

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

FEUP

**Medidas de Gestão Eficiente de Consumos Baseadas
em Estratégias de Comercialização da Potência
Contratada**

Jorge Miguel Silva Oliveira

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Prof. Doutor Cláudio Domingos Martins Monteiro

Julho de 2008

© Jorge Miguel Silva Oliveira, 2008

Resumo

A redução do consumo de energia eléctrica é um objectivo que o nosso país se propõe alcançar. Diversas medidas são propostas para aumentar a eficiência energética nas diversas áreas de consumo de electricidade.

Nesta dissertação foi estudada e desenvolvida uma metodologia de comercialização de potência contratada, e criado um simulador para testar a metodologia em diferentes consumidores de baixa tensão normal. O objectivo é adaptar o valor dessa potência às necessidades de cada consumidor e verificar posteriormente, em que situações esta forma de comercialização é vantajosa, quando comparada com as restantes formas já existentes.

A utilização do simulador necessita de uma recolha regular de dados, consumo e potência de pico para diferentes períodos diários. Os actuais sistemas de telecontagem fornecem os dados necessários.

Actualizar os consumos de uma forma regular, colocando-os ao dispor do consumidor, oferecer a possibilidade de alterar a potência contratada e verificar os ganhos das suas acções de uma forma simples e rápida, permite ao consumidor ter um maior controlo do consumo de energia eléctrica e dos custos adjacentes. Além disso é uma forma de sensibilizar ao não desperdício de electricidade, o que leva ao aumento da eficiência energética.

O uso do simulador permite concluir que a metodologia proposta é vantajosa para consumidores pouco intensivos de energia eléctrica, devido à redução do preço a pagar pela potência contratada, que nestes casos é uma parcela relevante na factura de electricidade. Nesta metodologia, a redução do consumo de energia e a troca de parte desse consumo para períodos em que o preço de energia é mais acessível, garante uma redução significativa na factura eléctrica para qualquer consumidor.

Palavras-Chave

Potência contratada; Eficiência energética; Estratégia de comercialização; Gestão de consumos; *Demand Side Management*; *Demand Response*.

Abstract

The reduction of electricity consumption is an objective that our country intends to achieve. Several measures are proposed to increase energy efficiency in various areas of electricity consumption.

In this dissertation was studied and developed a methodology for marketing of contracted power, and created a simulator to test the methodology in different consumers of lower voltage. The aim is to adapt the value of that power to the needs of each consumer and subsequently found in situations that this form of marketing is beneficial when compared with other existing forms.

The use of the simulator needs a regular data collection as energy consumption and power peaks for different daily periods. The current remote metering systems provide the necessary data.

Updating the consumption on a regular basis, placing them available to the consumer, offer the possibility of modifying the contracted power and check the gains of their actions on a simple and quick way, allows consumers to have greater control of electricity consumption and adjacent costs. Moreover is a way to raise awareness by not wasting electricity, which leads to increased energy efficiency.

The use of the simulator indicates that the proposed methodology is beneficial to consumer rather intensive electricity due to the reduction in price to pay for the contracted power, which in these cases is an important part in the electricity bill. In this methodology, the reduction of energy consumption and exchange of part of that consumption to periods when the energy price is more accessible ensures a significant reduction in electric bill for any consumer.

Keywords

Contracted power; Energy efficiency; Marketing strategy; Management of consumption; Demand Side Management; Demand Response.

Agradecimentos

Um agradecimento a alguém é pouco, quando desse alguém se recebe muito. Mas é o reconhecimento de algumas pessoas que pelo seu trabalho, ou apenas pela presença, deram o contributo na realização desta dissertação e em todo o meu percurso académico.

Começo por agradecer a toda a minha família, em especial aos meus pais e irmão, que me ajudaram em todos os momentos que necessitei deles.

Agradeço a todos os docentes da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, com quem tive oportunidade de me cruzar ao longo do curso. Foram fundamentais ao partilharem o seu conhecimento e experiência. Em particular, quero agradecer ao meu orientador, o Professor Doutor Cláudio Domingos Martins Monteiro, por todo o tempo que despendeu na realização desta dissertação e pela forma como o fez.

Quero agradecer também à ISKRA, nomeadamente ao Eng.º Miguel Moreira da Silva e ao Eng.º Antero Moreira da Silva, por toda a informação que me forneceram.

Um agradecimento especial ao Eng.º João Sousa pela disponibilidade e apoio prestados.

Finalmente, mas não menos importante, agradeço a todos meus amigos e colegas pela amizade e motivação, foram essenciais para que conseguisse atingir os meus objectivos.

Jorge Miguel Silva Oliveira

Índice

Resumo.....	III
Abstract.....	V
Agradecimentos	VII
Lista de Figuras	XI
Lista de Tabelas	XIII
Abreviaturas e Símbolos	XV
Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1. Enquadramento	1
1.1.1. Mercado Liberalizado em Portugal	2
1.1.2. Tarifários.....	3
1.2. Motivação e Objectivos	4
1.3. Estrutura da Dissertação	6
Capítulo 2 – Estado da Arte.....	7
2.1. Demand Side Management (DSM)	7
2.1.1. Programas DSM	8
2.2. <i>Demand Response</i> (DR)	9
2.2.1. DR – Baseado em Comercialização de Energia	9
2.2.2. DR – Baseado em Incentivos	13
2.3. Tecnologias para DR – Consumidores Domésticos	14
2.3.1. Sistemas de Telecontagem	14
2.3.2. Contadores de Pré-Pagamento de Electricidade	15
2.3.3. Monitorização dos Consumos	16
2.4. Conclusões	17
Capítulo 3 – Comercialização de Potência Contratada	19
3.1. Metodologia	19

3.2. Comunicação Consumidor-Comercializador	22
3.3. Simulador de Potência Contratada Flexível.....	24
3.3.1. Escalões de Potência.....	24
3.3.2. Períodos	24
3.3.3. Preço da Potência Contratada.....	25
3.3.4. Tarifa de energia activa.....	25
3.3.5. Factores de Correção do Custo da Potência Contratada.....	26
3.3.6. Potência Máxima	26
3.4. Conclusões	26
Capítulo 4 – Simulação e Análise de Resultados	27
4.1. Simulação 1 – Consumidor Doméstico (6,9 kVA) (1)	27
4.2. Simulação 2 – Consumidor Doméstico (6,9 kVA) (2)	29
4.3. Simulação 3 – Consumidor Doméstico (3,45 kVA).....	31
4.4. Simulação 4 – Consumidor Doméstico (20,7 kVA).....	32
4.5. Simulação 5 – Consumidor Industrial (13,8 kVA).....	33
4.6. Simulação 6 – Cenários de Consumo	35
4.8. Simulação 7 – Período de Férias	37
4.7. Simulação 8 – Comparação de Tarifários.....	39
4.8. Conclusões	40
Capítulo 5 – Conclusão e Trabalhos Futuras.....	41
Referências	43
ANEXOS	47
Anexo A	49
Anexo B	51
Anexo C	56

Lista de Figuras

Figura 1 – Medidas PPEC (fonte ERSE).....	2
Figura 2 – Entradas e saídas no mercado liberalizado (Fonte ERSE).....	2
Figura 3 – Número acumulado de clientes no mercado liberalizado	3
Figura 4 – 3,45kVA vs 6,9kVA (fonte ERSE).	4
Figura 5 – Custo da Potência Contratada (6,9 kVA) vs Energia.	5
Figura 6 – Objectivos dos programas DSM.	8
Figura 7 – Tarifas Reg.Simples vs. Reg.BiH.....	11
Figura 8 – Tarifas Reguladas vs. Mercado Livre.....	12
Figura 9 – Sistemas de telecontagem (Fonte ISKRA).	14
Figura 10 – Sonda para leitura manual (fonte ISKRA).....	15
Figura 11 – Contador Pré-pagamento e respectivos cartões magnéticos.	16
Figura 12 – Monitorização de consumos.	16
Figura 13 – Custo da Potência Contratada.	20
Figura 14 – Tarifa de venda a clientes (fonte ERSE).....	20
Figura 15 – Potência Contratada €/kVA mensal - Reg.Simples.	21
Figura 16 – Comunicação no método PCF.....	23
Figura 17 – Média do preço de mercado - de Jul-07 a Nov-07.	25
Figura 18 – Consumo médio por hora - simulação 1.	28
Figura 19 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) - simulação 1, caso 1.	28
Figura 20 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) - simulação 1, caso 2.	29
Figura 21 – Consumo médio por hora - simulação 2.	30
Figura 22 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) - simulação 2.....	30
Figura 23 – Consumo médio por hora - simulação 3.	31
Figura 24 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) - simulação 3.....	32
Figura 25 – Consumo médio por hora - simulação 4.	32
Figura 26 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) - simulação 4.....	33
Figura 27 – Consumo médio por hora - simulação 5.	34
Figura 28 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) - simulação 5.....	34
Figura 29 – Consumo médio por hora - simulação 6.	35
Figura 30 – Comparação de cenários (€/mês).	36
Figura 31 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) – simulação 6, cenário 1.	36
Figura 32 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) – simulação 6, cenário 3.	37
Figura 33 – Consumo médio por hora - simulação 7.	38
Figura 34 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) – simulação 7.	38
Figura 35 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) – simulação 7.	39

Figura 36 – Fonte ambient®.....	51
Figura 37 – Fonte PG&E®.....	51
Figura 38 – Fonte CENT-A-METER™.....	52
Figura 39 – Fonte Blue Line Innovations.....	52
Figura 40 – Fonte TED®.	53
Figura 41 – Fonte DiY Kyoto.....	53
Figura 42 – Fonte Kill a Watt™.....	54
Figura 43 – Fonte EDISON®.....	54
Figura 44 – Fonte STATIC!.....	55
Figura 45 – Simulador de Potência Contratada Flexível (Parte 1).	56
Figura 46 – Simulador de Potência Contratada Flexível (Parte 2).	57
Figura 47 – Simulador de Potência Contratada Flexível (Parte 3).	58

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Períodos diários.	24
Tabela 2 – Percentagem do preço por kVA.	25
Tabela 3 – Percentagem do preço por kVA por hora.	25
Tabela 4 – Tarifa de energia activa BT.	26
Tabela 5 – Potência Máxima (kVA) - simulação 1.	28
Tabela 6 – Potência Máxima (kVA) - simulação 2.	30
Tabela 7 – Potência Máxima (kVA) - simulação 3.	31
Tabela 8 – Potência Máxima (kVA) - simulação 4.	33
Tabela 9 – Potência Máxima (kVA) - simulação 5.	34
Tabela 10 – Redução da factura entre cenário 1 e 3.	37
Tabela 11 – Preços totais mensais da amostra considerada.	39
Tabela 12 – Diferença de preços mensais.	40

Abreviaturas e Símbolos

Lista de Abreviaturas

BTN	Baixa Tensão Normal
DR	<i>Demand Response</i>
DSM	<i>Demand Side Management</i>
EDP	Energias de Portugal
EDP5D	Tarifário EDP Comercial (mercado liberalizado)
EDP5D.SP	Tarifa Simples EDP Comercial
EDP5D.BiH	Tarifa Bi-Horária EDP Comercial
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
MIBEL	Mercado Ibérico de Electricidade
PCF	Potência Contratada Flexível
PLC	<i>Power Line Carry</i> ou <i>Power Line Communication</i>
PNAEE	Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética
PPEC	Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Eléctrica
Reg.BiH	Tarifa Regulada Bi-Horária
Reg.Simples	Tarifa Regulada Simples

Lista de símbolos

α	Factor de correcção do custo de potência, quando a $P_{\text{cont.}}$ é superior à $P_{\text{cont.MAX}}$
β	Factor de correcção do custo de potência, quando consumidor altera a $P_{\text{cont.}}$
$C_{1\text{kVA}}$	Custo da unidade da potência contratada
C_{total}	Custo total da potência contratada
$E_{\text{mês}}$	Energia eléctrica consumida num mês
f.u.	Factor de utilização da potência contratada
$N_{\text{horas,mês}}$	nº de horas mensais
$P_{\text{cont.}}$	Potência contratada pelo consumidor
$P_{\text{cont.MAX}}$	Potência contratada máxima
P_{MAX}	Potência máxima atingida

Capítulo 1

Introdução

1.1. Enquadramento

Existe na Comunidade Europeia uma necessidade de melhoria da eficiência na utilização final de energia, de gestão na sua procura e de promoção da produção de energia a partir de fontes renováveis, dado existir uma margem relativamente limitada para exercer outro tipo de influência nas condições de aprovisionamento e distribuição de energia a curto e médio prazo, quer através da criação de novas capacidades, quer através da melhoria das redes de transporte e distribuição.

Uma maior eficiência na utilização final de energia contribuirá também para a redução do consumo de energia primária, para a redução das emissões de dióxido de carbono e de outros gases com efeito de estufa e, por conseguinte, para a prevenção de alterações climáticas perigosas. Estas emissões continuam a aumentar, dificultando cada vez mais o cumprimento do protocolo de Quioto.

As medidas de melhoria da eficiência energética podem permitir realizar estas economias de energia, contribuindo assim para que a UE reduza a sua dependência face às importações de energia. Além disso, a iniciativa de avançar no sentido de tecnologias mais eficientes em termos energéticos pode impulsionar a inovação e a competitividade da UE tal como é salientado na Estratégia de Lisboa [1].

Em Portugal, o Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Eléctrica (PPEC) e o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) [2] visam criar e implementar medidas de eficiência energética. O PPEC contempla para 2007, 2008 e 2009 um valor anual de 10 milhões de euros, com o objectivo de atingir poupanças no consumo, significativas nos próximos anos [3].

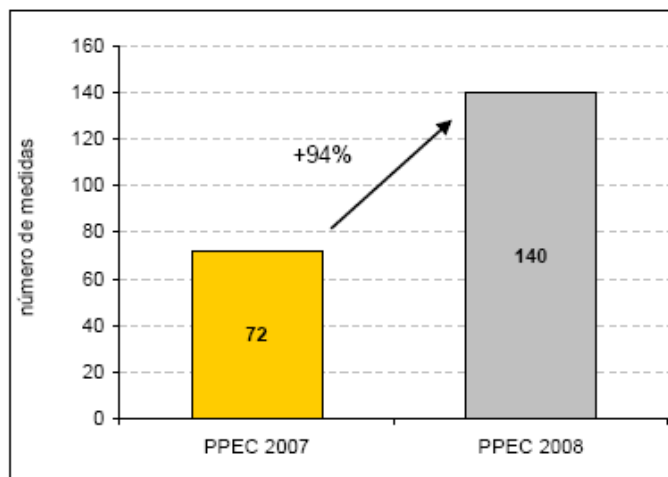


Figura 1 – Medidas PPEC (fonte ERSE).

Na Figura 1 verifica-se para o ano 2008, um acentuado aumento, em comparação com o ano anterior, do número de medidas PPEC propostas à ERSE.

1.1.1. Mercado Liberalizado em Portugal

O enquadramento comunitário, expresso na Directiva n.º 2003/54/CE, veio determinar que, até 1 de Julho de 2007, todos os clientes, incluindo os clientes domésticos, pudessem escolher livremente o seu fornecedor de electricidade.

Em Portugal, o calendário de liberalização do sector eléctrico antecipou o prazo expresso na Directiva, tendo ficado estabelecida a possibilidade de qualquer consumidor escolher o seu fornecedor em Agosto de 2004. Contudo, a materialização dessa prerrogativa legal obrigou ao estabelecimento de uma plataforma logística de mudança de fornecedor, capaz de gerir um mercado de cerca de 6 milhões de clientes, cuja conclusão e entrada em exploração aconteceu a 4 de Setembro de 2006 [4]. Até esta data, os consumidores de BTN só tinham a opção do mercado regulado. Para os restantes níveis de tensão, o mercado liberalizado já estava disponível. As entradas e saídas estão quantificadas na Figura 2.

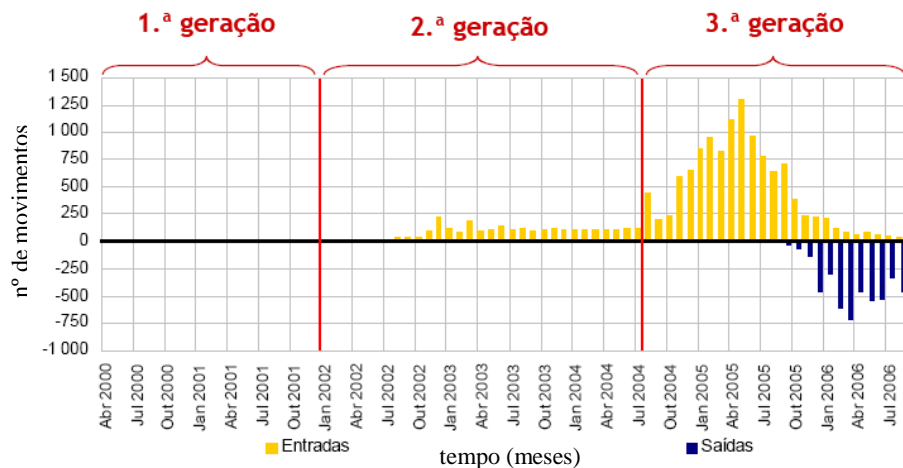


Figura 2 – Entradas e saídas no mercado liberalizado (fonte ERSE).

Em finais de Agosto de 2006, o mercado liberalizado compreendia um conjunto de pouco mais de 9 900 clientes (Figura 3), cujo consumo anual representava cerca de 13,7% do consumo total de Portugal continental. A quebra dos consumos no mercado liberalizado acontecia muito pela saída de clientes em média tensão (clientes industriais), para os quais as ofertas de preço no mercado liberalizado incorporavam já a tendência de evolução dos preços do petróleo [4].

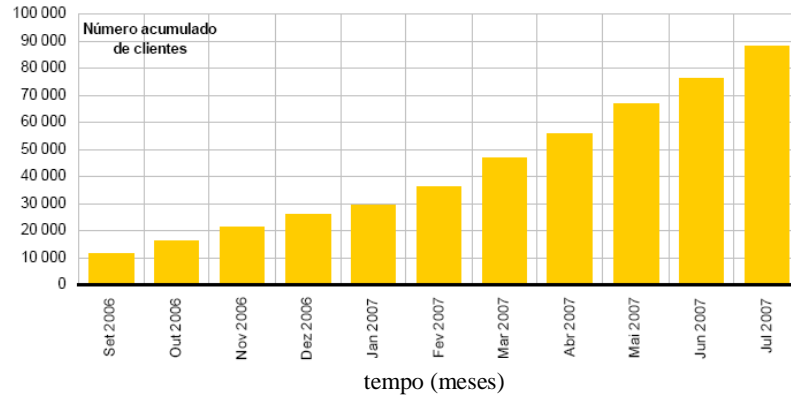


Figura 3 – Número acumulado de clientes no mercado liberalizado após Set.06 (fonte ERSE).

O forte crescimento do número de clientes no mercado liberalizado, que em final de Julho de 2007, registava um número acumulado de mais de 88 mil clientes, aconteceu fundamentalmente pela entrada de clientes do designado segmento doméstico (clientes de BTN), que representam cerca de 90% do total [4].

1.1.2. Tarifários

Os clientes de BTN podem agora comprar energia através do mercado regulado ou do mercado liberalizado, nos quais existem vários tarifários. A escolha entre os diferentes tarifários, por parte de um consumidor, depende das necessidades do mesmo com o objectivo de minimizar custos com a electricidade.

Para a escolha de potência contratada, existem simuladores na *web* [5]. O principal objectivo é permitir a cada consumidor estimar o valor da potência a contratar ao distribuidor de energia eléctrica, mediante o conhecimento dos seus principais equipamentos de utilização de energia eléctrica e a sua utilização habitual [5].

A potência contratada é definida por escalões e as instalações possuem um dispositivo de controlo de potência. Esse equipamento limita, por razões de segurança da própria instalação eléctrica, o consumo instantâneo da instalação ao valor máximo definido pela potência contratada.

O sobredimensionamento da potência a contratar conduz a custos de electricidade desnecessários (Figura 4).

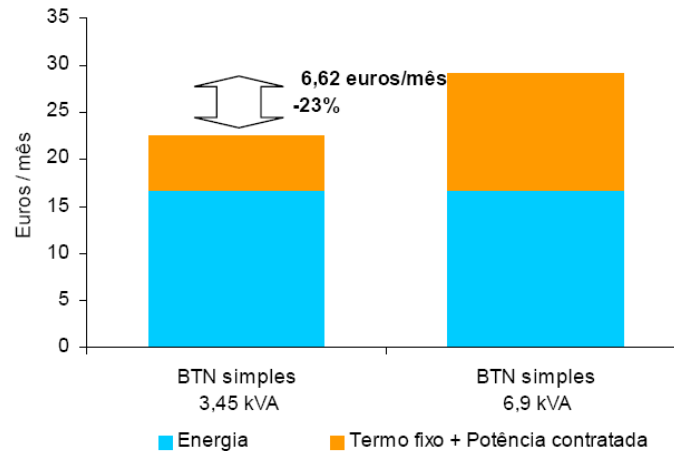


Figura 4 – 3,45kVA vs 6,9kVA (fonte ERSE).

Com o mesmo consumo anual, é possível poupar 23% (6,60€) da factura no caso de se optar por um escalão de potência contratada inferior [6]. Quanto às tarifas sobre a energia activa podem ser diferentes para períodos distintos e/ou para níveis de potência contratada [7]. No caso dos consumidores de BTN, a contribuição audio-visual surge na factura e corresponde a um valor mensal fixo. No entanto, há consumidores que estão isentos do pagamento desta tarifa [8].

1.2. Motivação e Objectivos

O sistema de produção de electricidade foi construído seguindo uma filosofia em que “a produção adapta-se à procura”. O consumidor tem o direito de consumir a energia que pretende e paga um preço constante e pré-definido pela mesma [9]. Com pouca ou nenhuma capacidade de armazenamento, a produção deve exceder sempre o pico da procura, para assegurar a continuidade de serviço [10]. Contudo, quando o total de energia produzida for inferior à capacidade total dos consumidores é possível produzir mais energia para ajustar, em tempo-real, a produção à procura [11]. No entanto, esta forma de controlar a produção de energia conduz ao ineficiente uso de combustíveis fósseis, à necessidade extra de capacidade na produção devido aos picos da procura, à ineficaz informação aos consumidores e falta de incentivos à poupança e planeamento no uso de energia, bem como a um sistema eléctrico vulnerável durante condições atmosféricas adversas, períodos de pico e falhas no abastecimento de combustíveis [9]. Mais ainda, conduz a um problema de instabilidade no sistema, devido a variações de frequência e tensão. Actualmente, a indústria de electricidade continua a produzir adaptando-se à procura [12].

A actual instalação de contadores que dispõem de telecontagem no nosso país permitirá a extinção das estimativas nas facturas de electricidade, quando instalados em todos os pontos de consumo de energia eléctrica. Contudo, estes contadores, além de efectuarem a contagem de energia e enviarem remota e automaticamente essas leituras, possuem outras funcionalidades que, juntamente com outras tecnologias, poderão ser utilizadas de modo a reduzir consumos, controlar custos resultantes do uso da electricidade e aumentar a eficiência energética em edifícios. Nesta dissertação, serão aproveitadas as funcionalidades destes contadores para conduzir a uma redução de custos.

Com base nos tarifários disponíveis em Portugal [13], o valor na factura correspondente à contratação de potência, pode representar uma grande percentagem do valor total da factura, sobretudo nos consumidores de BTN. Na Figura 5 verifica-se que para um consumidor com consumo mensal aproximadamente de 200kWh e potência contratada de 6,9kVA [14], qualquer que

seja o tarifário considerado, uma parte considerável da factura corresponde ao valor pago pela potência contratada. Para determinar esta relação, foram utilizadas as tarifas disponíveis em 2008, para o nível de potência em causa, sujeitas a 5% de IVA e com ciclo diário – período de hora legal de Verão [7].

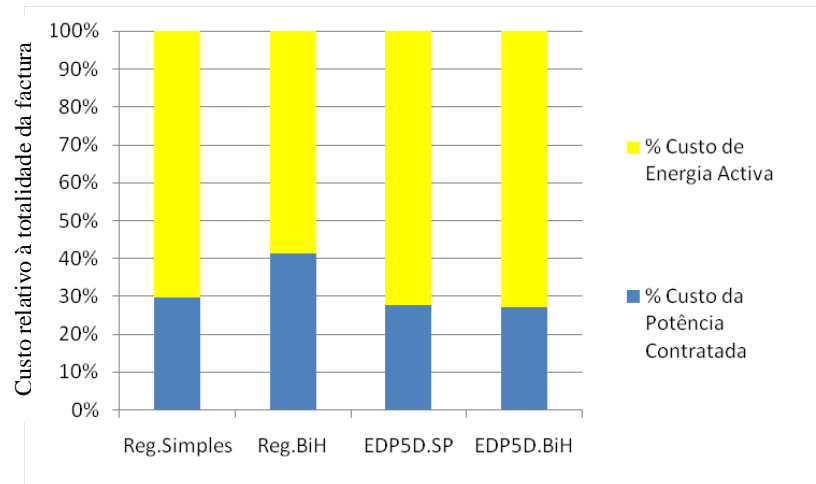


Figura 5 – Custo da Potência Contratada (6,9 kVA) vs Energia.

Se o consumidor tiver oportunidade de reduzir o valor da potência contratada, num período em que estime não precisar da mesma, poderá conduzir a uma redução do valor da factura. Desta forma o consumidor paga o que consome e evita custos fixos, sendo esta a tendência a seguir a nível europeu. Parcelas fixas relevantes incentivam a um maior consumo e não fazem diferenciação temporal dos custos de produção, que erradamente traz benefícios a quem consome mais nas horas de ponta.

Os consumidores, que à partida apresentarão maiores benefícios com uma potência contratada flexível, são aqueles que apresentam um factor de utilização da potência contratada (equação 1.1) baixo e/ou que apresentam níveis de consumo variado ao longo do dia, da semana ou do ano.

$$f. u. = \frac{E_{\text{mês}}}{(P_{\text{cont.}} \times N_{\text{horas,mês}})} \quad (1.1)$$

Onde,

f.u. – factor de utilização da potência contratada;

$E_{\text{mês}}$ – energia eléctrica consumida;

$N_{\text{horas,mês}}$ – nº de horas mensais.

Considera-se factor de utilização da potência contratada baixo quando este é inferior a 0,05. Para valores superiores a 0,1 admite-se estar na presença de um consumidor de energia eléctrica intensivo.

A flexibilidade da potência contratada poderá ser um forte argumento para que comercializadores de energia eléctrica, integrados no mercado liberalizado, consigam convencer os consumidores a aderirem aos seus serviços. Os ganhos que os comercializadores podem ter com este sistema são discutíveis. De qualquer forma, as indicações fornecidas pelo consumidor ao comercializador, quanto ao valor de potência que necessita para um determinado período, podem ser relevantes.

Com base nos temas e problemas abordados anteriormente, os objectivos desta dissertação são, de uma forma geral, os seguintes:

- Criar uma metodologia de comercialização de potência contratada;
- Sensibilizar à redução do consumo de electricidade através da metodologia desenvolvida;
- Simular para alguns consumidores as vantagens/desvantagens de aplicação do método criado, comparando-o com os tarifários existentes.

1.3. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação é constituída por cinco capítulos. Na introdução, o primeiro dos capítulos, apresenta-se a metodologia adoptada, o enquadramento e os objectivos da dissertação.

No segundo capítulo é descrito o estado da arte, sendo abordados alguns conceitos relacionados com gestão eficiente do consumo de energia eléctrica e exploradas tecnologias quanto ao seu funcionamento e utilidade.

No terceiro capítulo, é descrita a metodologia proposta pelo autor, para a comercialização de potência contratada, assim como o simulador desenvolvido para simular a metodologia. São ainda definidas as variáveis utilizadas na simulação, criando o tarifário PCF.

No quarto capítulo, são efectuadas simulações do método de comercialização proposto para consumidores de BTN distintos. O simulador permite comparar os resultados obtidos entre o tarifário PCF e os restantes tarifários disponíveis.

O último capítulo, é composto pela conclusão da dissertação e são propostos novos estudos que visam o desenvolvimento futuro na comercialização de energia eléctrica.

No final da dissertação, encontram-se alguns anexos que apresentam informação relevante para a compreensão do trabalho apresentado.

Capítulo 2

Estado da Arte

Ao longo dos últimos anos, devido ao aumento do consumo de electricidade e consequente operação perto do limite máximo da capacidade das redes eléctricas, assim como as preocupações ambientais, foram definidas estratégias para evitar o desperdício de energia eléctrica. Com esse objectivo de reduzir o consumo e de aumentar a eficiência energética em edifícios, surgem cada vez mais, conceitos, medidas e tecnologias que contribuem para esse propósito. Neste capítulo, serão abordados alguns desses conceitos e exploradas tecnologias quanto ao seu funcionamento e utilidade.

2.1. Demand Side Management (DSM)

O DSM é um controlo do consumo de energia, de forma a otimizar os recursos disponíveis. São acções definidas por estratégias, aplicadas ao consumo para alterar a quantidade de energia consumida e/ou quando esta é consumida. Estas acções levam a uma redução das despesas no consumo de energia, sendo um importante instrumento de planeamento energético [15].

As estratégias DSM têm como objectivos [16]:

- Maior eficiência dos sistemas de energia, resultado de maior eficiência na produção e flexibilidade na carga;
- Redução da necessidade de construção de novas instalações, através da redução do pico de consumo;
- Minimizar os impactos ambientais por consequência da redução de emissões de gases através de produção eficiente e minimização da produção de centrais térmicas;
- Redução do custo de energia entregue aos consumidores, devido a menores custos de produção e menores contas de electricidade (como por exemplo uso de equipamentos energeticamente mais eficientes);
- Maior fiabilidade do sistema e qualidade da potência fornecida, através da diminuição da procura nos sistemas de distribuição;
- Contribuir para o desenvolvimento da economia local, resultado do aumento do emprego devido ao desenvolvimento de projectos.

O controlo de carga (Figura 6) pode ser conseguido através de:

- Redução do pico: redução da carga em períodos de maior procura;
- Preenchimento das horas do vazio: tentar manter o nível de carga constante;
- Alteração de cargas das horas de ponta para o vazio;
- Estratégias conservativas: redução da energia consumida;
- Estratégias de aumento de carga;
- Diagrama de carga flexível: controlo da carga.

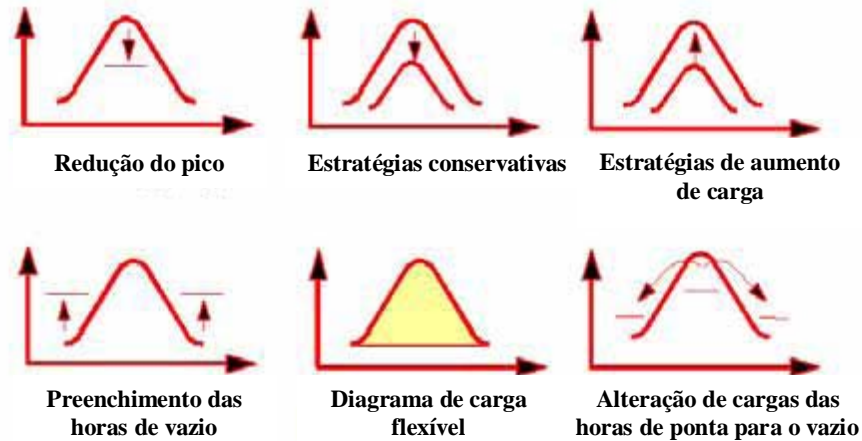


Figura 6 – Objectivos dos programas DSM.

As empresas produtoras e fornecedoras de energia são um importante veículo para a implementação de estratégias para diferentes tipos de consumidores [17]:

- Estratégias de educação do consumidor;
- Estratégias de comercialização de energia;
- Estratégias de ordenamento e planeamento;
- Estratégias sobre as tecnologias de consumo;
- Técnicas de telecontagem e actuação remota sobre os consumos.

2.1.1. Programas DSM

A gestão da procura implica o estabelecimento de programas pelas empresas de oferta de energia, que visam o aumento da eficiência na utilização final [16].

A decisão de introduzir no planeamento energético programas de gestão da procura, passa por uma fase de avaliações primárias:

- Medidas de eficiência do sistema eléctrico desde da produção, distribuição e consumo;
- Estudo do diagrama de carga e identificação dos sectores que mais contribuem para a forma desse diagrama, como pontas e vazio;
- Avaliações das necessidades e das vantagens do consumidor (análise custo-benefício);
- Estudo do impacto do programa DSM no mercado, avaliação do mercado (determinação de diferentes cenários).

O resultado das avaliações permite identificar um conjunto de informações que, adicionadas ao conhecimento sobre as atitudes comportamentais do consumidor conduzem ao estabelecimento de objectivos a definir nos programas DSM e estratégias de *marketing*.

Os programas DSM, devem incluir medidas que promovam a:

- Redução do pico de potência no consumidor e a energia utilizada;
- Melhoria da fiabilidade da rede eléctrica;
- Maior eficiência e equilíbrio da rede eléctrica;
- Controlo do custo de electricidade;
- Controlo da carga;
- Substituição de combustíveis fósseis na produção;
- Estimulação da substituição de cargas por parte dos consumidores em alturas em que a rede eléctrica está a operar perto da sua capacidade ou quando os preços da energia são altos.

Depois de definido o programa DSM, este é executado, tal como as estratégias de *marketing* programadas. Durante a execução do programa, é efectuada a respectiva monitorização e posterior avaliação:

- Verificar se os objectivos são cumpridos;
- Efectuar análise detalhada dos custos e benefícios.

As alterações a provocar na procura de energia (devido à participação activa dos agentes consumidores na forma como a energia é utilizada) não devem implicar perdas nos níveis das prestações energéticas. A redução do consumo deverá ser conseguida à custa da eficiência e não à custa de constrangimentos ao nível das utilizações finais na satisfação das necessidades energéticas (conforto, mobilidade, produção, etc.) [18].

2.2. Demand Response (DR)

DR é um conjunto de medidas e tarifas que procura reduzir ou alterar o consumo de electricidade, de forma a aumentar a fiabilidade da rede eléctrica e controlar custos de electricidade. As estratégias DR fornecem metodologias de controlo que permitem reduzir ou mudar o consumo nos períodos em que a rede está perto do limite da sua capacidade ou o preço da electricidade é maior [19].

A utilização destas medidas e/ou a forma eficiente como são usadas as tecnologias conduzem a resultados que ajudam a atingir os objectivos das estratégias DSM. Assim, DR é um conceito que pode ser incluído no DSM [20], mas mais direccionado para os consumidores domésticos, pequenas indústrias e comércio, que podem ter ao dispor medidas ou tecnologias, para controlarem o seu consumo de energia. O objectivo é reduzir as despesas com a energia eléctrica.

São considerados dois tipos de DR, um baseado em comercialização de energia e um outro baseado em incentivos [20].

2.2.1. DR – Baseado em Comercialização de Energia

Uma grande parte dos consumidores tem uma tarifa (€/kWh) fixa, baseada no custo médio de produção de energia eléctrica. As tarifas não apresentam, assim, uma relação com o custo real de produção de electricidade, ao longo de um período de tempo.

O aumento do preço da energia eléctrica, em períodos onde a procura é elevada, pretende reduzir o pico dessa mesma procura, através da eliminação de cargas em determinadas horas, ou a troca de cargas para períodos fora do tempo de pico. Com estas acções, espera-se um diagrama de carga nivelado que tem como benefícios, não só a eficiência económica, mas também o facto de as centrais mais poluentes (carvão e *fuel*) não estarem constantemente em produção [12].

Dificuldades de implementação [20]:

- Sistemas de medida convencionais não são adequados para contagem multitarifa;
- A maioria dos consumidores não está habituada, nem tem formação, para tomar decisões de mercado numa base horária ou diária;
- Custo do *upgrade*, necessário do sistema de medida e de comunicações, pode ser elevado em alguns casos.

Como ultrapassar estas dificuldades:

- Apresentar aos consumidores as tecnologias existentes (sistemas de medição), explicar o seu funcionamento através de demonstração de projectos-piloto, realçando os benefícios da adopção dessa tecnologia;
- Trabalhar com as empresas de distribuição de energia e especialistas nas áreas de comunicação e de medição avançada, para determinar as principais dificuldades e encontrar soluções para as ultrapassar.

2.2.1.1. Diferentes Tarifas por Períodos

Os preços de energia são distintos para diferentes períodos do dia, da semana ou mesmo ao longo do ano. São divididos geralmente em horas de vazio e fora de vazio, sendo que estes últimos são obviamente mais caros, embora existam outros períodos a considerar [7]. O preço a pagar pela electricidade é maior, quando a procura aumenta e o custo marginal de produção é maior [21]. Estes preços reflectem a média do preço de produção e transporte da energia durante os períodos considerados [20].

A escolha destes tarifários face a uma tarifa fixa depende essencialmente do consumo total e da percentagem desse consumo que o consumidor consegue passar para um período, onde o custo da energia é mais apelativa (p.ex. horas de vazio).

Na Figura 7, torna-se fácil perceber qual a tarifa mais indicada (entre as tarifas reguladas em Portugal) para um consumidor doméstico em BTN com potência contratada de 10,35 kVA.

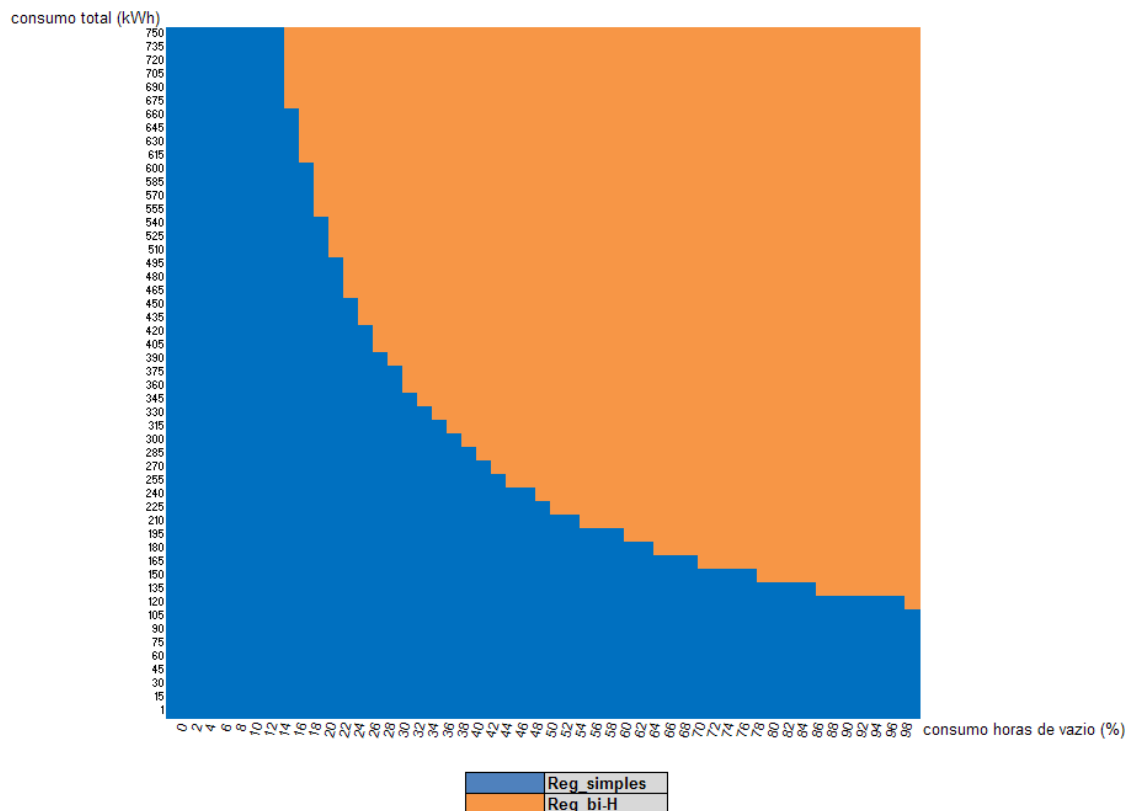


Figura 7 – Tarifas Reg.Simples vs. Reg.BiH.

Se o consumo de energia for cerca de 400 kWh/mês, será necessário que mais de 30% desse consumo seja nas horas de vazio, para compensar a tarifa regulada bi-horária. Para qualquer valor de consumo, deveria compensar a tarifa bi-horária quando se transfere uma percentagem considerável desse consumo para o período de vazio. Estes tarifários não se adaptam da melhor forma aos consumidores pouco intensivos.

Na Figura 8 são já consideradas as tarifas do mercado liberalizado existentes no mercado¹, para o mesmo consumidor. Os tarifários do mercado liberalizado não estão acessíveis para clientes com potência contratada inferior a 6,9 kVA.

¹ Excepto os tarifários EDP5D Verde (Simples e Bi-horário) – apresenta tarifas idênticas sobre a potência contratada, mas as tarifas sobre a energia são mais elevadas do que os tarifários EDP5D Simples e Bi-Horário.

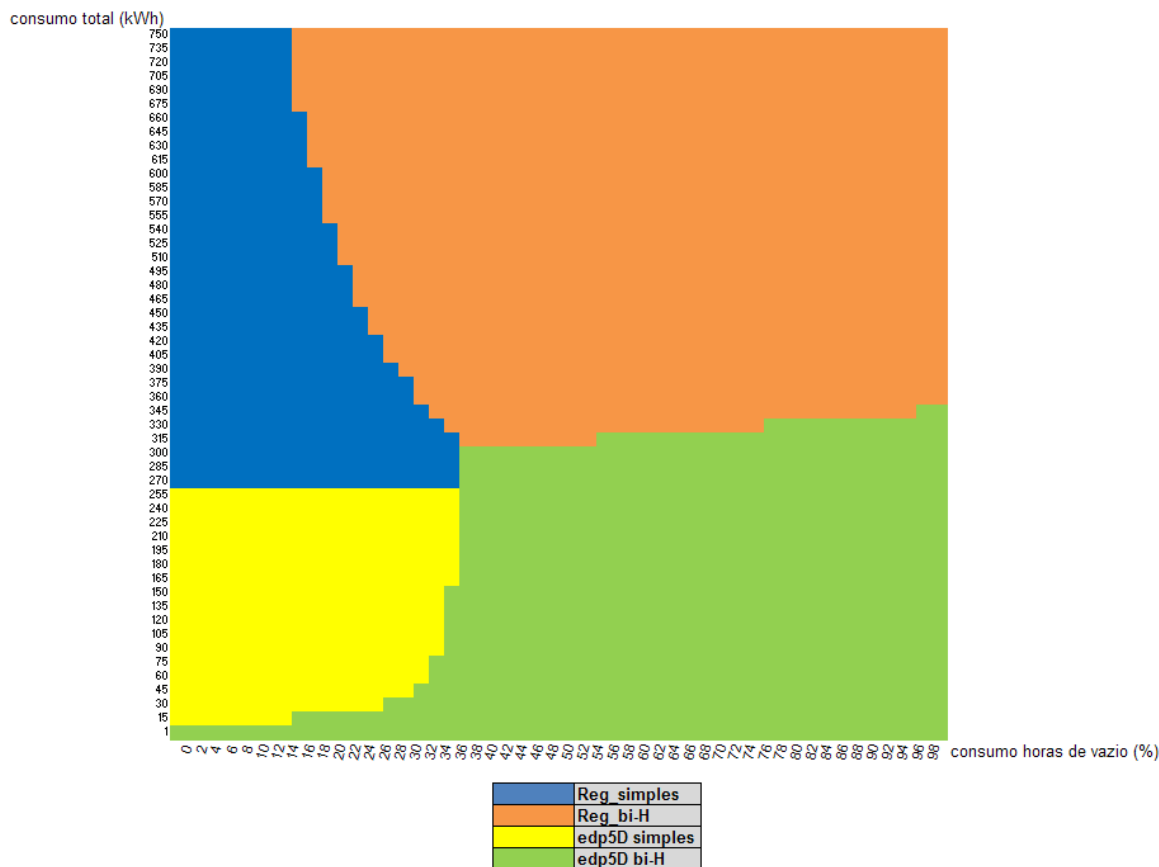


Figura 8 – Tarifas Reguladas vs. Mercado Livre.

Se, no caso deste consumidor, o consumo de energia for inferior a 250 kWh /mês, é vantajoso adquirir energia no mercado liberalizado. Este facto, deve-se sobretudo, a tarifas de potência contratada mais baixas. Contudo, as tarifas de energia activa no mercado liberalizado são mais elevadas do que as tarifas reguladas o que, na maior parte dos casos, faz com que estas últimas sejam a melhor opção.

Mais recentemente, a ERSE propõe, na consulta pública sobre a revisão do regulamento tarifário, a criação de uma tarifa tri-horária de forma a aumentar as opções dos consumidores e permitir maiores poupanças com a factura de electricidade. Uma vez que os equipamentos de contagem, que actualmente são instalados nos clientes de BTN, apresentam a possibilidade de leitura tri-horária, considera-se que é oportuna a criação de uma opção tarifária tri-horária para os clientes com potências contratadas inferiores ou iguais a 20,7 kVA e superiores a 3,45 kVA. A ERSE considera que a oferta desta opção tarifária tri-horária permite aumentar a aderência das tarifas aos custos causados, aumentar a opção da escolha dos consumidores e contribuir para a existência de mais criatividade no mercado retalhista [22]. Não são ainda avançados preços, como tal não é possível a comparação com os actuais tarifários. No entanto, a exploração das funcionalidades dos novos contadores e o pagamento de um valor pela energia que melhor traduz o custo de produção e transporte, por parte dos consumidores, são aspectos positivos.

2.2.1.2. Tarifas Dinâmicas

É um método que funciona da seguinte forma: o preço da energia (€/kWh), que está a ser consumida, reflecte o custo de produção e de transporte para cada hora. O método é de difícil aplicação, porque necessita de variáveis actualizadas para cada hora, como condições atmosféricas e grupos de produção disponíveis. Os preços são previstos para o dia seguinte e, assim, os consumidores podem escolher quando compram energia eléctrica. Contudo, os preços são actualizados hora a hora, através do preço de mercado [23]. O consumo irá ser influenciado pela vontade do consumidor, em pagar ou não um determinado preço pela energia. A filosofia “a produção adapta-se à procura” neste caso não se verifica pois, à partida, é a procura que se adapta à produção. Estudos efectuados no passado, com a utilização deste método, verificaram uma redução média do consumo, para consumidores domésticos, de 10-15% [24]. Para melhor aplicação das tarifas dinâmicas nos consumidores domésticos, é necessário transmitir a estes informação actualizada para uma página *web* ou dispositivos electrónicos de fácil consulta. Porém, a actualização das tarifas numa página *web* é pouco prática, pois obrigaria o consumidor a consultar a página, de forma regular, para conseguir reduzir a factura da electricidade.

2.2.1.3. Pré-Pagamento de Electricidade

Através desta forma de adquirir energia eléctrica, o consumidor paga antecipadamente o consumo de electricidade. Este método foi criado pelos fornecedores para recuperar dívidas, resultantes do não pagamento das facturas de electricidade, e evitar dívidas futuras [12].

O consumidor compra créditos que correspondem a energia e que serão gastos à medida que consome energia eléctrica. Os créditos podem ser guardados num cartão que funciona com contadores pré-pagamento de electricidade. Ainda neste capítulo será, de uma forma geral, explicado o funcionamento destes contadores².

A instalação de contadores de pré-pagamento de energia eléctrica pode ainda, revelar-se importante em hotéis ou pensões, porque incentivam ao não desperdício de electricidade, por parte dos clientes.

2.2.2. DR – Baseado em Incentivos

São tipicamente incentivos financeiros que os consumidores recebem por reduzirem o consumo em determinados períodos. Estes incentivos podem ser propostos pelas empresas produtoras ou fornecedoras de energia e podem incluir acções como deslastre automático de carga, quando o preço de electricidade é elevado ou se verifica sobrecarga na rede eléctrica. A carga é alterada de forma não voluntária.

Devido às dificuldades referidas anteriormente para DR baseado em comercialização de energia e enquanto essas não são ultrapassadas, estes incentivos são a forma encontrada para melhorar a eficiência e a fiabilidade da rede [20].

² Secção: Tecnologias para DR - Contadores de Pré-Pagamento de Electricidade.

2.3. Tecnologias para DR – Consumidores Domésticos

Este tipo de tecnologias tem evoluído bastante nos últimos anos. Trata-se de uma evolução que acompanha a necessidade de redução do consumo de electricidade e de aumento da eficiência energética.

Em Portugal, a maioria dos contadores eléctricos não permitem implementar medidas DR. No entanto, existem cooperativas eléctricas³ que já possuem contadores inteligentes, multitarifa, com telecontagem, para grande parte dos consumidores. O uso destes contadores, em conjunto com outros dispositivos, ou meios de comunicação, podem ajudar a implementar estratégias que visam aumentar a eficiência energética nos consumidores domésticos.

2.3.1. Sistemas de Telecontagem

O sistema de telecontagem constitui o suporte de base para a recolha e o processamento de dados associados aos fluxos de energia eléctrica necessários para as liquidações dos relacionamentos comerciais entre as várias entidades do Sistema Eléctrico Nacional. É composto por um conjunto de equipamentos locais que efectuem a contagem da energia transaccionada e que garantem a memorização remota dos respectivos valores em períodos de integração determinados. Estes equipamentos locais são dotados de capacidade de comunicação de informação entre si e com equipamentos centrais que efectuem a recolha centralizada da informação e o subsequente tratamento, nomeadamente para efeitos de liquidação e facturação [25].

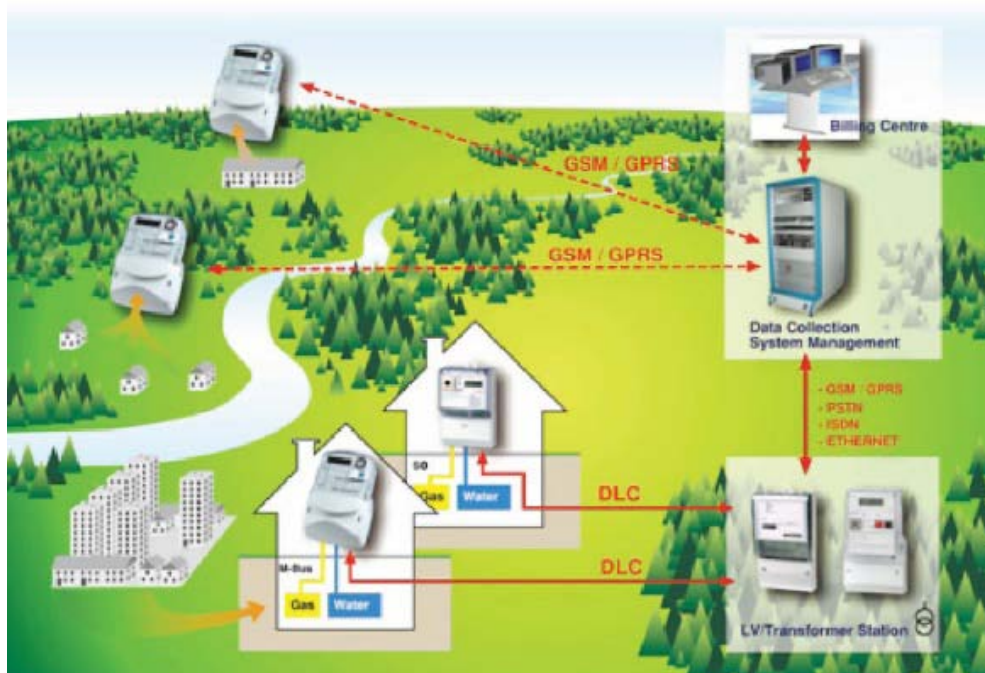


Figura 9 – Sistemas de telecontagem (fonte ISKRA).

³ Caso das Cooperativas Eléctricas de Roriz e de Vilarinho.

Tipicamente, existem três soluções de leitura em sistemas de telecontagem (Figura 9) [26]:

- Ponto a ponto: a cada contador (ver anexo A) corresponde um modem GSM/GPRS, com um *SimCard* e através de uma chamada telefónica, SMS ou transmissão de dados, é possível enviar as leituras para o servidor do distribuidor;
- Colectiva: aplica-se a prédios de apartamentos nos quais os contadores estão equipados com um meio de comunicação local (por exemplo: comunicação RS485) e comunicam com o comunicador localizado na entrada do prédio. O comunicador é equipado com um modem GSM/GPRS que envia as leituras para o servidor do distribuidor;
- Comunicação através das linhas de electricidade PLC: as leituras são enviadas pelas linhas de rede para um concentrador instalado no posto de transformação ou subestação e este pode estar equipado com modem GSM, ou outra tecnologia de comunicação.

As leituras que habitualmente são enviadas, todos os dias, directamente para o servidor ou para o concentrador e posteriormente para o servidor, são o consumo e potência de pico por período. Assim, no caso de um tarifário bi-horário, deve chegar ao servidor o consumo de energia e a potência de pico, nas horas de vazio e fora de vazio. Os contadores possuem mais informação, como diagramas de carga completos, numa base horária, mas o envio de muitos dados pode tornar o sistema de comunicação pouco eficiente. Estes podem ser lidos manualmente, com recurso a uma sonda (Figura 10) que transmite os dados do contador para um PDA, computador portátil, ou outro dispositivo móvel.



Figura 10 – Sonda para leitura manual (fonte ISKRA).

2.3.2. Contadores de Pré-Pagamento de Electricidade

Normalmente, estes contadores (Figura 11) funcionam por créditos, que podem ser adquiridos em variadas lojas na forma de cartão magnético e esgotam-se com a utilização de electricidade. Quando os créditos estão a terminar, o contador emite um sinal sonoro que alerta o consumidor, para que este compre mais créditos. Tipicamente, estes contadores dispõem também de um crédito de emergência, que dá ao consumidor algum tempo, até que a electricidade seja cortada, para comprar mais créditos [12].



Figura 11 – Contador Pré-pagamento e respectivos cartões magnéticos.

Em alguns países, existem serviços disponíveis 24 horas por dia que permitem ao consumidor comprar créditos por telefone, através de um cartão de débito [12].

Os contadores de pré-pagamento de electricidade podem dispor de multitarifa e telecontagem.

2.3.3. Monitorização dos Consumos

Após a instalação dos contadores inteligentes, o próximo passo é dar a oportunidade aos consumidores de monitorizarem o consumo de energia e os custos associados. A monitorização deve ser efectuada de forma simples. Para tal, podem ser instalados, numa zona da casa, *displays* que comunicam por tecnologias sem fios e promovem a mobilidade do dispositivo. Tipicamente são instalados na cozinha (Figura 12), por se tratar da divisão mais frequentada e onde se encontra o maior número de electrodomésticos. Uma outra forma de monitorizar o consumo é através da consulta de uma página *web* disponibilizada pelo comercializador [12]. Esta forma, apesar de apresentar menos efeitos práticos na alteração de hábitos dos consumidores, é mais acessível economicamente por não necessitar a compra de dispositivos electrónicos.



Figura 12 – Monitorização de consumos.

A informação pontual e consistente dos preços da energia desenvolve hábitos nos consumidores que podem ter efeitos relevantes no consumo, por perceberem a relação entre o seu comportamento com o consumo e custos da energia [27].

No Anexo B, estão apresentados dispositivos e formas de monitorização, que ajudam os consumidores a controlar o consumo, de modo a reduzir os custos de electricidade.

2.4. Conclusões

As medidas e tecnologias que actualmente continuam a emergir, demonstram bem a preocupação dos distribuidores de energia face ao aumento do consumo, nomeadamente em certos períodos diários.

Em Portugal, existem também preocupações em aumentar a eficiência energética, através da redução e optimização do consumo de electricidade. Contudo, ainda há muito a fazer, principalmente na implementação de medidas e/ou tecnologias que permitam melhorar a comunicação, entre o consumidor e o comercializador. A instalação de sistemas de telecontagem é o primeiro passo, para mais tarde se explorar medidas que sensibilizem os consumidores a reduzir o consumo de energia eléctrica.

Capítulo 3

Comercialização de Potência Contratada

Se os consumidores de electricidade de BTN tivessem oportunidade e meios para alterar dinamicamente o valor da potência eléctrica contratada, de forma a esse valor adaptar-se às suas necessidades, o preço a pagar pela electricidade seria mais justo. A instalação futura de sistemas de telecontagem, para todos os consumidores em BT, assim como o actual mercado liberalizado, permitem explorar a possibilidade de comercialização de potência contratada.

As leituras dos contadores, enviadas diariamente para o servidor do comercializador, permitem a este colocar ao dispor do consumidor, através de uma página *web*, o consumo actualizado da energia eléctrica, bem como os respectivos custos. É uma forma que o consumidor tem para controlar os gastos com a electricidade, ao longo do período de facturação. No entanto, não é de esperar que uma grande percentagem dos consumidores consulte o seu consumo de electricidade de uma forma regular. A melhor forma de os sensibilizar a essa consulta e consequente optimização da forma como a electricidade é utilizada, é oferecer aos clientes a possibilidade de submeterem decisões voluntárias que implicam reduções do valor da factura.

3.1. Metodologia

O método de comercialização de potência contratada proposto, Potência Contratada Flexível - PCF, pretende que a venda de electricidade seja mais adequada e clara para os clientes de BTN.

Os consumidores podem alterar o valor de potência contratada para um período de tempo, com base no conhecimento dos seus hábitos de consumo. Quanto maior for o valor da potência a contratar, maior será o valor a pagar, referente a essa potência, o que já se verifica nos actuais tarifários (Figura 13). Segundo a ERSE, o consumo instantâneo máximo que uma instalação pode receber condiciona a rede de distribuição de energia eléctrica junto à instalação e uma maior potência contratada numa instalação obriga a maiores investimentos pelo distribuidor nesses troços de rede. Os consumidores domésticos pagam na potência contratada cerca de um terço do custo das redes [6].

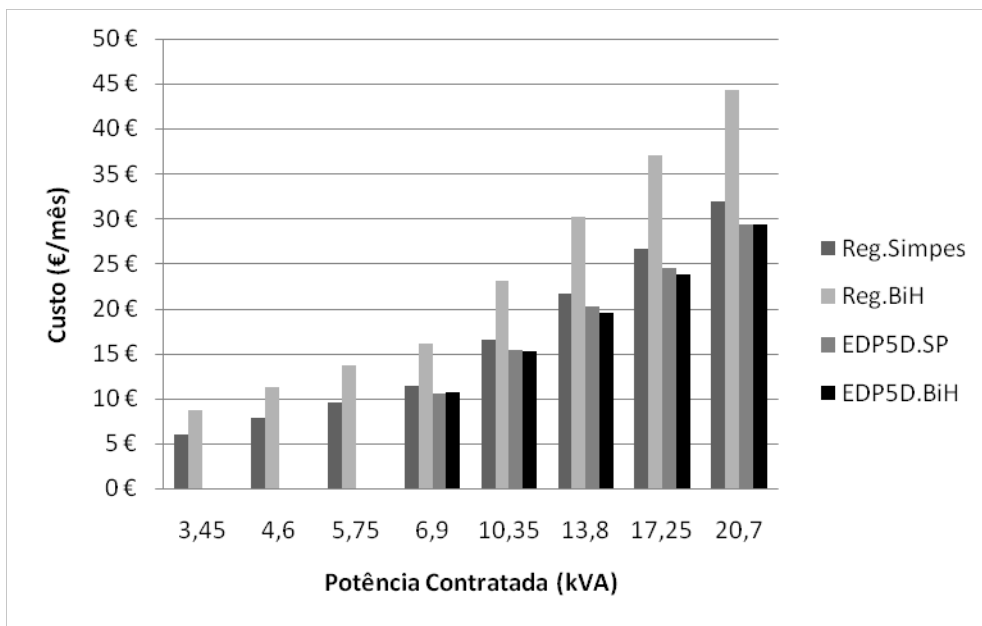


Figura 13 – Custo da Potência Contratada.

A outra parte desses custos é recuperada na tarifa sobre a energia (Figura 14), através da tarifa de Acesso às Redes.

Na tarifa sobre a potência contratada são considerados outros custos, como custos de leitura e facturação. De notar que o preço dessa potência no tarifário regulado bi-horário é significativamente superior ao regulado simples, o que não se verifica nos tarifários EDP5D (Figura 13). O método PCF, seguindo o objectivo de tornar a comercialização clara, utiliza o mesmo preço para potência contratada, qualquer que seja o número de períodos considerado.

A diferença de tarifas, entre os escalões de potência, também é uma forma justa para diferenciar os consumidores pela forma como utilizam a electricidade. Maior quantidade e concentração de consumo, em pequenos períodos de tempo, conduzem a uma potência instantânea mais elevada e, como consequência, a escalões de potência contratada maiores.

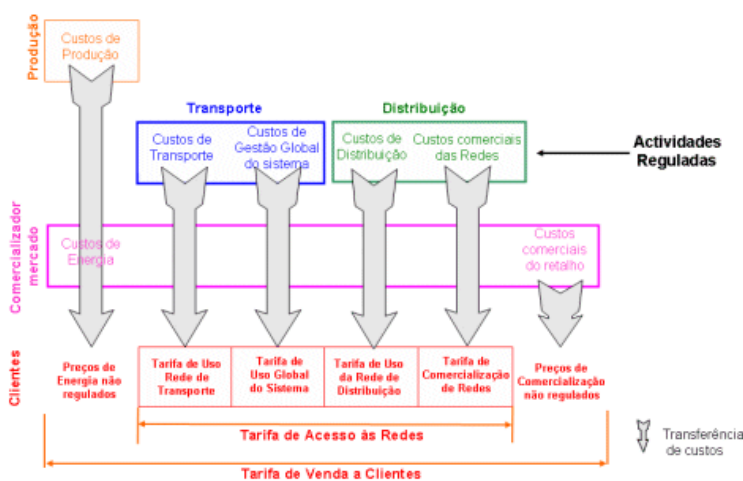


Figura 14 – Tarifa de venda a clientes (fonte ERSE).

Nos tarifários actualmente disponíveis, o preço por kVA por mês diminui com o aumento do valor da potência contratada (Figura 15). Este facto pode originar o cliente a contratar mais do que realmente necessita, porque a diferença de custo entre escalões torna-se menor relativamente à diferença do valor da potência, à medida que a esta aumenta, assemelhando-se a uma estratégia de *marketing* - “desconto na compra de maior quantidade”.

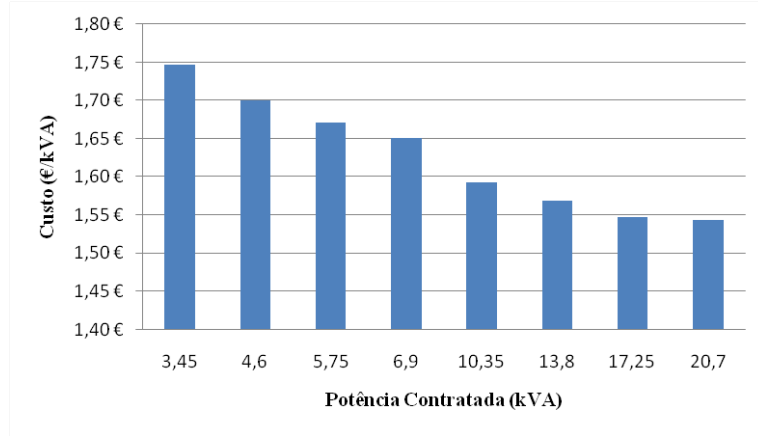


Figura 15 – Potência Contratada €/kVA mensal - Reg.Simples.

Por esta razão, neste novo método, o preço de cada unidade de potência contratada por mês é constante, de forma a tornar a comercialização mais justa e mais simples para os clientes. O comercializador é quem define esse preço, que pode ainda ser dividido por períodos diários ou semanais, consoante o tarifário. Para levar os clientes a reduzirem o consumo em certos períodos, a potência a contratar para esses períodos seria mais cara.

Se o consumidor ultrapassar o valor de potência definido num período, será penalizado. A diferença entre a potência máxima verificada e a potência contratada será paga a um preço superior ao estipulado pelo comercializador, para o período em causa, através de um factor de correcção com valor superior à unidade (equação 3.1). Embora o contador com telecontagem possa permitir remotamente a alteração da potência máxima para o valor pretendido pelo consumidor, faz com que esse valor nunca seja ultrapassado. Este método aumenta a comunicação entre consumidor e comercializador, e tem como consequência o aumento dos custos de comunicação.

A diferença entre a potência contratada máxima e a potência contratada pelo consumidor para um período é multiplicada por um factor inferior à unidade (equação 3.2). O objectivo é diferenciar o valor a pagar pelos consumidores, relativamente à potência contratada máxima.

$$C_{total} = C_{1kVA} \times (P_{MAX} - P_{cont.}) \times \alpha \quad (3.1)$$

$$C_{total} = C_{1kVA} \times (P_{cont.MAX} - P_{cont.}) \times \beta \quad (3.2)$$

Onde para um período,

C_{total} - custo total da potência contratada;

C_{1kVA} - custo de 1kVA;

P_{MAX} - potência máxima lida;

$P_{cont.}$ - potência contratada pelo consumidor;

$P_{cont.MAX}$ - potência contratada máxima;

α - factor de correcção do custo de potência, quando a $P_{cont.}$ é superior à $P_{cont.MAX}$;

β - factor de correcção do custo de potência, quando consumidor altera a $P_{cont.}$.

Desta forma, o custo total a pagar pela potência contratada num período aumenta com o valor da potência contratada máxima. Esta potência é definida no início do contrato, podendo ser alterada ao fim de um ano. O conhecimento da potência máxima atingida no ano anterior, por parte do consumidor, permite que este defina o valor a escolher para a potência contratada máxima, que será válido para mais um ano.

Os valores definidos pelo consumidor, para um determinado dia, devem ser submetidos até às 24h do dia anterior. Desta forma, garante-se ao comercializador maior certeza da potência necessária para o dia seguinte, evitando maiores desvios entre a compra de potência e a utilização real da mesma. Estes desvios significam custos, assim, a informação fornecida pelos clientes, sobre a quantidade de potência que necessitam para determinados períodos, pode ser importante para o comercializador. É difícil chegar a um valor de quanto ganha o comercializador com este método, ou mesmo se consegue ganhar algo significativo, porque os consumidores requisitam potência para um determinado período com várias horas, enquanto o mercado diário funciona numa base horária. No limite, admitia-se que o consumidor poderia alterar o valor da potência contratada numa base horária, contudo, iria aumentar a complexidade no lado do consumidor, o que não se pretende com esta metodologia.

O que se propõe é alocar os custos de uso da rede de distribuição e transporte apenas na tarifa de energia. A tarifa de potência contratada dependerá, sobretudo da quantidade que é requisitada. O método PCF permite seguir a ideia inicialmente considerada, em que o consumidor só deve pagar o que realmente usa. O objectivo é evidenciar a diferença, traduzida no preço entre um consumo pouco intensivo de electricidade e um consumo muito intensivo. Assim, se o consumidor otimizar a utilização da energia eléctrica, através da passagem de cargas para o período em que o preço de energia/potência é mais baixo e sobretudo através da redução de consumo, experimentará uma redução mais significativa no valor da factura de electricidade em comparação com os tarifários existentes. Pretende-se conduzir o consumidor ao não desperdício de energia eléctrica.

3.2. Comunicação Consumidor-Comercializador

A comunicação entre consumidor e comercializador é relevante para ambas as partes. No método PCF, é necessário o uso de contadores multitarifa, com telecontagem e com a possibilidade de alterar remotamente a potência contratada, embora esta última especificação possa ser dispensável. O comercializador deve permitir ao cliente aceder a uma página *web*, para que este possa consultar o consumo e alterar o valor da potência contratada. Na Figura 16, está representado um diagrama simplificado que ilustra a comunicação consumidor-comercializador.

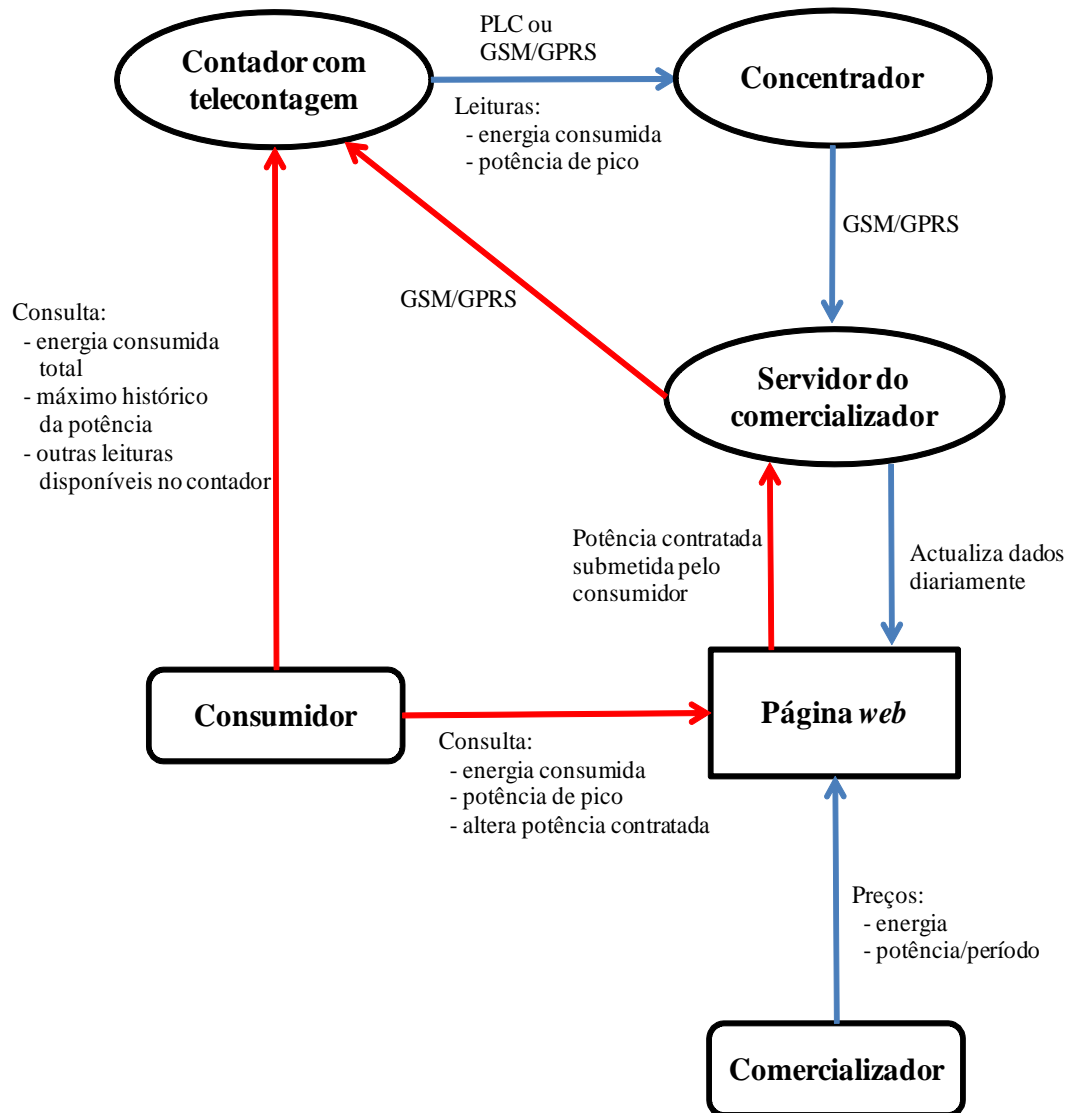


Figura 16 – Comunicação no método PCF.

Os valores de potência contratada submetidos pelo consumidor na página *web* podem não ser enviados para o contador, através do servidor do comercializador. Se assim for, o cliente terá que ter atenção em não ultrapassar o valor de potência submetido para o período em que se encontra, para não ser penalizado. No caso inverso, se o contador possuir a função de alterar a potência contratada remotamente e os valores de potência forem enviados, o próprio contador poderá limitar o consumo instantâneo, não deixando ultrapassar o limite estipulado pelo consumidor. Se este definir um valor de potência que tenha estimado necessitar para um determinado período, mas afinal necessitará de uma potência superior, pode alterar até as 24h do dia anterior a potência para esse período. Entretanto, se já se encontrar no dia do referido período, deverá existir uma opção na página *web*, que permita a alteração instantânea da potência, para que o contador não limite a potência submetida anteriormente. Neste caso será justo o consumidor pagar uma penalização que inclua, por exemplo, o custo de comunicação entre o servidor do comercializador e o consumidor.

3.3.3. Preço da Potência Contratada

O preço mensal da PCF para estas simulações será de 1,60€/kVA. Este valor foi escolhido com base nas actuais tarifas sobre a potência contratada. É a média do preço da potência contratada /kVA na tarifa regulada simples. O preço referido é ainda distribuído pelos períodos diários (Tabela 2).

Tabela 2 – Percentagem do preço por kVA.

Período	% do preço
A	33%
B	42%
C	25%

Embora a percentagem do preço /kVA no período A seja inferior à percentagem do período B, o preço da potência é superior para A, porque diariamente esse período tem apenas 4h. Ao contrário dos outros que têm 10h cada (Tabela 3).

Tabela 3 – Percentagem do preço por kVA por hora.

Período	% do preço
A	55%
B	28%
C	17%

3.3.4. Tarifa de Energia Activa

Para determinar as tarifas de energia activa, recorreu-se aos preços de mercado, de produção de energia entre Julho e Novembro de 2007 [28]. Como os períodos considerados são diários, foi determinada uma média para os preços de mercado para cada hora do dia (Figura 17).

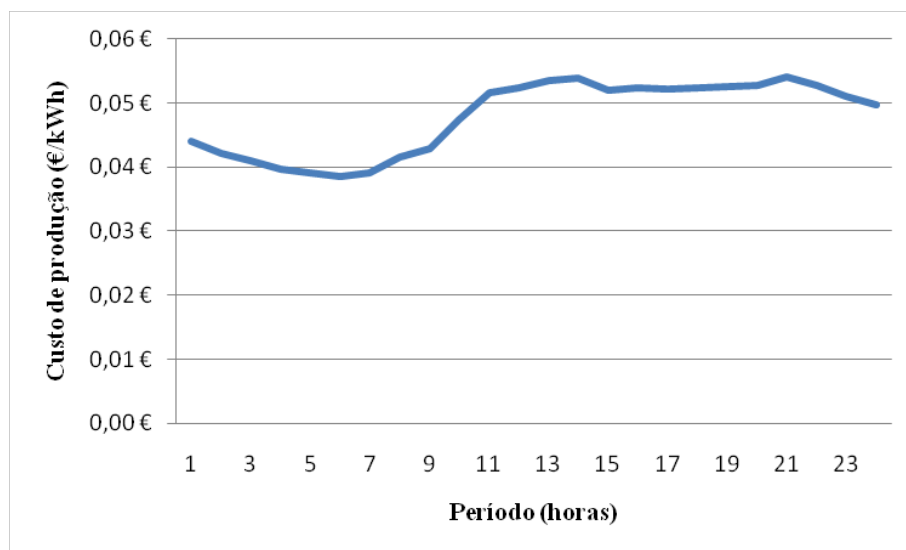


Figura 17 – Média do preço de mercado - de Jul-07 a Nov-07.

As tarifas de energia serão divididas em dois períodos, A+B e C. A razão desta divisão, deve-se ao facto das tarifas de acesso às redes em BTN também estarem divididas em dois períodos: fora-

de-vazio e vazio [7]. A Tabela 4 apresenta os preços da energia considerados para as simulações, considerando ainda um ganho de 5% sobre o total para o comercializador.

Tabela 4 – Tarifa de energia activa BT.

Período	Custo de produção	Tarifa de acesso à rede BTN	Total	Total + % para comercializador
A+B	0,0525 €	0,0748 €	0,1273 €	0,1336 €
C	0,0417 €	0,0325 €	0,0742 €	0,0779 €

De notar, que o preço total, correspondente à soma do custo de produção com a tarifa de acesso à rede BTN, é superior, nos dois períodos, em relação ao preço apresentado no tarifário bi-horário.

3.3.5. Factores de Correção do Custo da Potência Contratada

Na simulação será utilizado um factor de correcção do custo de potência, quando o consumidor altera a potência contratada (β), de 0,8. Admite-se que o contador recebe os valores submetidos pelo consumidor e limita o consumo a esses valores de potência. Logo, não são consideradas penalizações.

3.3.6. Potência Máxima

Os dados disponíveis [14], não incluem valores de potência máxima. No entanto, esses valores são necessários para a simulação da metodologia proposta. Assim procedeu-se à estimação desses valores através do consumo para cada hora. Considera-se que a potência máxima para cada dia da semana ou período seja o valor máximo do consumo verificado nesse dia ou período, arredondado por excesso, com significância igual a 0,5.

3.4. Conclusões

A instalação de sistemas de telecontagem, em todas as habitações, num futuro próximo e o mercado liberalizado a vigorar para todos os consumidores, permite pôr em prática a metodologia apresentada. O tarifário PCF permite ao consumidor controlar o preço a pagar pela electricidade de uma forma mais eficiente, porque este poderá acompanhar regularmente o acumular do valor na factura. No entanto, o principal objectivo deste método é reduzir consumos e custos, através da alteração da potência contratada e acompanhamento dinâmico do consumo. O preço da potência é diferenciado para períodos diários distintos, sendo mais cara nas horas de ponta. Desta forma, o consumidor, voluntariamente, é conduzido a baixar o valor da potência contratada em alguns períodos e a limitação da potência poderá condicionar o consumo. Trata-se, por isso, de uma medida *Demand Response*.

As variáveis a considerar para a simulação da metodologia apresentada influenciam significativamente os resultados e as conclusões que deles resultam. Por esse motivo, procurou-se definir essas variáveis de forma clara e justa.

Capítulo 4

Simulação e Análise de Resultados

Neste capítulo, com recurso ao simulador desenvolvido, serão efectuadas simulações para consumidores de BTN, onde se compara, quanto ao custo de potência contratada e energia, o tarifário PCF com os tarifários: Reg.Simples, Reg.BiH, EDP5D.SP e EDP5D.BiH.

Estão submetidos no simulador 36 diagramas de consumo distintos [14], referentes a um mês de consumo, dos quais serão escolhidos alguns diagramas, que irão ser os casos de estudo para esta dissertação. Para cada caso serão analisados os resultados obtidos e identificadas as situações em que é vantajoso a implementação de PCF. Todos os preços apresentados, para potência contratada e energia, incluem 5% referente ao IVA. Nas simulações 1 a 5, são apresentados diferentes consumidores e considera-se que não há alteração de hábitos no consumo.

4.1. Simulação 1 – Consumidor Doméstico (6,9 kVA) (1)

O consumidor considerado nesta simulação é o seguinte:

- Tipo de consumidor: Doméstico;
- Potência contratada: 6,9 kVA;
- Consumo mensal: 225 kWh;
- Diagrama de consumo: Figura 18;
- Consumo no vazio: 30% do consumo mensal;
- Factor de utilização da potência contratada: 0,04.

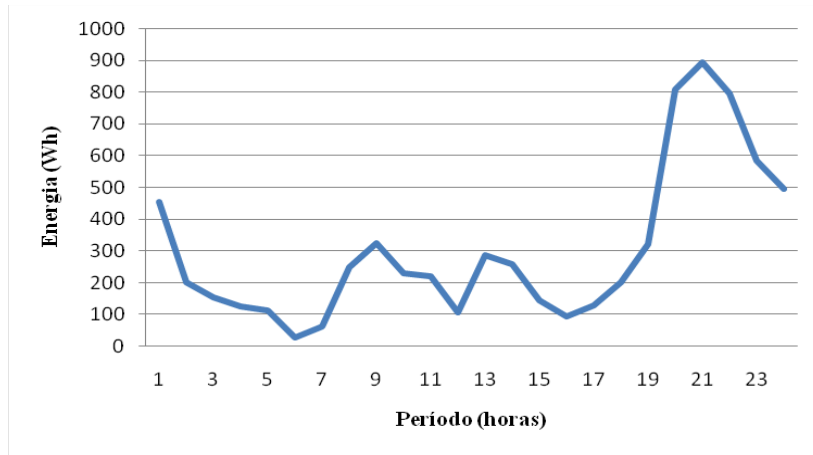


Figura 18 – Consumo médio por hora - simulação 1.

Se o consumidor mantiver o valor máximo da potência contratada, o tarifário PCF não apresenta vantagem face aos restantes tarifários, como se verifica na Figura 19. Para os diferentes tarifários, o preço a pagar mensalmente pela electricidade serão semelhantes.

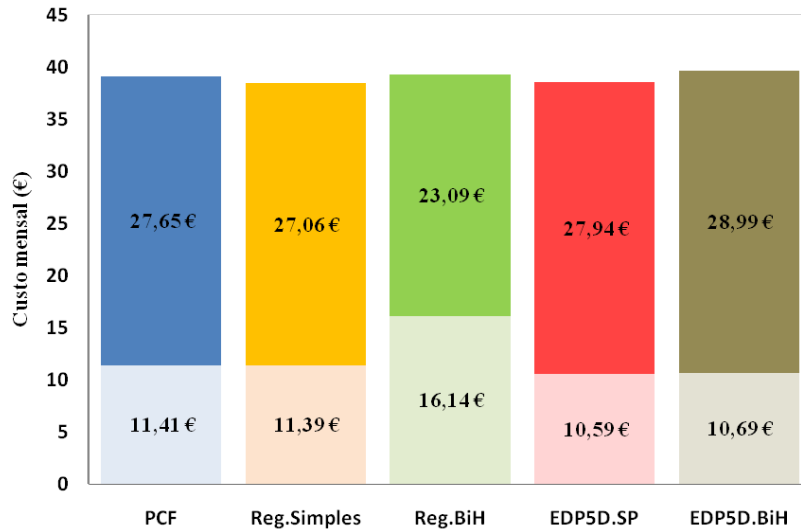


Figura 19 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) - simulação 1, caso 1.

Na Tabela 5, estão as leituras da potência máxima verificada, para cada dia da semana e por período, durante um mês.

Tabela 5 – Potência Máxima (kVA) - simulação 1.

	Sg	Te	Qa	Qi	Sx	Sá	Do	Max
A	2,0	1,5	2,0	1,5	2,5	2,0	1,5	2,5
B	2,0	1,5	2,5	1,5	2,0	2,0	1,0	2,5
C	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	1,5	1,0	2,0
Max	2,0	1,5	2,5	1,5	2,5	2,0	1,5	2,5

No mês considerado, este consumidor apenas necessitou de 2,5 kVA de potência contratada, apesar de contratar 6,9 kVA. Neste caso, o tarifário PCF permitiria ao cliente, se este conseguisse estimar o valor da potência contratada que iria necessitar, baixar a potência para 2,5 kVA. A diferença entre tarifários, neste caso, já seria relevante (Figura 20).

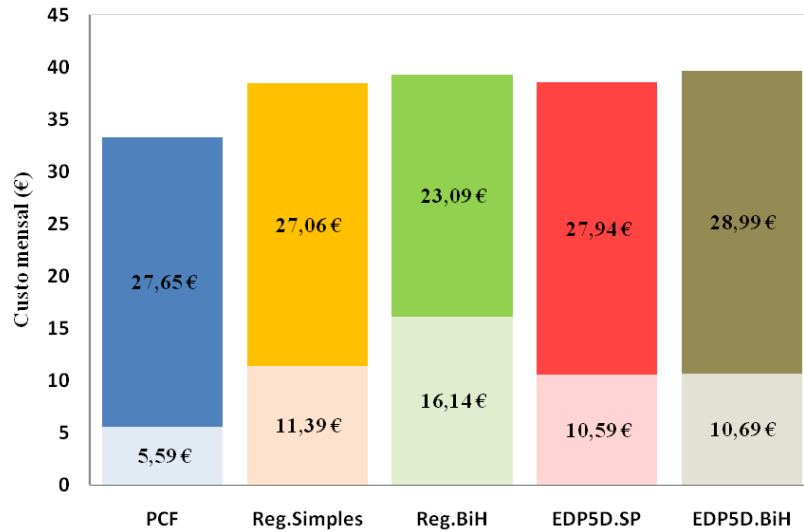


Figura 20 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) - simulação 1, caso 2.

O tarifário PCF apresenta, para este caso, um ganho face ao próximo tarifário mais acessível (Reg.Simples) cerca de 13,5%, que corresponde a 5,22€ neste mês. Com base na Tabela 5, existiria ainda a possibilidade de definir, para períodos diários, a potência contratada para valores mais baixos. Contudo, os proveitos desta alteração seriam reduzidos. Seria também praticamente impossível o consumidor estimar o valor da potência máxima, para cada período de cada dia da semana. Por estas razões, considera-se apenas a potência máxima atingida durante o mês. Os restantes valores podem constituir informação útil para o consumidor, que poderá estabelecer uma relação entre a carga utilizada num período e o valor máximo atingido.

4.2. Simulação 2 – Consumidor Doméstico (6,9 kVA) (2)

Nesta simulação, considera-se um consumidor de energia eléctrica muito intensivo:

- Tipo de consumidor: Doméstico;
- Potência contratada: 6,9 kVA;
- Consumo mensal: 1000 kWh;
- Diagrama de consumo: Figura 21;
- Consumo no vazio: 14% do consumo mensal;
- Factor de utilização da potência contratada: 0,21.

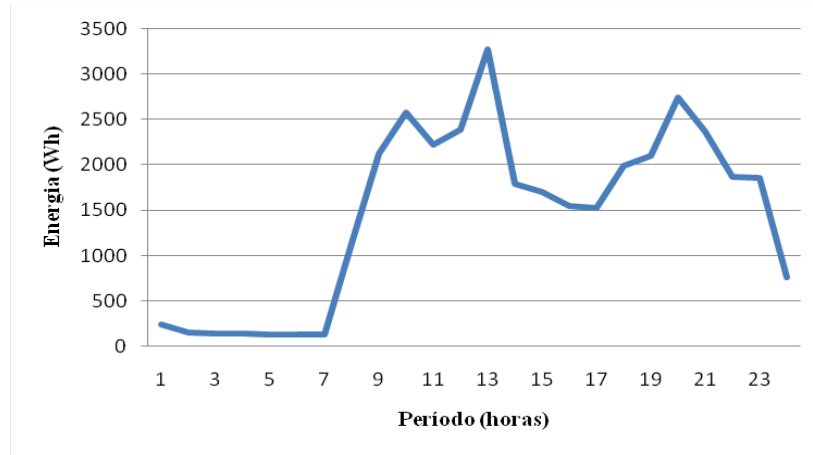


Figura 21 – Consumo médio por hora - simulação 2.

O consumo atinge valores horários mais elevados, o que se reflecte nas potências máximas que são também mais elevadas (Tabela 6). Trata-se de um consumidor muito intensivo de electricidade.

Tabela 6 – Potência Máxima (kVA) - simulação 2.

	Sg	Te	Qa	Qi	Sx	Sá	Do	Max
A	4,0	4,5	3,5	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
B	4,0	4,0	3,5	5,0	4,0	4,0	4,5	5,0
C	4,0	4,0	3,0	2,0	3,0	2,5	2,5	4,0
Max	4,0	4,5	3,5	5,0	4,0	4,0	5,5	5,5

Este cliente necessitou de cerca de 5,5 kVA de potência contratada. O uso tarifário PCF permitiria a redução do valor de potência de 6,9 kVA para 5,5 kVA. A comparação com os restantes tarifários está ilustrada na Figura 22.

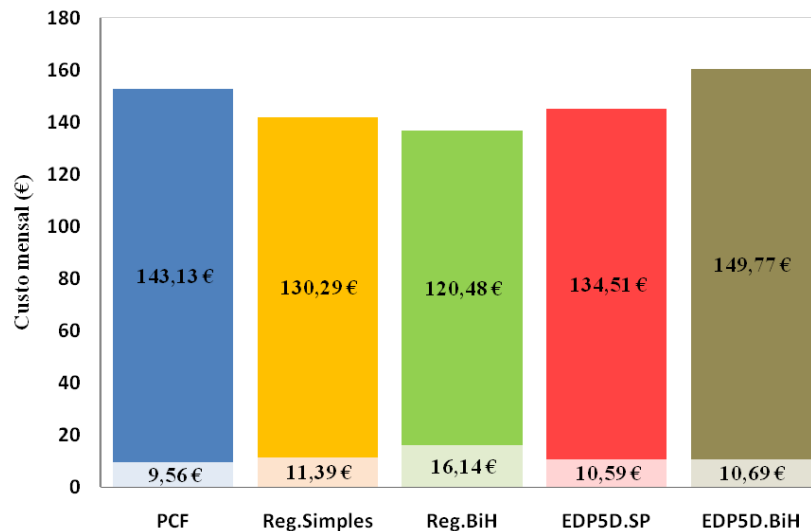


Figura 22 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) - simulação 2.

A tarifa PCF, neste caso não é alternativa válida aos restantes tarifários (excepto em comparação com o tarifário EDP5D.BiH). Este facto deve-se ao valor mais elevado da tarifa de energia, porque a tarifa sobre a potência contratada é menor no PCF, devido à redução de 6,9 kVA

para 5,5 kVA. Mesmo assim, o ganho nesta parcela é muito baixo, quando comparada com os outros tarifários. O consumidor pagaria no novo tarifário relativamente ao Reg.BiH, aproximadamente +11,8%, que significa nesta situação um valor mensal de +16,06€

4.3. Simulação 3 – Consumidor Doméstico (3,45 kVA)

Neste caso, foi seleccionado um consumidor de electricidade pouco intensivo:

- Tipo de consumidor: Doméstico;
- Potência contratada: 3,45 kVA;
- Consumo mensal: 150 kWh
- Diagrama de consumo: Figura 23;
- Consumo no vazio: 31% do consumo mensal;
- Factor de utilização da potência contratada: 0,06.

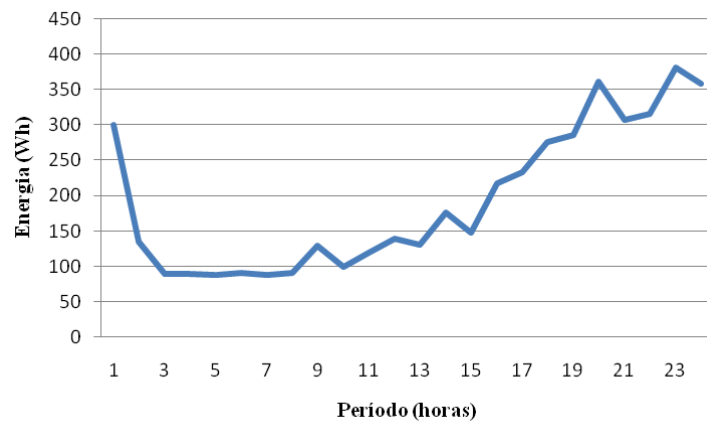


Figura 23 – Consumo médio por hora - simulação 3.

O consumo de electricidade é sobretudo no período nocturno, embora com valores médios horários baixos. A potência máxima para este mês é aproximadamente 1,5 kVA (Tabela 7).

Tabela 7 – Potência Máxima (kVA) - simulação 3.

	Sg	Te	Qa	Qi	Sx	Sá	Do	Max
A	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
B	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,5
C	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5
Max	1,5	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,5

O que significaria que seria possível, com recurso à opção tarifária PCF, a contratação de apenas esse valor máximo para este mês. A diferença entre tarifários pode verificar-se na Figura 24. Para os escalão de potência 3,45 kVA não estão disponíveis os tarifários regulados.

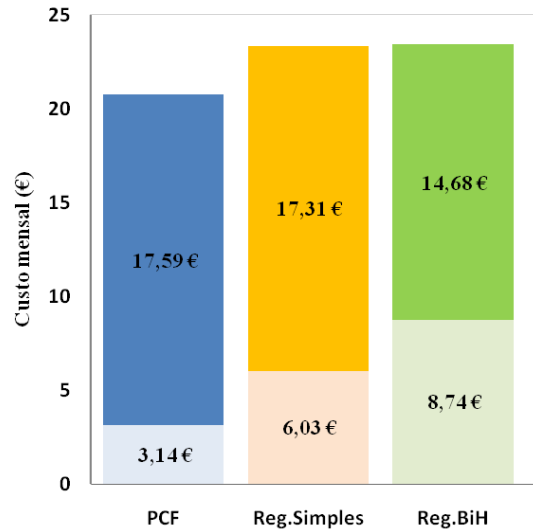


Figura 24 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) - simulação 3.

O tarifário PCF apresenta uma redução face aos tarifários regulados, em cerca de 11,2%. De realçar, que este consumidor, apesar de apresentar uma grande percentagem de consumo, no período de vazio, não lhe compensa o tarifário regulado bi-horário. Trata-se de um ponto negativo nos actuais tarifários, que para consumidores pouco intensivos não resta opção senão o tarifário regulado simples.

4.4. Simulação 4 – Consumidor Doméstico (20,7 kVA)

Considera-se agora, o seguinte consumidor:

- Tipo de consumidor: Doméstico;
- Potência contratada: 20,7 kVA;
- Consumo mensal: 1000 kWh;
- Diagrama de consumo: Figura 25;
- Consumo no vazio: 29% do consumo mensal;
- Factor de utilização da potência contratada: 0,07.

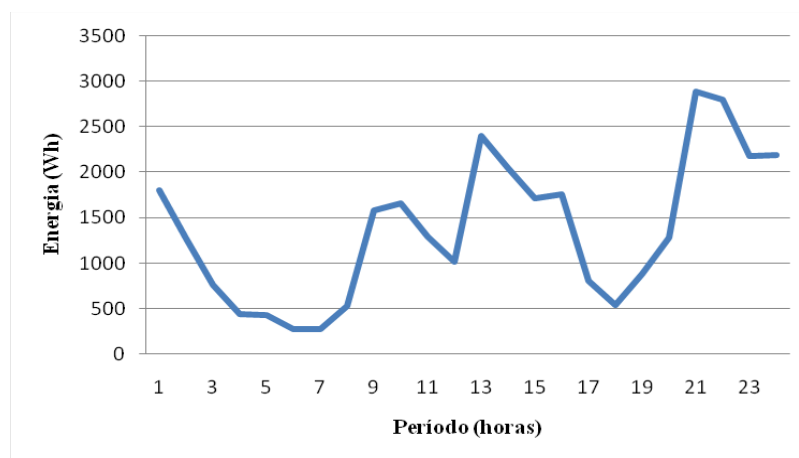


Figura 25 – Consumo médio por hora - simulação 4.

A potência máxima atingida para cada dia e período, no mês em que foram efectuadas as leituras, estão na Tabela 8.

Tabela 8 – Potência Máxima (kVA) - simulação 4.

	Sg	Te	Qa	Qi	Sx	Sá	Do	Max
A	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	3,5	3,0	4,5
B	3,5	4,5	4,0	3,5	3,0	3,0	3,0	4,5
C	5,0	3,0	2,5	4,0	3,0	3,0	2,5	5,0
Max	5,0	4,5	4,5	4,5	4,5	3,5	3,0	5,0

O tarifário PCF permite alterar a potência contratada de 20,7 kVA até 5,0 kVA, considerando-se apenas o valor máximo atingido neste mês. Está representada na Figura 26, a comparação com os restantes tarifários.

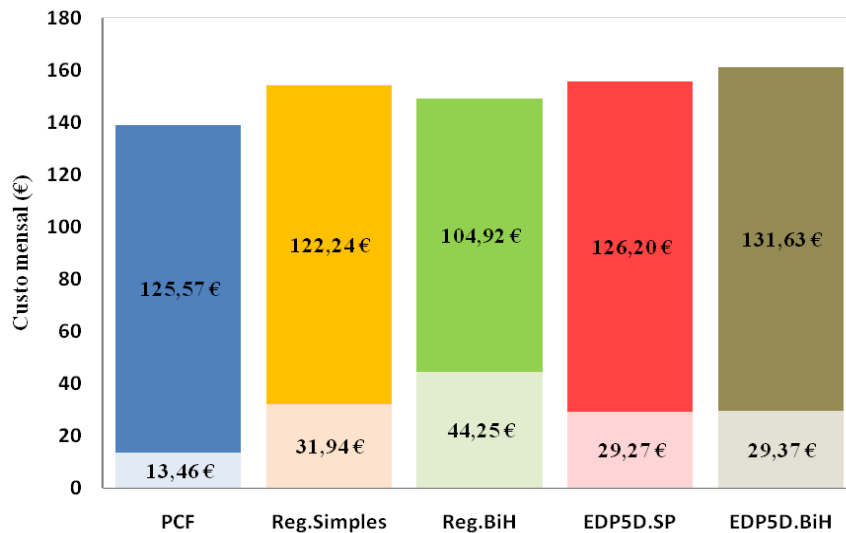


Figura 26 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) - simulação 4.

O ganho mensal no tarifário PCF, quando comparado com o tarifário bi-horário, é cerca de 7% no total da factura, aproximadamente 10€. Este consumidor apresenta maior valor de potência no período C e consumo no vazio aproximadamente 30%. Ou seja, parte considerável das cargas encontra-se nesse período. Neste caso, a forma mais eficiente para reduzir o valor da factura de electricidade, seria se possível, reduzir o consumo total, evitando ao máximo o uso negligente de electricidade.

4.5. Simulação 5 – Consumidor Industrial (13,8 kVA)

Ao contrário das simulações anteriores, nesta será analisado um consumidor industrial:

- Tipo de consumidor: Industrial;
- Potência contratada: 13,8 kVA;
- Consumo mensal: 1000 kWh;
- Diagrama de consumo: Figura 27;
- Consumo no vazio: 9% do consumo mensal;
- Factor de utilização da potência contratada: 0,09.

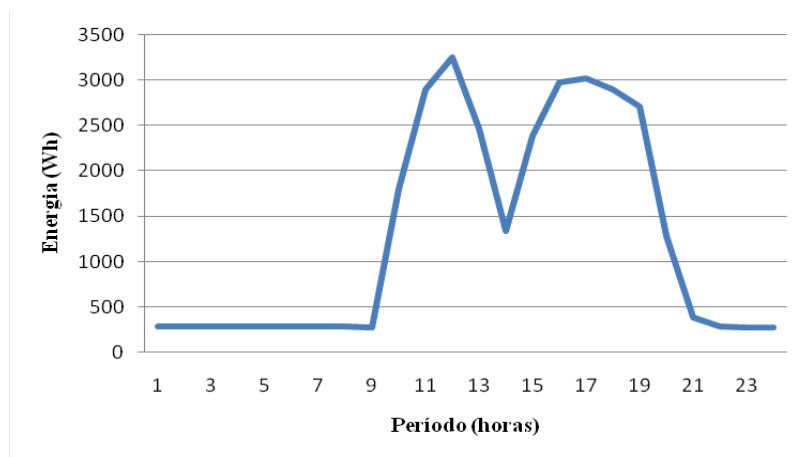


Figura 27 – Consumo médio por hora - simulação 5.

Este consumidor industrial se estimar ter um mês semelhante ao mês em que as leituras foram efectuadas e através da consulta da tabela da potência máxima (Tabela 9), pode baixar o valor da potência contratada para 5,0 kVA. Para reduzir ainda mais a parcela referente à potência, pode ainda definir para o período C e para os domingos e feriados 1,0 kVA. Esta pequena indústria, não deve operar nesses períodos.

Tabela 9 – Potência Máxima (kVA) - simulação 5.

	Sg	Te	Qa	Qi	Sx	Sá	Do	Max
A	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	1,0	5,0
B	4,5	4,5	4,5	4,0	4,0	4,5	1,0	4,5
C	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Max	4,5	4,5	4,5	4,0	4,0	5,0	1,0	5,0

Na Figura 28, verifica-se a grande diferença que existe na parcela da potência contratada, muito menor no tarifário PCF. Pelo contrário, a parcela da energia é superior à maior parte dos tarifários, o que torna o valor total da factura semelhante nas opções analisadas.

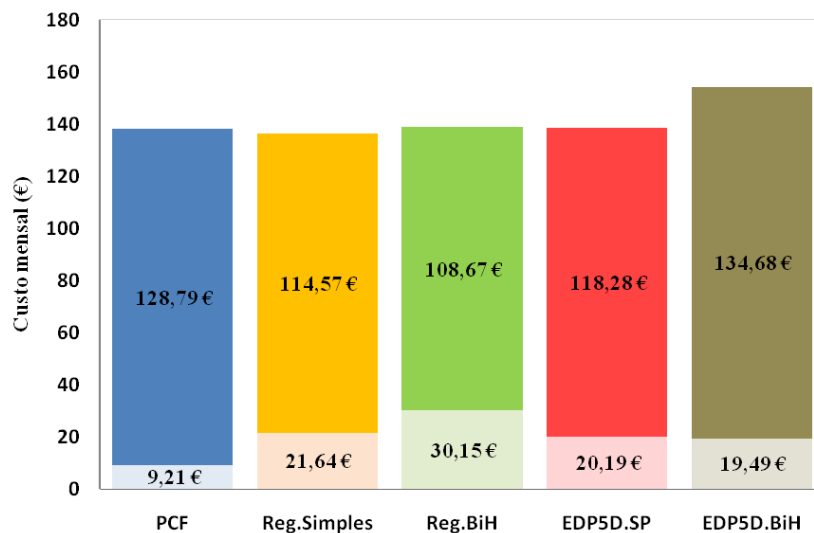


Figura 28 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) - simulação 5.

4.6. Simulação 6 – Cenários de Consumo

Nas simulações anteriores, não foi considerado alteração, nem redução de consumo. Os valores ganhos dependeram da alteração da potência contratada.

Considera-se agora o seguinte caso de estudo:

Tipo de consumidor: Doméstico;

Potência contratada: 10,35 kVA;

Consumo mensal: 470 kWh;

Diagrama de consumo: Figura 29;

Consumo no vazio: 11% do consumo mensal;

Factor de utilização da potência contratada: 0,06.

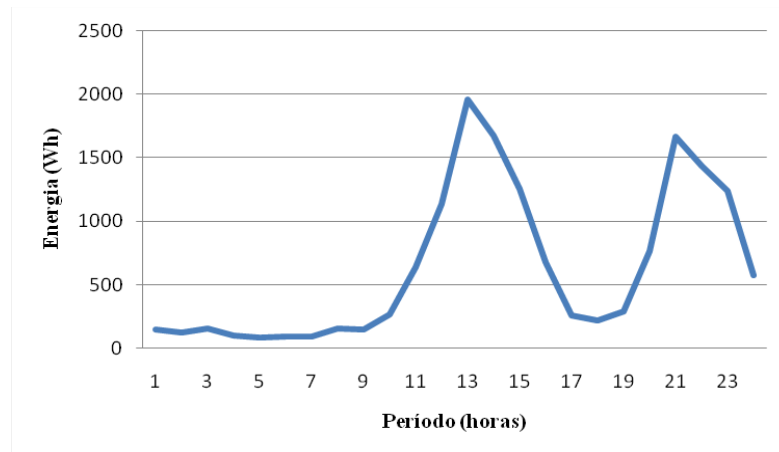


Figura 29 – Consumo médio por hora - simulação 6.

Considera-se que este consumidor alterou o seu tarifário, passando agora para o tarifário PCF. São estudados três cenários, dos quais os cenários 2 e 3 implicam alteração de hábitos de consumo:

Cenário 1:

- Sem redução do consumo: 470 kWh;
- Potência contratada máxima: 10 kVA;
- Consumo no período C (vazio) mantém-se: 11%;
- Potência contratada igual para todos os períodos: 10 kVA.

Cenário 2:

- Sem redução do consumo: 470 kWh;
- Potência contratada máxima: 10 kVA;
- Consumo no período C (vazio): 30%;
- Potência contratada para o período: A = 6 kVA, B = 6 kVA e C = 10 kVA.

Cenário 3:

- Com redução do consumo (-10%): 420 kWh;
- Potência contratada máxima: 10 kVA;
- Consumo no período C (vazio): 30%;
- Potência contratada para o período: A = 6 kVA, B = 6 kVA e C = 10 kVA.

Após a redução da potência contratada na página *web*, nos períodos A e B (cenários 2 e 3), onde a potência contratada é mais cara, mantendo a potência máxima no período C, espera-se passagem de carga para esse período (vazio), o que justifica o aumento do consumo em C de 11% para 30%

do consumo total (cenários 2 e 3). A informação colocada ao dispor do consumidor através da página *web*, como leituras actualizadas do consumo diário e respectivo custo, leva-o a uma atitude de poupança no consumo de electricidade, o que provoca uma redução do mesmo de 10% (cenário 3). Os resultados para os três cenários estão representados na Figura 30.

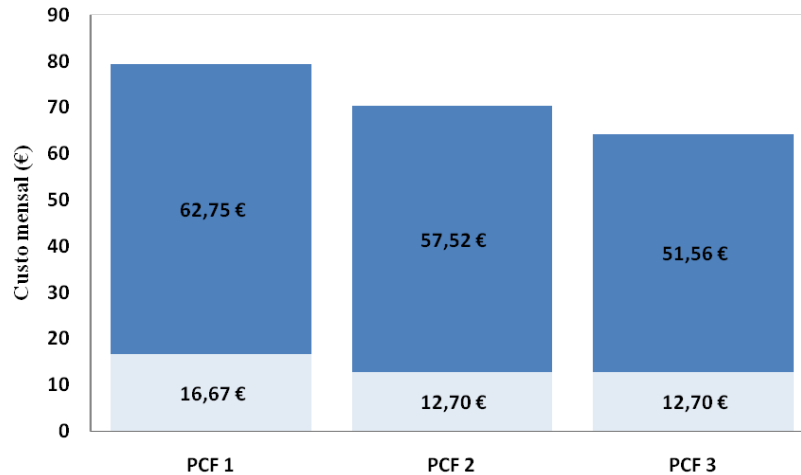


Figura 30 – Comparação de cenários (€/mês).

A poupança do cenário 1 para o 2, é de 11,6%, enquanto do cenário 1 para o 3 é quase 20%, o que significa, neste caso, uma redução de cerca de 15€/mensais.

Na comparação de tarifários para o cenário 1 (Figura 31) verifica-se que o tarifário PCF é dos menos vantajosos.

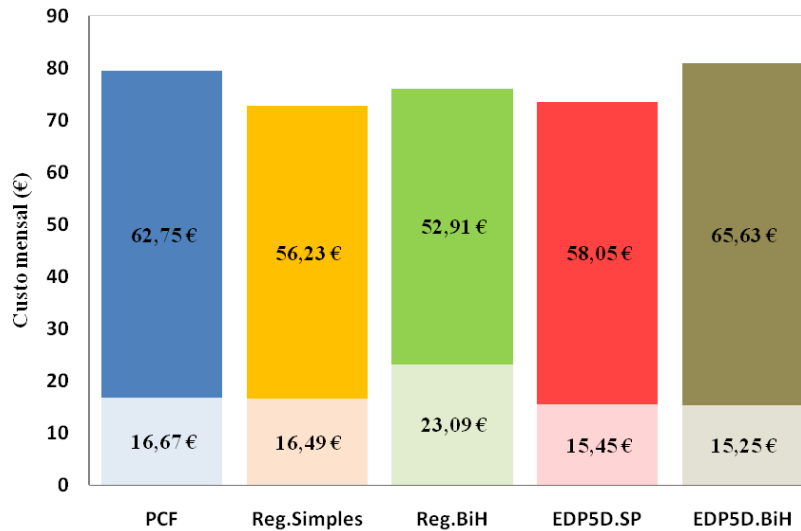


Figura 31 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) – simulação 6, cenário 1.

Para o cenário 3, o tarifário PCF é o que garante o valor da factura eléctrica mais acessível (Figura 32) facto que já se verificava também para o cenário 2.

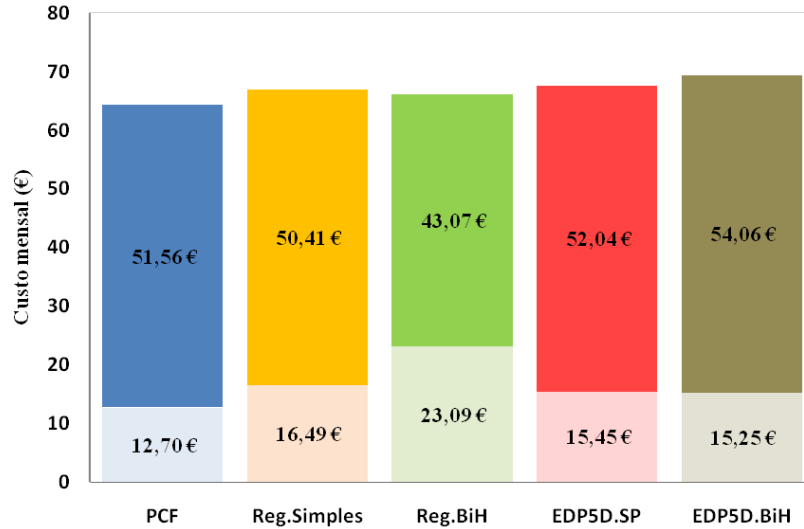


Figura 32 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€/mês) – simulação 6, cenário 3.

Com base nos resultados obtidos para os diferentes cenários, conclui-se que o tarifário PCF promove maior elasticidade no valor da factura. A Tabela 10 mostra, para os diferentes tarifários, a redução do preço total, quando se transita da situação descrita no cenário 1, para o cenário 3.

Tabela 10 – Redução da factura entre cenário 1 e 3.

Tarifários	Redução	
	%	€
PCF	19,1%	15,15 €
Reg.Simples	8,0%	5,83 €
Reg.BiH	12,9%	9,84 €
EDP5D.SP	8,2%	6,01 €
EDP5D.BiH	14,3%	11,57 €

Como seria de esperar, as tarifas simples não experimentam uma redução tão significativa, quanto as tarifas bi-horárias.

4.8. Simulação 7 – Período de Férias

Considera-se agora o seguinte consumidor:

- Tipo de consumidor: Doméstico;
- Potência contratada: 13,8 kVA;
- Consumo mensal: 1000 kWh;
- Diagrama de consumo: Figura 33;
- Consumo no vazio: 35% do consumo mensal;
- Factor de utilização da potência contratada: 0,1.

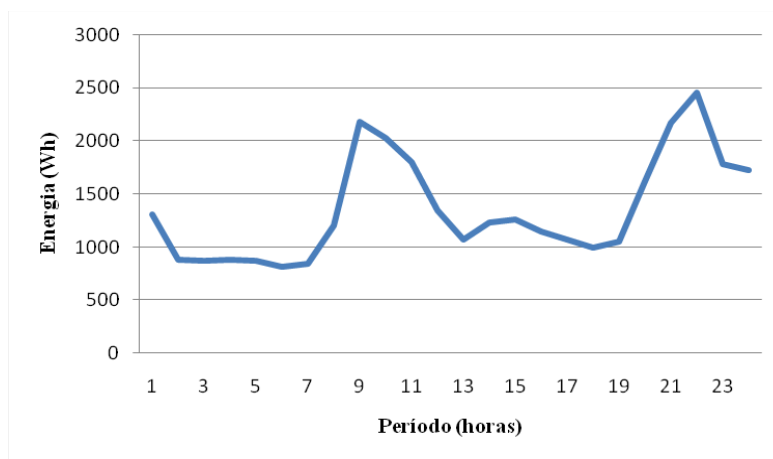


Figura 33 – Consumo médio por hora - simulação 7.

A potência contratada no tarifário PCF é definida para 6 kVA, acima do valor máximo atingido no mês analisado. Na Figura 34, são comparados os diferentes tarifários para mês em questão.

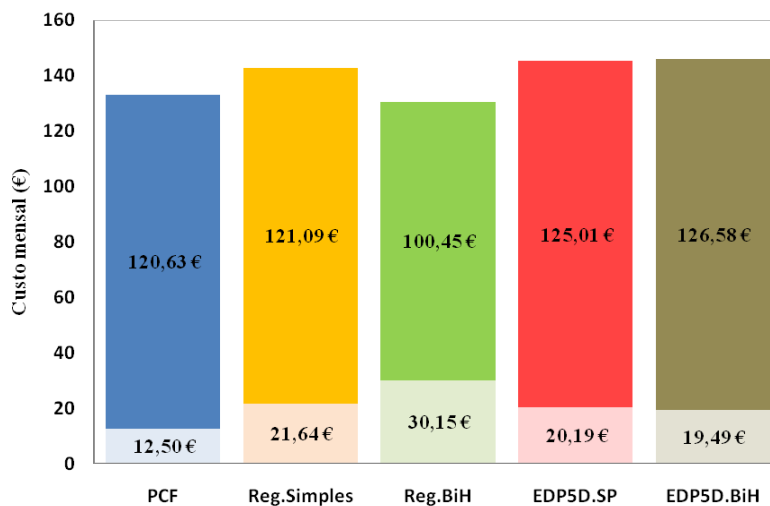


Figura 34 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€mês) – simulação 7.

O tarifário Reg.BiH é o mais acessível, embora o tarifário PCF esteja muito próximo do preço mensal a pagar por esse tarifário.

Admite-se agora que este consumidor irá os primeiros quinze dias de férias durante o mês analisado, não se encontrando ninguém na habitação nesse período. Assim, nesses dias a potência contratada no tarifário PCF, será alterada para o seu valor mínimo (1 kVA).

O consumo de energia neste mês será aproximadamente 500 kWh (50% do consumo médio mensal).

A comparação dos tarifários considerando agora o período de férias, encontra-se na Figura 35.

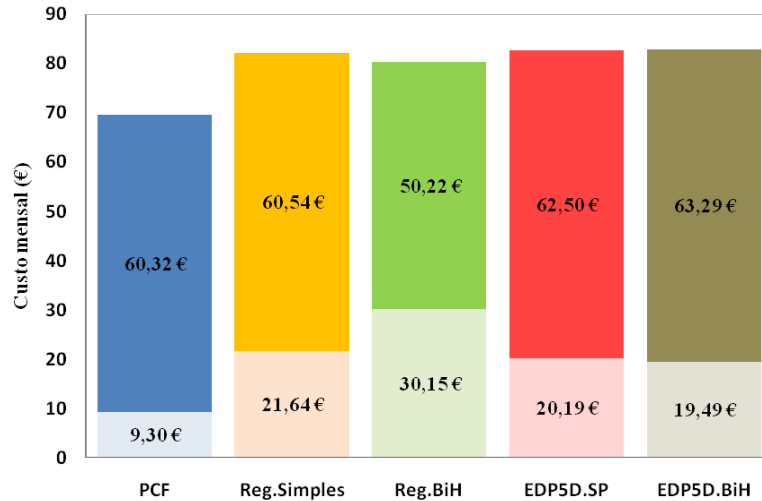


Figura 35 – Base: Potência contratada e topo: Energia (€mês) – simulação 7.

O preço a pagar pela energia, reduz a metade em todos os tarifários, mas no tarifário PCF é também reduzido o valor da potência contratada, em aproximadamente 25%. Desta forma, garante que este tarifário seja o mais acessível nestas situações.

4.7. Simulação 8 – Comparação de Tarifários

Foi considerada uma amostra de consumidores, para comparar, quanto ao preço total mensal (potência contratada e energia), o tarifário PCF com os restantes.

Na Tabela 11, estão representados os preços totais, pelos diferentes tarifários, de dez consumidores distintos, escolhidos aleatoriamente da base de dados. As simulações do tarifário PCF foram processadas da mesma forma da simulação 1 a 5.

Tabela 11 – Preços totais mensais da amostra considerada.

Consumidor	Tarifários				
	PCF	Reg.SP	Reg.BiH	EDP5D.SP	EDP5D.BiH
1	32,19 €	38,46 €	39,23 €	38,53 €	39,68 €
2	152,17 €	131,68 €	136,62 €	145,10 €	160,48 €
3	20,73 €	23,34 €	23,42 €		
4	139,02 €	154,19 €	149,17 €	155,48 €	161,00 €
5	138,00 €	136,21 €	138,81 €	138,47 €	154,16 €
6	60,28 €	66,89 €	66,16 €	67,48 €	69,31 €
7	27,01 €	33,10 €	28,31 €		
8	58,20 €	61,85 €	59,56 €	62,69 €	65,15 €
9	133,41 €	134,74 €	123,18 €	137,53 €	141,14 €
10	80,00 €	85,59 €	88,64 €	85,91 €	92,26 €

Os consumidores 3 e 7 possuem de potência contratada 3,45 kVA e por esse motivo, não têm acesso aos tarifários EDP5D.

A diferença entre o tarifário PCF e o tarifário mais acessível dos restantes pode-se verificar na Tabela 12.

Tabela 12 – Diferença de preços mensais.

Consumidor	PCF
1	-6,27 €
2	20,49 €
3	-2,61 €
4	-10,15 €
5	1,79 €
6	-5,88 €
7	-1,30 €
8	-1,36 €
9	10,23 €
10	-5,59 €
Total	-0,65 €

Na amostra considerada, a diferença total foi mínima, mas a alocação de custos de electricidade é mais diferenciada. Esses custos são atribuídos de forma mais evidente aos consumidores que consomem mais energia e utilizam mais intensivamente a rede de transporte e distribuição.

4.8. Conclusões

O tarifário PCF oferece maior flexibilidade a consumidores menos intensivos de energia eléctrica e com escalões de potência contratada mais baixos, o que é algo que os tarifários disponíveis para este tipo de consumidores, não oferecem. Este facto deve-se a uma parcela relevante do preço da factura referente à potência contratada. Quanto menor é o factor de utilização da potência contratada, maior é a relação entre esta e a energia.

O consumidor industrial, analisado na simulação 5, é um bom exemplo de como é possível reduzir os custos de electricidade, com a redução da potência contratada em períodos que o cliente tem conhecimento de que não vai precisar do valor de potência máximo.

A metodologia apresentada promove ainda a utilização mais eficiente da energia eléctrica, porque a alteração do preço da factura de electricidade é mais sensível à redução e optimização do consumo de energia, como foi verificado na simulação 6.

Os comercializadores de electricidade conseguem recuperar os custos de utilização da rede de transporte e distribuição, através do tarifário PCF. A diferença é que esses custos são atribuídos de forma mais relevante aos consumidores de electricidade mais intensivos, enquanto os restantes consumidores contribuem com menor valor em comparação com as tarifas reguladas ou tarifas EDP5D.

Capítulo 5

Conclusão e Trabalhos Futuros

A metodologia apresentada enquadra-se na situação actual do país, em que se pretende reduzir o consumo de energia eléctrica e aumentar a eficiência energética. A possibilidade de redução da potência contratada com proveitos para o consumidor permite a redução da factura eléctrica, e condiciona-o voluntariamente quanto à forma como é consumida a electricidade. A metodologia expressa no tarifário PCF ajuda à extinção de picos de consumo, contribuindo para um diagrama de consumo mais nivelado. Trata-se, assim, de uma medida DR, baseada na comercialização de energia.

Os tarifários existentes em Portugal não permitem flexibilidade para os consumidores pouco intensivos. Para estes, que só dispõem das tarifas reguladas, a parcela fixa a pagar pelo uso de electricidade é relevante. Por esse motivo, verifica-se que diferenças consideráveis de consumo em períodos de facturação não são traduzidas nos preços finais das facturas que reduzem muito essa diferença. Tal facto não sensibiliza o consumidor ao não desperdício da energia eléctrica. A troca de carga das horas de ponta e cheias para as horas de vazio, através da tarifa bi-horária, também não é premiada para estes consumidores, devido ao valor considerável para a tarifa de potência contratada. O tarifário PCF permite traduzir melhor, no preço da factura, a redução de consumo ou o aumento da percentagem no período de vazio do consumo total. Este tarifário permite obter essas diferenças mesmo em consumidores pouco intensivos.

A utilização desta metodologia é indicada para alguns casos, nomeadamente instalações que apresentam consumo distinto para períodos, dias ou meses. Entre esses casos realçam-se: as escolas, onde o consumo de energia eléctrica é menor no período das férias escolares; as pequenas indústrias que tipicamente não apresentam consumo durante o período nocturno, domingos e feriados; as habitações que são ocupadas por períodos de tempo reduzidos (por exemplo fins-de-semana, férias...). Os consumidores nestas situações têm conhecimento de quando não necessitam de potência e podem reduzir a potência contratada nesses períodos. Assim, o cliente paga a electricidade quando realmente a utiliza. Em certas situações, o consumidor requisita um valor de potência contratada elevado devido a aparelhos eléctricos que necessitem de maior potência para o seu funcionamento. Porém, a utilização desses aparelhos pode ser de forma pontual, o que conduz, em períodos de não utilização dos mesmos, ao sobredimensionamento da potência contratada. Nestes casos, a metodologia proposta, por permitir a alteração da potência contratada, conduz a uma redução no preço a pagar pela mesma.

A recuperação de custos, assim como as diferenças entre tarifários, verificadas nas simulações, são influenciadas pelas variáveis escolhidas no ponto 3.3, que podem tornar o método de comercialização mais, ou menos vantajoso para diferentes situações.

Para tornar o valor da factura totalmente flexível, sem termos fixos, o ideal seria pagar apenas uma tarifa de energia, tal como acontece nas telecomunicações, onde se pode encontrar tarifários sem parcela fixa, e os clientes só pagam se usarem a rede da operadora (para efectuar chamadas, enviar SMS,...). No caso da electricidade, a tarifa de energia deveria ser diferenciada por períodos, para traduzir os preços médios de produção e transporte nos períodos considerados. Todos os custos relativos à venda de electricidade estariam incluídos nesta tarifa que também seria diferenciada por escalões de potência. As tarifas para cada escalão de potência contratada estariam distribuídas pela tarifa de energia. Deste modo, para consumidores com diferentes potências contratadas, o preço a pagar pela energia seria diferente, sendo maior se a potência for mais elevada. Contudo, este método de comercialização falha no que diz respeito à interactividade com o cliente. Trata-se de um método que não proporciona o controlo do consumo de electricidade de forma eficiente, dada a inexistência de uma consulta dinâmica do consumo e dos custos de energia. O método proposto nesta dissertação promove esse controlo, através da possibilidade de alteração de potência para períodos e/ou dias, após a consulta do historial de consumo e potência máxima. Essa consulta tem como objectivos estabelecer uma ligação forte entre os hábitos de consumo do consumidor e o preço que este paga na factura de electricidade bem como através das leituras de potência máxima por períodos ou dias, dar indicação ao cliente se o valor da potência contratada é adequado ao seu consumo. Retomando a comercialização de electricidade apenas com a tarifa de energia, a falha desse método, poderia ser colmatada com a introdução de dispositivos, colocados ao dispor do consumidor, que permitam monitorizar o consumo e o preço de energia de forma dinâmica e simples. Alguns desses dispositivos electrónicos podem ser consultados no Anexo B.

O futuro da comercialização de energia eléctrica em Portugal poderá passar pelo aparecimento de tarifas de energia dinâmicas que, para cada hora, são actualizadas de acordo com o preço de mercado e do preço de transporte e distribuição. Este método já é utilizado em alguns países pelos distribuidores e comercializadores de energia. A utilização de dispositivos electrónicos, para monitorização de consumos, é de elevada importância para este tipo de tarifas.

Como trabalho futuro, é proposto o estudo de um novo método de comercialização de energia eléctrica para consumidores de baixa tensão, baseado em prémios atribuídos pelo comercializador. Este daria sinais, de forma dinâmica, ao cliente para alterar o consumo, através de uma comunicação baseada em sistemas de telecontagem e de dispositivos electrónicos de monitorização de consumos e de tarifas de energia. Se o consumidor responder de forma positiva a esses sinais é premiado.

O impacto da instalação de *displays*, para monitorizar dinamicamente o consumo de electricidade em habitações domésticas, pode ser um tema a considerar para estudos futuros e seguiria o tema desta dissertação, embora aquele mais direccionado para a comunicação entre comercializador e consumidor.

A elevada penetração de sistemas de microprodução conduzirá à criação de sistemas de monitorização mais completos, em que seja possível analisar simultaneamente o consumo e produção de energia eléctrica. Consequentemente, poderão ser desenvolvidas metodologias de comercialização de energia que permitam ao consumidor negociar a compra e venda da mesma. O desenvolvimento dessas metodologias representa também uma oportunidade para trabalho futuro.

Todas as propostas apresentadas têm como objectivo o aumento da eficiência energética no consumo.

Referências

- [1] Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, "DIRECTIVA 2006/32/CE," 5 de Abril de 2006.
- [2] Presidência de Conselho de Ministros, "Diário da República, 1.^a série — N.º 97," 20 de Maio de 2008.
- [3] ERSE, "Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Eléctrica para 2008," Novembro de 2007.
- [4] ERSE, "RELATÓRIO MERCADO LIBERALIZADO EM PORTUGAL UM ANO APÓS 4 DE SETEMBRO DE 2006," in *Balanço e Prospectiva*, Setembro de 2007.
- [5] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos: disponível em: <http://www.erse.pt/vpt/atendimentoonline/simuladorFlash/>, acedido em Março de 2008.
- [6] ERSE, "Comunicado Imprensa - ERSE Disponibiliza Simulador de Potência a Contratar," 29 de Maio de 2007.
- [7] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, "Despacho n.º29287/2007," 21 de Dezembro de 2007.
- [8] Decreto lei 169-A/05, 2005.
- [9] F.C. Schweppe, R.D. Tabors, J. J.L. Kirtley, H. Outhred, F.H. Pickel, and A.J. Cox, "IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, PAS-99, No. 3," Maio/Junho de 1980.
- [10] J.W. Black and R.C. Larson, "Strategies to Overcome Network Congestion in Infrastructure Systems," 2007.
- [11] C. Aubin, F. Denis, H. Emmanuel, and I. Marc, "Real-Time Pricing of Electricity for Residential Customers," 1995.
- [12] K. Donnelly and D. Livengood, "Achieving Energy Efficiency through Behavioral Economics and Energy Box Technology Implementation," 22 de Janeiro de 2008.

- [13] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, "Electricidade: Tarifas e Preços," disponível em <http://www.erse.pt/vpt/entrada/electricidade/tarifaseprecos/>, acessado em Março de 2008.
- [14] EDP, "Informação diversa."
- [15] The Treasury, "Electricity Demand-side Management," Outubro de 2005.
- [16] International Institute for Energy Conservation, "DEMAND SIDE MANAGEMENT BEST PRACTICES GUIDEBOOK," Julho de 2006.
- [17] M. Cláudio, "Gestão de consumos - DSM e Telecontagem".
- [18] João de Jesus Ferreira, "DEMAND-SIDE MANAGEMENT," Janeiro de 1994.
- [19] Naoya Motegi, Mary Ann Piette, David S. Watson, Sila Kiliccote, and Peng Xu, "**Introduction to Commercial Building Control Strategies and Techniques for Demand Response**," Maio de 2007.
- [20] U.S. Department of Energy, "Benefits of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving Them," Fevereiro de 2006.
- [21] T. Kenneth, "Discrete Choice Methods with Simulation," 2003.
- [22] ERSE, "Proposta de Tarifa Tri-Horária," Junho de 2008.
- [23] R. Schuler, S. William, Z. Ray, and O. Shmuel, "Structuring Electricity Markets Demand Responsiveness: Experiments on Efficiency and Operational Consequences," Outubro de 2004.
- [24] D. Parker, David Hoak, Alan Meier, and R. Brown, "How Much Energy Are We Using? Potential of Residential Energy Demand Feedback Devices," Agosto de 2006.
- [25] ERSE, "Despacho n.º 23 279 - H / 2003," Novembro de 2003.
- [26] M. Moreira da Silva, "ISKRA - Soluções de telecontagem, Revista "O Electricista", " 2007.
- [27] M. S. Martinez, "Residential Demand Response Technologies: A Consumer's Guide," Julho de 2006.
- [28] MIBEL, "Preços de Mercado Diário por hora," disponível em <http://www.omel.com/>, Julho a Novembro de 2007.

- [29] ISKRA - Contadores de Energia: disponível em <http://www.iskraemeco.si/> clicar: *Products*; acedido em Março de 2008.
- [30] Energy Joule: disponível em <http://www.ambientdevices.com/> clicar: *Products, Energy Joule, Details*. <http://www.consumerpowerline.com/homejoule/>; acedido em Abril de 2008.
- [31] Energy Orb: disponível em <http://www.ambientdevices.com/> clicar: *Products, Ambient Orb, Details*. <http://www.pge.com/> clicar: *My Business, Energy Savings Rebates, Demand Response Programs, Energy Orbs*; acedido em Março de 2008.
- [32] Cent-a-Meter: disponível em <http://www.centameter.com.au/> clicar: *Features*, acedido em Abril de 2008.
- [33] PowerCost Monitor: disponível em <http://www.bluelineinnovations.com/>, acedido em Maio de 2008.
- [34] Energy Detective: disponível em <http://www.theenergydetective.com/>, acedido em Abril de 2008.
- [35] Wattson: disponível em <http://www.diykyoto.com/>, acedido em Maio de 2008.
- [36] Kill a Watt: disponível em <http://www.p3international.com/>, clicar: *Products, P4400 - Kill a Watt (Home Electronics)* acedido em Abril de 2008.
- [37] Nabaztag: disponível em <http://www.nabaztag.com/>, acedido em Junho de 2008.

ANEXOS

Anexo A

Especificações de um contador utilizado num sistema de telecontagem[29]

ISKRAEMECO  Energy Measurement and Management

ME372

Single-phase meter with GSM/GPRS/SMS communication for AMR and remote control

ME372 is targeted at deregulated energy markets and enables provision of an AMR and prepayment service. It is a single-phase meter intended for use in residential applications. The meter incorporates a fully integrated GSM/GPRS modem that can be exchanged with integrated RS485 communication interface for block installations. It is a perfect combination of well-proven metering technology and state-of-the-art GSM/GPRS modem, all integrated and sealed in a single enclosure. The integrated solution attains the same high quality and reliability of Iskraemeco meters. The meter is approved according to IEC 62052-11, IEC 62053-21, ISO 9001, and designed according to even higher internal Iskraemeco standards, based on 60 years of experience of meter manufacturing and more than 55 million meters installed worldwide.





kWh	kvarh	Active energy Reactive energy (option)
		Single or double direction
T(4)		Multirate registration
		Real-time clock synchronised by comm.
		Single phase
		Load profile
		Log-book
		Communication protocol
GSM		AMR communication: GSM/GPRS/SMS

- Fully Integrated AMR communication – GSM/GPRS/SMS
- AMR on demand and alarm call-backs
- 'Fit and go' – simple and fast installation procedure
- Multi-utility input for gas or water meters
- Power disconnection or limitation – integrated switching device
- DSM: local or remote load control – integrated load relay
- Indication of operational status
- Tamper detection

FUNCTIONAL AND TECHNICAL DATA

Measured and recorded quantities

Active and reactive energy in both energy flow directions – import (A+), export (A-) and absolute |A|, accuracy class 1 or 2

Maximum demand with programmable integration period (typically 5, 10, 15, 30 or 60 minutes)

Power quality parameters

- Instantaneous voltage and current
- Under/over voltages
- Voltage faults
- Daily peak and minimum voltage
- Number of short power-downs (less than 3 minutes), total time without power supply

Multirate registration

- Programmable tariff structure, up to 4 rates
- Up to 4 seasons
- Up to 4 weekly programs
- Up to 4 daily programs
- Up to 8 daily tariff changeovers

Load profile

- Two independent load profiles (LP1, LP2) up to 16 channels each
- Programmable LP period (typically 15, 30 or 60 minutes, 1 day)
- Capacity (one measurement value with a time stamp and status, period 1 hour): 144 days

Log book: up to 64 events with a time stamp

Communication

GSM/GPRS/SMS

- Fully integrated GSM/GPRS modem
- Dual-band EGSM 900/1800 MHz is supported
- High performance internal antenna is integrated into the meter

External antenna option

Available for installation in case of insufficient GSM signal. An external antenna can be connected via a special inductive coupler - no need to open a meter or a terminal cover.

SIM card exchange

A SIM card can be hot-swapped and automatically registered in a GSM network. The SIM connector is designed for high reliability contact and is positioned under the meter terminal cover.

RS485

Optionally, instead of a GSM/GPRS modem, the meter can be equipped with RS485 interface. Up to 31 meters can be connected to one communication loop at a distance up to 1200 m.

Communication protocols

Two protocols are supported:

- IEC 62056-46 (DLMS) on a GSM modem and optionally on RS485
- IEC 62056-46 (DLMS) and IEC 62056-21 (former 61107) on optical port

Metrological LED

Built-in LEDs indicate active and reactive energy flow. Blinking frequency is related to energy consumption.

Real time clock

- Accuracy according to IEC 62052-21
- Day-light saving feature
- Remote synchronization available
- Super Cap for backup power supply (up to 10 days)

LCD display

- Data can be displayed in automatic or manual scroll mode
- Programmable data set and sequence
- Data identification according to IEC 62056-61 (OBIS)

Switching device state, energy flow direction, self-diagnosis parameters as well as some communication parameters are also displayed on LCD:

- 3-state GSM signal level indicator (high, low, too low)
- Registration to the GSM network
- Communication in progress

Tamper-proof features

- The meter detects the main cover and the terminal cover opening, records it in a logbook and optionally triggers an alarm call
- Alarm call after power down

Output relay

One 6 A relay is integrated into the meter. It can be used for load control according to the internal tariff program or can be managed remotely.

Switching device

High quality 100 A switching device (10⁶ actions) is integrated into the meter. Information about the state of the switching device is available in the certain register and on the display (code red and load limitation functionality).

Multitility

The meter is equipped with an M-Bus micro master to which up to 4 gas, heat or water meters can be connected.

Alarm input

The meter is optionally equipped with two additional inputs (an external alarm device can be connected).

Call-back

The meter can perform a call and send a message to the centre:

- After installation
- If a pre-defined alarm condition exists (e.g. after Power Down/Up event)
- If a signal appears on the alarm input

Prepayment mode

The meter can be remotely switched to the prepayment mode. Information about purchased energy amount is sent to the meter remotely. The purchased energy is consumed according to the tariff program.

Terminals for current circuits

- Universal clamping type: D=8.5 mm or D=9.5 mm

Accuracy class (IEC 62052-11, IEC 62053-21)	2 or 1
Nominal current I _n	5 or 10 A
Maximum current I _{max}	85 A or 100 A
Nominal voltage U _n	230 V
(other voltages on request)	
Voltage range	0.8 U _n ... 1.15 U _n
Nominal frequency f _n	50 Hz or 60 Hz
Temperature range	-25°C ... +60°C
Extended temp. range	-40°C ... +70°C
Storage temperature	-45°C ... +80°C
Self-consumption current c.	<0.5 VA
Self-consumption voltage c.	<2 W / 10 VA
Isolation voltage	4 kV, 50 Hz, 1 min
Voltage shock	12 kV, 1.2/50 μs
Short current	30 I _{max}
EMC: burst test (IEC 61000-4-4)	6 kV
Optical port	IEC 62056-21
Switching device (100 A)	10 ⁶ actions
Dimensions	200 x 132 x 82 mm
Mass	0.8 kg

Programming

Programming of the meter as well as Firmware upgrade can be done locally (via an optical port) or remotely (via a GSM modem) in compliance with the predefined security levels.

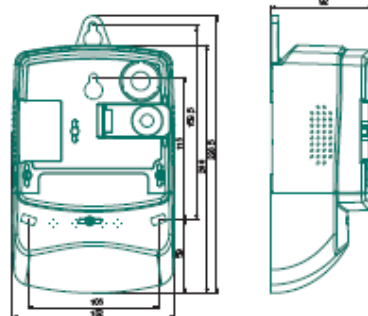
Housing

- Self-extinguishing polycarbonate
- IP 54 protection against water and dust

Available accessories

- MeterRead software for local reading and programming using HHU
- MeterView software for local or remote programming using PC
- IR optical probe (DB9 or USB)

OVERALL DIMENSIONS (mm)



Anexo B

Tecnologias para monitorizar o consumo

Energy Joule

Informa o cliente das condições climatéricas, o preço de energia e o consumo de electricidade em tempo-real. A cor do fundo do *display* permite ao consumidor uma rápida percepção do preço que está a pagar no momento pela energia eléctrica.

As comunicações são por *wireless*, o comercializador actualiza o preço da energia e o contador envia para este dispositivo o consumo em cada instante [30].



Figura 36 – Fonte ambient®.

Energy Orb

Este dispositivo recebe de 15 em 15 minutos um sinal *wireless*. Quando a capacidade de produção do sistema eléctrico é normal, o *Energy Orb* permanece com a cor azul. O sinal activa o *orb* para que este mude de cor, quando a capacidade de produção é baixa. Estes eventos podem estar relacionados com o preço de energia, no caso de tarifas dinâmicas [31].



Figura 37 – Fonte PG&E®.

Cent-a-Meter

Efectua medidas de energia eléctrica consumida e apresenta o preço da energia por hora. Possui um alarme que alerta o consumidor quando o consumo atinge um determinado valor predefinido pelo próprio cliente [32].



Figura 38 – Fonte CENT-A-METER™.

PowerCost Monitor

Dispositivo portátil que funciona com bateria, com funções semelhantes ao *Energy Joule*, mas com maior capacidade para armazenar dados [33].



Figura 39 – Fonte Blue Line Innovations.

The Energy Detective

Além de monitorizar diferentes variáveis, dispõe de alarmes de aviso ao consumidor e guarda dados históricos até 13 meses. A comunicação é efectuada através dos fios eléctricos [34].



Figura 40 – Fonte TED®.

Wattson

Este dispositivo pode transmitir informação para um computador, para consulta de dados históricos referentes ao consumo de electricidade [35].



Figura 41 – Fonte DiY Kyoto.

Kill a Watt

Verifica o consumo de electricidade de aparelhos eléctricos, quando ligados à tomada deste dispositivo [36].



Figura 42 – Fonte Kill a Watt™.

Nabaztag

Comunica através de luz, som e movimento. É programável e, por isso, pode alertar diversas situações, inclusive consumo de energia e preço de electricidade. A comunicação deste dispositivo é via *wireless* [37].



Figura 43 – Fonte EDISON®.

Power Aware Cord

Um cabo de energia que brilha e pulsa quando transmite electricidade. Quanto mais energia passar pelo cabo, mais brilhante e pulsante ficará [37].



Figura 44 – Fonte STATIC!.

Anexo C

Simulador de Potência Contratada Flexível

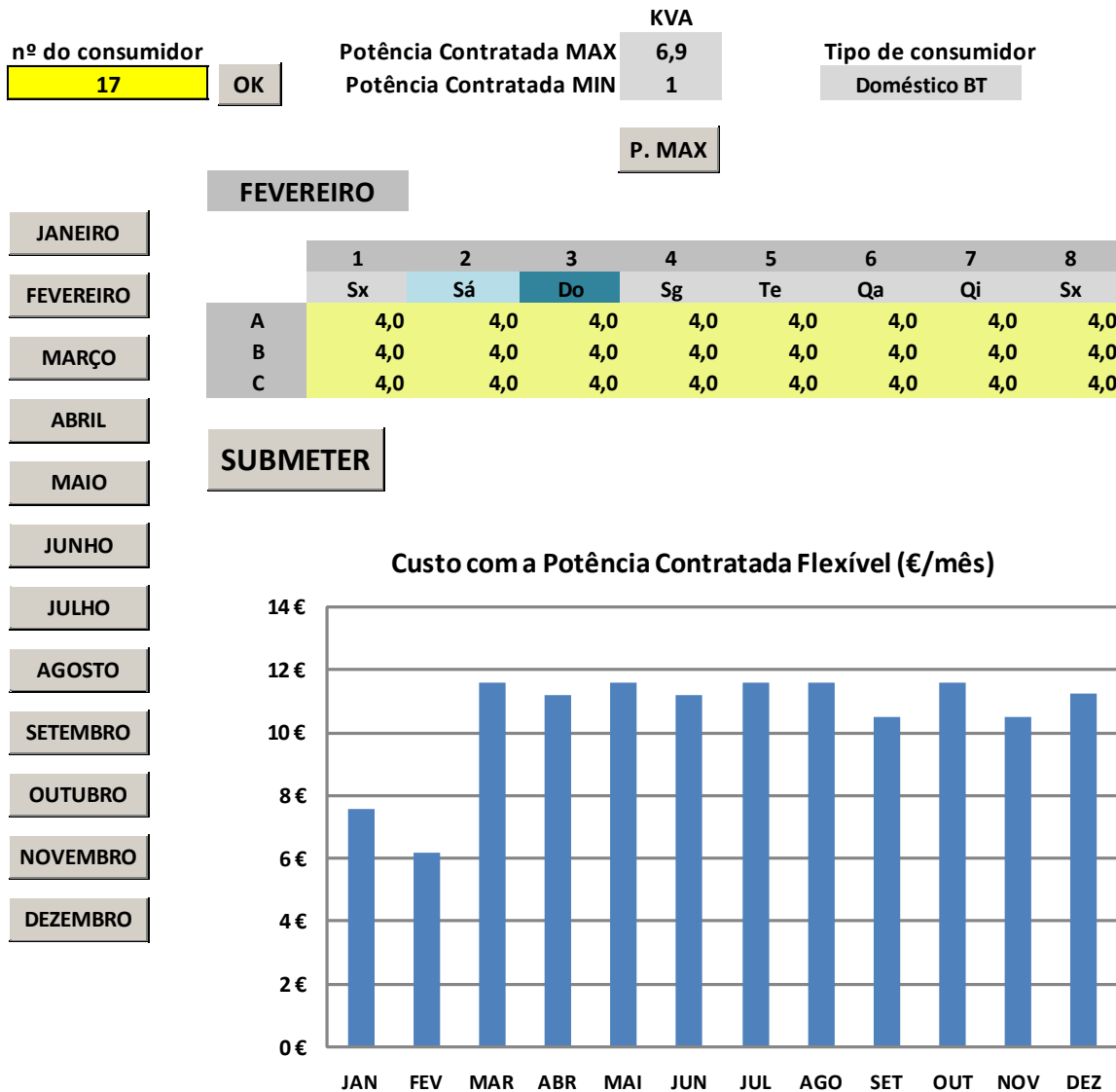


Figura 45 – Simulador de Potência Contratada Flexível (Parte 1).

Potência Máxima (kVA)										
	Sg	Te	Qa	Qi	Sx	Sá	Do	Max	MAX período	
A	2,0	1,5	2,5	2,0	2,5	1,5	2,5	2,5		
B	2,5	1,0	2,0	4,0	1,5	2,5	2,5	4,0		
C	1,5	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0		
Max	2,5	1,5	2,5	4,0	2,5	2,5	2,5	4,0	MAX	
MAX dia da semana					MAX dia da semana p/ período					
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Sá	Do	Sg	Te	Qa	Qi	Sx	Sá	Do	Sg	Te
4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

POTÊNCIA

ENERGIA

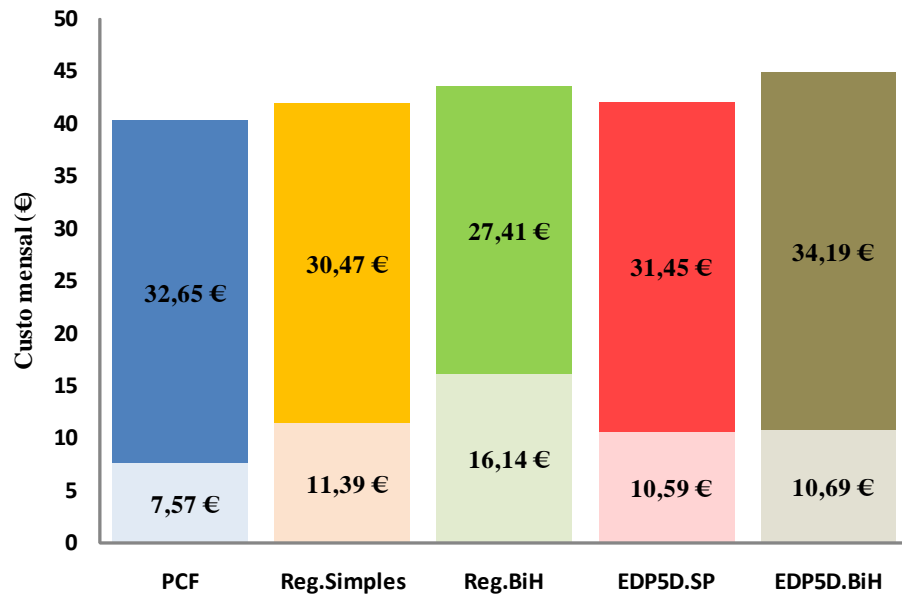


Figura 46 – Simulador de Potência Contratada Flexível (Parte 2).

20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Qa	Qi	Sx	Sá	Do	Sg	Te	Qa	Qi	Sx
4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

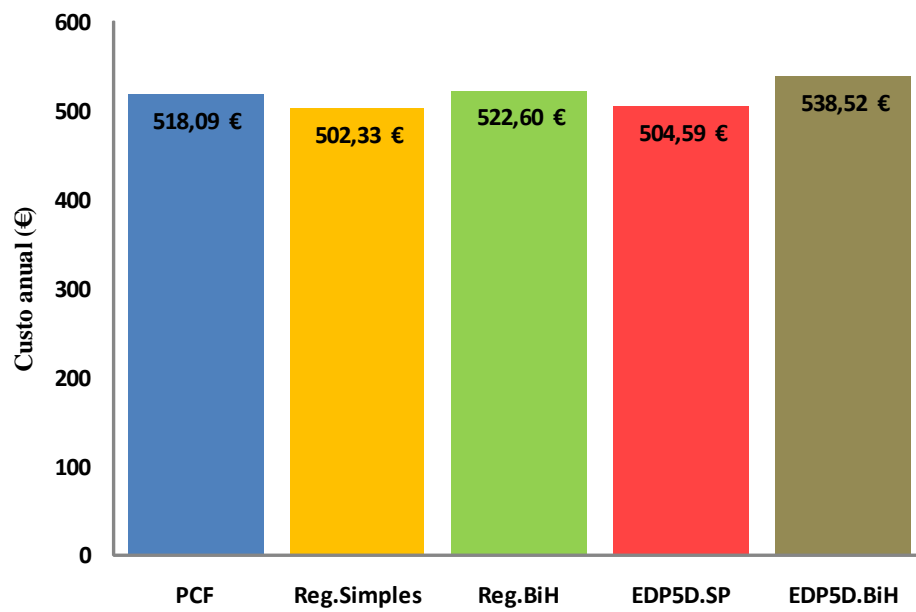


Figura 47 – Simulador de Potência Contratada Flexível (Parte 3).