

Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Departamento de Eletrónica Industrial

Grupo de Eletrónica de Potência e Energia



APREN – Associação Portuguesa de Energias Renováveis
Ciclo de Mesas Redondas “A APREN e as Universidades” | Dia Mundial do Vento
A Energia Eólica: Presente e Futuro

TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS

João L. Afonso

jla@dei.uminho.pt

Vitor Monteiro

vmonteiro@dei.uminho.pt

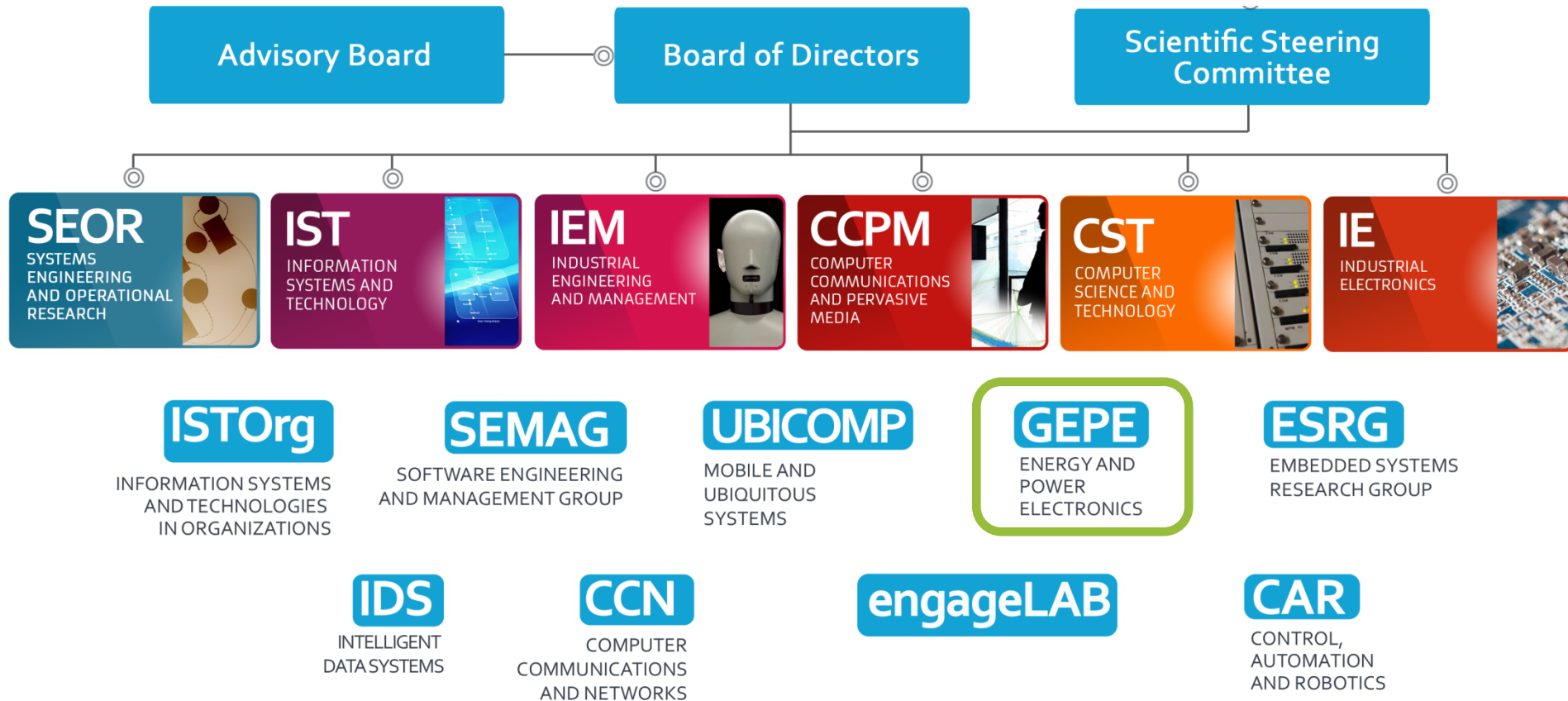
Gabriel Pinto

gpinto@dei.uminho.pt



Universidade do Minho
Campus de Azurém,
Guimarães
Anfiteatro B1.10
15 de Junho de 2018

Organização



- 6 Linhas e 9 Grupos
- Instalações na Universidade do Minho (em Guimarães e Braga)
- Associação a 4 Departamentos da Universidade do Minho:

Eletrónica Industrial

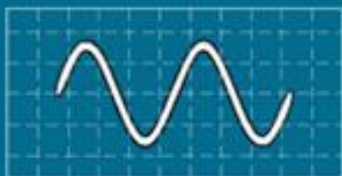
Produção e Sistemas

Informática

Sistemas de Informação

GEPE – GRUPO DE ELETRÓNICA DE POTÊNCIA E ENERGIA

Power
Quality



Electric
Mobility



Renewable
Energy



Industrial
Applications



GEPE
Group of Energy and
Power Electronics

www.gepe.dei.uminho.pt



MEMBROS DO GEPE

■ 8 Investigadores Doutorados

- Carlos Alberto C. M. Couto – Professor Emérito
- João Luiz Afonso – Professor Associado com Agregação
- Júlio M. Sousa B. Martins – Professor Associado
- Manuel J. Sepúlveda Freitas – Professor Auxiliar
- João Carlos Aparício P. Fernandes – Professor Auxiliar
- José Gabriel Pinto – Professor Auxiliar
- Vitor Monteiro – Professor Convidado e Investigador
- João Carlos Amaro Ferreira – Professor do ISCTE-IUL

■ 7 Alunos de Doutoramento

- Bruno Exposto
- Augusto C. F. Wanderley
- Luiz Alberto L. S. Cardoso
- Mohamed Tanta
- Tiago Sousa
- Julio Mera
- Mohammad Hossein Babaei

■ 2 Investigadores

- Luís Barros
- Filipe Costa

■ 15 Alunos de Mestrado

LABORATÓRIO DO GEPE

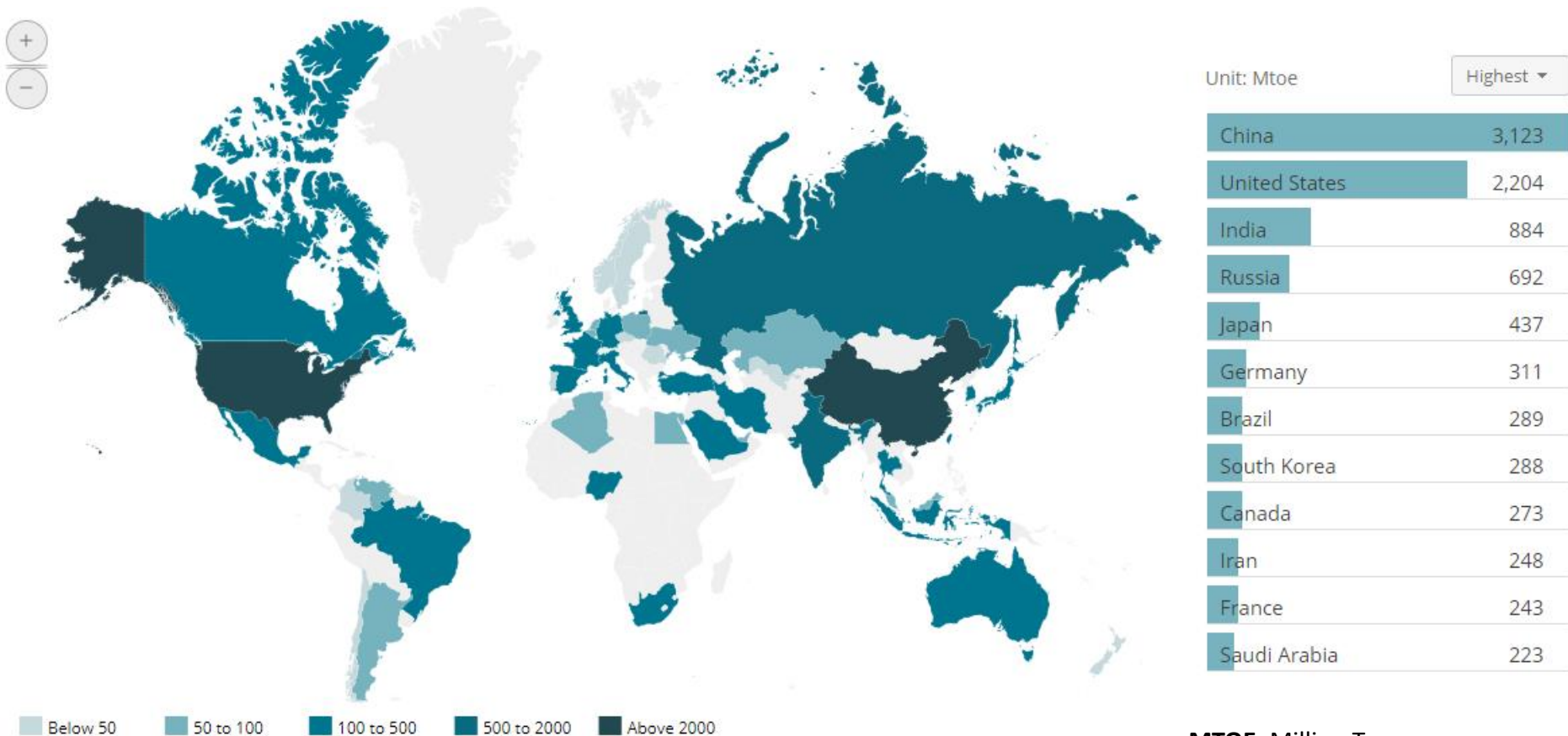


Para além de equipamentos e ferramentas de software para desenvolvimento de soluções de Eletrônica de Potência, o Laboratório do GEPE conta com 2 quadros elétricos, de 50 kVA e 138 kVA, que alimentam tomadas trifásicas de 16 A, 32 A, 50 A e 200 A, e possui um conjunto de cargas configurável com potência ativa máxima de 140 kW.

ENQUADRAMENTO

ENQUADRAMENTO

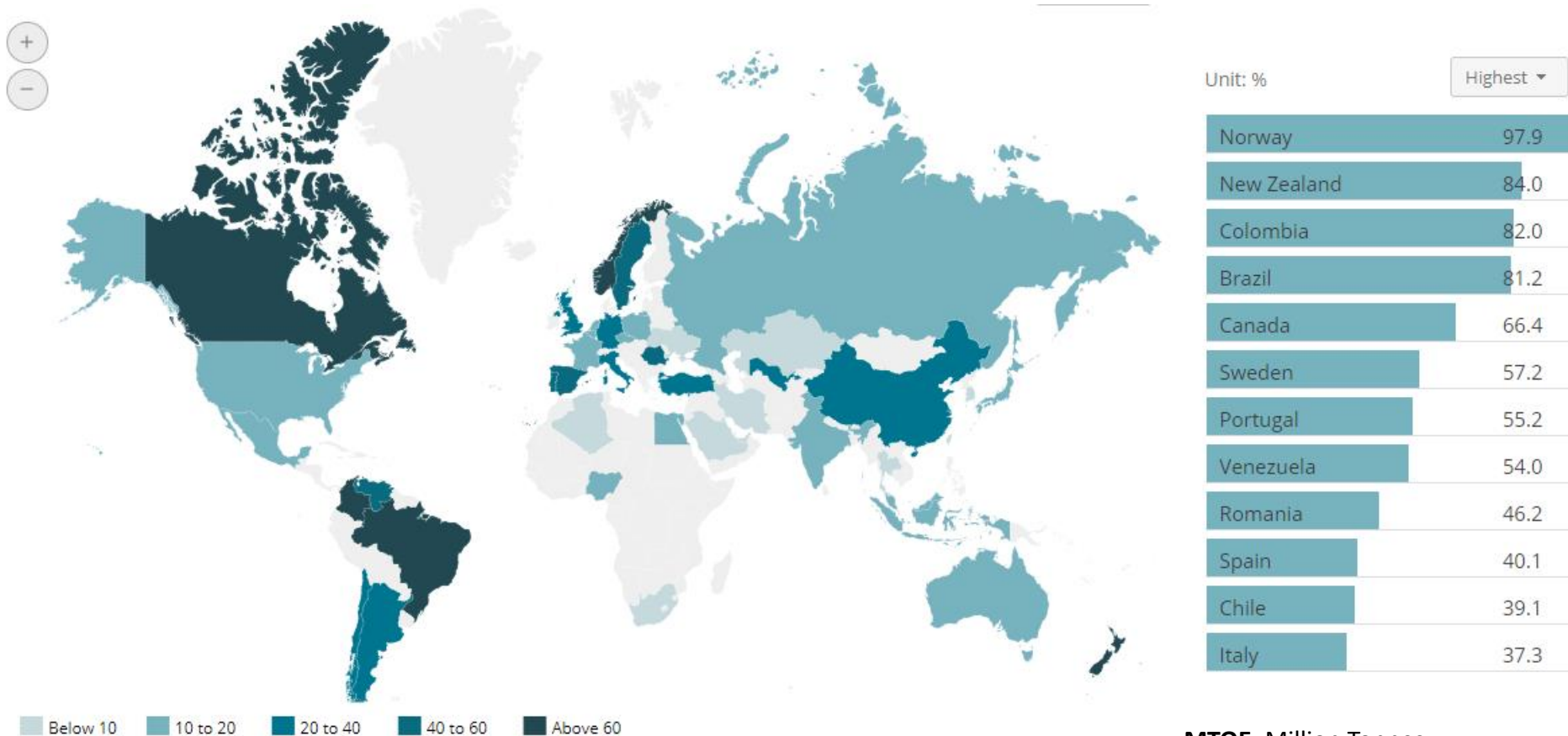
Consumo Total de Energia à Escala Mundial (2016)



MTOE: Million Tonnes
of Oil Equivalent

ENQUADRAMENTO

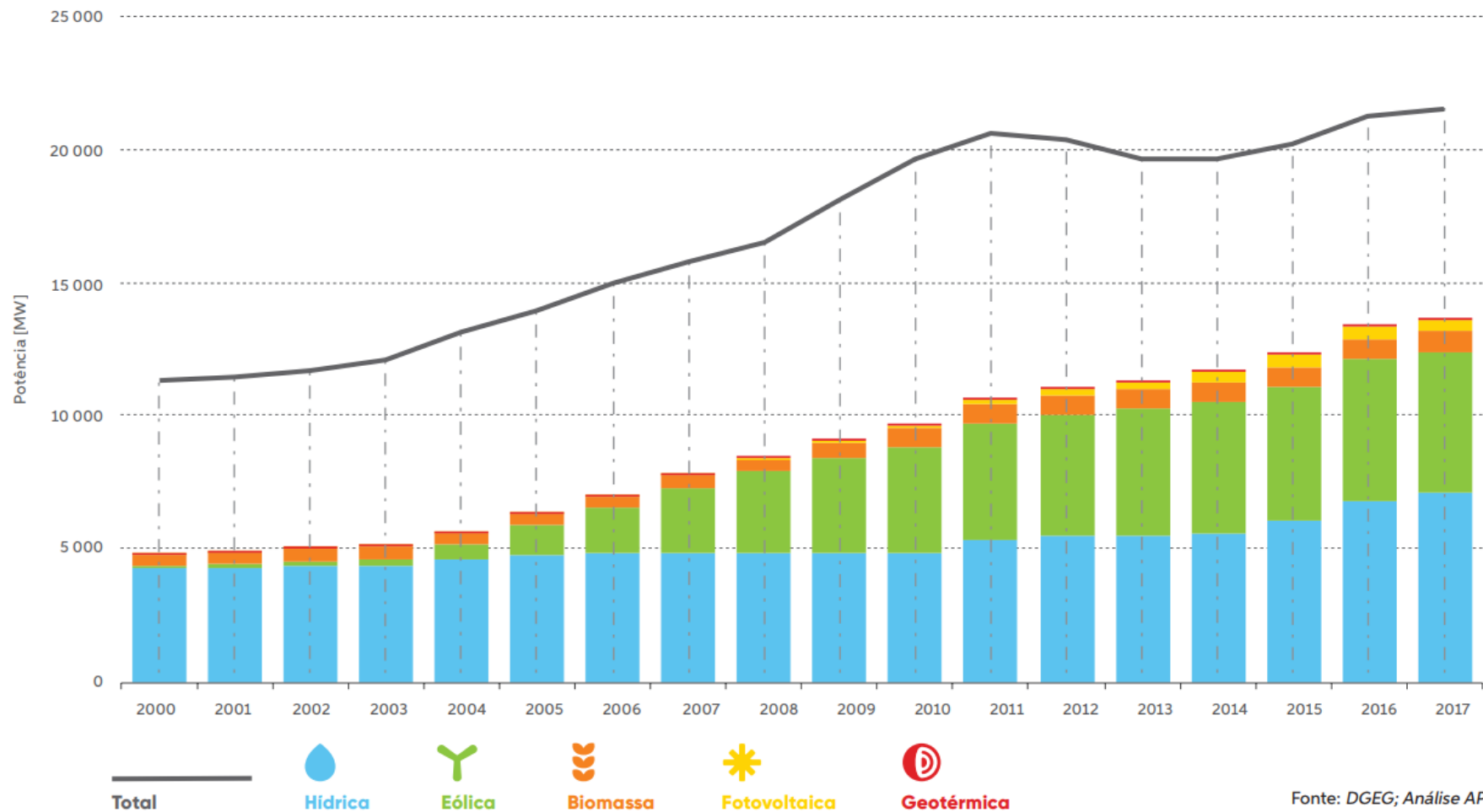
Participação de Renováveis na Produção de Energia Elétrica à Escala Mundial (2016)



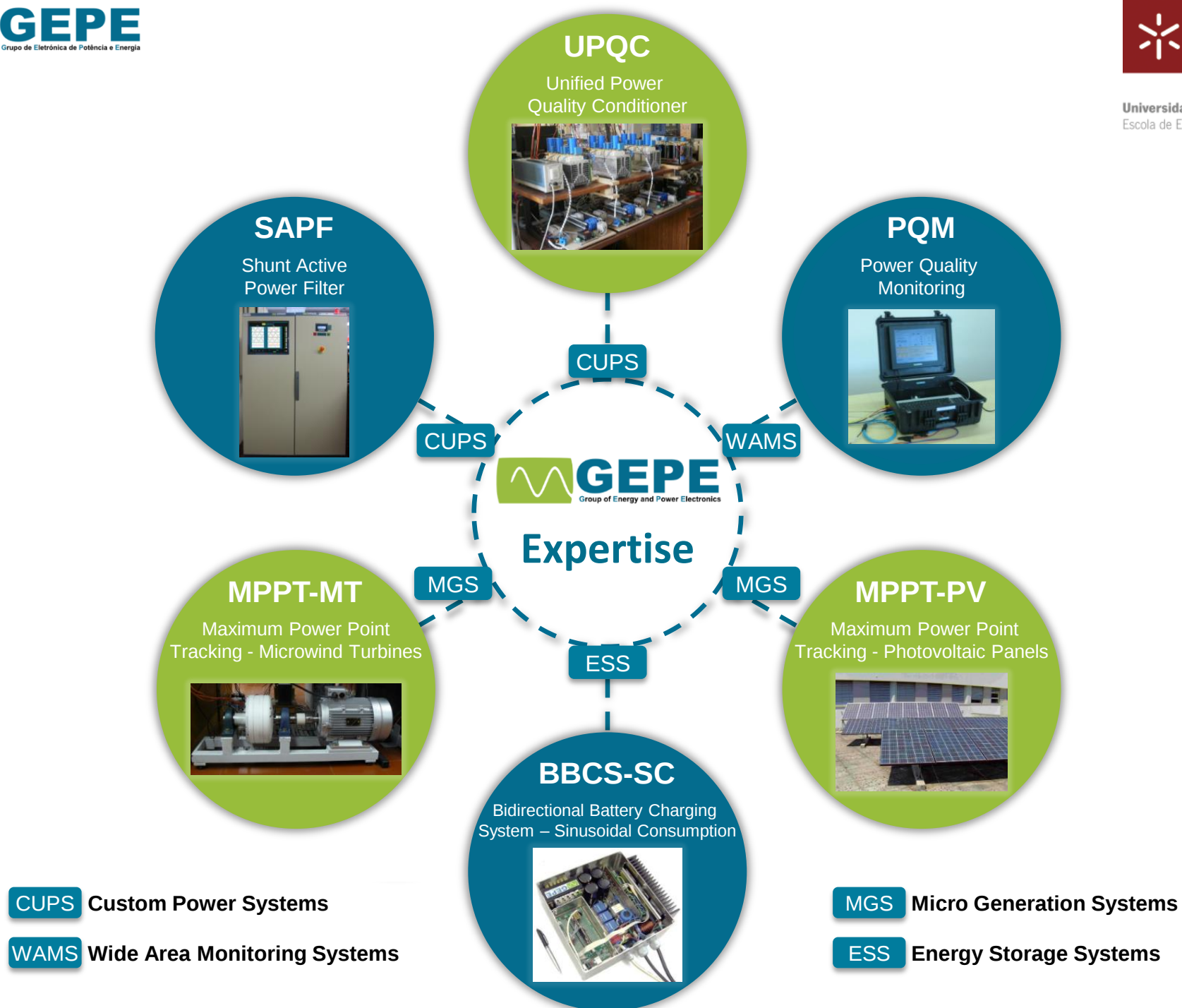
MTOE: Million Tonnes
of Oil Equivalent

ENQUADRAMENTO

Evolução da Potência Instalada em Portugal de Origem Renovável

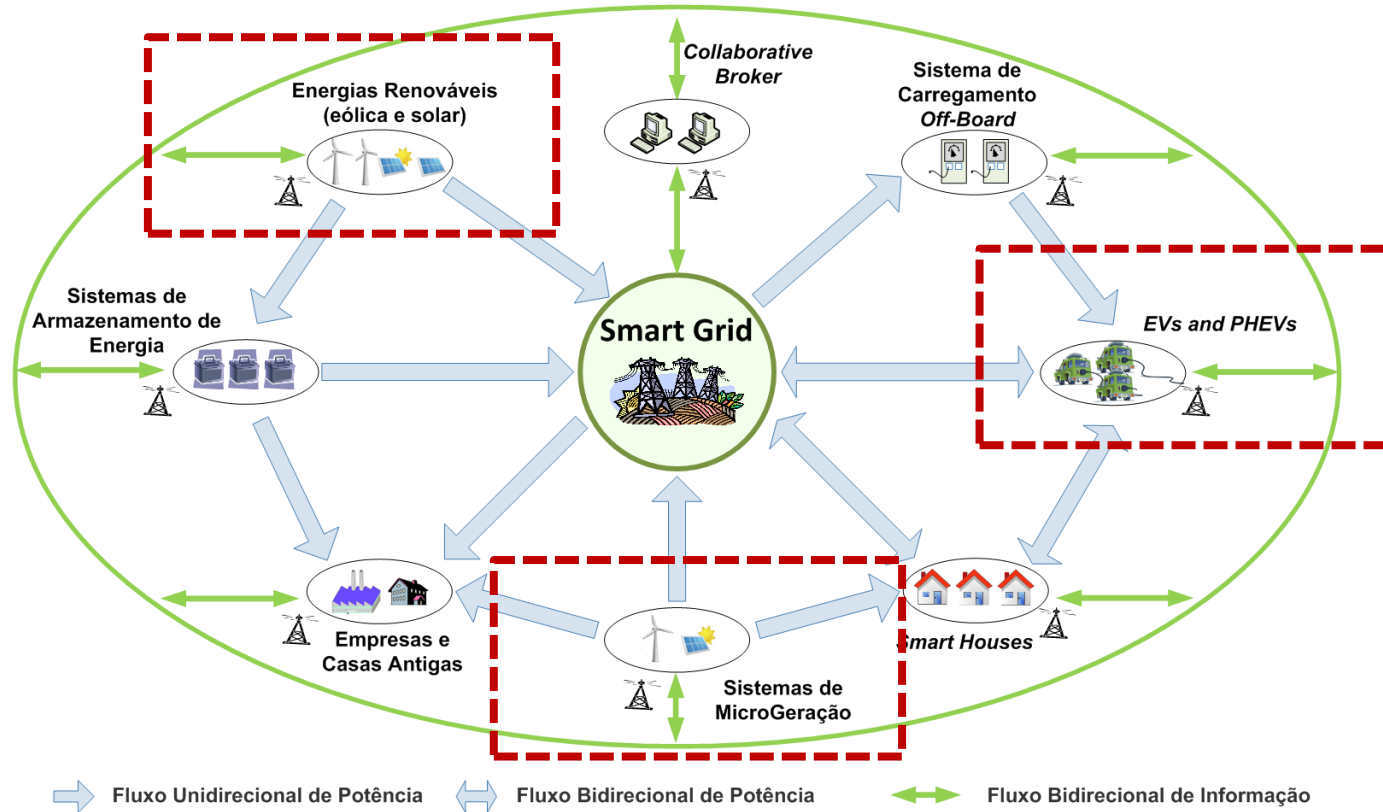


SMART GRIDS



SMART GRIDS

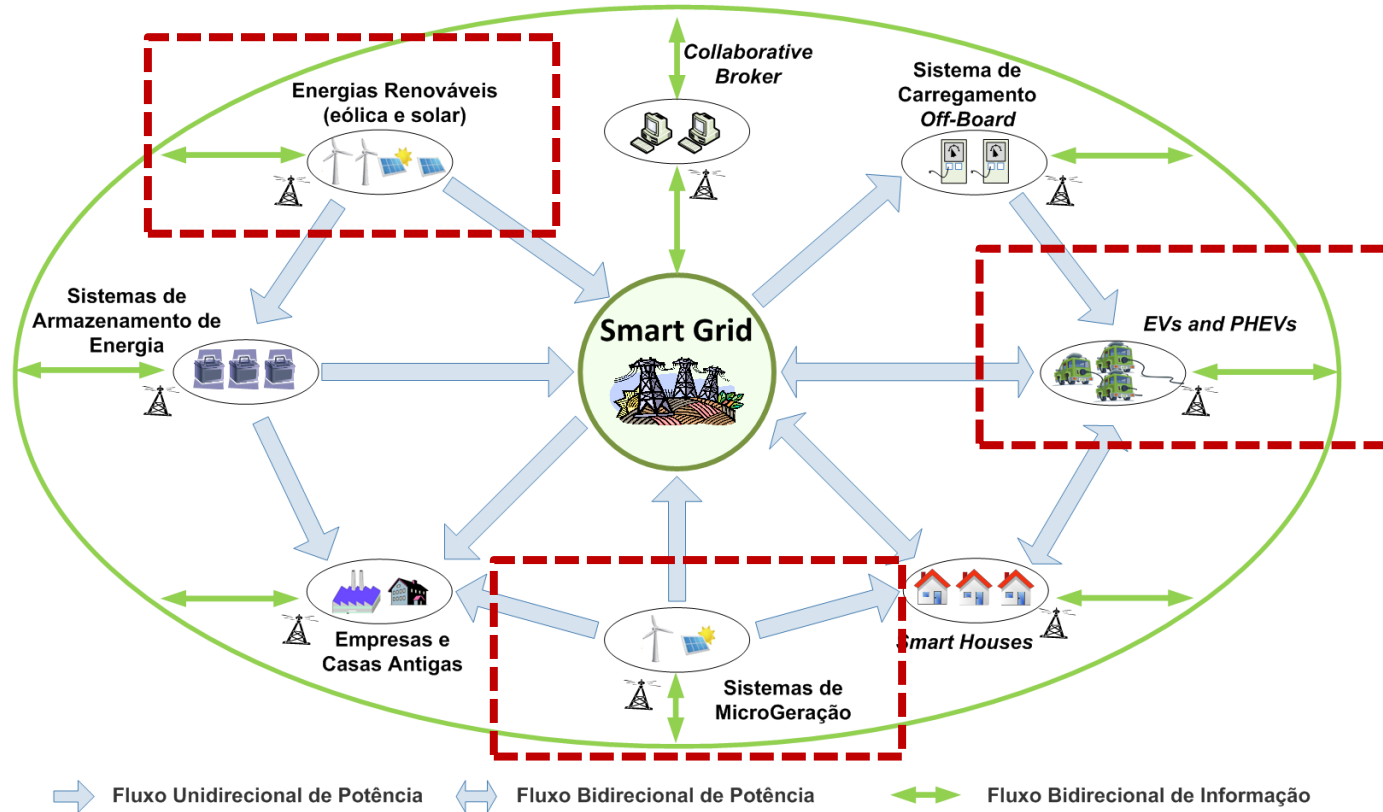
Fluxo de Potência e Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) nas Smart Grids



- As *smart grids* referem-se à utilização de tecnologias de eletrónica de potência e de informação para fazer com que o sistema elétrico seja mais eficiente, confiável e sustentável.

SMART GRIDS

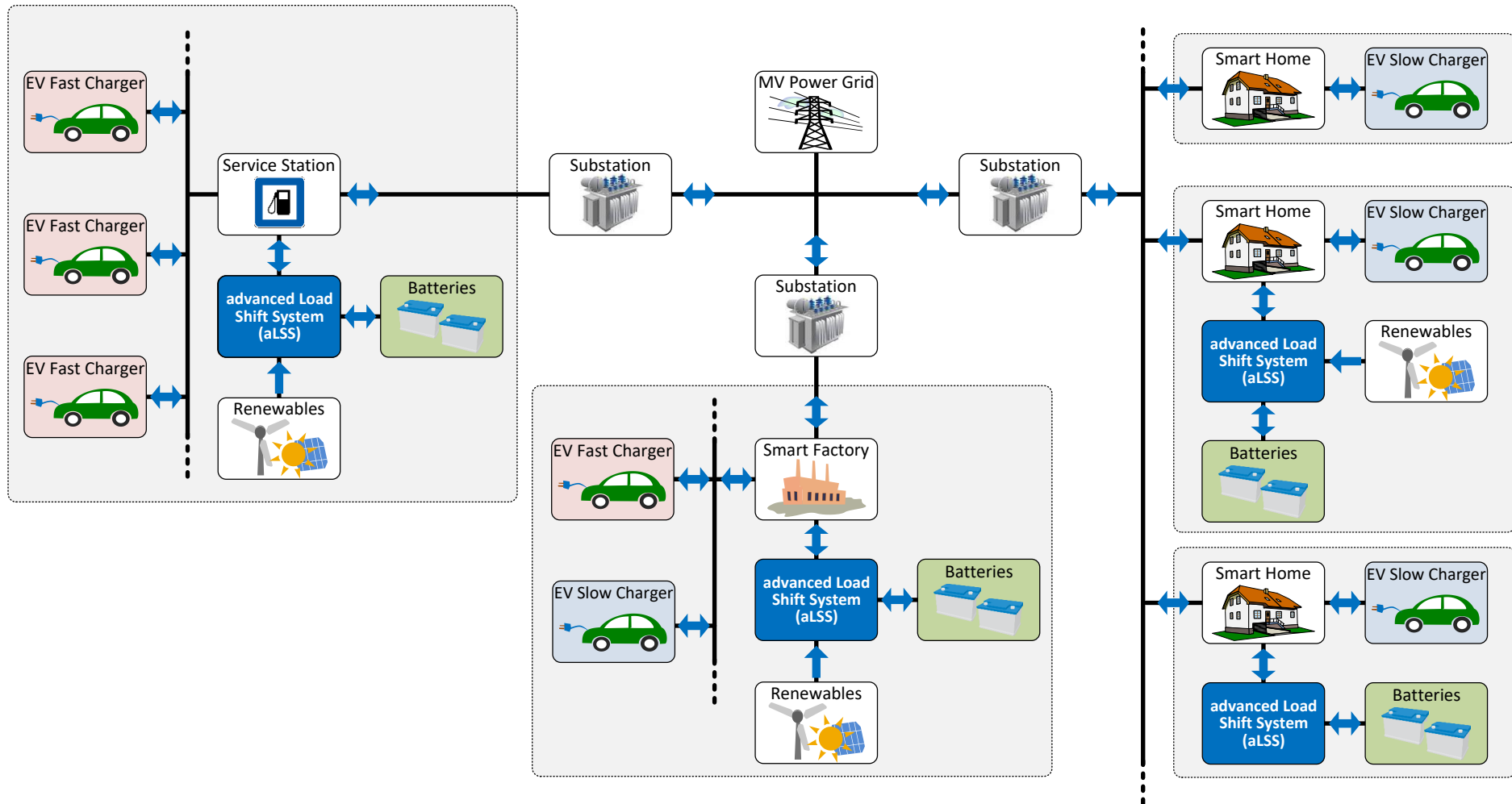
Fluxo de Potência e Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) nas Smart Grids



- A mobilidade elétrica está identificada como uma solução promissora para as *smart grids* visando melhorar o sector dos transportes e de energia, assim como otimizar a interface de energias renováveis.

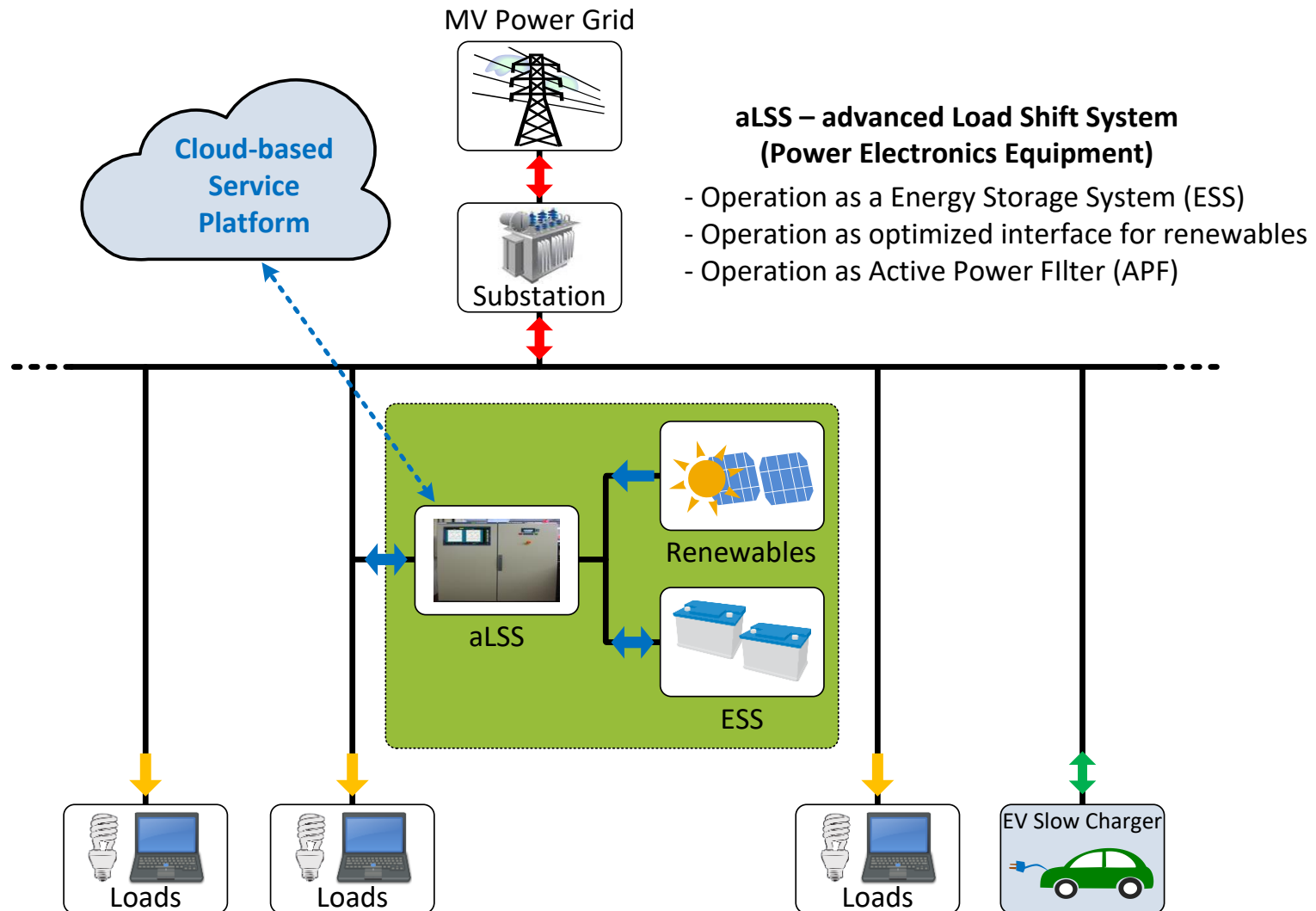
SMART GRIDS

Redes Eléctricas Inteligentes (*Smart Grids*)

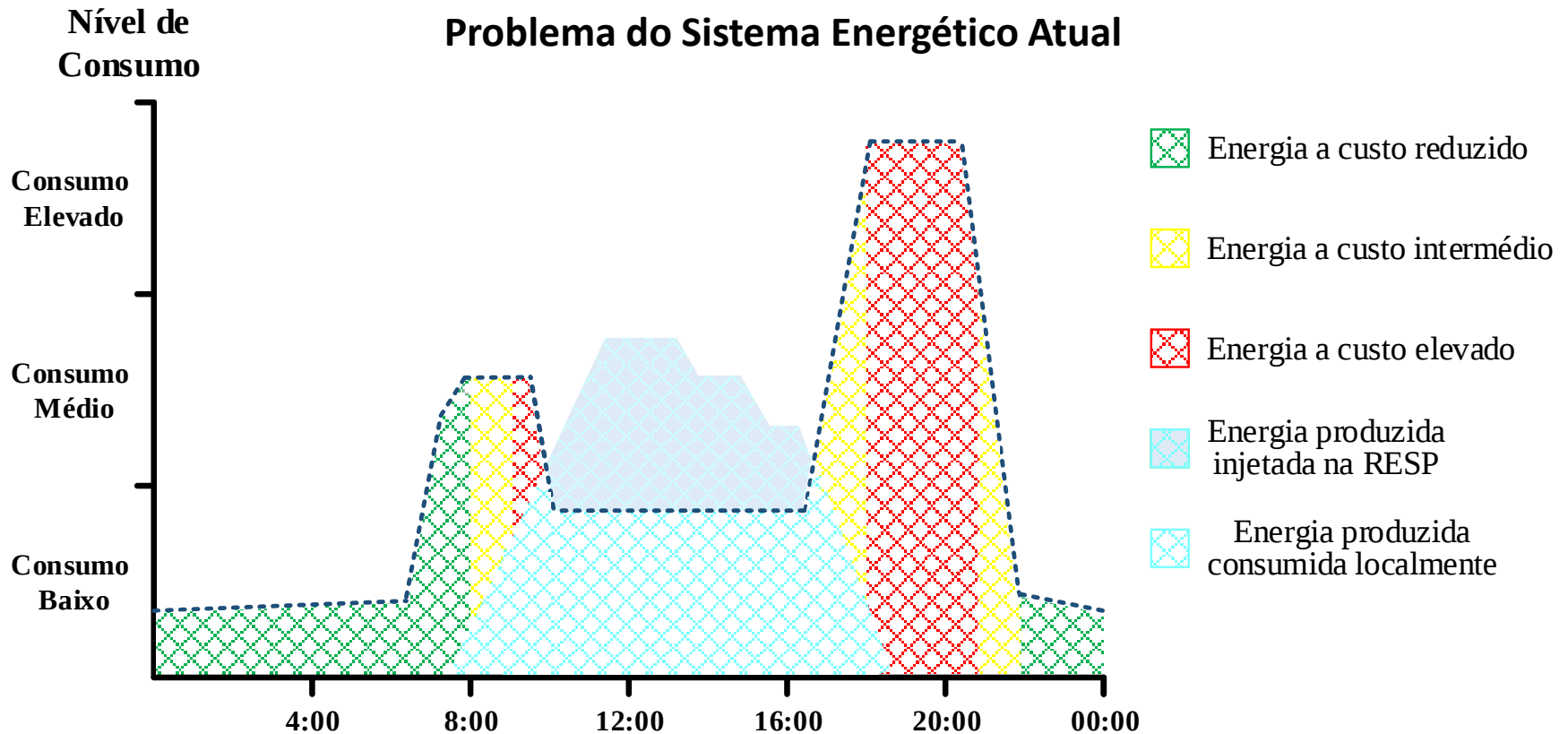


SMART GRIDS

Sistemas de *Load Shift*



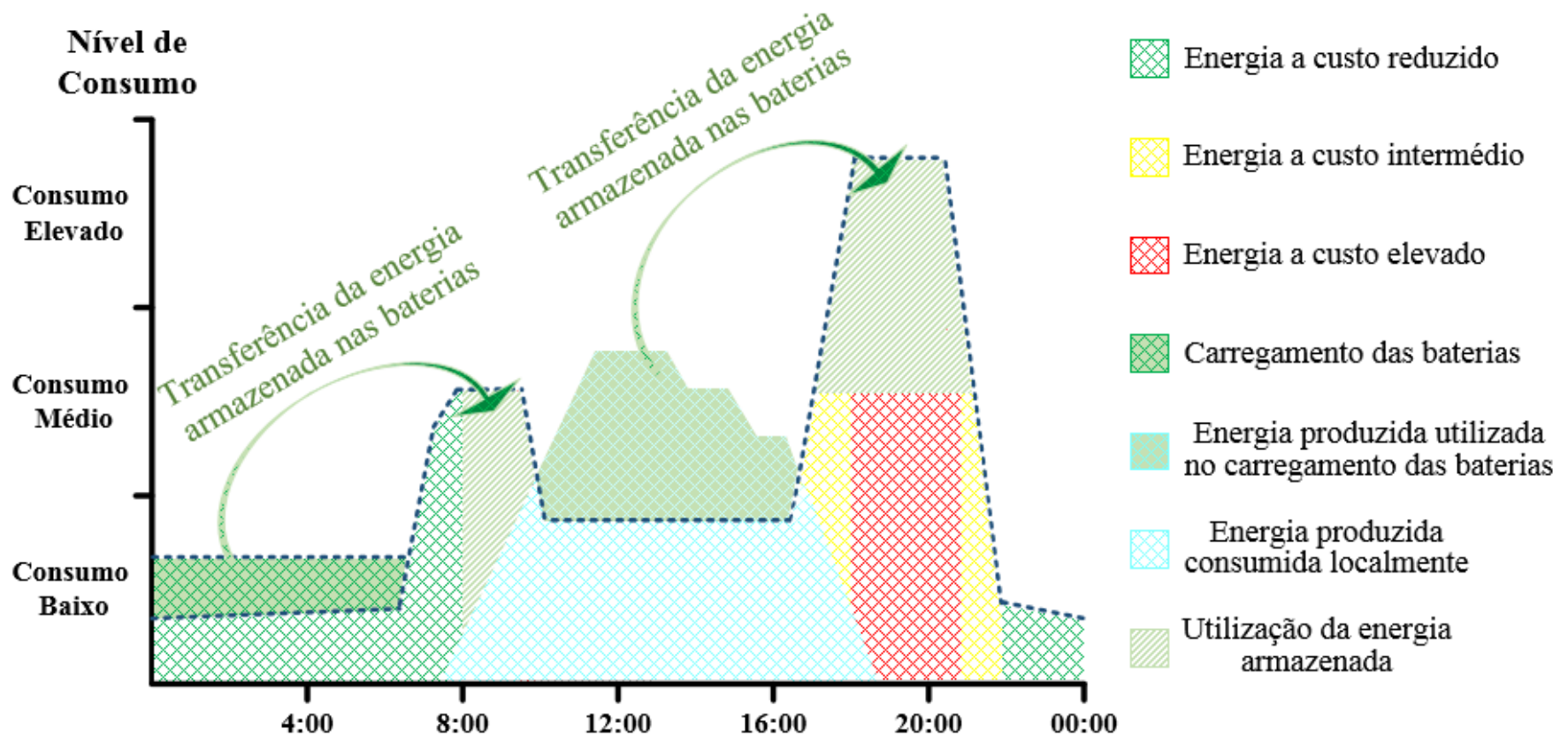
SMART GRIDS



- A utilização de tarifas horárias pode levar a uma redução da fatura da energia elétrica, no entanto na maioria dos casos isso pode não acontecer uma vez que a maior percentagem do consumo é feito em horas de ponta;
- A introdução das fontes de energia renovável (e.g., solar) agrava ainda mais o panorama, visto que os períodos de maior produção coincidem com os períodos de vazio.

SMART GRIDS

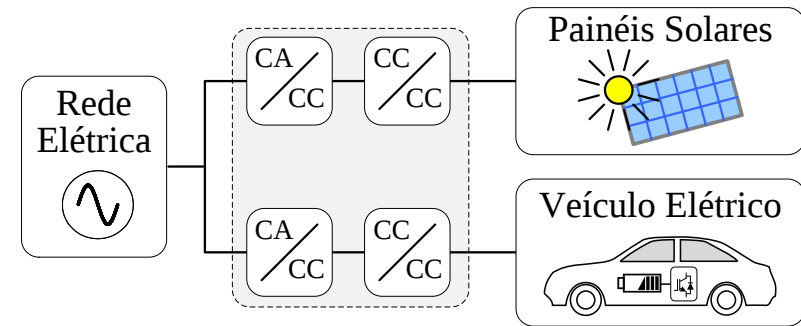
SOLUÇÃO: SISTEMA *LOAD-SHIFT*



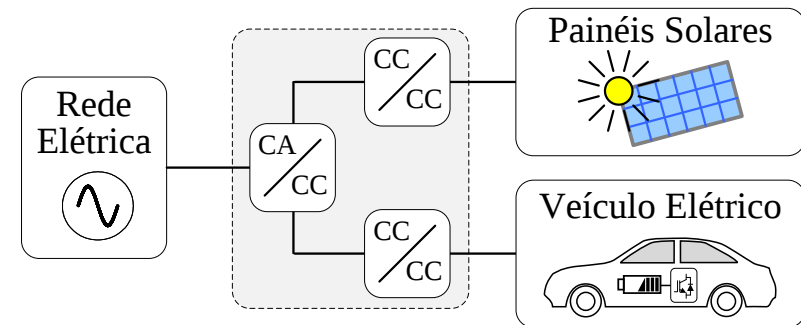
- Um sistema *Load-Shift* permite retirar um melhor aproveitamento das tarifas horárias e ainda, nas instalações que possuem um sistema de autoconsumo, aumentar significativamente a eficiência do sistema de produção.

SMART GRIDS

Integração de VEs com Energias Renováveis



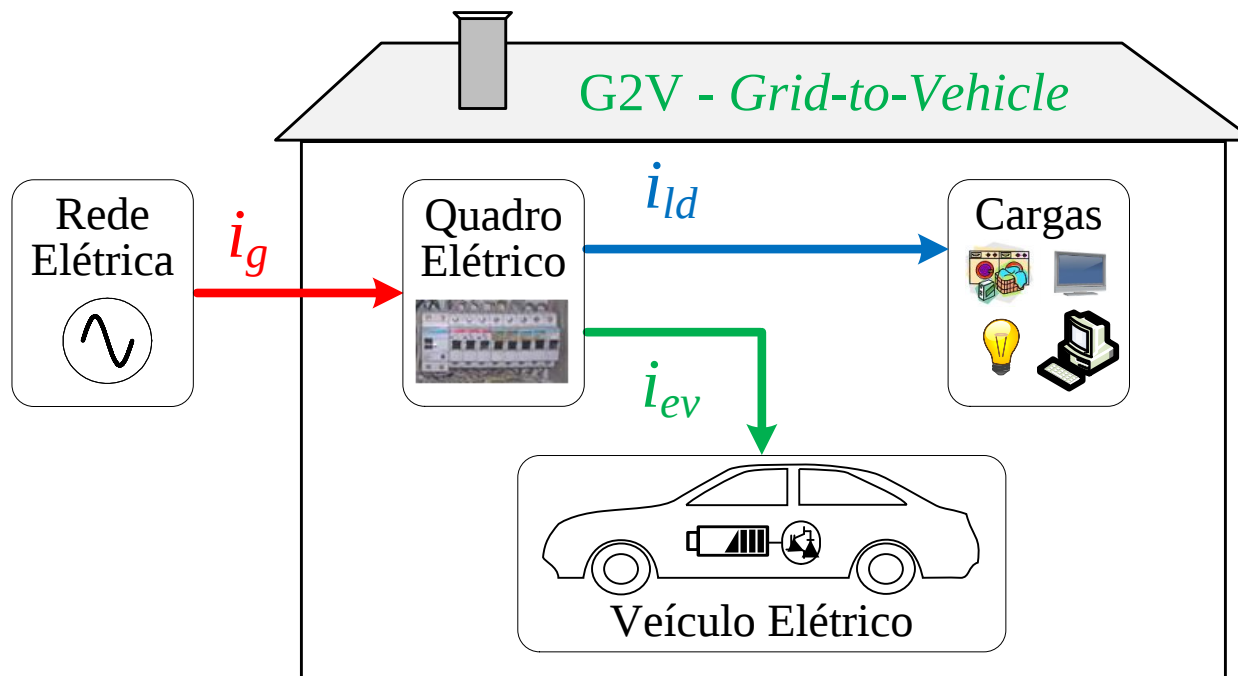
Solução Classica



Solução Proposta

SMART GRIDS

Modo de operação *Grid-to-Vehicle (G2V)*.

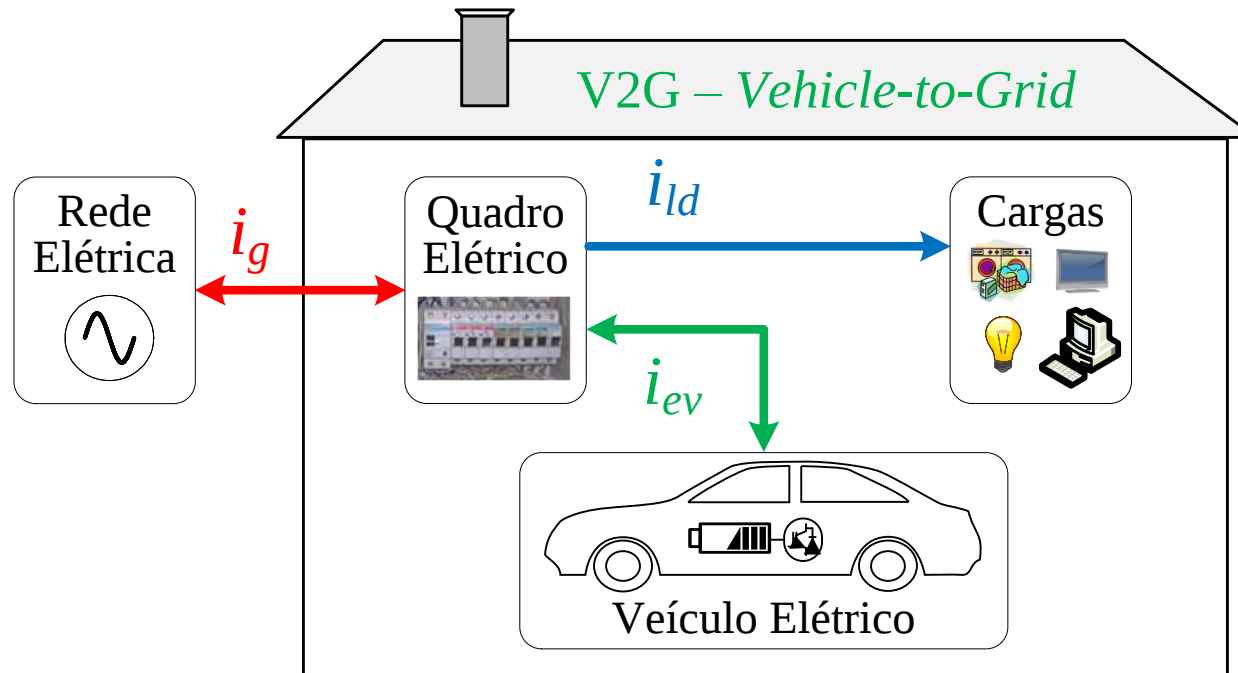


Corrente CA sinusoidal em fase com a tensão da rede elétrica.

Carregamento das baterias com corrente ou tensão constante.

SMART GRIDS

Modo de operação **Vehicle-to-Grid (V2G)**.

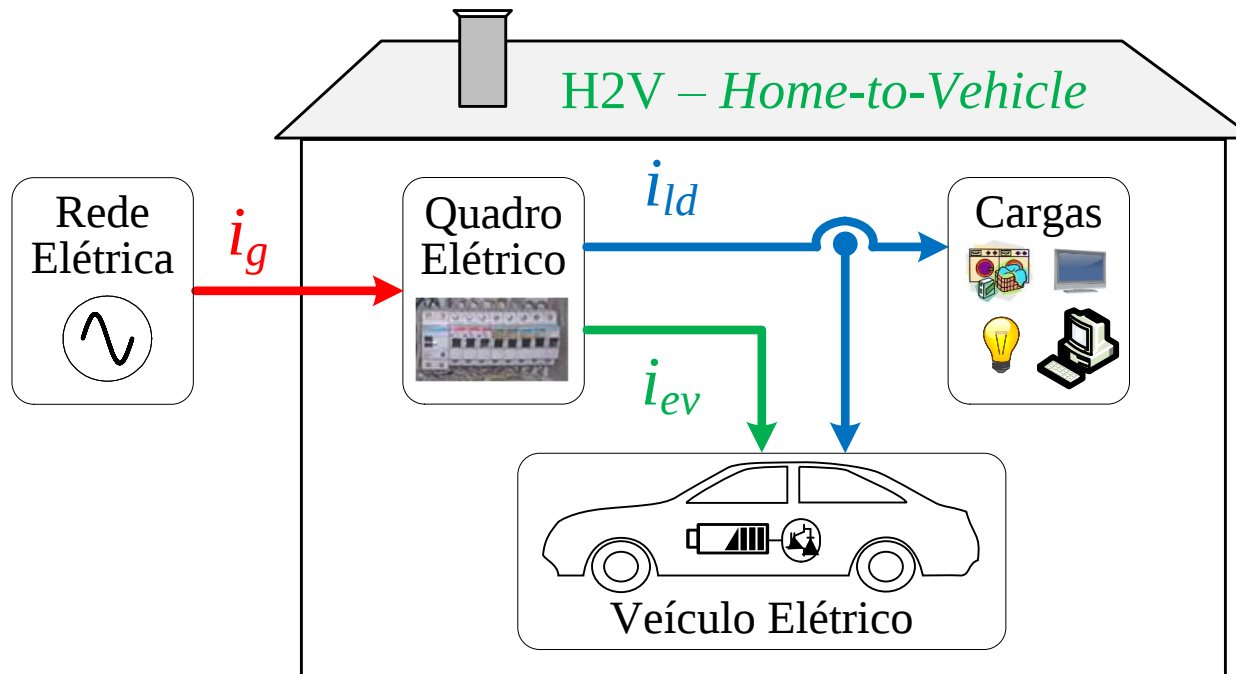


Corrente CA sinusoidal em oposição de fase com a tensão da rede elétrica.

Descarregamento das baterias com corrente constante.

SMART GRIDS

Modo de operação **Home-to-Vehicle (H2V)** (combinado com G2V).

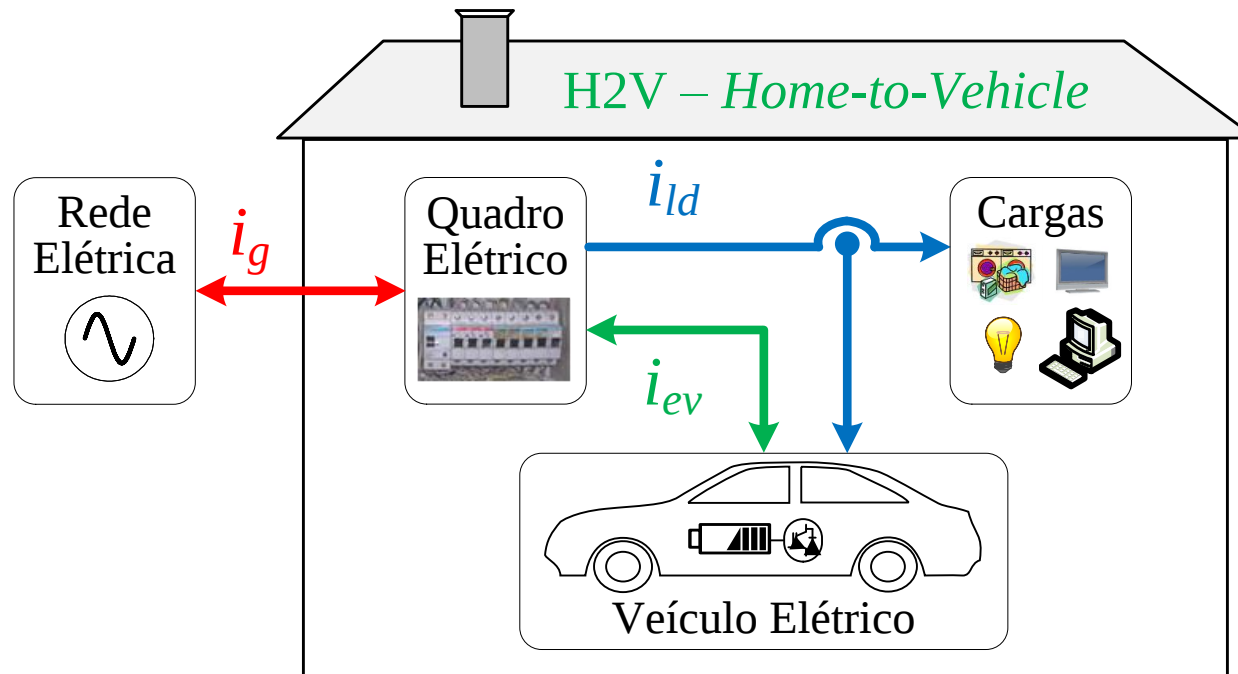


Valor eficaz da corrente CA em função do valor eficaz da corrente das cargas.

Carregamento das baterias com corrente ou tensão constante.

SMART GRIDS

Modo de operação *Home-to-Vehicle (H2V)* (combinado com V2G).

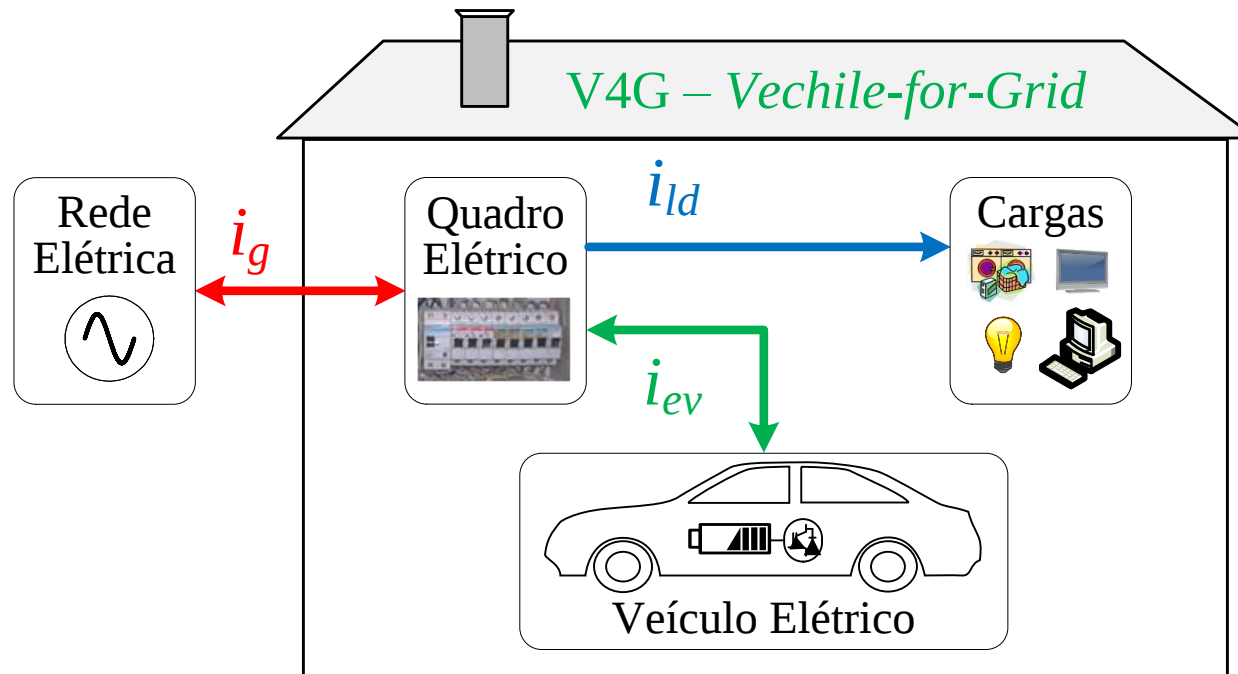


Valor eficaz da corrente CA em função do valor eficaz da corrente das cargas.

Descarregamento das baterias com corrente variável.

SMART GRIDS

Modo de operação *Vehicle-for-Grid (V4G)*.

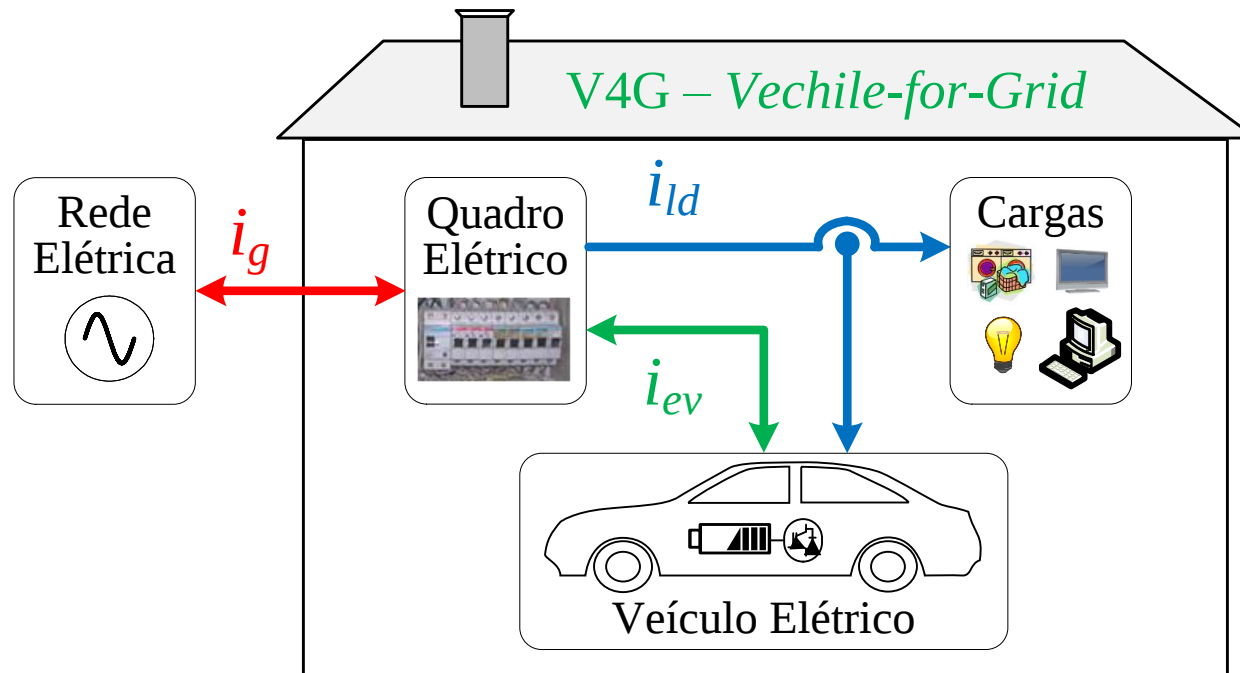


Corrente CA sinusoidal com fase ajustável em relação à tensão da rede elétrica.

Carregamento ou descarregamento das baterias com corrente constante.

SMART GRIDS

Modo de operação *Vehicle-for-Grid (V4G)*.

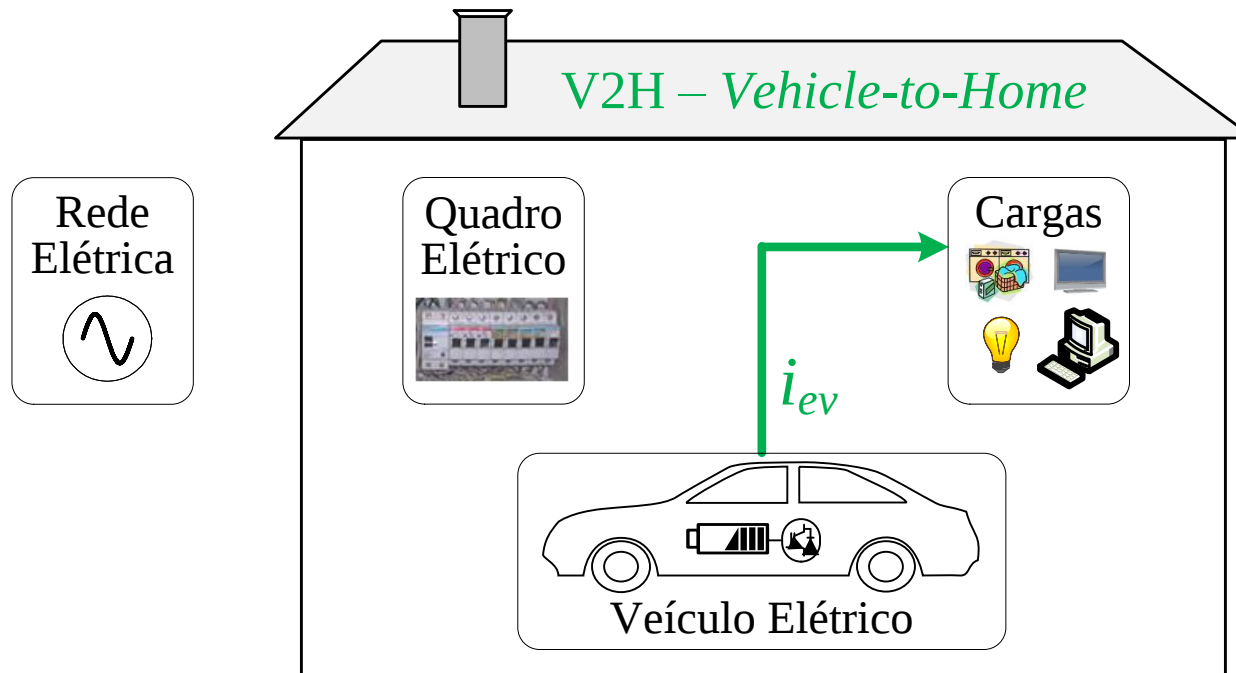


Valor instantâneo da corrente CA em função do valor instantâneo da corrente das cargas.

Carregamento ou descarregamento das baterias com corrente constante.

SMART GRIDS

Modo de operação *Vehicle-to-Home (V2H)*.

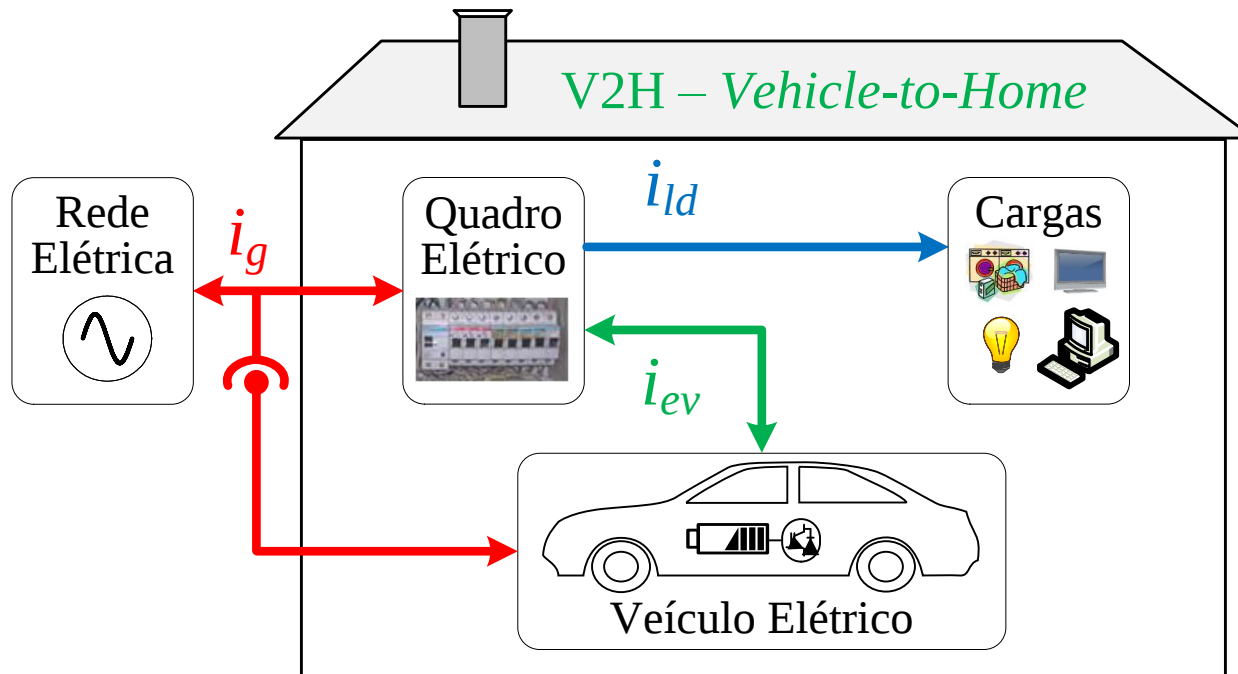


Tensão sinusoidal produzida pelo VE.

Descarregamento das baterias com corrente variável.

SMART GRIDS

Modo de operação *Vehicle-to-Home (V2H)*.



Tensão sinusoidal produzida pelo VE em modo UPS *off-line*.

Descarregamento das baterias com corrente variável.

SMART GRIDS

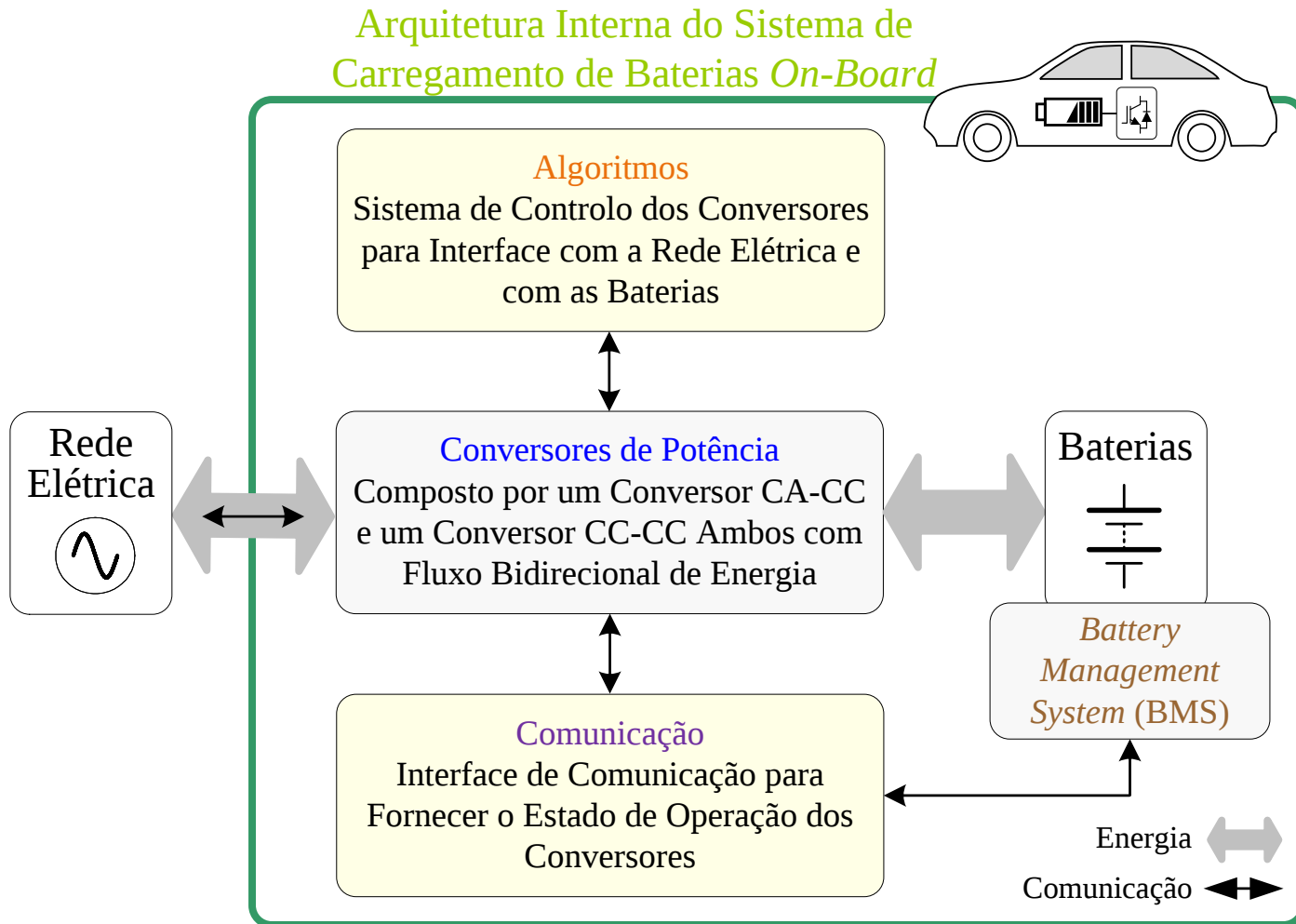


<https://www.gepe.dei.uminho.pt/cepium/>

CEPIUM - CARRO ELÉTRICO *PLUG-IN* DA UNIVERSIDADE DO MINHO

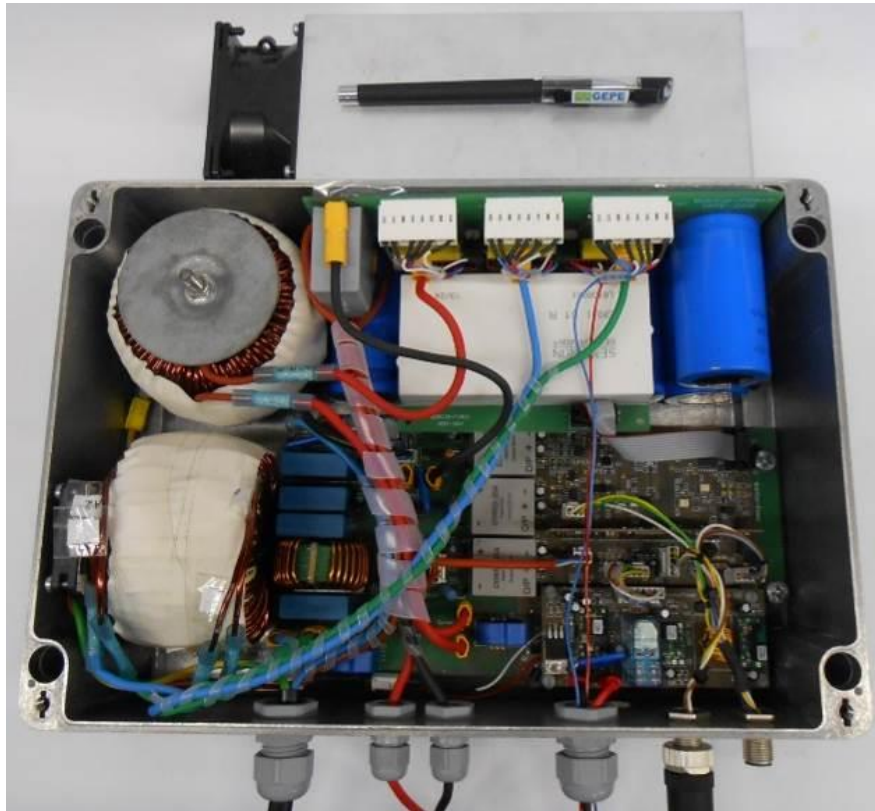
SMART GRIDS

Arquitetura Interna de um Sistema de Carregamento de Baterias *On-Board*



SMART GRIDS

Sistema de Carregamento de Baterias *On-Board* Desenvolvido



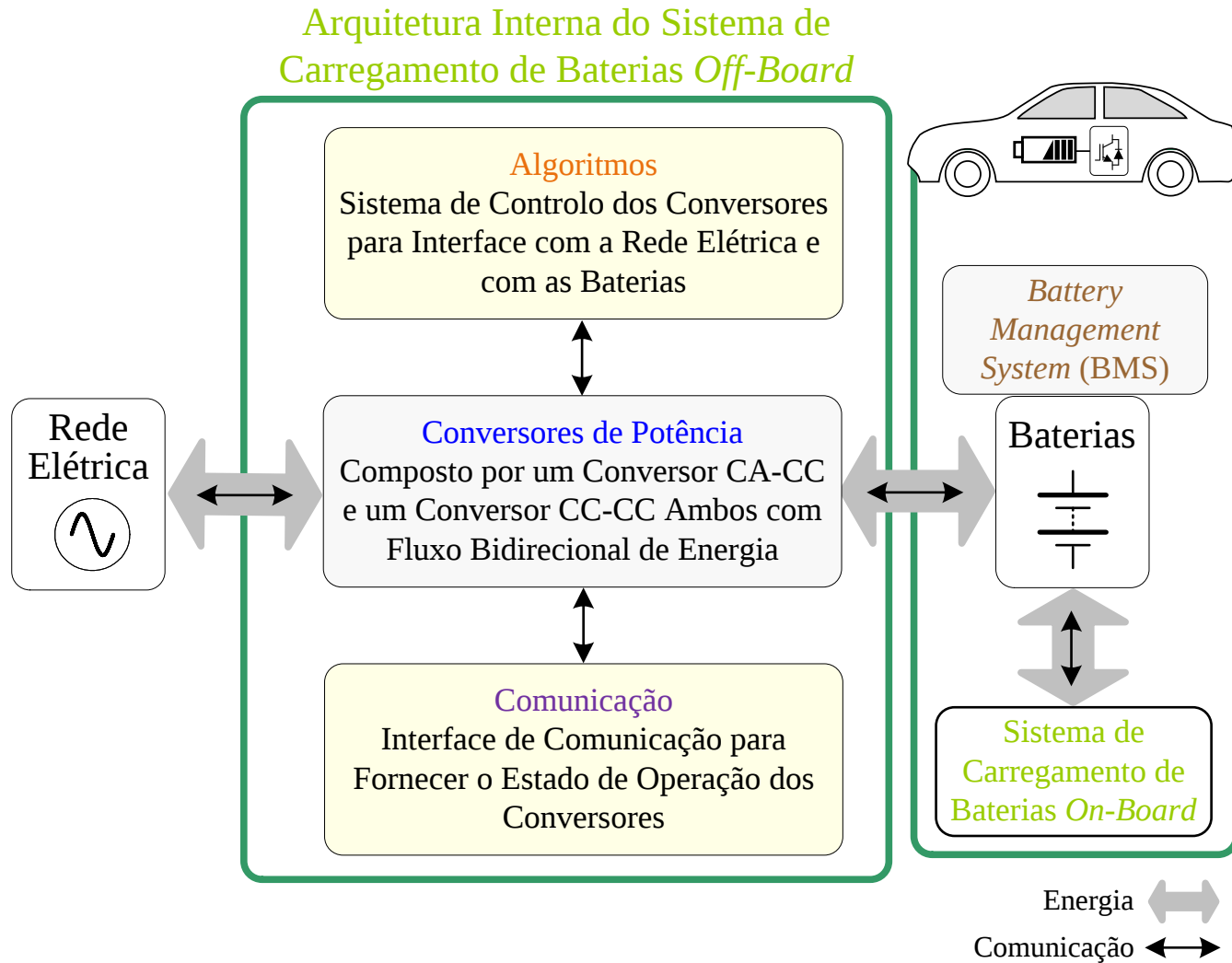
Vista Interna



Vista Externa

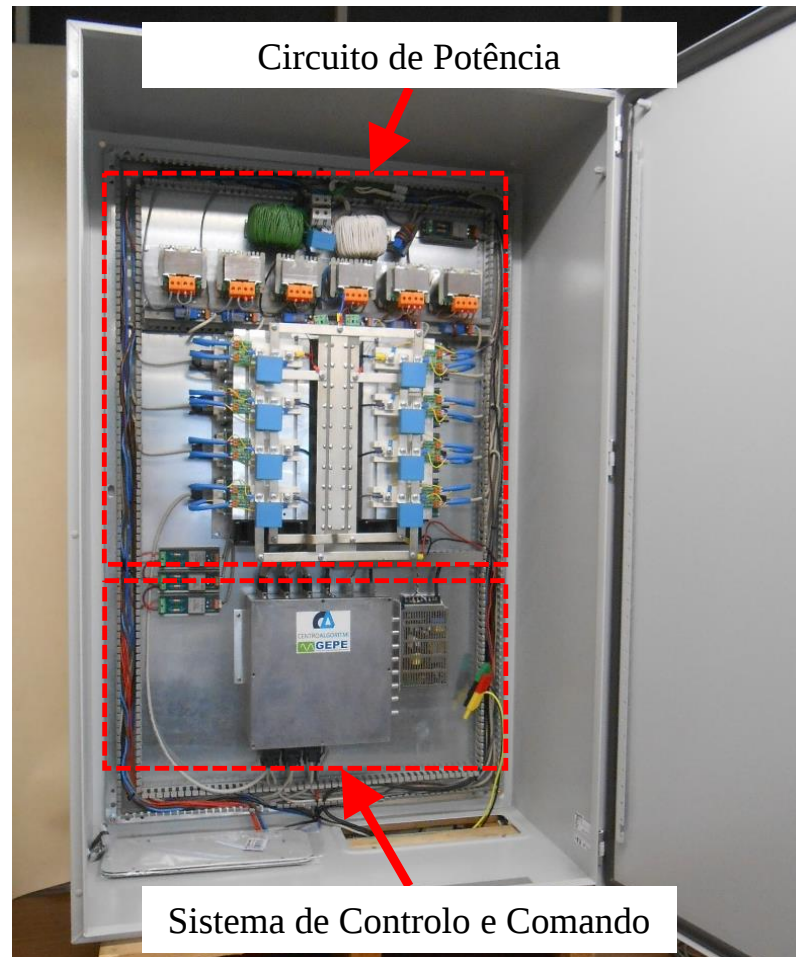
SMART GRIDS

Arquitetura Interna de um Sistema de Carregamento de Baterias *Off-Board*



SMART GRIDS

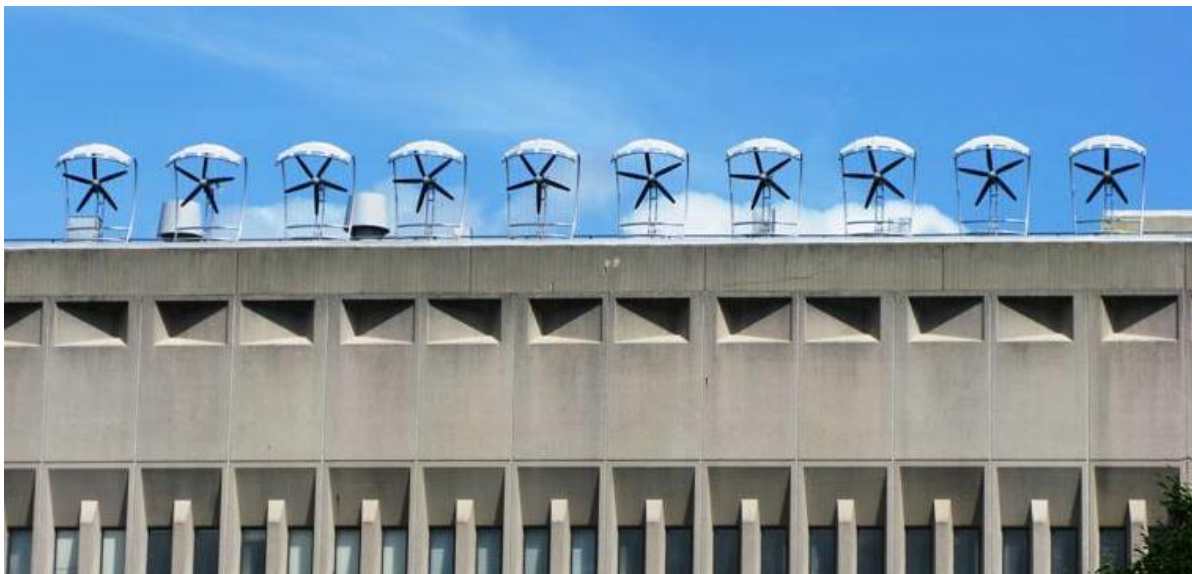
Sistema de Carregamento de Baterias *Off-Board* Desenvolvido



MICROEÓLICAS

(Potências Inferiores a 10 kW)

MICROEÓLICAS



Microeólicas de Eixo
Horizontal em
ambiente urbano

MICROEÓLICAS



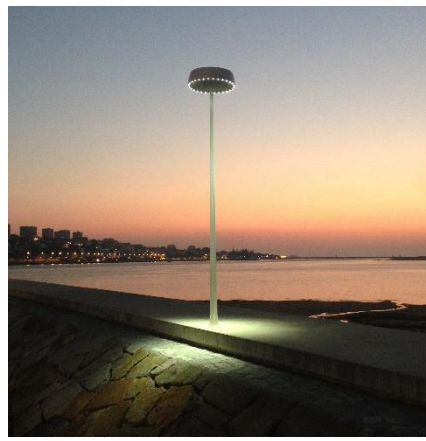
Microeólicas de Eixo Vertical em Ambiente Urbano
(Urban Green Energy - EUA)

MICROEÓLICAS



Microeólicas para
produção de energia em
embarcações
(Silent Wind - Portugal)

MICROEÓLICAS

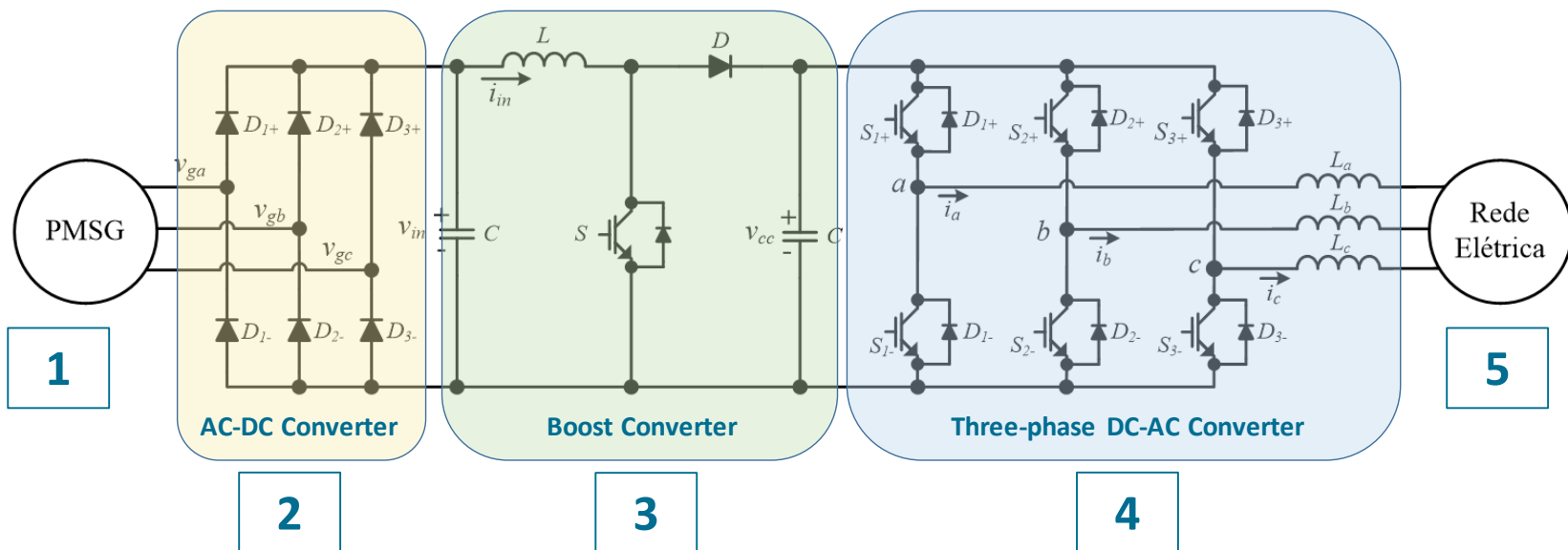


Microeólicas em ambiente urbano
(OmniFlow - Portugal)

INTERFACE DE UMA MICROEÓLICA COM A REDE ELÉTRICA

INTERFACE DE UMA MICROEÓLICA COM A REDE ELÉTRICA

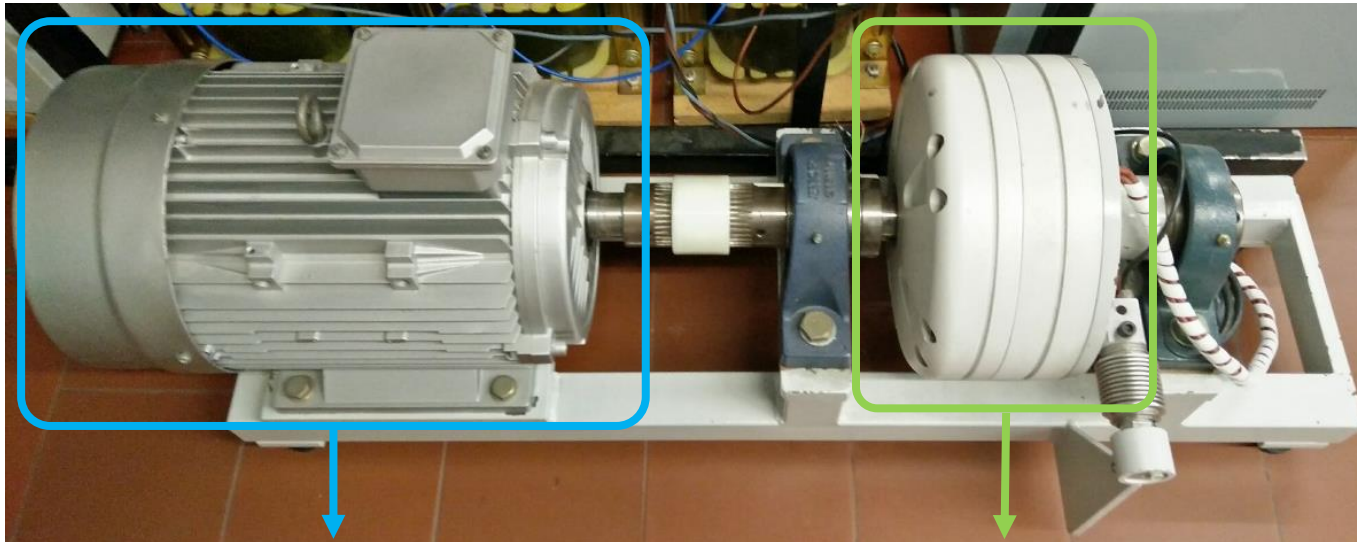
Topologia do conversor trifásico para ligação com a rede elétrica



1. **Gerador:** Fornece a energia a injetar na rede elétrica (com frequência variável)
2. **Conversor CA-CC:** Converte a tensão alternada (CA) do gerador para continua (CC)
3. **Conversor Boost:** Extrai a máxima potência do gerador e eleva a tensão CC
4. **Conversor CC-CA:** Injeta a energia na rede de forma controlada com correntes sinusoidais (frequência constante – 50 Hz)
5. **Rede Elétrica:** Recebe e transporta a energia até aos recetores.

INTERFACE DE UMA MICROEÓLICA COM A REDE ELÉTRICA

Emulador da Microeólica



**Motor de Indução
Trifásico**

JM 132M2 6

(Seipee)

Potência nominal: 5,5 kW

Velocidade nominal: 920 r.p.m.

**Gerador Síncrono de
Ímanes Permanentes**

GL PM 1800

(Ginlong Technologies)

Potência nominal: 1,8 kW

Velocidade nominal: 480 r.p.m.

8 pares de polos



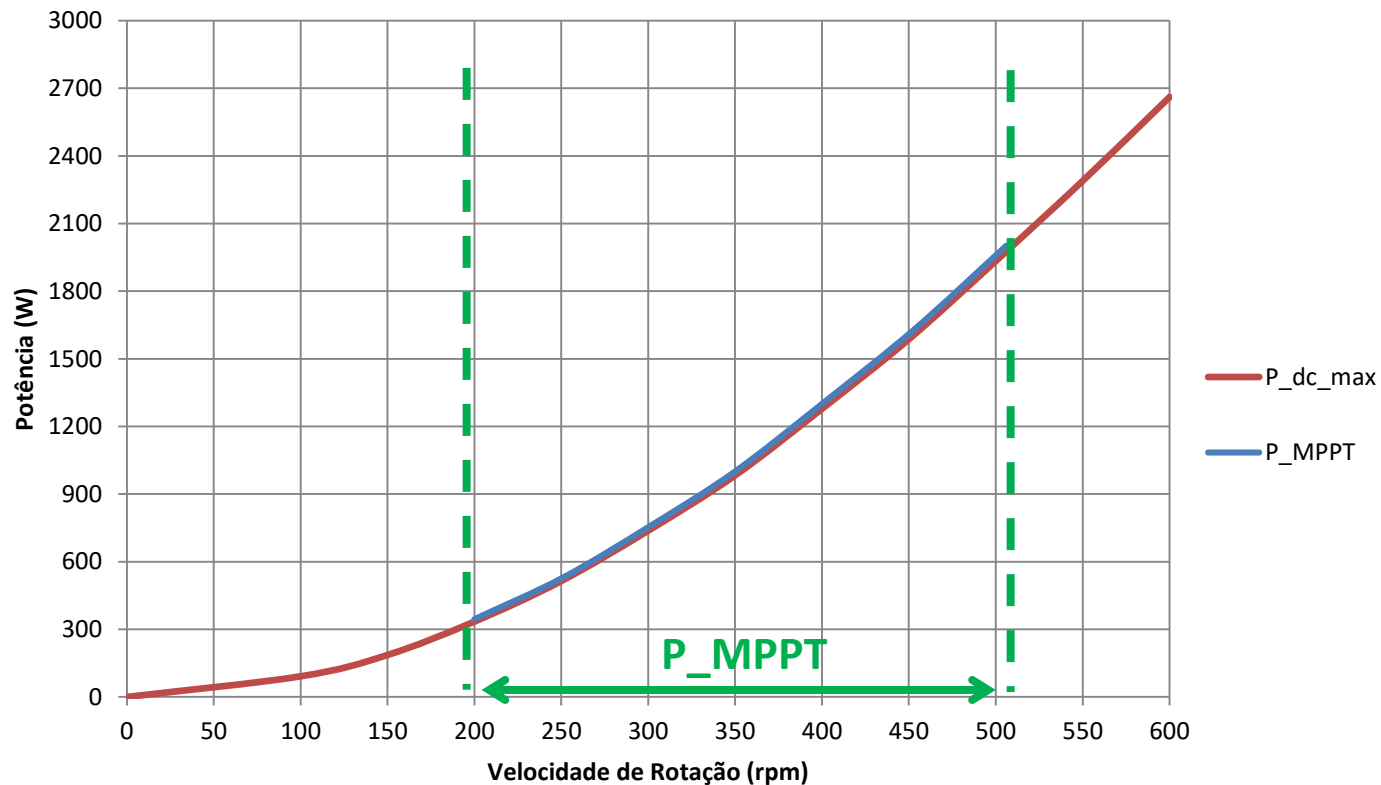
**Variador de
Velocidade**

3G3MX2-A4055-E

(OMRON)

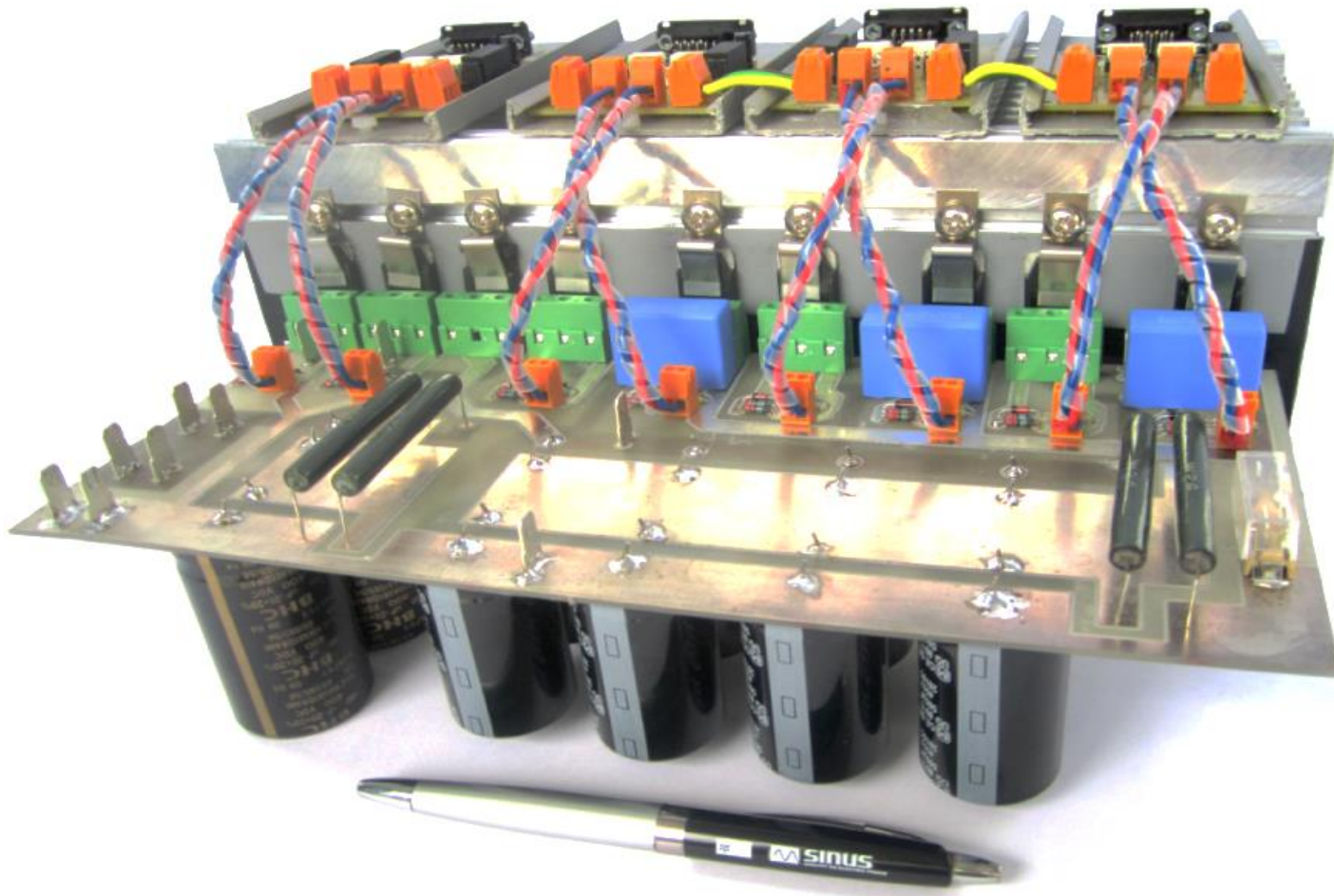
INTERFACE DE UMA MICROEÓLICA COM A REDE ELÉTRICA

Ensaio do gerador e Zona útil de operação do conversor

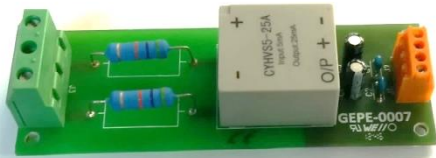


INTERFACE DE UMA MICROEÓLICA COM A REDE ELÉTRICA

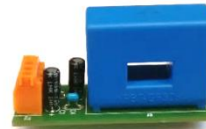
Conversor de Eletrónica de Potência



INTERFACE DE UMA MICROEÓLICA COM A REDE ELÉTRICA



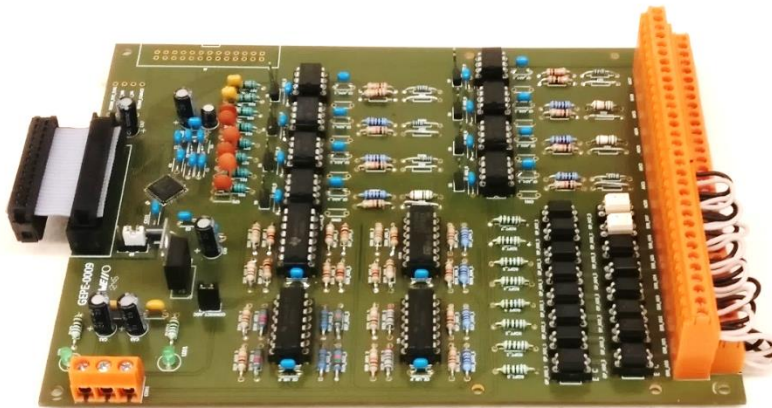
Sensor de tensão CYHVS5-25A



Sensor de Corrente LA 100-P



Placa de driver dos IGBTs



Placa de condicionamento de sinal



Placa de comando monofásica

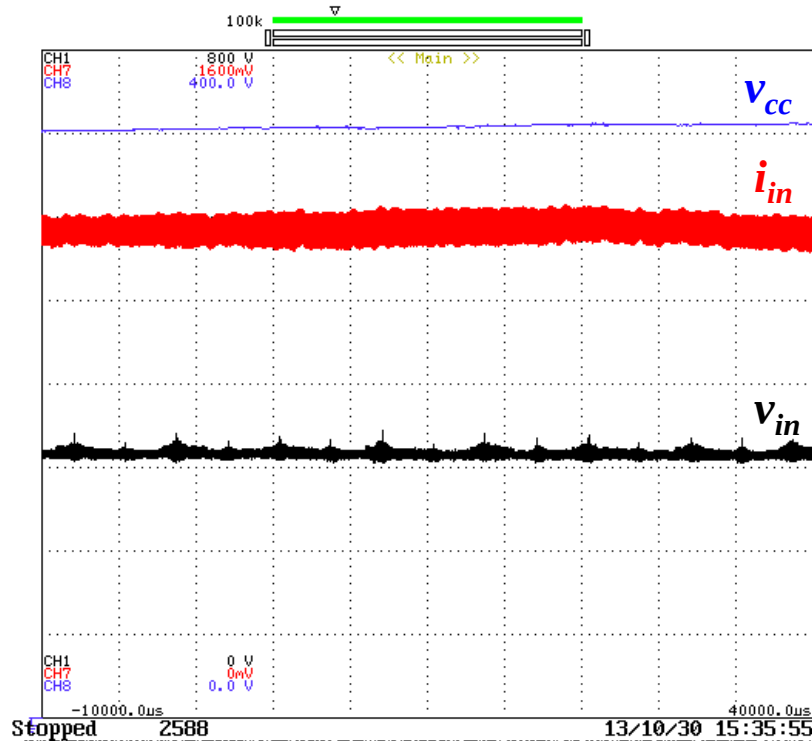
INTERFACE DE UMA MICROEÓLICA COM A REDE ELÉTRICA

Visão geral da bancada de trabalho

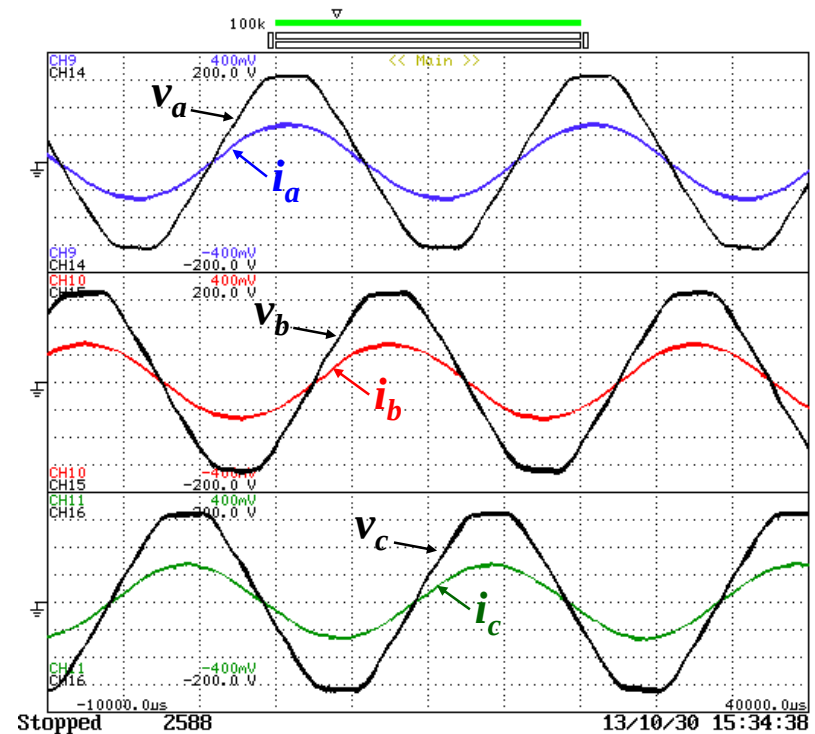


INTERFACE DE UMA MICROEÓLICA COM A REDE ELÉTRICA

Resultados experimentais obtidos com o protótipo desenvolvido



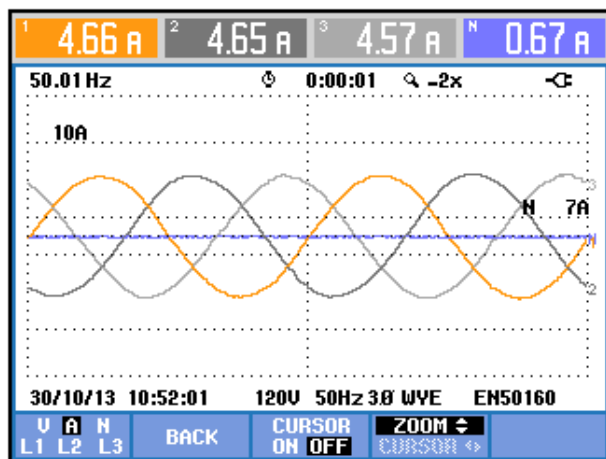
Tensões e corrente no lado
CC do conversor



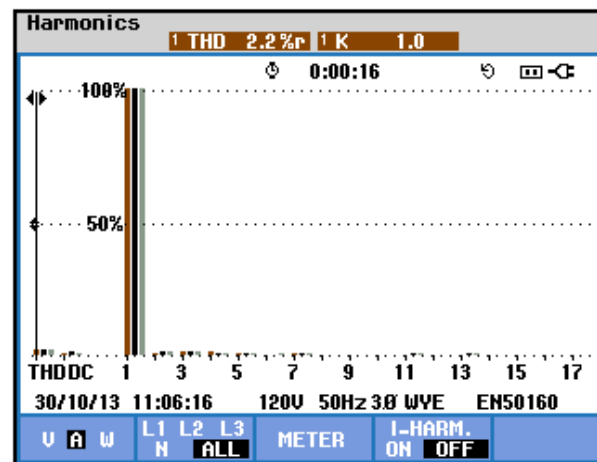
Tensões e correntes na
rede elétrica

INTERFACE DE UMA MICROEÓLICA COM A REDE ELÉTRICA

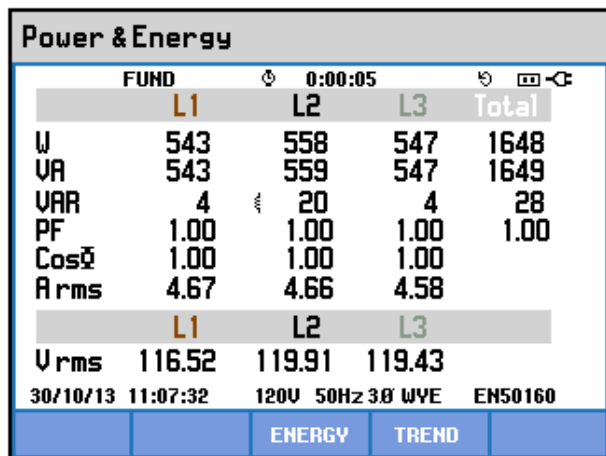
Resultados experimentais obtidos com o protótipo desenvolvido
(velocidade de rotação 3500 rpm)



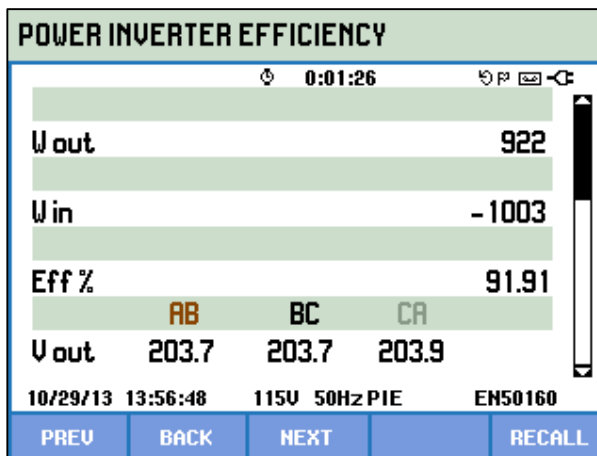
$I_{RMS} = 4,6 \text{ A}$



THD
2,2%



$P = 1600 \text{ W}$
 $TPF = 1$



Rendimento
91,9%

INTERFACE DE UMA MICROEÓLICA COM A REDE ELÉTRICA

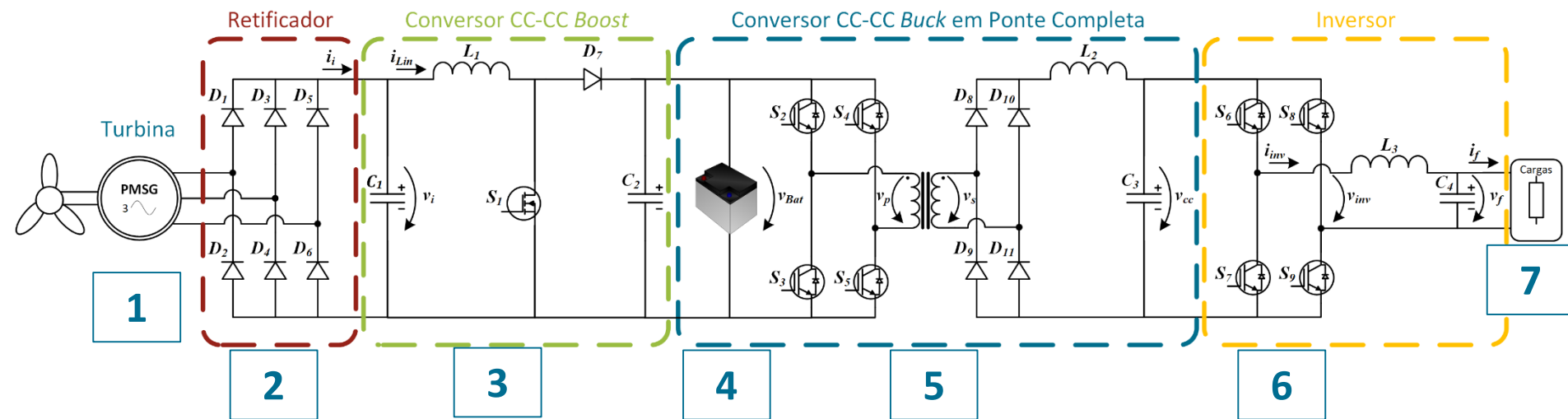
Protótipo final desenvolvido de 3 kW



MICRORREDE ISOLADA BASEADA EM ENERGIA EÓLICA

MICRORREDE ISOLADA BASEADA EM ENERGIA EÓLICA

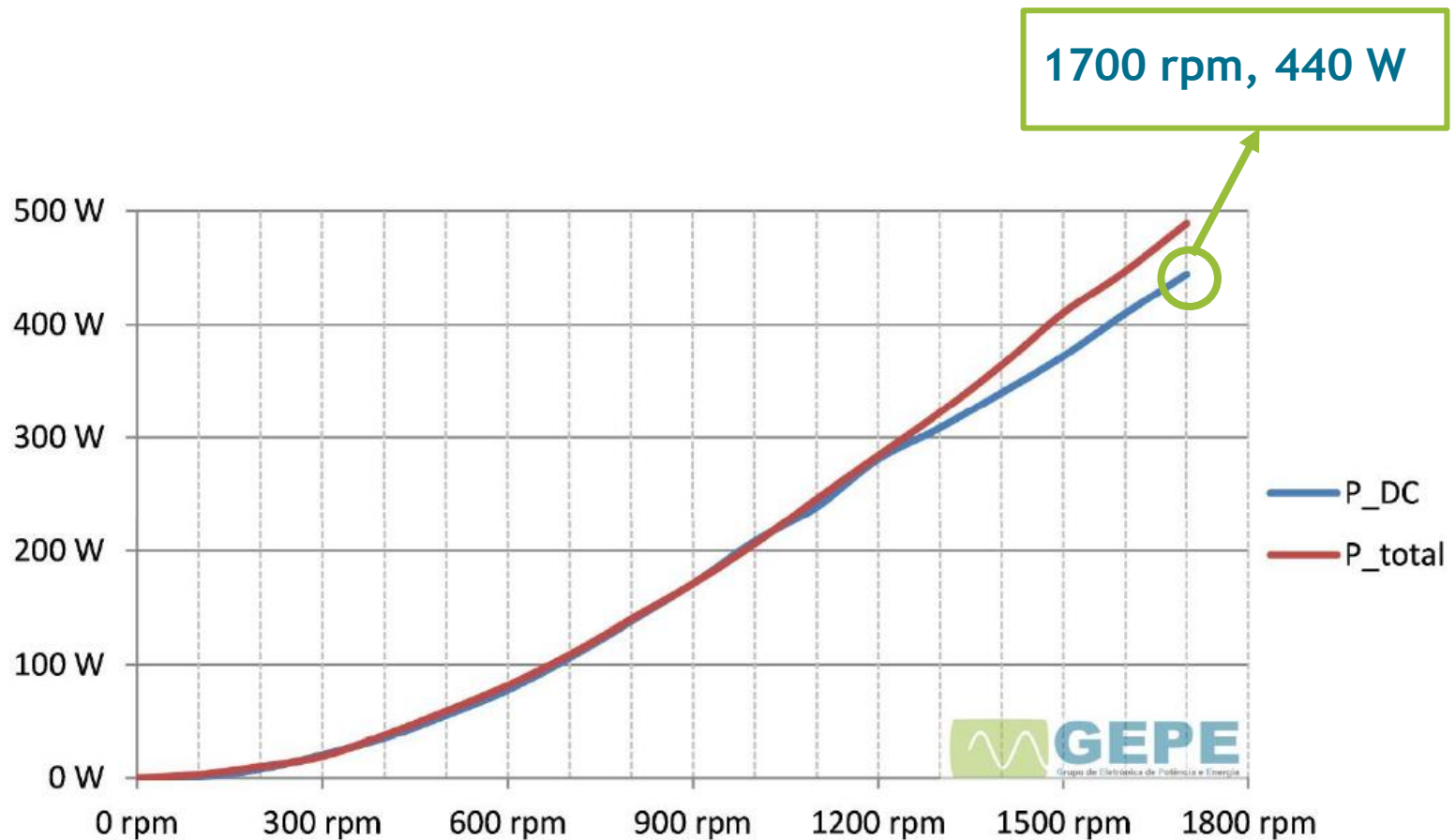
Topologia do conversor trifásico para criação da microrrede



1. **Gerador:** Fornece a energia para alimentar a Microrrede (com frequência variável)
2. **Conversor CA-CC:** Converte a tensão alternada (CA) do gerador para contínua (CC)
3. **Conversor CC-CC Boost:** Extrai a máxima potência do gerador e gere o carregamento das baterias
4. **Baterias:** Equilibram a produção e consumo de energia (armazenam o excesso de produção e fornecem energia quando necessário)
5. **Conversor CC-CC isolado:** Eleva a tensão CC para um nível adequado ao inversor
6. **Inversor:** Cria uma rede isolada
7. **Cargas:** Recetores da Microrrede, podem ser agrupados em prioritários e não prioritários

MICRORREDE ISOLADA BASEADA EM ENERGIA EÓLICA

Ensaio ao Gerador



Curvas de potência resultantes dos ensaios ao gerador com carga linear e não linear

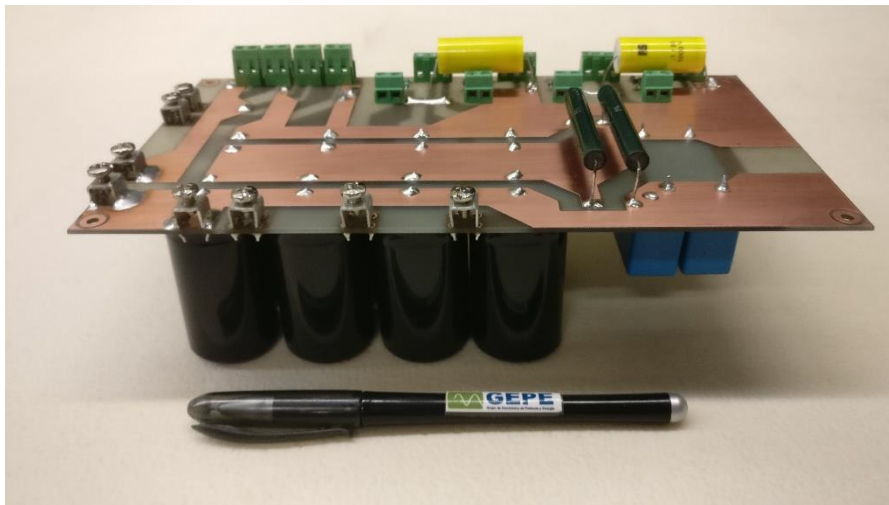
MICRORREDE ISOLADA BASEADA EM ENERGIA EÓLICA



Placa de condicionamento de sinal



Placa de comando monofásica



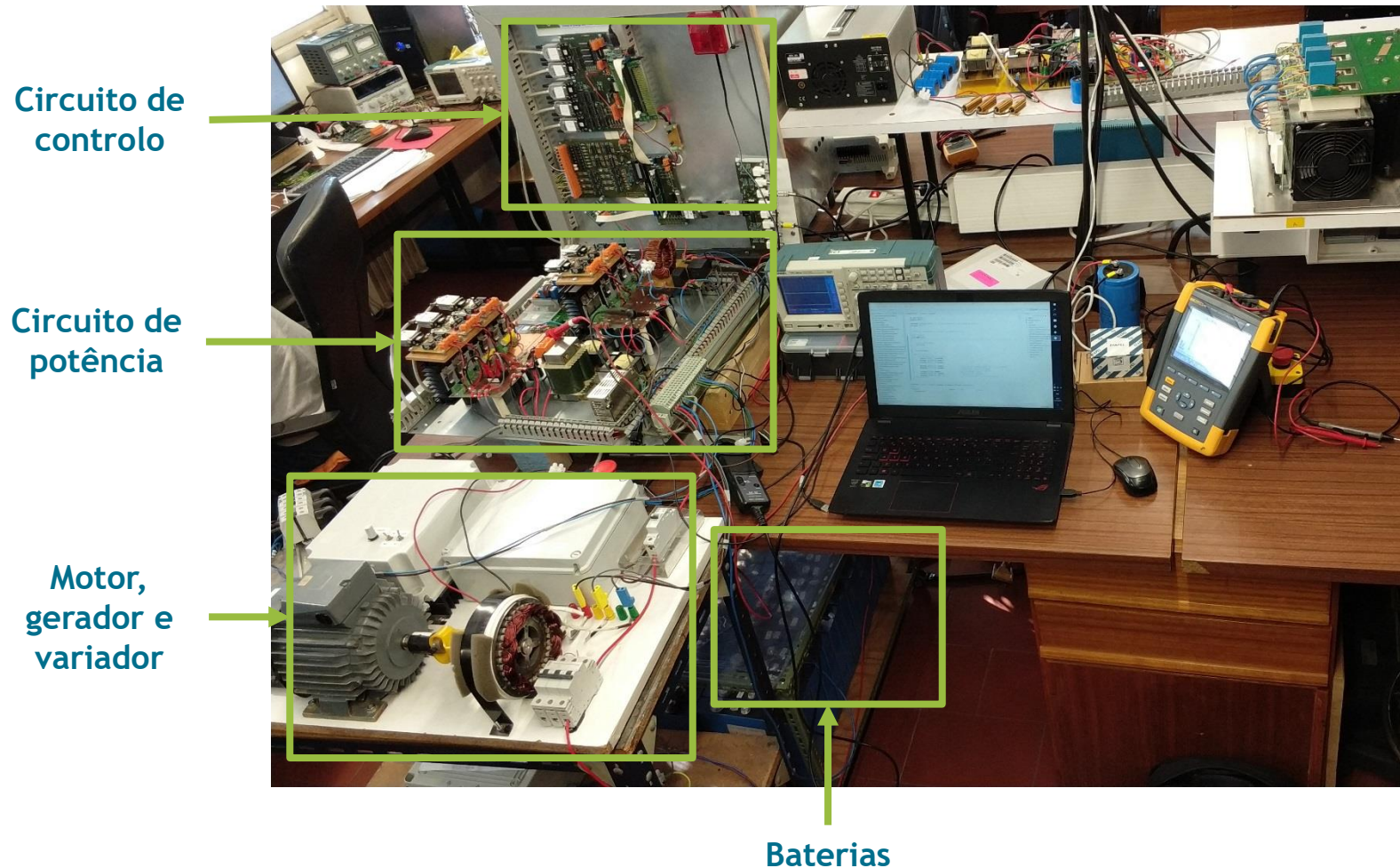
Conversor de Potência



Placa de comando trifásica

MICRORREDE ISOLADA BASEADA EM ENERGIA EÓLICA

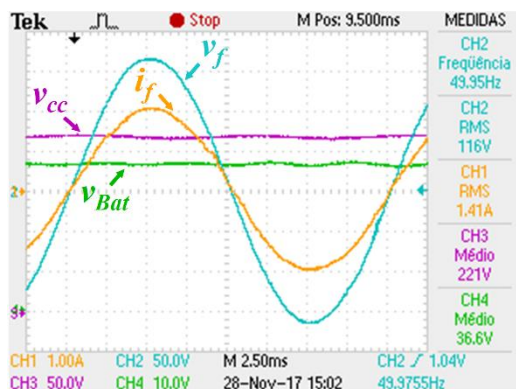
Visão geral da bancada de trabalho



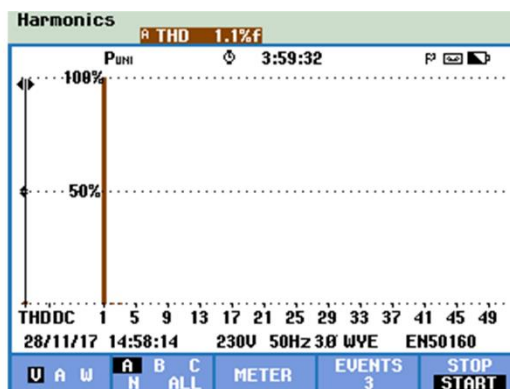
MICRORREDE ISOLADA BASEADA EM ENERGIA EÓLICA

Resultados experimentais

- Para o teste com o sistema completo, foram adicionadas as baterias ao barramento CC das baterias.



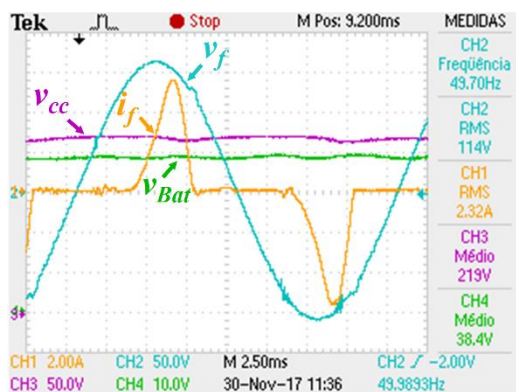
Resultado do teste com carga linear (PI)



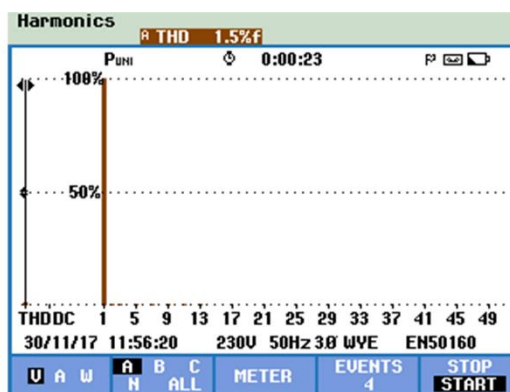
$$THD(v_f)=1,1\%$$

$$RMS(v_f)=116 \text{ V}$$

$$RMS(i_f)=1,41 \text{ A}$$



Resultado do teste com carga não linear (PI)



$$THD(v_f)=1,5\%$$

$$RMS(v_f)=114 \text{ V}$$

$$RMS(i_f)=2,32 \text{ A}$$

GERADOR PARA UNIDADE MICROEÓLICA

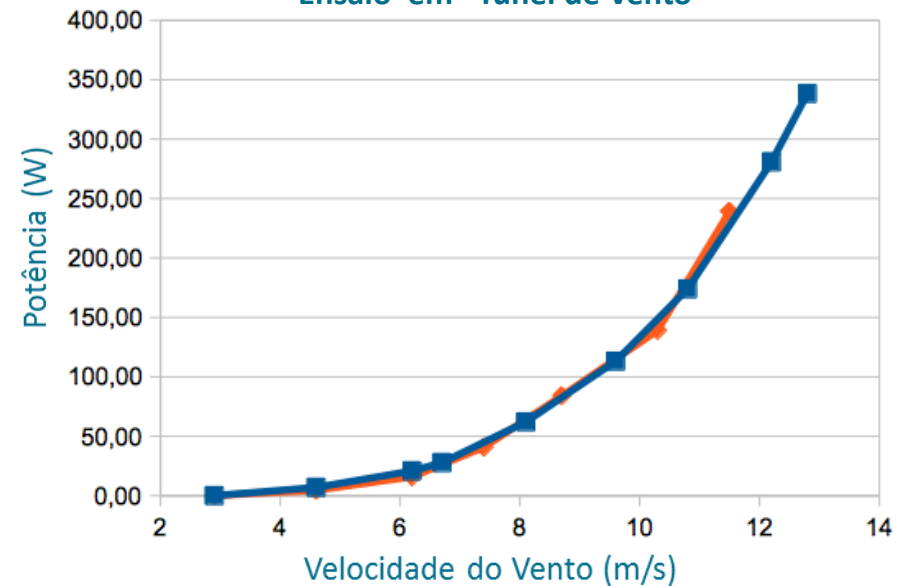
Projeto e Construção de Máquina Elétrica

Aplicação: Gerador de 400 W para unidade Microeólica

Máquina elétrica sem *cogging torque* (binário de retenção ou binário de relutância)



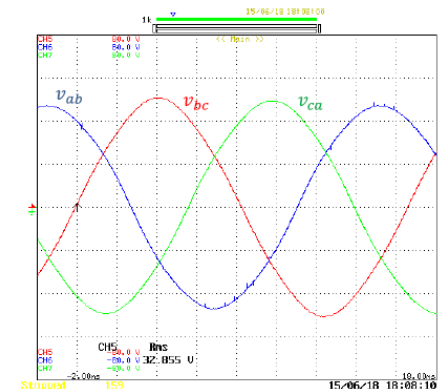
Ensaio em "Túnel de Vento"



Trabalho em conjunto com:

Prof. José Borges de Almeida (Dep. Física – Universidade do Minho)

Prof. António Caetano Monteiro (Dep. Eng^a Mecânica – Universidade do Minho)

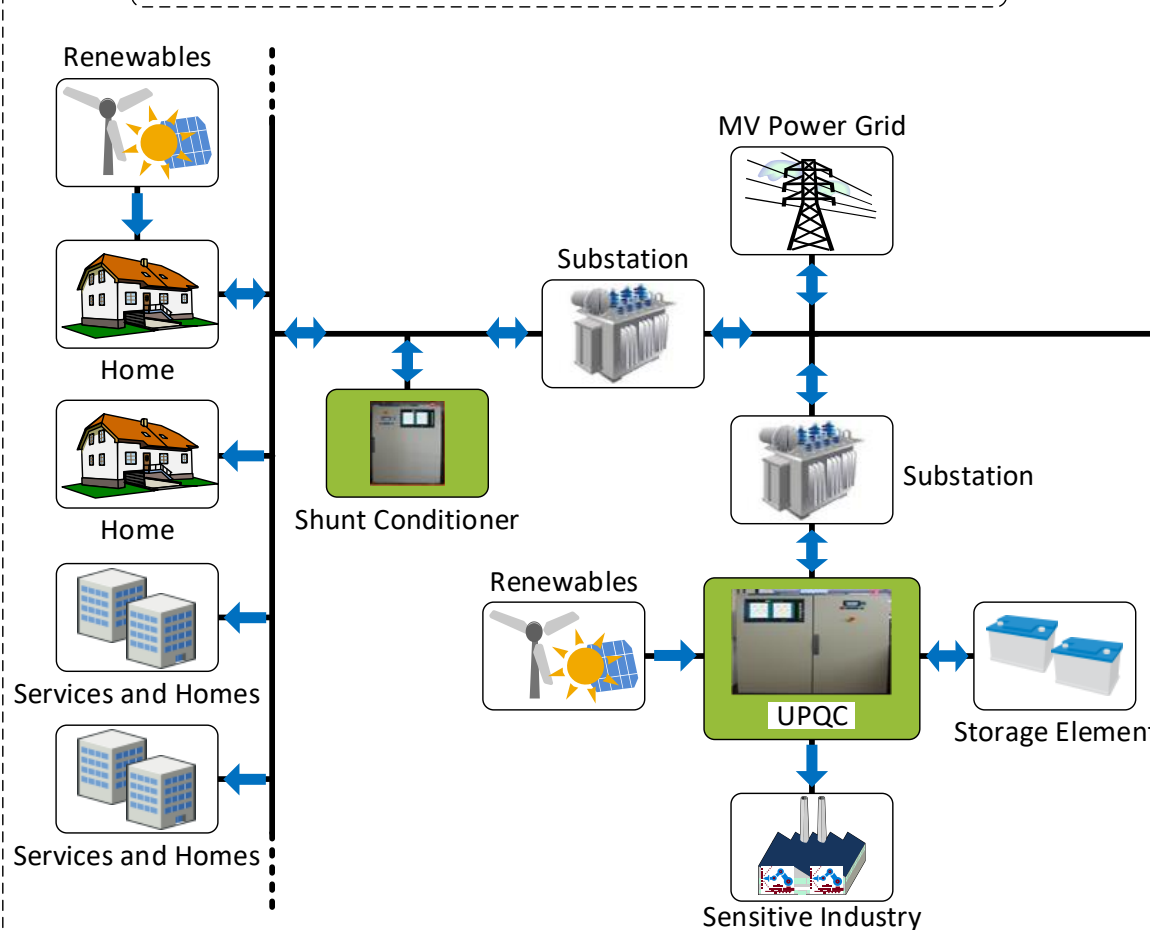


PROJETOS DE INVESTIGAÇÃO

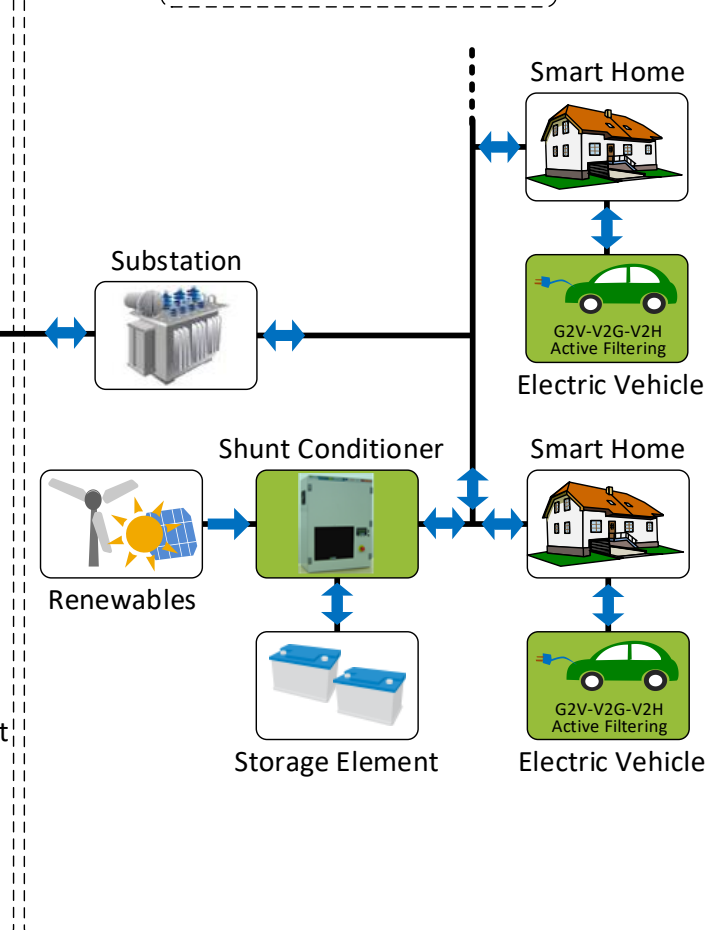
PROJETOS DE INVESTIGAÇÃO

Project ESGRIDS: Enhancing Smart GRIDs for Sustainability

Activity 3 - Operation and Control of the Power Distribution Grid



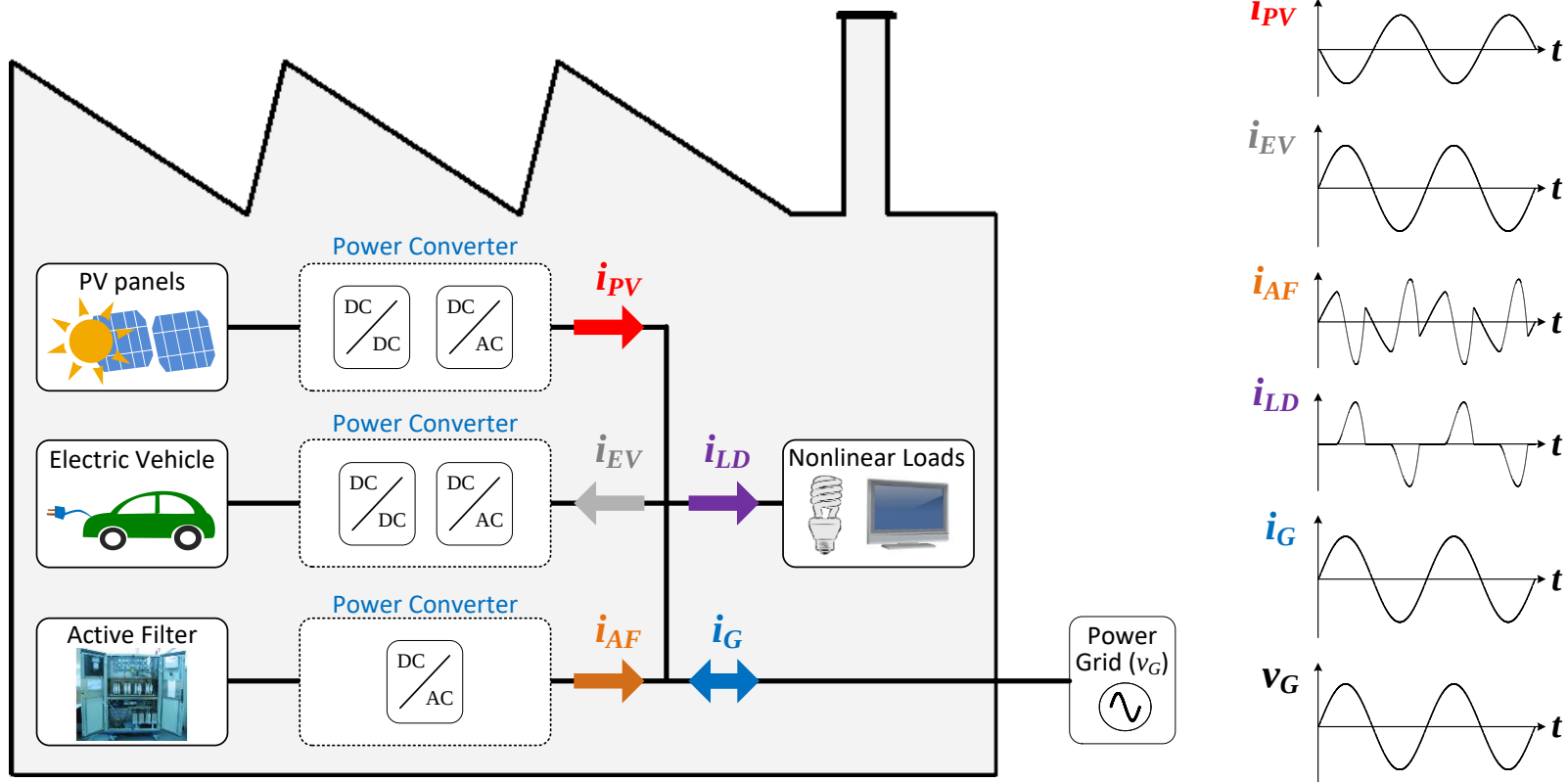
Activity 2 - Energy End-Use



PROJETOS DE INVESTIGAÇÃO

Project newERA4GRIDs - New Generation of Unified Power Conditioner with Advanced Control, Integrating Electric Mobility, Renewables, and Active Filtering Capabilities for the Power Grid Improvement

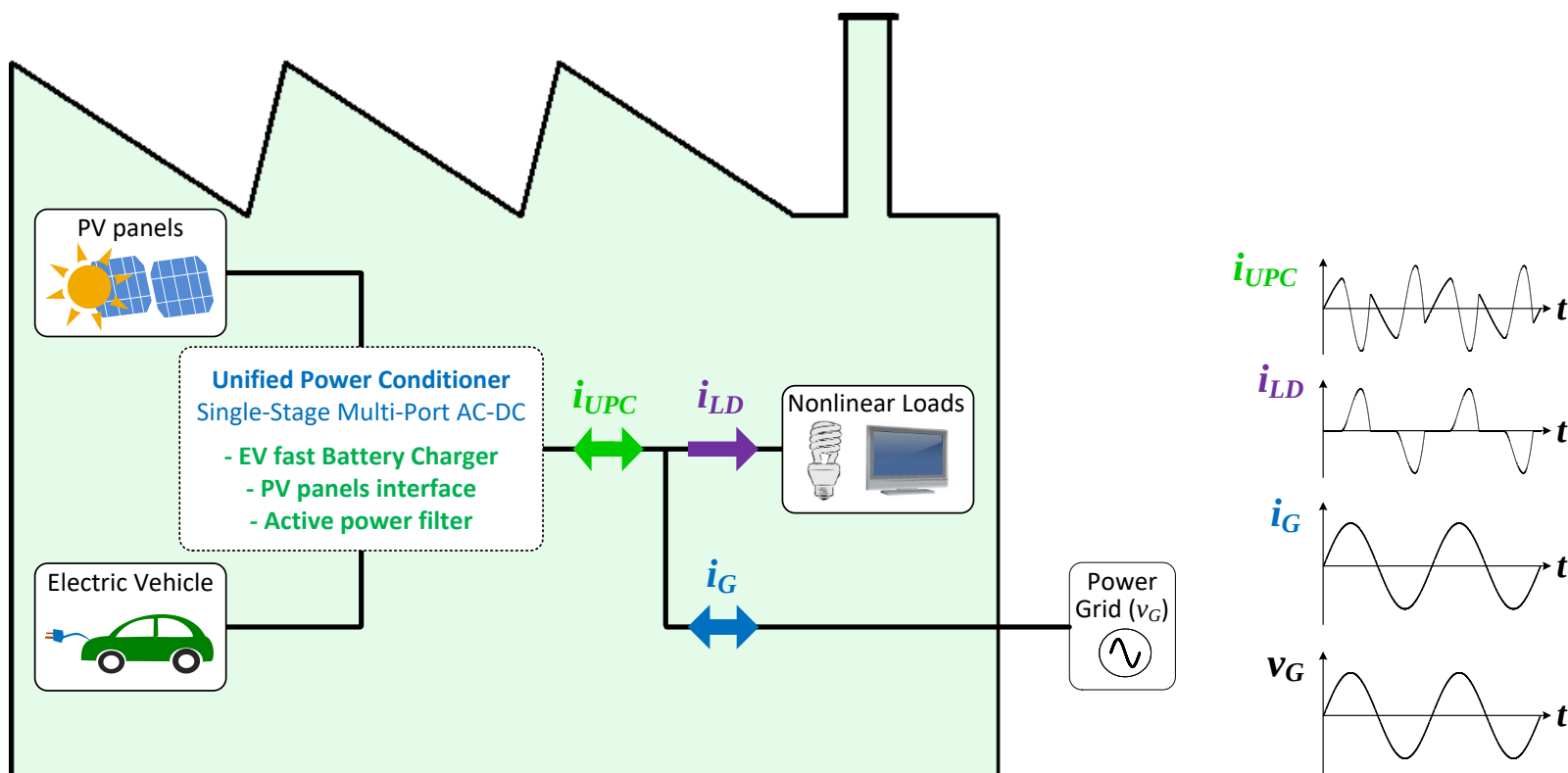
Traditional Solution



PROJETOS DE INVESTIGAÇÃO

Project newERA4GRIDs - New Generation of Unified Power Conditioner with Advanced Control, Integrating Electric Mobility, Renewables, and Active Filtering Capabilities for the Power Grid Improvement

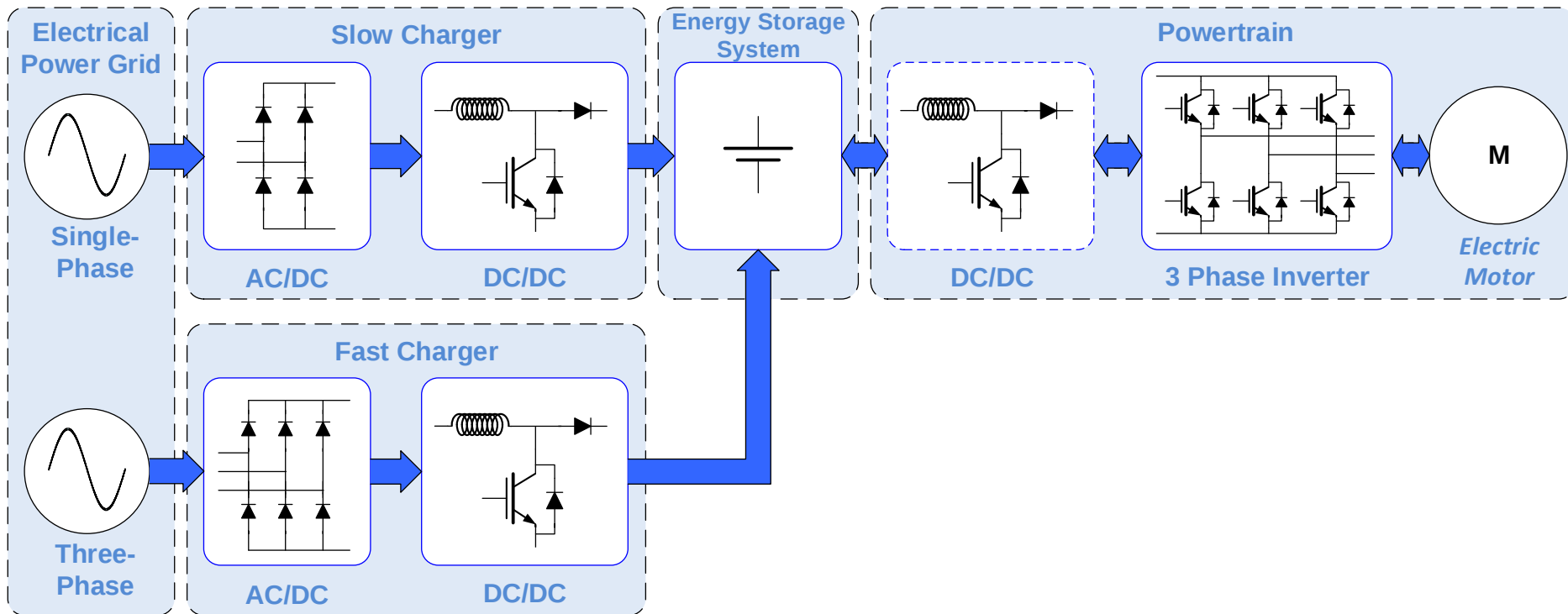
Proposed Solution



PROJETOS DE INVESTIGAÇÃO

DAIPESEV - Development of Advanced Integrated Power Electronic Systems for Electric Vehicles

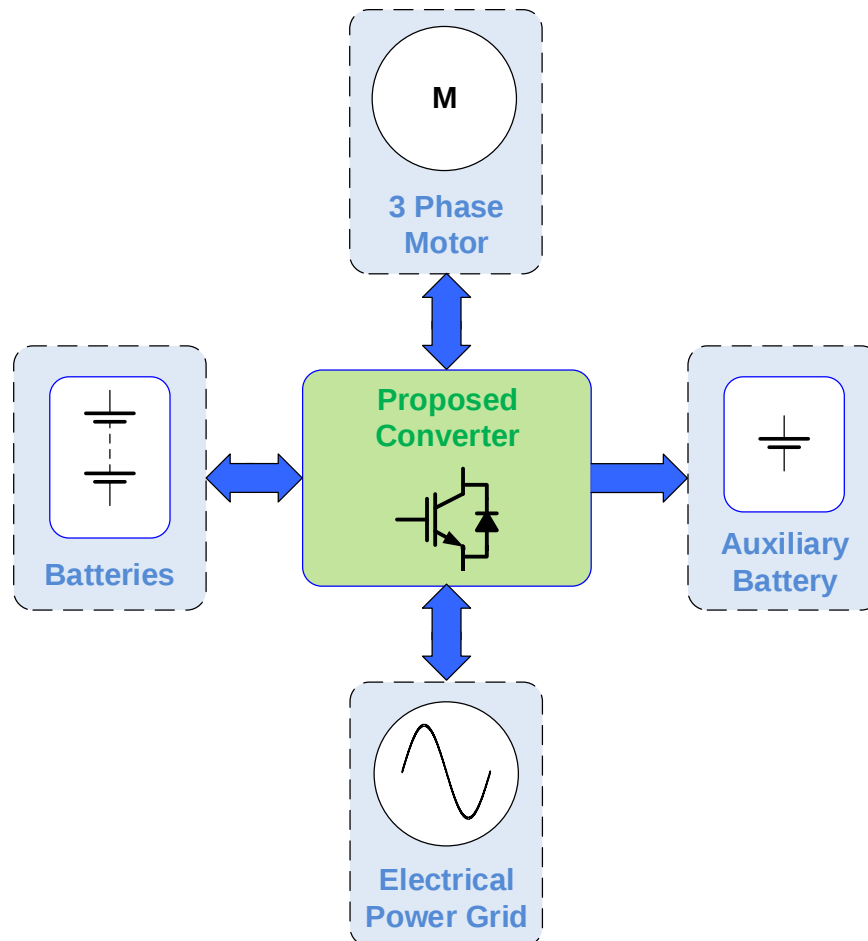
Traditional Solution



PROJETOS DE INVESTIGAÇÃO

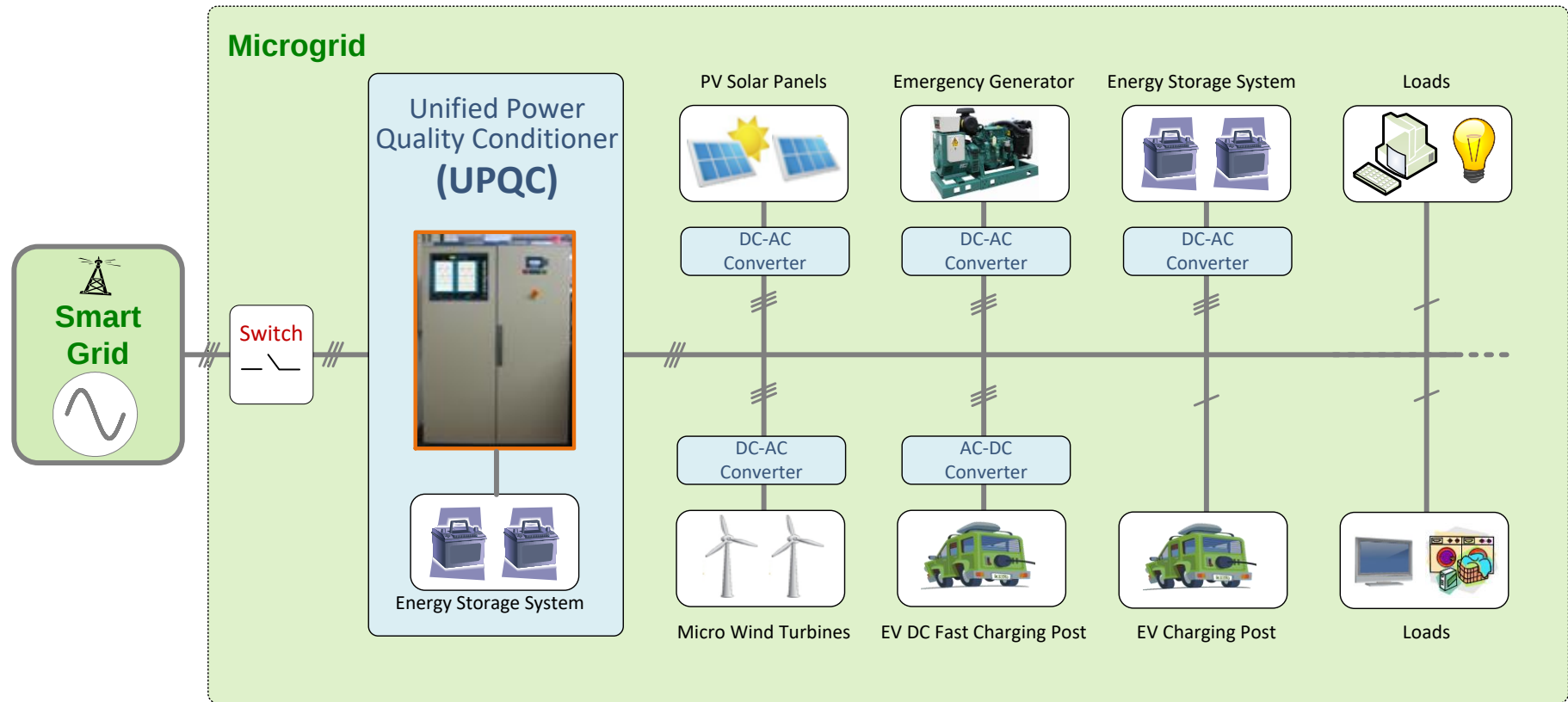
DAIPESEV - Development of Advanced Integrated Power Electronic Systems for Electric Vehicles

Proposed Solution



PROJETOS DE INVESTIGAÇÃO

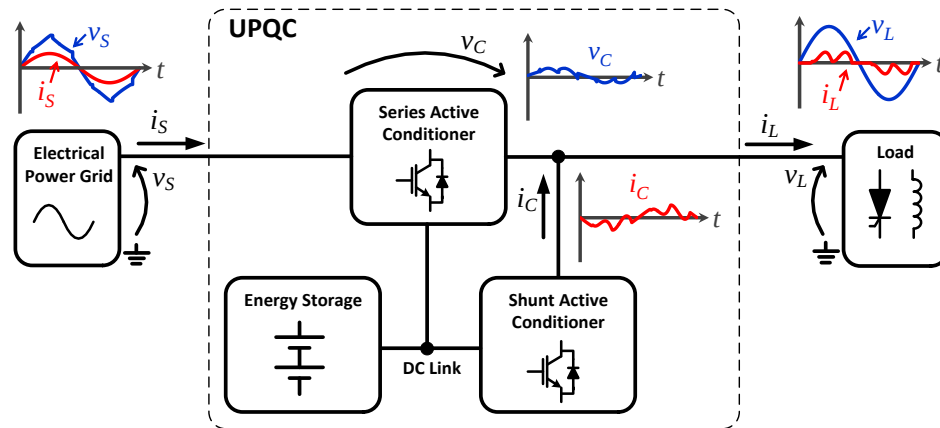
Quality4Power - Enhancing the Power Quality for Industry 4.0 in the era of Microgrids



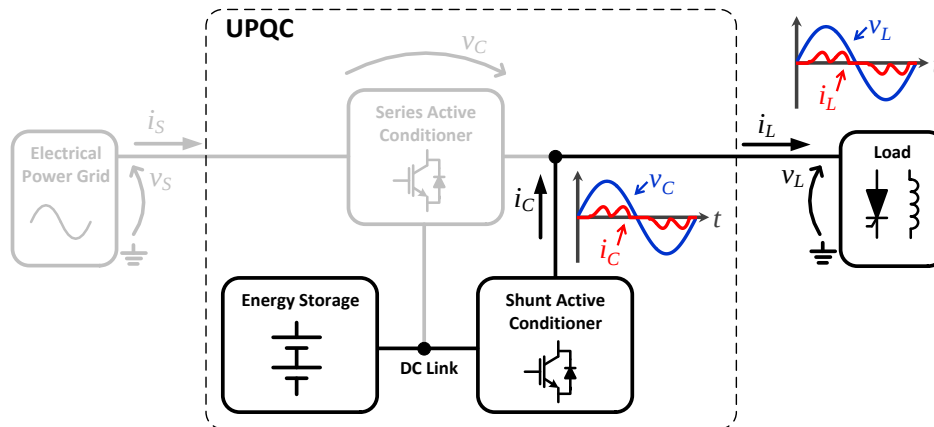
Unified Power Quality Conditioner (UPQC) in Microgrid Context

PROJETOS DE INVESTIGAÇÃO

Quality4Power - Enhancing the Power Quality for Industry 4.0 in the era of Microgrids



Unified Power Quality
Conditioner (UPQC)
operation in the grid-
connected mode



Unified Power Quality
Conditioner (UPQC)
operation in the in the
islanded mode

RENOVÁVEIS, EFICIÊNCIA, SUSTENTABILIDADE E *SMART GRIDS*







REPÚBLICA PORTUGUESA

MINISTRO DO AMBIENTE

Change to **EN**

GOVERNO · PRIMEIRO-MINISTRO · MINISTROS · FOTOS E VÍDEOS · CONSULTAS PÚBLICAS

Página Inicial · Ministros · Ministro do Ambiente · Notícias · Portugal empenhado em...



NOTÍCIAS

Voltar

A⁻ A⁺

2016-04-21 às 15:11

PORTUGAL EMPENHADO EM RATIFICAR ACORDO DE PARIS CONTRA AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

O Ministro do Ambiente, João Matos Fernandes, afirmou à agência Lusa que Portugal vai iniciar rapidamente a ratificação do acordo de Paris contra as alterações climáticas para que este possa ser concretizado em abril de 2017.

«A ratificação é um processo complexo, que demora seis a nove meses, pelo que Portugal dará muito depressa início aos procedimentos necessários para garantir que, no dia 23 de abril de 2017, está tudo em condições para que o acordo possa ser ratificado», explicou o Ministro.

Fim dos combustíveis fósseis em 2050

João Matos Fernandes acrescentou que «o País está preparado para cumprir as principais decisões do acordo contra as alterações do clima, nomeadamente em termos de redução de emissões de gases com efeito de estufa, deixando de utilizar energias fósseis em 2050».

INTERVENÇÕES

Discurso do Ministro do Ambiente na inauguração estação de Metro da Reboleira

Discurso do Ministro do Ambiente no encerramento do concurso European 13 «A cidade adaptável»

Intervenção do Ministro do Ambiente na abertura da «Conferência sobre Financiamento da Economia Circular»

Discurso do Ministro do Ambiente na assinatura do protocolo para criação do Fundo Nacional de Reabilitação do Edificado

Discurso do Ministro do Ambiente na abertura do 13.º Congresso Nacional da Água

Ver todos

CONCLUSÕES

- A aposta nas energias renováveis, principalmente, na vertente eólica, cada vez mais, é uma realidade e com previsão de maior desenvolvimento.
- O enquadramento com as *smart grids* ainda está numa fase embrionária, principalmente, no que concerne a novas abordagens de operação colaborativa.
- Com o objetivo de mitigar os efeitos negativos causados pela intermitência na produção de energia elétrica a partir de renováveis, a mobilidade elétrica desempenhará um papel relevante no enquadramento com as *smart grids*.
- Os sistemas de armazenamento de energia descentralizados também contribuirão para mitigar os efeitos negativos causados pela intermitência na produção de energia elétrica a partir de renováveis.
- O GEPE da Universidade do Minho tem desenvolvido tecnologias de Eletrónica de Potência em projetos de I&D (investigação e desenvolvimento) visando as *smart grids*, a interface de microeólicas com a rede elétrica e as microrredes isoladas baseadas em energia eólica.



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

CENTRO ALGORITMI



www.gepe.dei.uminho.pt

Obrigado pela vossa atenção!