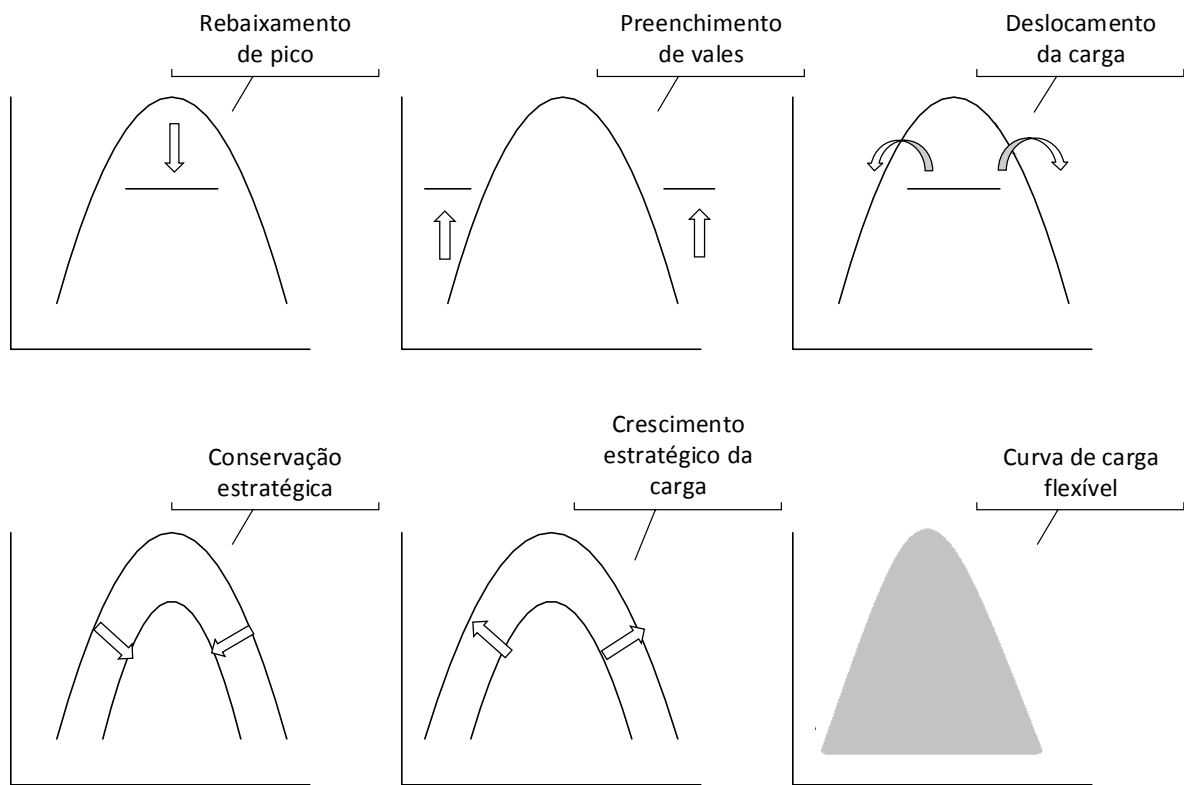


Figura 35 – Variações do modelo para molde da curva de carga (Elaboração Própria)

### 3.3.2.3 Benefícios do GLD

As redes elétricas inteligentes fornecem os insumos necessários para fazer do GLD um projeto rentável e prático. Os benefícios dos programas de GLD abrangem todas as diversas partes interessadas nesta mudança do padrão do consumo de energia elétrica.

Para o regulador tem-se a concreta implementação das tarifas variáveis com foco na redução no horário de ponta do sistema.

Para a concessionária resulta na melhora da confiabilidade, a qual assegura a qualidade da energia fornecida aos clientes, permitindo a conexão de novas fontes de energia. Além disso, possibilita uma evolução no controle dos ativos, pois com o menor carregamento do sistema geram-se ganhos em qualidade no planejamento e também garante-se a distribuição mais eficaz de energia.

Como benefícios para o consumidor têm-se a redução e estabilização de custos e o sensível aperfeiçoamento do serviço oferecido. Da mesma forma, a demanda passa a ser atendida também de maneira mais eficiente. Já em maior escala, reduz-se a necessidade

de operação de usinas de geração térmica, acarretando assim menor emissão de gases poluentes. Obtém-se, portanto, a conservação do meio ambiente de forma efetiva.

### **3.3.2.4 Desafios na Implementação**

Nos locais onde o desenvolvimento tecnológico ainda não é tão vasto, a conscientização por eficiência energética e outros programas como o GLD são também menores. Normalmente é necessário investir em estratégias de marketing para que o consumidor realmente perceba que ele será o principal beneficiado e que sua participação é fundamental.

Primeiramente é preciso realizar uma auditoria para avaliar se é viável, se o GLD é aconselhável. Pois, através desta conclusão é possível obter uma série de medidas que o programa deverá possuir. De acordo com [98], programas de gerenciamento da carga para aumentar a eficiência energética precisam considerar os seguintes fatores: custo para o cliente, a variação do preço da energia elétrica e outros combustíveis fósseis, o valor das perdas que foram evitadas devido a um sistema elétrico confiável além de quaisquer perdas potenciais na produção quando da implementação de programas de GLD. É primordial uma análise financeira robusta acerca dos benefícios que impactarão no consumo.

Uma questão importante é o fato da informação ser trocada em tempo real. Portanto é necessário o uso dos *smart meters*, os medidores inteligentes que enviam informações à distribuidora de energia a partir das instalações consumidoras em tempo real, o que permite a coleta de dados para a tomada de decisão. Estes medidores ainda estão sendo difundidos e possuem um custo elevado se comparado àqueles utilizados em larga escala nos domicílios.

Vale ressaltar que, por vezes, existe a percepção de que a energia elétrica é um componente de pequeno custo se comparado ao custo global e, portanto, a motivação para modificar o perfil de carga é pequena.

Quando os valores de combustíveis estão envolvidos, a análise de sensibilidade pode não ser realizada adequadamente. Contudo é preciso levar em conta as possíveis variações no custo da eletricidade ou imprecisões na estimativa de capital a ser investido.

Todos os investimentos têm que ser justificados como parte do procedimento de encontrar fundos para o projeto do GLD. Isto se aplica tanto aos fundos provenientes de recursos internos, próprios da empresa, aos fundos de bancos ou outras instituições de financiamento. Sem uma avaliação competente de um projeto deste porte, torna-se difícil conseguir a aprovação de fundos, interna ou externamente. A falta de recursos é, na maioria das vezes um dos maiores desafios para a implementação dos projetos de GLD.

### **3.3.2.5 Comentários Finais sobre o GLD**

O gerenciamento pelo lado da demanda é, em suas diversas formas, uma ferramenta importante para permitir a utilização mais eficiente dos recursos energéticos disponíveis de um país. Por exemplo, o GLD aplicado aos sistemas de energia pode atenuar situações de emergência do sistema de energia elétrica, minimizar apagões e aumentar a confiabilidade do sistema. De um modo geral, pode reduzir também a dependência de importações de matéria-prima para a geração de energia, ou do produto final em alguns países, e reduzir os preços da eletricidade.

Sem dúvida, o GLD atenua os impactos de sobrecarga aos quais a rede de energia elétrica está submetida e às centrais de geração de energia, posterga investimentos em geração como também nas redes de transmissão e distribuição. E contribui para reduzir as emissões de poluentes danosos ao meio ambiente. Portanto, com a utilização do GLD pode-se obter benefícios econômicos e ambientais significativos.

A manutenção preventiva e os cuidados com a limpeza dos equipamentos são maneiras simples e de baixo custo para reduzir a demanda e promover outros benefícios na procura pela otimização do processo de melhoria do consumo.

A modicidade tarifária é uma valiosa oportunidade para o consumidor aproveitar as tarifas diferenciadas, alterando os perfis de carga ou através da celebração de novos acordos contratuais com as concessionárias de energia.

No caso dos VEs no Centro de Tecnologia, os serviços potencializados por este conceito são: o *Peak shaving*, em que VEs contribuem com a rede durante os períodos de pico, e a transferência da potência de reserva dos carros ajudaria em situações de rede congestionada.

Por conseguinte, é importante divulgar os programas de GLD para mostrar aos clientes os seus potenciais benefícios e as técnicas, muitas vezes bastante simples, para assim reduzir a demanda de energia elétrica [102].

## 4 Conclusão e Sugestões para Trabalhos Futuros

### 4.1 Conclusão

Por meio dos estudos realizados foi possível contemplar uma projeção futura do incremento de veículos com baixas emissões de CO<sub>2</sub> no mercado automobilístico brasileiro apresentando assim o cenário mundial de inclusão desses veículos na frota global devido, entre outros fatores, aos incentivos fiscais de inovação em mobilidade urbana sustentável.

Este trabalho apresentou as tecnologias envolvidas pelas *smart grids* e seus respectivos benefícios. Por outro lado, o advento das REI é acompanhado de novos atores importantes no sistema pois além das fontes de energia renováveis, os VEs também geram desafios. Em seguida foram abordadas as principais características dos veículos elétricos. Uma vez que seu desempenho está diretamente atrelado as baterias, e existe grande pesquisa acerca delas.

Nas redes inteligentes, a geração distribuída poderá ser integrada por meio da modalidade do V2G e com isso os PHEVs e PEVs podem descongestionar e até mesmo reforçar o sistema de energia elétrica principalmente nos períodos de ponta através do fornecimento da energia armazenada por meio das baterias.

Contudo, nos dias atuais, devido à gama ainda limitada de veículos híbridos e elétricos *plug-in*, o estabelecimento de uma infraestrutura de reabastecimento se torna necessário para viabilizar a disseminação no uso destes. É preciso, portanto, assegurar que os usuários do Centro de Tecnologia da UFRJ possam realizar seus trajetos de ida e retorno sem o risco de falta de recarga. Na prática, para aumentar a conveniência e fomentar o uso desses veículos, a implantação de estações de carregamento também foi o foco deste trabalho.

Para ilustrar o comportamento dos veículos *plug-in* foram escolhidos dois modelos com elevado registro de vendas. Um de caráter híbrido e outro de caráter elétrico somente. Em síntese, a recarga do Nissan Leaf disponibilizado se deu de forma padrão, tendo como base o que foi estruturado neste trabalho.

Por fim, constata-se que o desenvolvimento de programas de GLD quando bem estruturados podem auxiliar na redução da demanda nos horários de pico de determinada área com o uso de VEs possibilitando uma melhoria na qualidade de energia, menos perdas e economicidade em gastos com geração, transmissão e distribuição de um modo geral.

## 4.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

A partir do trabalho realizado, é possível estudar a integração dos veículos híbridos e elétricos plug-in a fim de compor uma *microgrid* usando a tecnologia V2G. Esta tecnologia poderia fazer parte de um sistema de geração distribuída no próprio Centro de Tecnologia, o qual incluiria ainda outras fontes renováveis de energia, tais como solar e eólica.

O tipo de cobrança que poderá ser aplicado em tal condição e o custo de implementação por meio de incentivos fiscais também podem vir a ser estudados. Assim como as modificações nas instalações elétricas que precisarão ser feitas (transformadores, disjuntores, *stecks*).

Além disso, pode ser objeto de estudo a análise da gestão administrativa, técnica e financeira e aspectos variados como: consumo de energia elétrica de cada veículo, estado da bateria (tempo em uso, número de ciclos de carga realizados, nível de carga remanescente, e calendário de manutenção).

No mais, cabe ainda citar a elaboração de aplicativos que se comuniquem com o banco de dados do sistema, para fornecer informações aos usuários das estações de recarga. Isto permitiria que o consumo de energia elétrica do veículo pudesse vir a ser remotamente consultado, assim como poderia ser feita uma estimativa do tempo restante de carregamento, a determinação do período que o veículo já está no estacionamento e também a quantidade de CO<sub>2</sub> que foi salva. Além disso, a determinação da posição disponível através do GPS<sup>9</sup> do veículo permitiria que estações de carregamento mais próximas pudessem ser encontradas.

---

<sup>9</sup> GPS – Global Positioning System. O sistema de posicionamento global é um sistema de navegação por satélite que fornece a um aparelho receptor móvel a sua posição, assim como informação horária, sobre todas as condições atmosféricas, a qualquer momento e em qualquer lugar na Terra.



## Referências Bibliográficas

- [1] ABCM, A Review on the Impact of Electric Grid. [S.1], 2013.
- [2] ABINEE, O Papel da ANEEL na Regulação da Geração Distribuída. Disponível em: <<http://www.tec.abinee.org.br/2011/arquivos/s410.pdf>>. Acesso em: Janeiro 2015.
- [3] ABNT, NBR 5410:2004 Versão Corrigida:2008. [S.1.], 2008.
- [4] ABRADÉE. Projeto Estratégico de P&D, Redes Elétricas Inteligentes. [S.1.], 2012.
- [5] ABVE, Por Que Agora o Carro Elétrico?. Disponível em: <http://www.abve.org.br/destaques/2013/destaque13026.asp> . Acesso em: Dezembro de 2014.
- [6] ADVANCED AUTOMOTIVE BATTERIES, Automakers Say Yes to Extended EV Ranges, No To Tesla's Battery Technology. Disponível em: <<http://www.advancedautobat.com/press/Automakers-say-yes-to-extended-EV-ranges-no-to-Tesla-battery-technology.html>>. Acesso em: Janeiro 2015.
- [7] AHK, Visão Global do Programa Veículo Elétrico. Disponível em: <[http://www.ahkbrasilien.com.br/fileadmin/ahk\\_brasilien/portugiesische\\_seite/departamentos/Meio\\_Ambiente/Ecogerma\\_2013/Painel\\_2\\_Mobilidade/Programa\\_Veiculo\\_Eletrico\\_com\\_enfase\\_no\\_Projeto\\_Bateria\\_de\\_Sodio\\_Nacional.pdf](http://www.ahkbrasilien.com.br/fileadmin/ahk_brasilien/portugiesische_seite/departamentos/Meio_Ambiente/Ecogerma_2013/Painel_2_Mobilidade/Programa_Veiculo_Eletrico_com_enfase_no_Projeto_Bateria_de_Sodio_Nacional.pdf)>. Acesso em: Janeiro 2015.
- [8] ALCANTARA M. V. P. Capítulo II – Desafios Tecnológicos e Regulatórios em Rede Inteligente no Brasil. Fascículo Smart Grids – Redes Inteligentes ed. 66, p. 48-58, 2012.
- [9] AMBIENTE ENERGIA, Eletroposto para Recarga. Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2012/10/eletroposto-para-recarga/20972>>. Acesso em: Janeiro 2015.
- [10] ANEEL, ANEEL Regulamenta Medidores Eletrônicos. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012. Disponível em: Acesso em: Janeiro 2015.
- [11] ANEEL, Chamada N 011/2010 Projeto Estratégico: Programa Brasileiro de Rede Elétrica Inteligente, Brasília, DF, Brasil. [S.1.], 2010.
- [12] ANFAVEA, Dados Estatísticos. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>>. Acesso em: Dezembro 2014.
- [13] ARMSTRONG M.; MOUSSA C. E. H.; ADNOT J.; GALLI A.; RIVIERE P. Optimal Recharging Strategy for Battery-switch Stations for Electric Vehicles in France. Energy Policy, vol. 60, p. 569–582, 2013.
- [14] AUTO EVOLUTION, Wireless Charging for Electric Vehicles Explained. Disponível em: <<http://www.autoevolution.com/news/wireless-charging-for-electric-vehicles-explained-80753.html>>. Acesso em: Janeiro 2015.

- [15] AXSEN J.; KURANI K. Hybrid, Plug-in Hybrid, or Electric - What do car buyers want? Energy Policy vol. 61, p. 532–543, 2013.
- [16] BAITELO, R. L; Modelagem Completa e Análise dos Recursos Energéticos do Lado da Demanda para o PIR. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, SP, Brasil. [S.l.]: [s.n.], 2006.
- [17] BARAN, R., “A Introdução de Veículos Elétricos no Brasil: Avaliação do Impacto no Consumo de Gasolina e Eletricidade”, Tese de Doutorado, Departamento de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. [S.l.]: [s.n.], 2012.
- [18] BEN. Balanço Energético Nacional - Relatório Síntese. Empresa de Pesquisa Energética. [S.l.]. 2014.
- [19] BEHENCK I. S. Estudo Comparativo da Viabilidade de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, Através do Software Homer. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; [S.l.]: [s.n.], 2011.
- [20] BCG, Batteries For Electric Cars. [S.l.], 2010.
- [21] BNDS, Baterias para VE's. [S.l.], 2010.
- [22] BORBA B. S. M. C., Modelagem Integrada de Veículos Leves Conectáveis à Rede Elétrica no Sistema Energético Brasileiro. Tese de Doutorado. PPE/COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. [S.l.]: [s n], 2012.
- [23] BRADLEY, T. H. and FRANK, A. A. Design, Demonstration and Sustainability Impact Assessments for Plug-In Hybrid Electric Vehicles, Renew. Sust. Energy Reviews, p.115–128, 2009.
- [24] BRAGA, N. B. Gerenciamento pelo Lado da Demanda em áreas Residenciais. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; [S.l.]: [s.n.], 2014.
- [25] BREEZCAR, Nissan Leaf, Comment la Recharger?. Disponível em: <<http://www.breezcar.com/actualites/article/nissan-leaf-borne-de-recharge-et-wallbox-2013>>. Acesso em Novembro 2014.
- [26] CALDWELL J., The Smart Grid Business Case. Washington, DC, USA. [S.l.], 2012.
- [27] CAMARA DOS DEPUTADOS, Comissão Aprova Recarga de Carro Elétrico em Estacionamentos Públicos. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/ECONOMIA/456144-COMISSAO-APROVA-RECARGA-DE-CARRO-ELETRICO-EM-ESTACIONAMENTOS-PUBLICOS.html>>. Acesso em: Dezembro 2014.
- [28] CAMARGO, I. M. T.; LAMIN, H.; ALBUQUERQUE, J. M.; LEITE, D. R. V. Motivadores Brasileiros para as Redes Inteligentes. Metering International, v. 2, p.11-13, 2011.

- [29]CANADIAN AUTOMOBILE ASSOCIATION, Gas, Hybrid and Electric: What Do You Need to Know. Disponível em:<<http://caa.ca/newengines/caa-engine-ebook-en/>>. Acesso em Janeiro 2015.
- [30]CAPAR I.; MICHAEL K.; JORGE LEON V.; TSAI Y. An Arc Cover–path-cover Formulation and Strategic Analysis of Alternative-fuel station Locations. Academic Press, Elsevier, EUA. European Journal of Operational Research, vol. 227. p.142–151, 2012.
- [31] CESP, Manual P&D ANEEEL. [S.1], 2008.
- [32]CHADEMO, 2013 World EV Summit in Norway – CHADEMO, Nissan and Volkswagen Align on Promoting Multi-Standard Fast Chargers to Accelerate Infrastructure Deployment and EV Adoption. [S.l.]. 2013.
- [33]CIDADES DO BRASIL, Medidor Inteligente. Disponível: <<http://cidadesdobrasil.com.br/cgicn/news.cgi?cl=099105100097100101098114&arecod=12&newcod=435>>. Acesso em: Janeiro 2015.
- [34]CIRRELT, Battery Electric Vehicles for Good Distribution: A Survey of a Vehicle Technology, Market Penetration, Incentives and Practices. [S.l.]. 2014.
- [35]CLEAN TECHNICA, Now Is The Time To Keep Your Smart Grid A Team Together. Disponível em: <<http://cleantechnica.com/2015/02/05/now-time-keep-smart-grid-team-together/>>. Acesso em: Janeiro 2015.
- [36]COOPER POWER SYSTEMS, Self-Healing Grid. Disponível em: <[http://www.cooperindustries.com/content/public/en/power\\_systems/solutions/self-healing.html](http://www.cooperindustries.com/content/public/en/power_systems/solutions/self-healing.html)>. Acesso em: Janeiro 2015.
- [37]CPQD, Carro Elétrico. Disponível em: <<http://www.cpqd.com.br/tags/carro-eletrico>>. Acesso em: Novembro 2014.
- [38]DA SILVA JR J. P. Combate ao Desperdício de Energia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Engenharia Elétrica, Juiz de Fora, MG, Brasil. [S.l.]: [s.n.], 2005.
- [39]DE CAMPOS, A. Gerenciamento Pelo Lado da Demanda: Um Estudo de Caso. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. [S.l.]: [s.n.], 2004.
- [40]DE CASTRO, B. H.; FERREIRA T. T. Veículos Elétricos: Aspectos Básicos, Perspectivas e Oportunidades. BNDES Setorial n. 32, p. 267-310, 2010.
- [41]DE PAULA, R. C. Análise do Impacto Conjunto da Geração Distribuída e Veículos Elétricos Plug-In em Sistemas Elétricos. Projeto de Graduação. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Elétrica, Curitiba, PR, Brasil. [S.l.]: [s.n.], 2011.
- [42]DONG J.; LIN Z. Within-day Recharge of Plug-in Hybrid Electric Vehicles: Energy Impact of Public Charging Infrastructure. Oak Ridge National Laboratory, National Transportation Research Center, USA. Transportation Research, Part D n. 17, p. 405–412, 2012.

- [43]DRIVE CLEAN, Plug-in Electric Vehicles. Disponível em: <[http://driveclean.ca.gov/pev/Plug-in\\_Electric\\_Vehicles/BEVs.php](http://driveclean.ca.gov/pev/Plug-in_Electric_Vehicles/BEVs.php)>. Acesso em: Dezembro de 2014.
- [44]DULEEP G.; ESSEN H.; KAMPMAN B.; GRUNIG M. Assessment of electric vehicle and battery technology. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/docs/d2\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/docs/d2_en.pdf)>. Acesso em: Dezembro de 2014.
- [45]E-CAR, Electric Vehicle Home and Workplace Smart Charge Points Recommended Technical Specification. [S.l.], 2012.
- [46]EFACEC, Mobilidade Elétrica. Disponível em: <[http://www.efacec.pt/presentationLayer/efacec\\_empresa\\_00.aspx?idioma=1&area=8&local=303&empresa=147](http://www.efacec.pt/presentationLayer/efacec_empresa_00.aspx?idioma=1&area=8&local=303&empresa=147)>. Acesso em: Janeiro 2015.
- [47]EIA, Vehicle Choice Modeling and Projections for the Annual Energy Outlook. [S.l.], 2013.
- [48]ELEKTROMOTIVE, Charge Points Management Systems. Disponível em: <[http://www.elektromotive.com/pages/network/charge\\_point\\_management\\_systems.html](http://www.elektromotive.com/pages/network/charge_point_management_systems.html)>. Acesso em: Dezembro de 2014.
- [49]ELHEDHLI S.; MERRICK R. Green Supply Chain network design to reduce carbon emissions. Department of Management Sciences, University of Waterloo, Canada. Transportation Research, Part D vol. 17, p. 370–379, 2012.
- [50]ENERGIA INTELIGENTE, EDP e USP Fecham Parceria para Desenvolver Redes Inteligentes. Disponível em: <<http://energiainteligenteufjf.com/2011/10/09/edp-e-usp-fecham-parceria-para-desenvolver-redes-inteligentes/>>. Acesso em: Janeiro 2015.
- [51]ENERGY CENTER, California Plug-in Electric Vehicle Driver Survey Results. [S.l.], 2013.
- [52]EPE. Anuário Estatístico de Energia Elétrica. Empresa de Pesquisa Energética. [S.l.], 2013.
- [53]FARRET, F. A. Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica. 2 ed. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.
- [54]FOLEY A.; TYTHER B.; CALNAN P.; GALLACHOIR B. O. Impacts of Electric Vehicle Charging under Electricity Market Operations. Applied Energy. [S.l.], 2012.
- [55]FUNDO VERDE. Disponível em: <[http://www.fundoverde.ufrj.br/images/projetos/evte\\_aquaviario/transp\\_illha\\_fundao\\_14\\_08.pdf](http://www.fundoverde.ufrj.br/images/projetos/evte_aquaviario/transp_illha_fundao_14_08.pdf)>. Acesso em: Outubro 2014.
- [56]GELLINGS, C. W. The Concept of Demand-Side Management for Electric Utilities. n. 10, p. 1468–1470, [S.l.] 1985.
- [57]GOOGLE, Google Maps. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Centro+de+Tecnologia/@-22.861096,->

43.230194,17z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x99793653897e45:0x71e2b3ce458e89f3>.  
Acesso em: Dezembro 2014.

[58]GUIMARAES P. H. V.; MURILLO A.; ANDREONI M.; Mattos D. M. F.; FERRAZ L. H. G.; PINTO F. A. V.; COSTA L. H. M. K.; DUARTE O. C. M. B. Capítulo 3 - Comunicação em Redes Elétricas Inteligentes: Eficiência, Confiabilidade, Segurança e Escalabilidade. GTA/PEE-COPPE/DEL-Poli - Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ, Brasil. [S.l.]: [s.n.], 2013.

[59]HANNISDAHL O. H. Why are thousands of Norwegians buying EVs? Disponível em: < [https://tapahtumat.tekes.fi/uploads/3cec0247/Hannishdahl\\_Ole\\_Henrik-7025.pdf](https://tapahtumat.tekes.fi/uploads/3cec0247/Hannishdahl_Ole_Henrik-7025.pdf)>.  
Acesso em: Dezembro de 2014.

[60]HONG, J. The Development, Implementation, and Application of Demand Side Management and control (DSM+c) Algorithm for Integrating Microgeneration System within Built Environment. University of Strathclyde, Department of Mechanical Engineering. [S.1]: [s n], 2009.

[61]HUANG D.; BILLINTON R. Effects of Load Sector Demand Side Management Applications in Generating Capacity Adequacy Assessment. IEEE Transactions on Power Systems, vol. 27, n.1, p.335-343, 2012.

[62]IDC ENERGY INSIGHTS, Smart Utilities. Disponível em: <<http://www.idc.com/prodserv/insights/energy/ps/utilities.jsp#Research>>. Acesso em: Janeiro 2015.

[63]IEADSM, Integration of Demand Side Management, Distributed Generation, Renewable Energy Sources and Energy Storages, State of the art report., vols. 1,2: Main report. [S.l.], 2007.

[64]IEA, Tracking Clean Energy Progress 2014. [S.l.], 2014.

[65]IEC, A Step Forward for Global EV Roll-Out. Disponível em: <<http://www.iec.ch/newslog/2011/nr0411.htm>>. Acesso em: Fevereiro 2015.

[66]INMETRO, Padrão Brasileiro de Plugues e Tomadas. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pluguestomadas/base-normativa.asp>>. Acessado em: Janeiro 2015.

[67]ITAIPU BINACIONAL, Projeto Veículo Elétrico. Disponível em: <<http://www.itaipu.gov.br/ve/>>. Acesso em: Janeiro 2015.

[68]KEMPTON W.; TOMIC J. Vehicle-to-grid Power Fundamentals: Calculating Capacity and Net Revenue. Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy. University of Delaware, USA. Journal of Power Sources n. 144, p. 268–294, 2005.

[69]KEMPTON W.; KUBO T. Electric-drive Vehicles for Peak Power in Japan. Energy Policy n. 28, p. 9-18, 2000.

- [70]KIHM A.; TROMMER S. The New Car Market for Electric Vehicles and the Potential for Fuel Substitution. *Energy Policy*, vol. 73, p. 147–157, 2014.
- [71]LATEC, Ampla - Energia em Busca da Inovação. Disponível em: <[http://www.latec.uff.br/cneg/documentos/palestras\\_cne4/ampla\\_joao\\_curty.pdf](http://www.latec.uff.br/cneg/documentos/palestras_cne4/ampla_joao_curty.pdf)>. Acesso em: Janeiro 2015.
- [72]LEITE D. R. V. Medidores Eletrônicos: Uma Análise da Viabilidade Econômica no Contexto das Redes Inteligentes. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília, DF, Brasil. [S.l.]: [s.n.], 2013.
- [73]LIU Y.; TREMBLAY J.; CIRILLO C. An Integrated Model for Discrete and Continuous Decisions with Application to Vehicle Ownership, Type and Usage Choices. University of Maryland, Department of Civil and Environmental Engineering, USA. *Transportation Research, Part A* vol. 69. p. 315–328, 2014.
- [74]LIGHT, Medidos Inteligentes. Disponível em:<<http://smartgridlight.com.br/medidores-inteligentes/>>. Acesso em: Janeiro 2015.
- [75]LIM Y. S.; WHITE S.; NICHOLSON G.; TAYLOR, P. Additional Applications of Demand Side Management Techniques in Power Systems Integrated with Distributed Generation. *CIREN*, 2005.
- [76]LUTSEY N. A Technical Analysis of Model Year 2011 US Automobile Efficiency. Institute of Transportation Studies, University of California, USA. *Transportation Research, Part D* vol. 17. p. 361–369, 2012.
- [77]MASSOUD A.; WOLLENBERG B. Toward a Smart Grid. *Power Delivery for the 21<sup>ST</sup> Century*. IEEE Power & Energy Magazine, vol. 3, n. 5, p. 34-41, 2005.
- [78]MENDOZA J. E.; MORALES D. A.; LOPEZ R. A.; LOPEZ E. A.; VANNIER J. C.; COELLO C. A. Multiobjective Location of Automatic Voltage Regulators in a Radial Distribution Network Using a Micro Genetic Algorithm. *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 22, n. 1, p. 404-412, 2007.
- [79]MIT, Study on The Future of the Electric Grid, p. 109-126, 2011.
- [80]MOBILE, Formas de Carregamento de Veículos Eléctricos em Portugal. [S.1], 2011.
- [81]NAVIGANT RESERACH, Wireless Charging Systems for Electric Vehicles. [S.1], 2014.
- [82]NISSAN, Owner Manual. [S.1], 2013.
- [83]NISSANUSA, Nissan Leaf Technology FAQ, Charging & Range. Disponível em: <<http://www.nissanusa.com/electric-cars/leaf/charging-range/battery/>>. Acesso em: Dezembro de 2014.
- [84]PIELTAIN FERNANDEZ L.; GOMEZ SAN ROMAN T.; COSSENT R.; MATEO DOMINGO C.; FRIAS P. Assessment of the Impact of Plug-in Electric Vehicles on

Distribution Networks. IEEE Transactions on Power Systems, vol. 26, n.1, p.203-213, 2011.

[85]PET, Dados Estatísticos Tempo Médio de Viagem. [S.l.], 2014.

[86]PLUG-IN CARS, Cars. Disponível em: < <http://www.plugincars.com/cars>>. Acesso em: Dezembro 2014.

[87]PROJETO DE REDES, Norma ABNT NBR 14136:2002. Disponível em: <[http://www.projetoderedes.com.br/artigo\\_norma\\_abnt\\_14136.php](http://www.projetoderedes.com.br/artigo_norma_abnt_14136.php)>. Acesso em: Janeiro de 2015.

[88]PRODIST, Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição, Revisão 5, Retificação 1. [S.l.], 2012.

[89]PWC, Charging Forward, PwC's 2012 Electric Vehicle Survey. [S.l.], 2012.

[90]PWC, EV Market Outlook - State of the Plug-in Electric Vehicle Market. [S.l.], 2013.

[91]QIAN K.; ZHOU C.; ALLAN M.; YUAN Y. Load Model for Prediction of Electric Vehicle Charging Demand. International Conference on Power System Technology, p.1-6, 2011.

[92]POWER PAD 8335. Dados coletados do qualímetro durante a recarga do Nissan Leaf [S.l.], 2012

[93]REDE INTELIGENTE, Inmetro Aprova Medidor Inteligente da Itron. Disponível em: <<http://www.redeinteligente.com/2013/05/08/inmetro-aprova-medidor-inteligente-da-itron/>>. Acesso em: Janeiro 2015.

[94]RIVERA R.; ESPOSITO A. S.; TEIXEIRA I. Redes Elétricas Inteligentes (*smart grid*): Oportunidade para Adensamento Produtivo e Tecnológico Local. Revista do BNDES n. 40, p. 43-84, 2013.

[95]RODRIGUES F. F. Impactos dos Carros Elétricos no Sistema de Energia Elétrica com os Princípios em Smart Grids. Projeto de Graduação. Universidade Federal do ABC, Santo André, SP, Brasil. [S.l.]: [s.n.], 2013.

[96]REEEP, Modulo 14 Demand-side Management. [S.1], 2009.

[97]SABER ELETRONICA, Bateria de Ion-Lítio Conceitos Básicos e suas Potencialidades. Disponível em: <<http://www.sabereletronica.com.br/artigos/2911-bateria-de-ltio-on-conceitos-bsicos-e-suas-potencialidades>>. Acesso em: Janeiro 2015.

[98]SATISHI S. Conservation v. Generation: The significance of Demand-Side Management (DSM), its tools and techniques, vol. 5, n.3, p. 52–54, 2004.

[99]SATHAYE N.; KELLEY S. An Approach For the Optimal Planning of Electric Vehicle Infrastructure for Highway Corridors. Academic Press, Elsevier, EUA. p. 15-33, 2013.

- [100]SCAME, EV Plug Alliance. Disponível em: <<http://www.scame.com/en/infopoint/news/20120416.asp>>. Acesso em: Fevereiro 2015.
- [101]SCHNEIDER, Management of Electric Vehicle Fleet Charging. [S.1], 2011.
- [102]SILVA N. Capítulo XI – Smart Grid e Veículos Elétricos - Experiências em Portugal. Fascículo Smart Grids –Redes Inteligentes ed. 75, p. 26-35, 2012.
- [103]SMARTGRID.GOV, The Smart Grid and the Promise of Demand-side Management. Disponível em: <[https://www.smartgrid.gov/sites/default/files/doc/files/The\\_Smart\\_Grid\\_Promise\\_DemandSide\\_Management\\_201003.pdf](https://www.smartgrid.gov/sites/default/files/doc/files/The_Smart_Grid_Promise_DemandSide_Management_201003.pdf)>. Acesso em : Dezembro 2014.
- [104]SMARTV2G, EU Project. Disponível em: <<http://www.smartv2g.eu/deliverables.html>>. Acesso em: Dezembro 2014.
- [105]SUZUKI A. Nissa Leaf e o Abastecimento do VE. Salão Latino Americano do VE. [S.1], 2013.
- [106]TARIFA BRANCA, Tarifa Branca de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.tarifabranca.com.br/>>. Acesso em: Janeiro 2015.
- [107]TENNESSEE VALLEY TRANSPORT, Types of Electric Vehicles. Disponível em: <[http://www.tva.gov/environment/technology/car\\_vehicles.htm](http://www.tva.gov/environment/technology/car_vehicles.htm)>. Acessado em: Janeiro 2015.
- [108]TESLA MOTORS, Planned 2020 Gigafactory Production Exceeds 2013 Global Production. . [S.1], 2013.
- [109]TOLEDO, F. Desvendando as Redes Elétricas Inteligentes, Smart Grid Handbook.. Editora Brasport. [S.1.]: [s.n.], 2012.
- [110]TOYOTA, Catálogo Prius 2015 Hybrid Energy Power. [S.1.], 2015.
- [111]TUTTLE D. P.; BALDICK R. The Evolution of Plug-In Electric Vehicle-Grid Interactions. IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 3, n. 1, p. 500-505, 2012.
- [112]UNIVERSITY OF DELAWARE, The Grid-Integrated Vehicle, with Vehicle to Grid Technology. Disponível em: < <http://www.udel.edu/V2G/styled/index.html>>. Acesso em: Janeiro 2015.
- [113]USP, IEE Inaugura Primeiro Eletroposto em São Paulo para Veículos Elétricos. Disponível em: <<http://www5.usp.br/18137/iee-inaugura-primeiro-eletroposto-em-sao-paulo-para-veiculos-eletricos/>>. Acesso em: Dezembro 2014.
- [114]US DEPARATAMENT OF ENERGY, A Vision for The Smart Grid. Office of Electricity Delivery and Energy Reliability by the National Energy Technology Laboratory. [S.1], 2009.
- [115]UTILITY DIVE, The State of Electric Utility Survey. [S.1.], 2014.



[116]WANG Y.W.; LIN C. C. Locating Multiple Types of Recharging Stations for Battery-Powered Electric Vehicle Transport. Transportation Research, Part E vol. 58, p. 76–87, 2013.

[117]WIKIPEDIA, Conectores. Disponível em:  
<[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f3/VDE-AR-E\\_2623-2-2-plug.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f3/VDE-AR-E_2623-2-2-plug.jpg)>. Acesso em Fevereiro 2015.

[118]ZAGHIB K.; MAUGER A.; GROULT H.; GOODENOUGH J. B.; JULIEN C. M. Advanced Electrodes for High Power Li-ion Batteries. ISSN 1996-1944, p.1028-1049, 2013.

# **ANEXO I – Especificações Técnicas do Toyota Prius**

## Dimensões:

Comprimento: 4.480 mm

Largura: 1.745 mm

Altura: 1.510 mm

Entre-eixos: 2.700 mm

Capacidade do Porta-malas: 445 litros

Peso: em torno de 1.415kg

## Performance:

Autonomia: 1200 km em condições perfeitas

Velocidade máxima: 180 km/h

## Motor:

Tipo: Elétrico

Torque máximo: 21 Kgf.Nm

Cavalos-potência: 82

Tipo: Combustão

Combustível: Gasolina

Capacidade do tanque: 45 litros

Torque máximo: 21 Kgf.Nm

Cavalos-potência: 99

Potência Motor combinado (elétrico + combustão): 136 cv

Aceleração 0-100 km/h: 11,4 s.

Baterias:

Tipo: Laminada de íon-lítio

Capacidade total (kWh): 24

Saída de potência (kW): 27kW

Densidade energia (Wh/kg): 140

Densidade potência (kW/kg): 2,5

Número de módulos: 128

## **ANEXO 2 – Especificações Técnicas do Nissan Leaf**

### Dimensões:

Comprimento: 4.445 mm

Largura: 1.770 mm

Altura: 1.550 mm

Entre-eixos: 2.700 mm

Peso: em torno de 1.600kg

### Performance:

Autonomia: 160 km / 100 milhas (padrão US)

Velocidade máxima: acima de 140 km/h

### Motor:

Tipo: Elétrico

Potência máxima (kW): 80 kW

Torque máximo (Nm): 280 Nm

Cavalos-potência: 107

### Baterias:

Tipo: Laminada de íon-lítio

Capacidade total (kWh): 24

Saída de potência (kW): acima de 90kW

Densidade de energia (Wh/kg): 140

Densidade de potência (kW/kg): 2.5

Número de módulos: 48

Localização das baterias: Embaixo do assento e dos chassis.

