

# NEUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica | Nº13 | Junho de 2014

<http://www.neutroaterra.blogspot.com>

*Nesta edição da revista, merece particular destaque a colaboração da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil, com um importante artigo sobre “Prédios Inteligentes. Green Buildings”. Na realidade, o interesse crescente pela nossa revista “Neutro à Terra” vai muito para além do nosso país, verificando-se o agrado das comunidades académicas e muitas empresas do setor eletrotécnico de outros países em acederem a uma revista especializada que alia publicações de natureza mais científica com outras de natureza mais prática.*

Professor Doutor José Beleza Carvalho



**Máquinas  
Elétricas**  
Pág.05



**Energias  
Renováveis**  
Pág. 09



**Instalações  
Elétricas**  
Pág. 19



**Telecomunicações**  
Pág. 35



**Segurança**  
Pág. 41



**Eficiência  
Energética**  
Pág.57



**Automação  
Domótica**  
Pág. 63

---

## Índice

---

### 03 | Editorial

---

### 05 | Máquinas Elétricas

Regulação de velocidade em motores de corrente contínua

José António Belezinha Carvalho

---

### 09 | Energias Renováveis

Autoconsumo Fotovoltaico. A democratização da Energia.

Manuel Azevedo

Diogo Maximino Ribeiro da Silva

---

### 19 | Instalações Elétricas

Traçagem elétrica.

Mário Fernando Soares de Almeida

### 25 | Poluição harmónica em Instalações Elétricas Industriais

José Rodrigo Pereira

José António Belezinha Carvalho

---

### 35 | Telecomunicações

*ITED – 3ª Edição 2015: Manual evolutivo e reconstitutivo*

Sérgio Filipe Carvalho Ramos

---

### 41 | Segurança

Incêndio. Um Risco constante com elevado potencial de perigo

Frederico Miguel Cardoso Rosa

---

### 57 | Eficiência Energética

Manual de Boas Práticas para Cadastro de IP

Alberto Van Zeller

---

### 63 | Automação e Domótica

Prédios inteligentes. Green Buildings.

Roberto Ribeiro Neli

Paulo Dênis Garcez da Luz

---

### 67 | Autores

---

## FICHA TÉCNICA

DIRETOR:

Doutor José António Belezinha Carvalho

SUBDIRETORES:

Eng.º António Augusto Araújo Gomes  
Doutor Roque Filipe Mesquita Brandão  
Eng.º Sérgio Filipe Carvalho Ramos

PROPRIEDADE:

Área de Máquinas e Instalações Elétricas  
Departamento de Engenharia Electrotécnica  
Instituto Superior de Engenharia do Porto

CONTATOS:

[jbc@isep.ipp.pt](mailto:jbc@isep.ipp.pt) ; [aag@isep.ipp.pt](mailto:aag@isep.ipp.pt)

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL:

ISSN: 1647-5496

Estimados leitores

A recessão económica que se verifica atualmente tem afetado todos os setores da nossa economia, no entanto, a indústria eletrotécnica tem mantido apesar de tudo uma dinâmica muito apreciável. Um facto importante, que decorreu durante o primeiro semestre deste ano, foi a discussão sobre a Proposta de Lei 101/2014, de 27 de março, relativa ao Estatuto dos Técnicos Responsáveis por Instalações Elétricas de Serviço Particular. Este documento, bastante polémico, que se encontra na fase final de aprovação, vai ser determinante na intervenção dos engenheiros eletrotécnicos na área das instalações elétricas. Contamos na próxima edição da nossa revista “Neutro à Terra” apresentar um artigo sobre este assunto.

Nesta edição da revista, merece particular destaque a colaboração da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil, com um importante artigo sobre “Prédios Inteligentes. *Green Buildings*”. Na realidade, o interesse crescente pela nossa revista “Neutro à Terra” vai muito para além do nosso país, verificando-se o agrado das comunidades académicas e muitas empresas do setor eletrotécnico de outros países em acederem a uma revista especializada que alia publicações de natureza mais científica com outras de natureza mais prática. Nesta edição da revista merecem ainda particular destaque os temas relacionados com as máquinas elétricas, as energias renováveis e a eficiência energética, as instalações elétricas, os sistemas de segurança e as telecomunicações.

A utilização de energias renováveis estão cada vez mais presentes na produção de eletricidade, pois permitem diminuir a utilização dos combustíveis fósseis na produção convencional de energia elétrica. Com a introdução da microprodução em Portugal (DL 363/2007) teve início a primeira fase da implementação do solar fotovoltaico. Os consumidores passaram a ser produtores de energia. Com o aumento do preço da eletricidade e a forte descida dos custos do fotovoltaico vai-se assistir nos próximos anos a verdadeira democratização da energia através da introdução de conceitos de autoconsumo. Nesta revista, apresenta-se um artigo sobre o autoconsumo solar fotovoltaico que pode representar uma solução para os consumidores reduzirem o impacto do aumento da eletricidade e ao mesmo tempo permitir a criação de um mercado solar fotovoltaico sustentável.

No âmbito das instalações elétricas, da eficiência energética e da qualidade da energia elétrica, publica-se um artigo sobre Poluição Harmónica em Instalações Elétricas Industriais. Este ainda é atualmente um assunto de difícil compreensão e desconhecido, cujas consequências na indústria se fazem sentir por importantes prejuízos de natureza técnica e económica. No artigo que é apresentado é feita uma análise técnica e científica ao problema das componentes harmónicas nas instalações elétricas industriais, apresenta as suas causas e consequências, e as soluções que atualmente existem no mercado para minimizar este problema.

Ao longo das últimas décadas Portugal tem assistido a um abrandamento na construção civil e, naturalmente, na construção de edifício novo. Porém, subsiste a necessidade de requalificar os edifícios já existentes que serão, indubitavelmente, o grande nicho de negócio nas décadas vindouras. Paralelamente, a legislação e as especificações e prescrições técnicas das diversas instalações específicas, designadamente as Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios (ITED), devem convergir para a harmonização com as Normas Europeias e adaptadas à realidade económica do país. Neste âmbito, uma edição do Manual ITED (a 3ª Edição) será publicada no próximo ano de 2015, e visa fundamentalmente a atualização das especificações e prescrições técnicas com a normalização europeia e uma convergência com a real situação económica portuguesa. O artigo que é apresentado propõe, de uma forma sucinta, evidenciar as principais alterações decorrentes da proposta do novo enquadramento das Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios.

Nesta edição da revista “Neutro à Terra” pode-se ainda encontrar outros assuntos muito interessantes e atuais, como um artigo sobre Regulação de Velocidade de Motores de Corrente Contínua, um artigo que aborda a Traçagem Elétrica nas Instalações Elétricas, um artigo muito importante sobre os Riscos de Incêndios nas Instalações Elétricas, e um artigo relacionado também com a eficiência energética, neste caso, sobre a elaboração de Um Manual de Boas Práticas no Cadastro da Iluminação Pública.

Desejando que esta edição da revista “Neutro à Terra” satisfaça novamente as expectativas dos nossos leitores, apresento os meus cordiais cumprimentos.

Porto, junho de 2014

José António Beleza Carvalho

## AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO.

### A DEMOCRATIZAÇÃO DA ENERGIA

#### 1. Introdução

Com a introdução da microprodução em Portugal (DL 363/2007) teve início a primeira fase da implementação do solar fotovoltaico. Os consumidores passaram a ser produtores de energia. Com o aumento do preço da eletricidade e a forte descida dos custos do fotovoltaico iremos assistir nos próximos anos à verdadeira democratização da energia através da introdução de conceitos de autoconsumo.

#### 1. Enquadramento

Na última década, a fatura de energia elétrica aumentou continuamente nos diferentes níveis de tensão de alimentação. Este aumento deve-se não só ao aumento da carga fiscal em 2012 (aumento do IVA de 6% para 23%) mas também à cada vez maior contribuição dos custos de interesse económico geral (CIEG's). Os custos de *acesso à rede* e os custos de interesse económico geral representam hoje em dia metade da componente variável e a quase totalidade da componente fixa (potência contratada). A necessidade de incorporar todos os sobrecustos da produção em regime especial (PRE) e em regime ordinária (PRO) aos consumidores, para não aumentar o já elevado nível de défice tarifário na ordem dos 3,7 mil milhões, irá pressionar os CIEG e assim a componente *não dependente* do custo da energia elétrica. Para se ter uma ideia da gravidade da situação, o valor da dívida que cada consumidor português tem junto do sistema elétrico nacional são aproximadamente 570€ (sem IVA) (considerando 6,4 milhões de consumidores [1]). Para a liquidação total da dívida de uma só vez seria necessário aumentar a tarifa elétrica em 0,075€/kWh. O atual Governo tem como meta para 2020/25, poder extinguir o défice tarifário com aumentos máximos anuais de 1,5% acréscimo da taxa de inflação.

A sustentabilidade e a estabilidade das tarifas de eletricidade (e défice tarifário) dependem fortemente das políticas nacionais para as energias renováveis e eficiência energética. O atual défice tarifário é constituído por cerca de 90% com os sobrecustos provocados pelas energias renováveis (PRE). Para a futura real implementação em larga escala de produção descentralizada baseada no conceito "prosumidor" (= produtor + consumidor), que teve o seu início com os decretos leis 363/2007 de 2 de Novembro e 34/2011 de 8 de Março, é necessário criar mecanismos que não aumentem mais o défice tarifário.

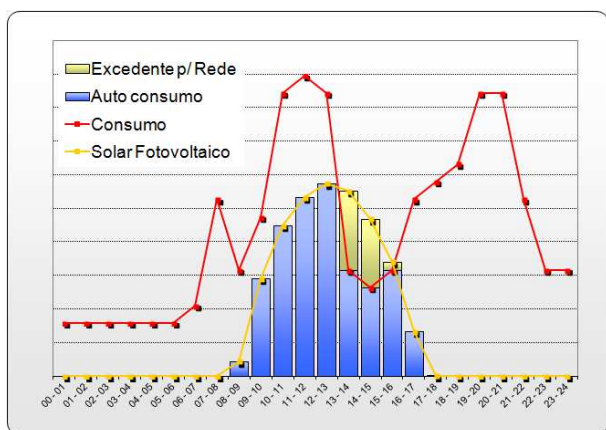
O autoconsumo solar fotovoltaico pode representar uma solução para os consumidores reduzirem o impacto do aumento da eletricidade e ao mesmo tempo permitir a criação de um mercado solar fotovoltaico sustentável.

#### 2. A solução autoconsumo fotovoltaica

Com a segura subida dos preços de energia e o evidente amadurecimento das soluções fotovoltaicas, novas filosofias de instalação ganham evidência, nomeadamente a filosofia de autoconsumo. Estas instalações fotovoltaicas são instaladas em locais onde existe rede elétrica pública. A produção de energia não visa a venda ao abrigo dos regimes bonificados conhecidos do tipo *feed-in tariff* (micro ou miniprodução) mas sim o consumo no local.

##### 2.1 Autoconsumo instantâneo (100% autoconsumo)

O autoconsumo é a possibilidade de consumir instantaneamente (consumo natural) a energia elétrica (figura 1: área azul) gerada pela instalação fotovoltaica, produzindo uma poupança direta na compra da energia ao comercializador de eletricidade. As instalações são ligadas à rede através de uma rede interior de consumo.



**Figura 1. Diagrama de carga (curva vermelha) e produção fotovoltaica (curva amarela).**

Esta solução já é aceite em Portugal, todavia é necessário garantir que nenhuma energia seja injetada na rede, existindo já as seguintes soluções técnicas:

- Dimensionar o sistema fotovoltaico (em termos de potência instalada) de forma que a energia produzida ao longo do ano seja sempre inferior ao consumo.
- Utilização de inversores com redução de potência em caso de verificação de produção em excesso. Neste caso, não se está a favorecer um consumo eficiente da energia.
- Implementação de um sistema de ativação de cargas em caso de existência de energia fotovoltaica em excesso. Esta solução representa um consumo muito eficiente da energia renovável. Tem como desvantagem os custos de implementação do sistema de controlo.

## 2.2 Autoconsumo com injeção de excedentes na rede (RESP)

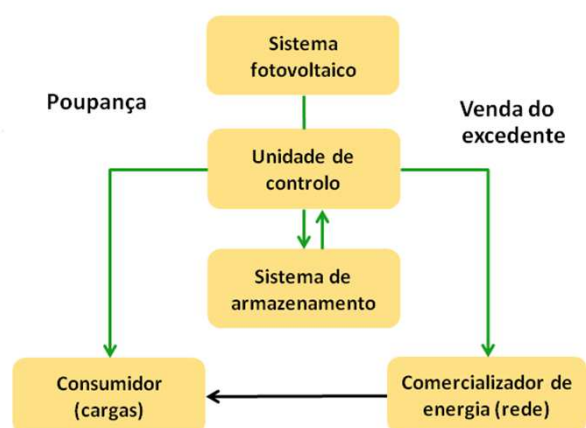
Se existirem momentos nos quais a produção da instalação supera o consumo, serão gerados *excedentes* de energia (figura 1: área amarela) que poderão ser injetados ou não na rede. No caso da injeção do excedente, estamos a falar de um mecanismo em que a energia vendida à rede (por exemplo pelo comercializador de mercado ou último recurso, CUR) é remunerada a uma tarifa predefinida.

Existem vários modelos e mecanismos de remuneração que podem passar pela atribuição de um crédito ao consumidor pelo comercializador (acertos de contas na fatura mensal de consumo, modelo de *net-metering*) ou pela remuneração ao preço de mercado “spot” pelo comercializador de último recurso.

Estes dois modelos não estão regulados atualmente em Portugal. Tendo em conta a evolução legislativa não é espetável que a atribuição de créditos (*net-metering*) por parte do comercializador seja a solução adotada em Portugal.

## 2.3 Autoconsumo com armazenamento e injeção de excedentes na rede (RESP)

Para aumentar o grau de autoconsumo da energia gerada faz sentido armazenar temporariamente a energia em excesso numa pequena bancada de baterias com uma capacidade de armazenamento semelhante ao consumo diário. Só depois do completo carregamento, é que a energia em excesso será injetada na rede. Este sistema tem a vantagem de maximizar o aproveitamento da energia fotovoltaica e aumentar o consumo eficiente da energia renovável. A existência do armazenamento, implicará o aumento dos custos de investimento devido às baterias e ao sistema de controlo de carga. Este aumento de investimento é aproveitado pelos fornecedores oferecendo sistemas inteligentes de controlo ativo das cargas, permitindo um aumento autoconsumo.



**Figura 2. Diagrama de blocos de um sistema de autoconsumo.**

Na figura 2 é apresentado o esquema global de um sistema de autoconsumo. O sistema é constituído por um *sistema fotovoltaico*, uma *unidade de controlo* (que em função do seu grau de complexidade monitoriza o consumo e a produção de energia, ativa ou desativa cargas *não contínuas* (exemplo: máquina de lavar roupa ou loiça, aquecimento central, cilindro de água, etc.) atua como controlador de carga das baterias e um *sistema de armazenamento* de energia. O autoconsumo, representa uma maior mais válida em relação à injeção na rede. Enquanto o autoconsumo representa uma poupança económica entre 0,06/kWh a 0,16€/kWh (dependendo do nível de tensão), a venda do excedente à rede representará no futuro um proveito de 0,14€/kWh para clientes BT e 0,05€/kWh a 0,075€/kWh para clientes de MT. É de realçar, que os consumidores domésticos não podem deduzir o IVA podendo os valores de poupança poderem atingir os 0,19€/kWh (semelhantes à tarifa bonificada de 0,196€/kWh para 2013 no regime de microprodução).

Atualmente, o fotovoltaico é visto como um investimento financeiro para obter uma elevada rentabilidade. É permitido a instalação de sistemas com potências de ligação nominais de 3,68kW até 250kW. No futuro, o fotovoltaico terá que ser visto com um investimento de poupança e eficiência energética. Será necessário conhecer e analisar o perfil de consumo (diagrama de carga) do consumidor doméstico e empresarial e encontrar dentro dos vários objetivos a melhor solução técnica.

### 3. Casos de estudo

Em seguida apresentam-se vários casos de estudo de aplicações de autoconsumo, que vão desde do consumidor doméstico (alguns kW), à pequena e média unidade industrial (algumas dezenas de kW) até a um grande consumidor (superior a 1MW). Com os estes casos de estudo pretendem-se demonstrar a viabilidade económica do autoconsumo e os cuidados a ter no dimensionamento das mesmas e das respetivas limitações.

### 3.1 Consumidor doméstico

Em seguida é apresentado uma solução técnica e uma análise económica financeira para um consumidor doméstico, localizado na freguesia de Roriz no concelho de Santo Tirso, com uma potência contratada de 3,45 kVA e um consumo anual de energia elétrica de 3300 kWh. O consumidor utiliza o tarifário simples tem uma fatura de eletricidade anual de 738,24 € (tarifas reguladas de janeiro de 2013).

A figura 3 mostra a variação mensal do consumo ao longo do ano, onde se observa um consumo médio mensal de 275 kWh e uma variação significativa entre os meses de verão e inverno da ordem dos 100 kWh.

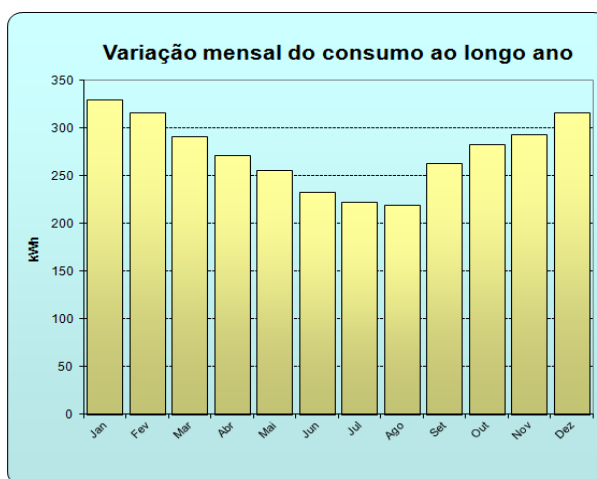


Figura 3. Variação mensal do consumo para um consumidor doméstico.

#### 3.1.1 Nanoprodução – autoconsumo instantâneo

Para obter um elevado grau de autoconsumo da energia produzida, um elevado nível de poupança e evitar a injeção de energia excendentária na rede podemos utilizar a seguinte configuração de sistema:

- Potência instalada: 690 Wp (3 x 230 Wp);
- Inversor: Mastervolt Soladin 600 (ou como alternativa 3 micro inversores);
- Disjuntor DC125V.

O sistema fotovoltaico tem uma produção anual de 840 kWh e é ligado em paralelo com a rede diretamente no quadro geral de baixa tensão (QGBT) ou a uma tomada elétrica. Para proteção do sistema é ligado a um disjuntor DC125V entre o inversor e a tomada elétrica/QGBT. Este sistema será possível obter uma poupança bruta de 25% (840kWh/3300kWh). Como se pode verificar na figura 4, nos meses de inverno a energia produzida é 100% autoconsumida, sendo nos outros meses até 80%. A energia fotovoltaica gerada por este sistema de “nanoprodução”, representa até 40% da energia consumida nos meses de verão. Mesmo com este sistema de pequena escala e com o diagrama de carga “tipo”, 8,5% da energia produzida é excedente. Isto significa que esta energia terá que ser injetada na rede a custo “zero” ou a uma tarifa de venda.

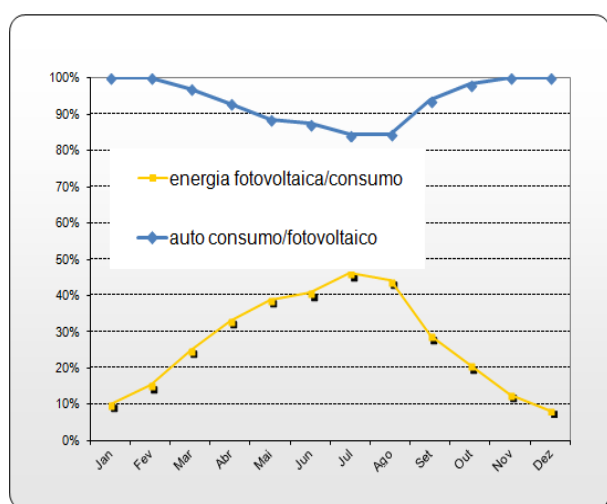


Figura 4. Variação anual do grau de autoconsumo (curva azul) e a relação entre energia gerada e consumida (curva em amarelo).

Estes pequenos kit's de autoconsumo podem ser atualmente adquiridos em diversas lojas online [2]. Com base no preço de aquisição indicado na loja (junho de 2013) de 1.348,08 € (valor com IVA) permite-nos fazer uma pré-avaliação económica financeira do sistema.

#### Parâmetros iniciais:

Consumo anual: 3300 kWh

Tipo de tarifário: Simples

Valor da tarifa: 0,1756€/kWh

(com IVA e imposto sobre eletricidade)

Valor anual da fatura: 738,24€ (inclui custo da potência contratada que corresponde a 21,5% do valor total da fatura)

#### Sistema fotovoltaico:

Custo do investimento:	1348,0€
Produção anual:	840 kWh
Autoconsumo:	765 kWh
Energia excedente:	75 kWh
Degradação da produção:	0,5%/ano

#### Resultados:

Nova fatura energética:	604,00 € (1º ano)
Poupança:	134,45€ (18,2%)
Tempo de amortização:	8 anos
LCOE (a 20 anos):	0,0923 €/kWh

Os resultados mostram, que mesmo utilizando um sistema básico de autoconsumo sem grandes preocupações de eficiência energética consegue-se obter uma poupança de cerca 20% na fatura energética, com tempo de amortização interessante (8 anos) e uma rentabilidade anual do investimento de perto dos 10%. É de realçar, que não consideramos qualquer remuneração para a energia excedente. Considerando os custos de investimento e a produção energética do sistema para um período de 20 anos, obtém um *custo nivelado simples* (LCOE) da energia gerada de 0,0923€/kWh. Este valor mostra que o solar fotovoltaico já atingiu a *paridade da rede* (*grid parity*).

#### 3.1.2 Microprodução: autoconsumo com armazenamento e injeção (“net-metering”)

Em seguida apresentamos um sistema de autoconsumo com capacidade de armazenamento da energia excedente produzida durante o dia que será aproveitada no período noturno. A rede pública complementa sempre que necessário o défice que possa surgir entre produção e consumo no local. Consegue-se assim uma redução significativa na fatura de energia, tão maior quanto mais alargada for a capacidade de aproveitamento das horas de produção solar. Consideramos um sistema fotovoltaico com uma potência nominal de 1,75kVA e uma potência instalada de 1,9kWp. O sistema consiste numa unidade de controlo, um controlador de carga e uma bancada de baterias com uma capacidade de armazenamento de 2,5kWh (cerca de 22% do consumo diário).

Este sistema conseguirá produzir anualmente 2650kWh corresponde a 80% do consumo anual. Na figura 5 apresenta-se os diagramas de carga para o mês de julho com e sem armazenamento considerando o mesmo diagrama de carga tipo (doméstico) e local de instalação (Porto). Da energia gerada (sem armazenamento) 55,1% é autoconsumida e 44,9% é injetada na rede, o que representa um elevado nível de ineficiência energética. Com a utilização da bancada de baterias de 2,5kWh (DOE de 80%) é possível aumentar o grau de autoconsumo para 74,25%, sendo apenas injetada na rede 25,75%.

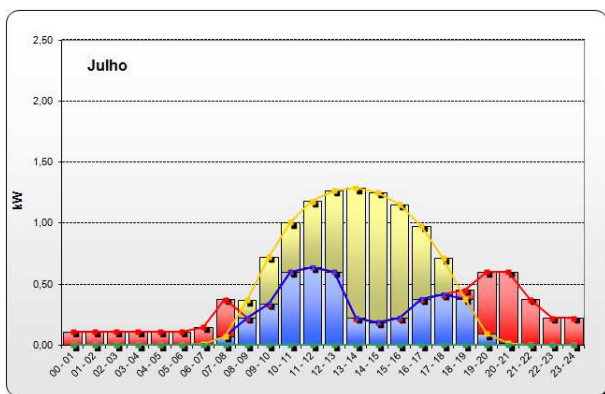


Figura 5. Diagrama de carga (vermelho), produção fotovoltaica (amarelo), autoconsumo (azul) e armazenamento (verde) sem e com capacidade de armazenamento para o mês de julho.

No mercado existem várias soluções técnicas que permitem o armazenamento e injeção, desenvolvidas na sua maioria pelos fabricantes de inversores como (exemplo a SMA, Fronius, Kaco, Nedap entre outros) ou painéis fotovoltaicos (Solarworld, Solon).

Este tipo de soluções são muito utilizadas na Alemanha devido ao incentivo do autoconsumo através da majoração da energia injetada na rede. É necessário fazer uma análise cuidadosa do perfil de consumo do cliente para analisar se é vantajoso utilizar um sistema de autoconsumo com um sistema de armazenamento.

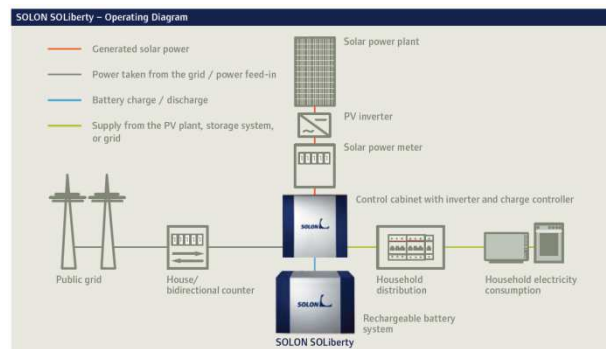


Figura 6: Solução tecnológica (SOLON SOLiberty) de um sistema de autoconsumo com armazenamento e injeção na rede da empresa Solon [3].

Para o perfil de consumo do cliente doméstico acima referenciado apresentamos em seguida uma análise económica para o caso de um sistema de maior potência (potência injetada igual a metade da potência contratada, segundo os requisitos do DL da micro e miniprodução). Nesta análise consideramos que a energia excedente é vendida à rede a uma tarifa igual à tarifa simples de 0,1428€/kWh (em janeiro de 2013, sem IVA) atualizada anualmente a uma taxa de inflação de 2% (mesmo modelo ao utilizado no regime geral da microprodução). Para o sistema de armazenamento consideramos um custo médio de 500€ por kWh de capacidade de energia armazenada (valor sem IVA). É de realçar que esta solução “net-metering” não é aplicável em Portugal.

**a) Sistema autoconsumo sem armazenamento**

Custo do investimento:	4423,6€
Autoconsumo:	1461kWh (55,1%)
Energia excedente:	1189 kWh

**Resultados:**

Nova fatura energética:	311,83€ (1º ano)
Poupança:	426,41€ (57%)
Tempo de amortização:	9 anos
LCOE (a 20 anos):	0,0874 €/kWh

análise consideramos que a energia excedente é vendida à rede a uma tarifa igual à tarifa simples de 0,1428€/kWh (em janeiro de 2013, sem IVA) atualizada anualmente a uma taxa de inflação de 2% (mesmo modelo ao utilizado no regime geral da microprodução)

#### b) Sistema autoconsumo com armazenamento

Custo do investimento:	5961,1€
Autoconsumo:	1968kWh (74,25%)
Energia excedente:	682 kWh

#### Resultados:

Nova fatura energética:	443,04 € (1º ano)
Poupança:	134,45€ (40%)
Tempo de amortização:	11 anos
LCOE (a 20 anos):	0,1179 €/kWh

Uma análise comparativa destes três sistemas para o caso de um consumidor doméstico e perfil de carga típico permitem tirar as seguintes conclusões:

a) Para uma melhor otimização económica financeira é importante conhecer o perfil de consumo diário e anual porque os custos de geração fotovoltaico são sempre inferiores às tarifas de consumo (no caso do doméstico);

b) Quanto maior o grau de autoconsumo maior a rentabilidade financeira (menor tempo de amortização do investimento) devido à diferença entre a tarifa de venda da energia excedente e a tarifa de consumo;

c) O aumento do autoconsumo com a utilização de um sistema com capacidade de armazenamento não é, em geral, economicamente rentável devido ao elevado custo atual das baterias;

d) Para maximizar a eficiência económica financeira será necessário seleccionar o melhor tipo de tarifário (simples, bi-horário, tri-horário).

O futuro objetivo chave na implementação de um sistema de autoconsumo será a maximização do autoconsumo. Para isso será necessário poder controlar as cargas de consumo e adequar os tarifários horários.

Soluções de monitorização de produção e consumo que permitem ativar e desativar cargas permitindo maximizar o autoconsumo.

É possível instalar elementos automáticos que ativem consumos “livres de horário” como por exemplo, o lava louças, aquecedores ou ar condicionado. No mercado existem produtos como o *Sunny Home Manager* da SMA [4] que permitem aproveitar os excessos de energia produzida durante o dia.

Através deste sistema poderíamos, por exemplo, automatizar a ligação do lava louças para que o excedente não seja injetado na rede. Desta forma, teríamos um consumo mais eficiente da energia e injetaríamos na rede a menor quantidade possível de energia.

Também se pode instalar um sistema de redução de potência, ainda que com isto não favoreçamos um consumo eficiente da energia. Segundo a figura 7, se o contador mede um fluxo baixo de corrente no edifício (pré fixado um limite no PLC) o PLC manda um sinal à Webbox (1-100% redução de potência).

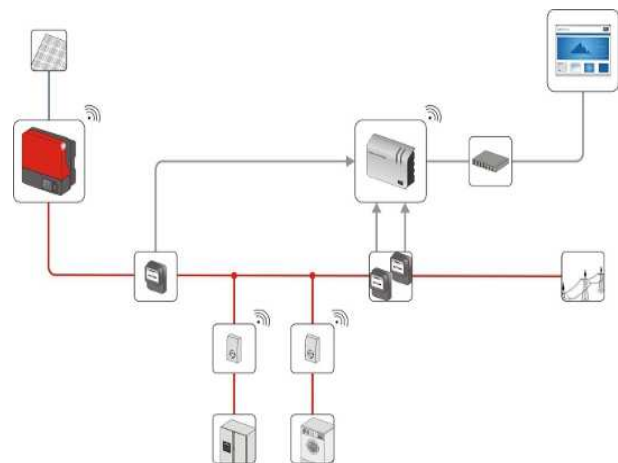


Figura 7. Solução *Sunny Home Manager* da SMA [4].

Os inversores reduzem a sua potência ativa. Tão rápido como o fluxo de corrente da vivenda supera o limite (por exemplo, a máxima potência do sistema fotovoltaico) o PLC já não volta a enviar o sinal de redução de potência. Este sistema já está disponível atualmente.

### 3.2 Consumidores industriais

Em seguida apresentamos a aplicação do autoconsumo fotovoltaico em consumidores industriais com um nível de tensão de MT. Nestes casos é necessário fazer uma análise detalhada do tarifário horário, diagrama de carga e dimensionar o sistema fotovoltaico de forma maximizar a eficiência energética. Devido às relativamente baixas tarifas de energia e de acesso à rede em MT, é necessário dimensionar um sistema fotovoltaico que não gere energia excedente. Em seguida apresentamos um estudo de caso para um consumidor industrial.

#### Dados do consumidor:

Localização:	Braga
Potência contratada:	180 kVA
Consumo Anual:	515,88 MWh
Valor da fatura	52400 €
Tarifa média efetiva:	0,1016 €/kWh

Para o dimensionamento da central foi feito uma análise do diagrama de carga e consumo anual para os diferentes horários tarifários (ver figura 8).

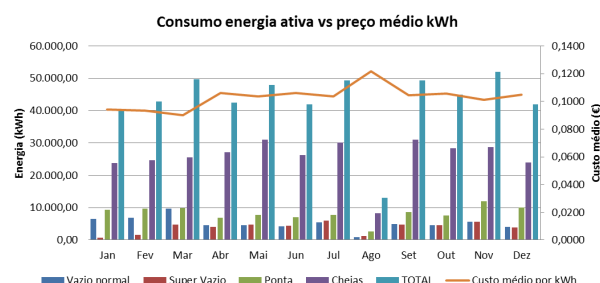


Figura 8. Variação do consumo anual para os 4 tarifários horários e a variação da tarifa média [6].

#### Dados do sistema fotovoltaico:

Potência instalada:	103,5kWp
Produção anual estimada:	144 MWh
Valor do investimento:	119.000 € (sem IVA)
Energia autoconsumida:	124 MWh (86,25%)
Energia excedente:	20 MWh (13,75%)
LCOE (20 anos + 7% rent.):	0,070 €/kWh

#### Resultados:

Nova fatura energética:	40.560 € (1º ano)
Tarifa média efetiva:	0,0786 €/kWh
Poupança:	11.840€ (21,5%)
Tempo de amortização:	10 anos

Para consumidores de MT com consumos médios a elevados (centenas de MWh) em princípio não fará sentido a instalação de sistemas de armazenamento devido ao elevado custo que implicaria. Da análise dos resultados obtidos podemos concluir que a implementação da central fotovoltaica permite a redução do valor da fatura em 21,5% (referente a 2012) e uma redução da energia adquirida ao comercializador em 24%. Este valor pode ser aumentado através de uma melhor adaptação dos consumos na unidade industrial à produção fotovoltaica ao longo do dia. Em termos, económico-financeiros a energia elétrica fotovoltaica resulta numa aquisição de uma quantidade de energia com um preço predefinido e previsível. É um processo semelhante a comprar energia a um preço fixo no mercado de “futuros” (OMIEP). Neste caso estaríamos a fazer de comparar cerca de 24% a um custo de geração (LCOE) de 0,07€/kWh. No valor de LCOE indicado está incluído uma taxa de rentabilidade bruta do capital investido de 7%. Mesmo considerando uma taxa de rentabilidade relativamente elevado, os custos com a aquisição de energia elétrica para este consumidor industrial de pequena média dimensão passa de uma tarifa média efetiva de 0,1016€/kWh para 0,0786€/kWh. O valor do investimento de 119.000€ (1,15€/Wp) corresponde a um valor que real de instalação em Agosto de 2012 para a instalação de uma unidade de miniprodução com ligação à rede. A energia excedente de cerca 13,75% deve-se aos dias em que não existe laboração na unidade de produção (fins de semana e período de férias no mês de agosto).

### 3.3 Consumidores de grande consumos

Para demonstrar que o fotovoltaico em regime de autoconsumo é uma alternativa muito interessante não só para o setor doméstico e para empresas ou consumidores de pequena média escala, apresentamos em seguida um estudo da viabilidade económico financeiro realizado pela empresa Painei da Harmonia SA para o Estádio do Dragão. O Estádio do Dragão é um consumidor com consumos de médio a grande escala e com potências contratadas superiores a 1MW.

Para estes tipos de consumidores, a implementação do fotovoltaico em autoconsumo, exige uma análise técnica muito cuidadosa. Em termos de passos de análise e posterior dimensionamento da unidade de autoconsumo é necessário executar os seguintes:

1. Análise detalhe dos consumos diários e mensais do local de consumo.
2. Análise da fatura e tarifários existentes
3. Dimensionamento da unidade de autoconsumo tendo como base a maximização da utilização de energia gerada (injeção na rede zero).
4. Análise final da viabilidade económica financeira do projeto e o respetivo impacto nos custos de energia.

A distribuição dos consumos nos quatro horários tarifários (tetra horário) mostra que 75% é realizado em Ponta e Cheia. Partindo desta informação global pode-se desde já concluir que a implementação de uma unidade de fotovoltaica em autoconsumo é aplicável. Como é de esperar, num recinto desportivo complexo como é o caso do Estádio do Dragão, a variação diária e o consumo total pode ser dividido em três segmentos: i) dias com jogos ou eventos; ii) dos dias da semana uteis; iii) fins de semana e feriados. Na figura 9 apresenta-se o diagrama de carga para diferentes dias típicos.

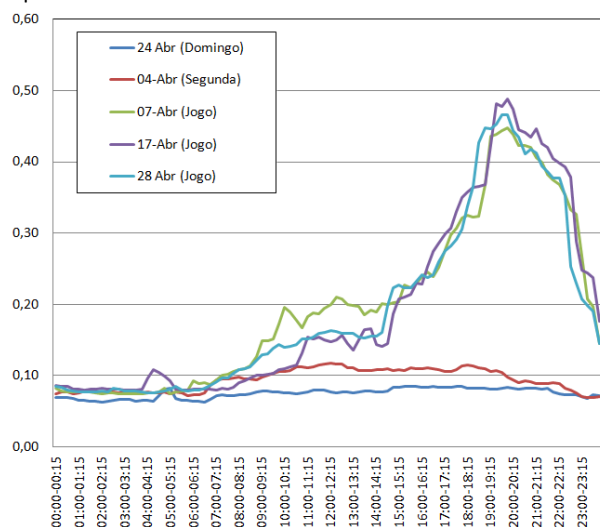


Figura 9. Diagramas de carga para diferentes dias tipos [6].

Dos diagramas de cargas apresentados verifica-se, como era de esperar, uma diferença significativa em termos de variação e valor absoluto do consumo entre dias com e sem de jogos. Verifica-se, que mesmo quando os jogos decorrem à noite, o consumo durante o dia em dias de jogo é superior em comparação com dias sem jogos. Com o objetivo de evitar a injeção de energia na rede (que seria completamente desprezada) dimensionou-se um sistema fotovoltaico com a seguinte configuração técnica:

#### Dados do sistema fotovoltaico:

Potência instalada: 690 kW/732kWp  
 Produção anual: 963 MWh (1º ano)  
 LCOE (20 anos): 0,06575 €/kWh

A central fotovoltaica tem uma potência nominal de 690 kW e uma potência instalada de 732 kWp. Os painéis são montados na cobertura do estádio com a configuração que se pode verificar na imagem 3D da figura 10. Como estamos a falar de uma central fotovoltaica em regime de autoconsumo a energia é injetada diretamente nos quadros de baixa tensão QBT existentes no Estádio do Dragão. A figura 11 apresenta o diagrama de carga para um dia com “consumo standard” (dia sem jogo) durante a semana (curva: azul) sem a implementação da central fotovoltaica e os diagramas de cargas para os meses de Janeiro, Fevereiro e Junho. Como se pode verificar, mesmo no mês de Agosto, com maior geração de energia, com o dimensionamento definido toda a energia será autoconsumida. Na tabela abaixo apresenta-se com detalhe a variação do consumo mensal com e sem autoconsumo (tendo por base 2011) bem como a respetiva geração de energia fotovoltaica.



Figura 10. Implementação em 3D da central fotovoltaica na cobertura do Estádio do Dragão [5].

Nos meses de verão (Junho, Julho, Agosto) a geração através do solar fotovoltaico representa em média 43% do consumo mensal no Estádio do Dragão. Em termos de média anual, a unidade de autoconsumo permite reduzir o consumo de energia elétrica da rede (comercializador) em 26,8%.

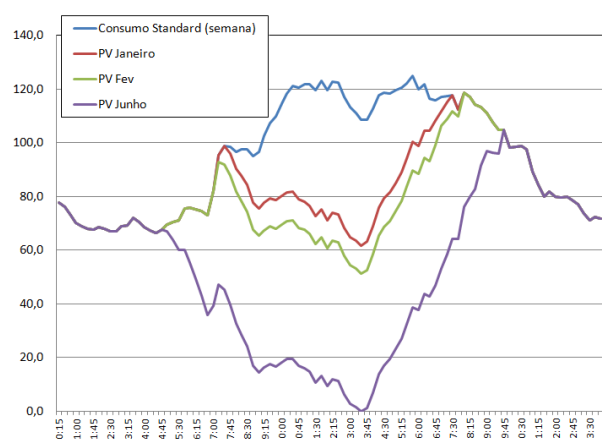


Figura 11. Variação mensal do consumo com e sem autoconsumo bem como a produção da central fotovoltaica [6].

Mês	Actual	Com auto consumo		
	Energia Consumida (kWh)	PV Ene (kWh)	Energia Consumida (kWh)	Poupança (%)
Jan	314.656	40.641	293.320	6,8%
Fev	311.607	45.711	235.796	24,3%
Mar	283.642	81.343	227.679	19,7%
Abr	318.729	92.726	207.124	35,0%
Mai	300.621	116.677	184.966	38,5%
Jun	300.664	125.267	159.854	46,8%
Jul	272.737	122.363	162.745	40,3%
Ago	318.462	118.187	176.078	44,7%
Set	300.332	88.899	210.951	29,8%
Out	320.942	63.404	252.997	21,2%
Nov	271.251	38.191	246.902	9,0%
Dez	279.823	29.536	272.107	2,8%
	<b>3.593.466</b>	<b>962.947</b>	<b>2.630.519</b>	<b>26,8%</b>

Tabela 1. Variação mensal do consumo com e sem autoconsumo bem como a produção da central fotovoltaica [6].

Numa análise económico financeira o custo nivelado da energia produzida (LCOE) para um período de vida útil da central fotovoltaica de 20 anos e uma taxa de rentabilidade bruta dos capitais investidos de 7% é igual a 65,75€/MWh.

Com base nas tarifas de energia e de acesso à rede, a redução de aquisição de energia resultará numa redução da fatura energia em 26%. O tempo de retorno do investimento será de 10 anos tendo em conta o valor total de investimento.

Este exemplo mostra que mesmo consumidores com médio a grande consumo, e que beneficiam de preços de eletricidade no mercado liberalizado baixas, a utilização de centrais fotovoltaicas em autoconsumo podem ser uma forma de reduzir a médio prazo os custos energéticos.

#### 4. Conclusão

Os casos de estudo aqui apresentados mostram claramente que a solução da utilização do solar fotovoltaico para a produção de energia elétrica em regime de autoconsumo é economicamente sustentável e interessante. A implementação de um projeto de autoconsumo vai exigir por parte dos agentes de mercado uma mudança de abordagem junto dos consumidores. O fotovoltaico vai passar de um investimento financeiro para principalmente uma medida de eficiência energética. Será necessário ter um conhecimento do perfil de consumo e avaliar com o consumidor a melhor solução técnica. Em vez da implementação soluções standard (soluções *copy - paste*) como acontece neste momentos com a micro e miniprodução, será necessário realizar um estudo e projetar soluções em que a relação custo/benefício tem de ser maximizada.

#### Bibliografia

- [1] Apresentação de Manuel Azevedo com título "A evolução do défice tarifário", na Conferência sobre Remuneração de Parcerias Público-Privadas, ISEP, 24 de maio de 2013
- [2] Páginas de internet: [www.solarshop.pt](http://www.solarshop.pt), [www.efimarket.pt](http://www.efimarket.pt)
- [3] Solon: [www.solon.com](http://www.solon.com)
- [4] SMA: Sunny Home Manager da SMA ([www.sma.de](http://www.sma.de))
- [5] Desenvolvido pela empresa Martifer Solar, SA para a empresa Painel da Harmonia, SA.
- [6] Informação prestada pela empresa Painel da Harmonia, SA

### Cursos de Pós-Graduações de Curta Duração

O Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, disponibiliza um conjunto de cursos de especialização de curta-duração destinados fundamentalmente aos alunos de cursos de engenharia, bacharéis, licenciados e mestres recém-formados na área da Engenharia Eletrotécnica e/ou Engenharia Eletrónica, assim como quadros no ativo que pretendam atualizar conhecimentos ou adquirirem competências em áreas transversais da Engenharia Eletrotécnica.

Os cursos terão uma duração variável entre as 8 e as 16 horas, funcionarão à sexta-feira em horário pós-laboral, ou preferencialmente ao sábado de manhã. O requisito mínimo para frequentar estes cursos será o 12º ano completo, sendo recomendada a frequência de uma licenciatura ou mestrado em Engenharia Eletrotécnica e/ou Engenharia Eletrónica.

- Dispositivos Lógicos Programáveis (FPGAs)
- Máquinas Elétricas Assíncronas de Indução
- Eficiência Energética na Iluminação Pública
- Máquinas Elétricas Síncronas de Corrente Alternada
- Instrumentação e Medidas Elétricas
- Projeto ITED de uma Moradia Unifamiliar
- Máquinas Elétricas - Transformadores
- Projeto de Redes de Terra em Instalações de Baixa Tensão
- Máquinas Elétricas de Corrente Contínua
- Verificação, Manutenção e Exploração Instalações Elétricas de Baixa Tensão

Departamento de Engenharia Eletrotécnica  
Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 471, 4200 - 072 Porto  
Telefone: +351 228340500 Fax: +351 228321159

[www.dee.isep.ipp.pt](http://www.dee.isep.ipp.pt)



## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



**Alberto Van Zeller**

Curso de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Últimos 25 anos dedicados à especialização em iluminação, frequentando cursos e seminários promovidos pela IESNA e Lighting Research Center nos USA, últimos dos quais em Fevereiro deste ano em Sta Clara/California sobre tecnologia LED. Membro da Comissão Técnica Europeia de Normalização para Luminárias, Balastros, Lâmpadas e Condensadores (CTE34A,B,C e D), entre 1989 e 1994. Vice-Presidente para a área técnica do Centro Português de Iluminação (CPI). Membro da Illuminating Engineering Society of North America (IESNA). Membro do Comité Espanhol de Iluminação (CEI). Membro do Grupo de Trabalho que elaborou o Documento de Referência de Eficiência Energética para Iluminação pública (DREEIP), sob coordenação do Ministério de Economia e Inovação (MEI). Consultor para a área de iluminação pública da Agência para a Energia (ADENE). Country manager do Grupo Indal em Portugal, entre 2000 e 2012.. Country manager da Aura Light em Portugal, desde 2012.



A Aura Light foi fundada em 1930 na Suécia e desenvolve e fornece, soluções de iluminação sustentáveis para clientes profissionais, permitindo-lhes reduzir os custos, o consumo de energia e o impacto ambiental.



**Diogo Maximino Ribeiro da Silva**

**1120105@isep.ipp.pt**

Aluno de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.



**Frederico Miguel Cardoso Rosa**

**frederico.rosa@siemens.com**

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica pelo Instituto Politécnico de Leiria em 2005, formação em RCCTE pelo Instituto da Soldadura e Qualidade, em 2008, Pós Graduação em Gestão e Eficiência Energética pelo Instituto da Soldadura e Qualidade em 2009, *Executive Education Program: Silicon Valley Immersion pela University of San Francisco*, em 2012, MBA - *Master of Business Administration* pelo Instituto Superior de Economia e Gestão, em 2013.

Como experiência profissional de 2004 a 2008 na Siemens, Automation and Drives, como responsável de promoção na zona centro do país. De 2008 a 2010 na Honeywell Portugal, Honeywell Building Solutions, como responsável em Portugal pelo desenvolvimento de Soluções em Edifícios. Desde 2010, na Siemens SA, Building Technologies, como responsável pela rede de parceiros e gestor do canal de produto de deteção de incêndio e sistemas de gestão técnica, em Portugal.



**José António Beleza Carvalho**

**jbc@isep.ipp.pt**

Nasceu no Porto em 1959. Obteve o grau de B.Sc em engenharia eletrotécnica no Instituto Superior de Engenharia do Porto, em 1986, e o grau de M.Sc e Ph.D. em engenharia eletrotécnica na especialidade de sistemas de energia na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em 1993 e 1999, respetivamente.

Atualmente, é Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando as funções de Diretor do Departamento.



**José Rodrigo Pereira**

**rodrigo.pereira@sapo.pt**

José Rodrigo de Oliveira Pereira, aluno da Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, tendo conclusão prevista no ano letivo de 2013/2014. Desde abril de 2004 é trabalhador independente, sendo a área de intervenção principal a instalação, manutenção preventiva e corretiva de armazéns automáticos, também representando em Portugal o serviço técnico da aplicação informática WMS (*Warehouse Management System*) - PULises da empresa Catalã - SEIDOR SA.

## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



**Manuel Maria Pereira de Azevedo**

**mpa@isep.ipp.pt**

Doutorado em Física, na área da Física do Estado Sólido pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Licenciado (Diplom-Physiker) em Física Aplicada pela Universidade de Duisburg-Essen na Alemanha, Professor Coordenador no Instituto Superior de Engenharia do Porto no Departamento de Física. Foi Professor Auxiliar Convidado na Universidade de Aveiro, Assistente Convidado na Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica do Porto, Bolseiro de Doutoramento da FCT (programa PRAXIS XXI), Diretor Geral da empresa Goosun, Lda, produtora de painéis fotovoltaicos em Santa Maria da feira e Diretor Técnico na empresa EARTHLIFE, SA, promotora de parques fotovoltaicos.



**Mário Fernando Soares de Almeida**

**marioalmeida06@gmail.com**

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia no Instituto Superior de Engenharia do Porto. Finalista de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Ramo de Energia e especialização em Instalações Elétricas. Inscrito na Ordem dos Engenheiros. Certificado pela EIBA em sistemas de domótica KNX (siemens - instabus).

Sócio fundador da empresa TECNITRACE LDA, onde exerce funções de direção técnica e comercial desde 1991. Dirigiu diversos trabalhos técnicos de instalações de traçagem, instalações elétricas, de aquecimento e domótica, e de instrumentação e controlo de sistemas. Representante especialista em sistemas de Traçagem Elétrica da empresa FLEXELEC. Especializado em material de corte comando, proteção automação e domótica da SIEMENS, como técnico vendedor. Colaborou na empresa Alemã BARTEC, fabricante de material elétrico ATEX. Colaborou na empresa INAPAL, fornecedora de Armários de distribuição para a rede de BT da EDP. Trabalhou no gabinete de Projetos e Fiscalização de Obras na empresa PIBETA.



**Paulo Denis Garcez da Luz**

**garcez@utfpr.edu.br**

Graduação em Engenharia Industrial Elétrica - Eletrônica / Telec pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2001) e mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2008). Atualmente é professor titular da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Tem experiência na área de Engenharia Biomédica, com ênfase em Engenharia Biomédica, atuando principalmente nos seguintes temas: ambiente hospitalar, redes de sensores, monitoramento remoto e sistema de monitoramento em tempo real.



**Roberto Ribeiro Neli**

**neli@utfpr.edu.br**

Doutor em Engenharia Elétrica pela UNICAMP (2012) e mestre em Engenharia Elétrica pela UNICAMP (2002). Possui graduação em Engenharia Eletrônica e atualmente é professor de microeletrônica na Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Circuitos Elétricos, Magnéticos e Eletrônicos, atuando principalmente nos seguintes temas: sensor, bolômetro sem resfriamento, infravermelho e microeletrônica. Tem experiência na área de refrigeração e controle de sistemas refrigerados.



**Sérgio Filipe Carvalho Ramos**

**scr@isep.ipp.pt**

Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Elétricos de Energia, pelo Instituto Superior Técnico de Lisboa. Aluno de doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores no Instituto Superior Técnico de Lisboa. Docente do Departamento de Engenharia Eletrotécnica do curso de Sistemas Elétricos de Energia do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 2001. Prestação, para diversas empresas, de serviços de projeto de instalações elétricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultoria técnica. Investigador do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão), do ISEP, desde 2002.

## DADOS SOBRE CONSULTAS DA REVISTA:

[www.neutroaterra.blogspot.com](http://www.neutroaterra.blogspot.com)

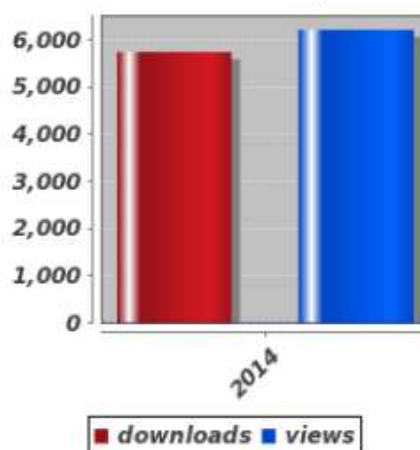
**RECIPP** | REpositório Científico do Instituto Politécnico do Porto



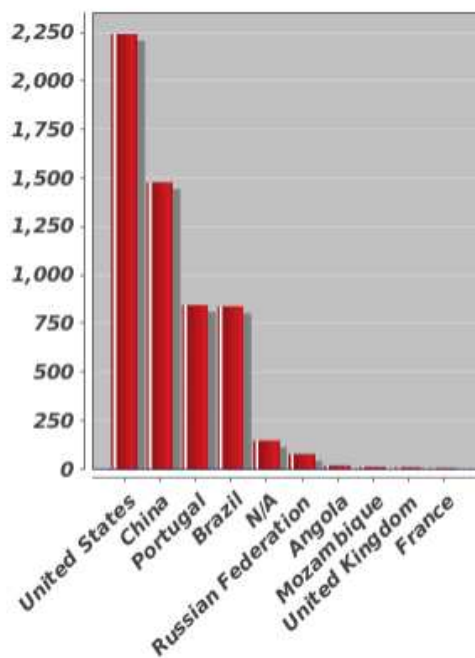
### Visualização de páginas por país

Portugal	10669
Brasil	774
Estados Unidos	423
Alemanha	201
Angola	94
Rússia	88
Andorra	50
França	49
Reino Unido	46
Espanha	38

Downloads e Consultas por ano



Downloads por país (top 10)



Consultas por país (top 10)

