

# **Instituto Superior de Engenharia do Porto**

Departamento de Engenharia Electrotécnica Sistemas Eléctricos de Energia

## **Estratégias de oferta em leilões simétricos no âmbito dos mercados liberalizados de electricidade.**

Ana Catarina Silva Ribeiro

Licenciada em Engenharia Electrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia

Pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de mestre em  
Engenharia Electrotécnica Sistemas Eléctricos de Energia

Dissertação realizada sob a orientação da

Professora Doutora Zita Maria Almeida do Vale  
do Instituto Superior de Engenharia do Porto

e co-orientação da

Professora Doutora Maria Judite Madureira da Silva Ferreira  
do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Porto Outubro 2010

<< Marília e Rodrigo >>

Ana Ribeiro

## **Agradecimentos**

Gostaria de começar por agradecer à Professora Doutora Zita Maria Almeida do Vale pela disponibilidade e cortesia dispensadas à orientação deste trabalho, e à Professora Doutora Maria Judite Madureira da Silva Ferreira que incansavelmente se empenhou na respectiva co-orientação.

Gostaria de agradecer em especial a algumas pessoas que, de formas diferentes, me apoiaram durante a elaboração da dissertação.

Ao Eng.º Tiago Pinto pela sua disponibilidade e colaboração na preparação do simulador.

Ao Eng.º José Alexandre Correia Dias pela infinita generosidade e preciosas sugestões.

Ao Eng.º Mário Augusto Ferreira Ribeiro e sua família, pela constante motivação e inesgotável carinho.

Ao Pedro pelo apoio e amor demonstrado em todas as etapas.

À Marília e ao Rodrigo, as duas pessoas mais humanas e generosas que tive o orgulho e privilégio de conhecer e ter como pais, por todos os sacrifícios feitos em meu nome, por todo o amor incondicional e pela extraordinária educação que me continuam a proporcionar.

## Resumo

As mudanças ocorridas em diversos países no final dos anos 80, levaram a uma reestruturação da regulação e da organização dos mercados de energia eléctrica. Os produtores passam a vender energia e serviços directamente aos consumidores ou por intermédio de um mercado bolsista. Esta nova dimensão dos sistemas eléctricos acarreta novos desafios ao nível da coordenação entre a componente técnica e a comercial. Contudo as restrições técnicas nem sempre permitem a um agente de mercado tirar o maior proveito ao nível económico, isto acontece devido à complexa relação que existe entre os sistemas de energia e os mercados de energia, uma área ainda em desenvolvimento, onde existe pouca experiência e com pouca informação histórica. O objectivo deste trabalho consistiu em definir estratégias de oferta para os agentes participantes nos mercados de leilões simétricos de energia. São descritos aspectos económicos relacionados com a arquitectura de mercados competitivos, reconhecendo a importância da organização dos mercados e é descrita a experiência da reestruturação em mercados europeus. O trabalho inclui o desenvolvimento de metodologia no Excel que permite prever o preço de mercado, e na qual foram definidas cinco estratégias. A primeira estratégia utiliza a média ponderada de todas as quartas-feiras de Outubro de 2008, a segunda utiliza a média ponderada dos últimos 7 dias úteis, entre 20 e 28 de Outubro de 2008, a terceira utiliza o método de regressão linear considerando todos os dias úteis entre 1 a 28 de Outubro de 2008, a quarta utiliza a média ponderada de todos os dias úteis entre 1 a 28 de Outubro de 2008 e a quinta utiliza a regressão linear considerando os últimos 7 dias úteis, entre 20 e 28 de Outubro de 2008. As estratégias de previsão de preço, utilizaram como base o histórico do OMEL, assim permitiram analisar as tendências de mercado e evolução de preços em quatro momentos distintos, ao longo dos dias, com a utilização de médias e regressões que consideram um intervalo de dias seguidos; ao longo de cada dia da semana separadamente, considerando apenas o mesmo dia das semanas anteriores; mudanças rápidas de mercado, considerando apenas os dias mais recentes; comportamento do mercado a mais longo prazo, considerando intervalos de dados de vários meses. Todas as estratégias são testadas no simulador MASCEM o que permite fazer uma análise de resultados num ambiente de mercado. No final é feita ainda, recorrendo à aplicação *MatLab*, a análise do comportamento dos agentes utilizando *clusters* por dia e por período. O texto expõe as possibilidades e limitações destas estratégias e mais-valias que proporcionam.

**Palavras-Chave:** Agentes, estratégias de oferta, MASCEM, média ponderada, mercados de electricidade, regressão linear.

## Abstract

The changes in several countries in the late '80s, led to a restructuring of the organization and regulation of markets for electric power. Was abandoned the traditional vertical structure - generation, transmission and distribution - run by a monopolistic entity and new organizations, were created markets where there is a separation of business and technical activity. The producers start to sell power and services directly to consumers or through a stock market. This new dimension of electrical systems brings new challenges to the coordination between the technical and commercial. The technical constraints do not always allow a market agent to make the most economic level, this happens due to the complex relationship between energy systems and energy markets, an area still under development, where there is little experience and little historical information. So it is necessary to continue to develop efforts in the investigation of decision support tools that enable market players to optimize their offerings in order to obtain the maximum benefit. The purpose of this study was to establish supply strategies for agents participating in the symmetric auction markets of electricity. Some aspects related to the economic architecture of competitive markets, recognizing the importance of the market organization is described and the experience of restructuring in European markets. The work includes developing an Excel application that allows predicting the market price using five predefined strategies. The first uses a weighted average of all Wednesdays in October 2008, the second uses a weighted average of the last 7 days, between 20 and 28 October 2008, the third method uses linear regression considering all days working between 1-28 October 2008, the fourth uses a weighted average of every working day between 1-28 October 2008 and the fifth uses the linear regression considering the last 7 days, between 20 and 28 October 2008.

The strategies for forecasting price, used as basis, the historical of OMEL. Thus allowed us to analyze market trends and price trends in four different times over the day, with the use of means and regressions that consider a range of days in a row ; throughout each day of the week separately, considering only the same day of previous weeks, rapid changes in the market, considering only the most recent days and the market behavior over the longer term, considering data for intervals of several months. All strategies are tested in the simulator MASCEM which enables to make an analysis of results in a market environment, in the end there is still a cluster analysis using *Matlab*. The text presents the possibilities and limitations of these strategies.

Keywords: Agents, bidding strategies, electricity markets, linear regression, MASCEM, weighted average.

# Conteúdo

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	i
Abstract.....	ii
Lista de Figuras.....	vi
Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Gráficos.....	x
Lista de Abreviaturas.....	xii
1. Introdução.....	1
1.1. Estado da Arte.....	2
1.2. Descrição sumária.....	4
1.3. Estrutura da tese.....	6
2. Mercados de Energia Eléctrica.....	7
2.1. Evolução do sector eléctrico.....	7
2.2. Modelos de funcionamento dos mercados de electricidade.....	9
2.2.1. Considerações gerais.....	9
2.3. Experiências Internacionais.....	14
2.3.1. NordPool.....	14
2.3.2. MIBEL – Mercado Ibérico de Electricidade.....	15
2.3.3. Reino Unido.....	17
2.3.4. Nova Iorque.....	19
3. MASCEM.....	20
3.1. Estrutura.....	20
3.2. Mercados.....	21
3.2.1. Bolsa.....	21
3.2.2. Contratos Bilaterais.....	21
3.2.3. Mercados Híbridos.....	21

3.3.	Estratégias de ofertas .....	22
4.	Metodologia desenvolvida .....	23
4.1.	Considerações teóricas .....	23
4.1.1.	Média Ponderada.....	23
4.1.2.	Regressão Linear Simples .....	23
4.1.3.	Redes Neurais.....	26
4.1.4.	Erro Absoluto Médio.....	27
4.2.	Aspectos Gerais .....	27
5.	Testes e resultados.....	33
5.1.	Previsão de preço recorrendo à media ponderada, regressão linear e rede neuronal. ....	33
5.2.	MASCEM – 1º caso de estudo. ....	36
5.2.1.	Simulação 1 .....	36
5.2.2.	Simulação 2 .....	38
5.2.3.	Simulação 3 .....	40
5.2.4.	Simulação 4 .....	42
5.2.5.	Simulação 5 .....	43
5.2.6.	Simulação 6 .....	45
5.3.	MASCEM – 2º caso de estudo. ....	48
5.3.1.	Estratégia 1 .....	48
5.3.2.	Estratégia 2 .....	51
5.3.3.	Estratégia 3 .....	53
5.3.4.	Estratégia 4 .....	55
5.3.5.	Estratégia 5 .....	57
5.4.	MASCEM – 3º caso de estudo. ....	59
5.4.1.	Estratégia 1 (-0,5).....	59
5.4.2.	Estratégia 2 (-0,5).....	61
5.4.3.	Estratégia 3 (-0,5).....	63

5.4.4. Estratégia 4 (-0,5).....	66
5.4.5. Estratégia 5 (-0,5).....	68
5.5. Análise integrada de resultados relativos aos Caso de estudo 1, 2 e 3 .....	70
5.6. <i>Clusters</i> .....	73
5.6.1. Análise do comportamento de cada agente, por dia, com 3 <i>clusters</i> .....	73
5.6.2. Análise do comportamento de cada agente, por período .....	76
6. Conclusões .....	78
7. Referências .....	81
Anexos.....	84

## Lista de Figuras

Figura 1.1: Diagrama representativo da estrutura geral do trabalho desenvolvido.....	4
Figura 2.1: Cronologia de reestruturação do Sector Eléctrico [adaptado, Saraiva, 2002] .....	7
Figura 2.2: Funcionamento em Pool Simétrico e Assimétrico respectivamente [adaptado, Saraiva 2002].....	10
Figura 2.3: Proposta de venda estruturada em blocos [adaptado, Yucekaya A. et al, 2009]. .....	10
Figura 2.4: Fixação do preço de mercado para um período de tempo [adaptado, Mohammad S. et al, 2002].....	11
Figura 3.1: Estrutura do mercado do MASCEM [Praça I. et al., 2003].....	20
Figura 4.1: Estrutura de uma rede neuronal. ....	26
Figura 4.2: Layout da metodologia desenvolvida no Excel. ....	28
Figura 4.3: Rede neuronal usada para prever o preço de mercado para um período. ....	29
Figura 5.1: Diagrama representativo da Simulação 1, Caso de estudo 1 .....	36
Figura 5.2: Diagrama representativo da Simulação 2, Caso de estudo 1 .....	38
Figura 5.3: Diagrama representativo da Simulação 3, Caso de estudo 1 .....	40
Figura 5.4: Diagrama representativo da Simulação 4, Caso de estudo 1 .....	42
Figura 5.5: Diagrama representativo da Simulação 5, Caso de estudo 1 .....	43
Figura 5.6: Diagrama representativo da Simulação 6, Caso de estudo 1 .....	45
Figura 5.7: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 1, (Caso de estudo 2). .....	49
Figura 5.8: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 2, (Caso de estudo 2). .....	51
Figura 5.9: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 3, (Caso de estudo 2). .....	53
Figura 5.10: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 4, (Caso de estudo 2). .....	55
Figura 5.11: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 5, (Caso de estudo 2). .....	57
Figura 5.12: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 1(-0,5), (Caso de estudo 3). .....	59
Figura 5.13: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 2(-0,5), (Caso de estudo 3). .....	62

Figura 5.14: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 3(-0,5), (Caso de estudo 3). .....	64
Figura 5.15: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 4(-0,5), (Caso de estudo 3). .....	66
Figura 5.16: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 5(-0,5), (Caso de estudo 3). .....	68

## Lista de Tabelas

Tabela 5.1: Preço obtido em cada simulação efectuada no Excel, NN e preço de mercado, para cada hora do dia 29/10/2008, em €/MWh. ....	33
Tabela 5.2: Comparação dos resultados obtidos com a Estratégia 1 e a Estratégia 1(-0,5).....	61
Tabela 5.3: Comparação dos resultados obtidos com a Estratégia 2 e a Estratégia 2(-0,5).....	63
Tabela 5.4: Comparação dos resultados obtidos com a Estratégia 3 e a Estratégia 3(-0,5).....	65
Tabela 5.5: Comparação dos resultados obtidos com a Estratégia 4 e a Estratégia 4(-0,5).....	68
Tabela 5.6: Comparação dos resultados obtidos com a Estratégia 5 e a Estratégia 5(-0,5).....	70
Tabela 5.7: Comparação dos resultados obtidos nas cinco estratégias de média ponderada e regressão linear, atribuídas aos agentes nos casos de estudo 1, 2 e 3. ....	72
Tabela 5.8: Análise da distribuição dos <i>clusters</i> por período. ....	77

## Lista de Gráficos

Gráfico 5.1: Erro Médio em cada estratégia para os 24 períodos do dia. ....	35
Gráfico 5.2: Preço da energia estimado por cada agente vendedor Simulação 1.....	37
Gráfico 5.3: Quantidade, preço da energia vendida e lucro do <i>Seller2</i> e <i>Seller3</i> respectivamente, em cada período da simulação 1. ....	37
Gráfico 5.4: Preço da energia estimado por cada agente vendedor Simulação 2.....	39
Gráfico 5.5: Quantidade, preço da energia vendida e lucro do <i>Seller2</i> e <i>Seller3</i> respectivamente, em cada período da simulação 2. ....	39
Gráfico 5.6: Preço da energia estimado por cada agente vendedor simulação 3. ....	41
Gráfico 5.7: Quantidade, preço da energia vendida e lucro do <i>Seller2</i> e <i>Seller3</i> respectivamente, em cada período da simulação 3. ....	41
Gráfico 5.8: Preço da energia estimado por cada agente vendedor simulação 4. ....	42
Gráfico 5.9: Quantidade, preço da energia vendida e lucro do <i>Seller2</i> e <i>Seller3</i> respectivamente, em cada período da simulação 4. ....	43
Gráfico 5.10: Preço da energia estimado por cada agente vendedor simulação 5. ....	44
Gráfico 5.11: Quantidade, preço da energia vendida e lucro do <i>Seller2</i> e <i>Seller3</i> respectivamente, em cada período da simulação 5. ....	44
Gráfico 5.12: Preço da energia estimado por cada agente vendedor simulação 6. ....	46
Gráfico 5.13: Quantidade, preço da energia vendida e lucro do <i>Seller1</i> , <i>Seller2</i> , <i>Seller3</i> , <i>VPP1</i> e <i>VPP2</i> respectivamente, em cada período da simulação 6. ....	47
Gráfico 5.14: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os <i>Sellers</i> em cada período da simulação 1.....	50
Gráfico 5.15: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os <i>Sellers</i> , em cada período da simulação 2.....	52
Gráfico 5.16: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os <i>Sellers</i> em cada período da simulação 3.....	54
Gráfico 5.17: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os <i>Sellers</i> em cada período da simulação 4.....	56
Gráfico 5.18: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os <i>Sellers</i> em cada período da simulação 5.....	58
Gráfico 5.19: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os <i>Sellers</i> em cada período da simulação 1.....	61

Gráfico 5.20: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os <i>Sellers</i> em cada período da simulação 2.....	63
Gráfico 5.21: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os <i>Sellers</i> em cada período da simulação 3.....	65
Gráfico 5.22: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os <i>Sellers</i> em cada período da simulação 4.....	67
Gráfico 5.23: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os <i>Sellers</i> em cada período da simulação 5, [MASCEM].....	69
Gráfico 5.24: Análise da distribuição dos <i>clusters</i> para os <i>Sellers</i> 2 e 3 e os <i>Buyers</i> 4, 5 e 6. ....	75

## Lista de Abreviaturas

<b>BETTA</b>	British Electricity Trading Arrangements
<b>CAE</b>	Contratos de longa duração
<b>CNE</b>	<i>Comisión Nacional de Energía</i>
<b>CFD</b>	<i>Contracts for Differences</i> – Contratos às diferenças
<b>ERSE</b>	Entidade Reguladora do Sector Energético
<b>GECAD</b>	Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão
<b>ISO</b>	<i>Independent System Operator</i> – Operador de Sistema
<b>LA</b>	Load Aggregatos – Agregadores de cargas
<b>MC</b>	<i>Marginal cost.</i> - Preço marginal do sistema
<b>MAPE</b>	<i>Mean Absolute Percentage Error</i>
<b>MASCEM</b>	<i>Multi-agent system electricity market simulator</i>
<b>MIBEL</b>	Mercado Ibérico de Electricidade
<b>MO</b>	<i>Market Operateur</i> - Operador de Mercado
<b>NETTA</b>	<i>New Electricity Trading Arrangements</i>
<b>NN</b>	<i>Neuronal Network</i> – Rede Neuronal
<b>NYISO</b>	<i>New York Independent System Operator</i>
<b>NYPP</b>	<i>New York Power Pool</i>
<b>OFGEN</b>	<i>Office of Gas and Electricity Markets</i>
<b>OGEM</b>	Office of Gas and Electricity Markets
<b>OMEL</b>	<i>Operador del Mercado Ibérico de Energia</i>
<b>OMI</b>	Operador de Mercado Ibérico
<b>OMIP</b>	Operador de Mercado Ibérico Português
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>Pool</b>	Mercado de bolsa
<b>PPP</b>	<i>Pool Purchase Price</i>
<b>PS</b>	<i>Power Suppliers</i>
<b>REE</b>	<i>Red Eléctrica de España</i>
<b>REN</b>	Rede Eléctrica Nacional
<b>TSO</b>	<i>Transmission System Operateur</i> – Operador do Sistema de Transmissão
<b>VPP</b>	<i>Virtual Power Producers</i> – Produtores Virtuais

# 1. Introdução

A actividade de produção de energia eléctrica, bem como o seu transporte e distribuição até aos consumidores, iniciou-se no final do século XIX e desde essa altura, este sector reconheceu muitas transformações.

Numa fase inicial era formado por redes eléctricas de pequena extensão e baixa potência, à medida que as potências de carga foram crescendo, assim como o desenvolvimento tecnológico, a extensão geográfica das redes e as suas potências também evoluíram. Esta evolução permitiu-nos chegar aos grandes sistemas que constituem o sector eléctrico e que se encontram interligados, ultrapassando fronteiras culturais e geográficas.

O fornecimento de energia eléctrica desde a fase da produção, passando pelo transporte e finalmente a distribuição, começou por ser da responsabilidade dos governos. Neste contexto denominado de Clássico ou Tradicional, o sistema eléctrico é controlado na totalidade pelo estado, fazendo-se representar por uma única empresa que gere o sistema verticalmente, a todos os níveis (Produção, Transporte e Distribuição). Assim o fornecimento de energia é visto como um serviço público, onde o objectivo do controlo do sistema é otimizar os custos, garantindo-se assim os padrões mínimos exigíveis de qualidade de serviço ao mínimo custo.

Rapidamente estas entidades sentiram necessidade de delegar estas funções a diversas empresas públicas ou privadas, com o objectivo último de estabelecer mercados de energia liberalizados, assegurando assim uma maior eficiência e redução de custos para o consumidor final e para o estado, uma vez que este deixa de gerir o sector eléctrico [Praça I. et al, 2003].

No contexto actual, denominado de contexto de Mercado, aparecem várias empresas em cada nível do sistema, com excepção do transporte, que é gerido por uma única entidade, o Operador de Sistema (ISO) – *Independent System Operator*. A nível da produção passam a existir produtores independentes que devido à sua pequena dimensão, podem agrupar-se formando os Produtores Virtuais (VPP) – *Virtual Power Producers*, enquanto os consumidores podem agrupar-se e ser representados pelos Agregadores de Cargas (LA) – *Load Aggregators*.

No contexto Tradicional estas empresas caracterizavam-se por ter uma estrutura verticalmente integrada e actuavam em áreas concessionadas a cada uma delas. Assim, não havia lugar para competição e os consumidores não tinham possibilidade de escolha, sendo o preço da energia definido por processos pouco claros de regulação tarifária.

No final dos anos 80, à semelhança de outros sectores fortemente regulados como as telecomunicações ou o gás, o sector eléctrico iniciou uma profunda reestruturação, com o objectivo último de criar mercados de energia liberalizados e competitivos, que ainda se encontram em

desenvolvimento e evolução [Hunt S. 2002]. A produção de energia eléctrica passou a ser um negócio competitivo onde a energia é essencialmente transaccionada em leilões, [Vale Z., 2008].

A tendência para os mercados de electricidade competitivos é generalizada e as soluções adoptadas para transformar os modelos vigentes, diferem à muitas décadas tanto nas suas causas como nos seus objectivos [Caraballo, 1999].

Os participantes destes mercados têm uma crescente necessidade de ferramentas que lhes permitam obter o melhor resultado, as restrições técnicas nem sempre permitem que um agente tire melhor proveito ao nível económico [Yucekaya A. Et al, 2009], isto acontece devido à complexa relação que existe entre os sistemas de energia e os mercados de energia, uma área ainda em desenvolvimento, onde existe pouca experiência e com pouca informação histórica. Assim é necessário continuar a desenvolver esforços na investigação de ferramentas de suporte de decisão que permitam aos agentes de mercado optimizarem as suas ofertas de forma a obterem o máximo proveito [Chrysopoulos A. et al, 2008].

Este trabalho surge no sentido de encontrar novas abordagens e estratégias de decisão para dotar os agentes de mercados com um pouco mais de inteligência e capacidade de se adaptar às circunstâncias do mercado. Ao utilizarem estratégias que lhes dêem um pouco mais de percepção de como o mercado se comporta, podem obter resultados melhores, antecipando-se ao que é esperado que aconteça. Este trabalho faz parte de numa série de trabalhos de investigação levados a cabo pelo GECAD, no sentido de explorar e desenvolver as potencialidades do simulador de mercados MASCEM (*Multi-agent system electricity market simulator*) optimizando as performances dos agentes participantes.

## **1.1. Estado da Arte**

A reestruturação do sector eléctrico teve início com a desverticalização (*unbuilding*) das empresas e a alteração das suas actividades. Com a crise petrolífera que se iniciou em 1973, o ambiente económico vivido até então sofreu uma grande alteração, causada essencialmente pelas elevadas taxas de juro que contribuíram para criar um ambiente económico volátil. Começaram a ser desenvolvidas campanhas de sensibilização da opinião pública para a necessidade de se adoptarem políticas de diversificação das fontes e de redução do consumo de energia, de forma a corrigir o comportamento insustentável vivido nos tempos de abundância e crescimento económico. Neste novo contexto são adoptadas medidas de conservação, racionalização e diversificação de fontes energéticas, que permitiram retomar os índices de crescimento do PIB, sem que para isso a intensidade energética aumentasse [Marques V., 2005].

A par deste ambiente e à semelhança de outros sectores, o sector da energia eléctrica começou a ser desregulado ou liberalizado. Este processo de reestruturação acarretou uma alteração profunda nas referências e critérios de operação e planeamento tradicionais [Handschin et al, 1999] e originou também o aparecimento de novos agentes no sector, aumentando a concorrência e conferindo um papel mais activo ao consumidor final, uma vez que este passa a ter a possibilidade de escolher a entidade fornecedora de energia.

Apesar de todas estas mudanças só no final dos anos 80 sob o governo de Margareth Thatcher, a Inglaterra e Gales, iniciaram uma verdadeira reestruturação no sector eléctrico na Europa.

Esta reestruturação consistiu principalmente na mudança de um ambiente monopolista baseado no custo, para um ambiente de competição baseado no preço [Praça I. et al, 2003].

Inicialmente a definição de preços era baseada em modelos de mínimo custo (*Thermal Unit Commitment*), a finalidade desses modelos era definir a alocação dos centros geradores e por consequência os preços da energia eléctrica. Os modelos consideravam os custos, as diversas restrições dos geradores e as restrições da rede de transmissão. Estes processos envolviam algoritmos matemáticos complexos e pouco transparentes.

As diversas mudanças ocorrem no sentido da separação do produto energia e dos serviços de geração, transporte e distribuição. Em consequência destas mudanças estruturais que atribuem ao sector uma natureza horizontal, tem-se assistido a uma progressiva descentralização dos processos de decisão e uma redistribuição das responsabilidades dos diferentes agentes de mercado, [Liu et al, 2000]. Assim a produção é entendida como um negócio competitivo onde na maioria dos casos a energia passa a ser comercializada em bolsas de energia. Neste contexto o consumidor passa a desempenhar um papel fundamental, tornando-se mais importante do que nunca a análise do perfil de carga dos consumidores e a sua classificação, [Figueiredo V. et al, 2005].

Contudo esta nova dimensão dos sistemas eléctricos acarreta grandes desafios, uma das grandes dificuldades reside na coordenação entre a parte técnica e a parte económica. A operação dos mercados de energia tem que considerar as restrições físicas dos sistemas que obedecem às leis do electromagnetismo e às regras de mercado que estão relacionadas com questões económicas e financeiras. As restrições técnicas nem sempre permitem o melhor despenho ao nível económico, isto acontece sobretudo devido a dois factores, a pouca experiencia na operação de mercados e a falta de histórico uma vez que é uma área relativamente recente, e também devido à complexa relação que existe entre os sistemas de energia e os mercados de energia, [Oliveira P. et al, 2009]. É necessário um vasto e sólido histórico sobre o comportamento dos sistemas eléctricos e sobre a operação dos mercados, só assim se pode compreender o impacto dos sistemas eléctricos na dinâmica dos mercados e vice-versa, [Rothwell G. et al, 2003]. Por isso têm sido feitos alguns

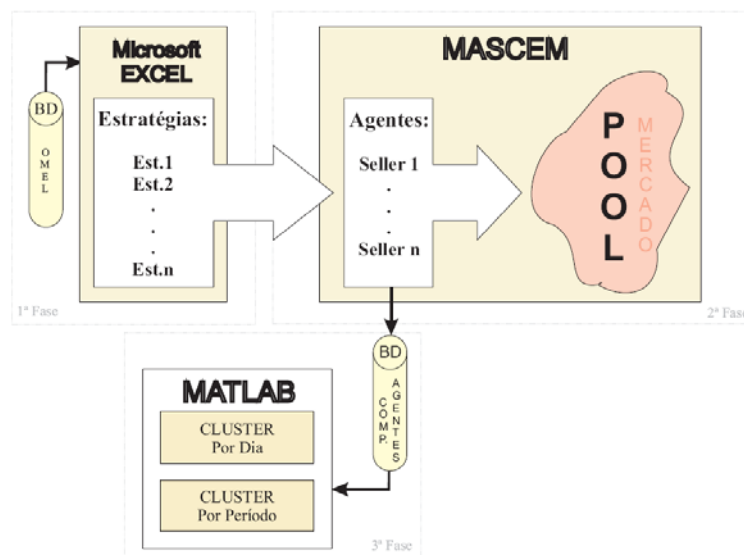
esforços ao nível da investigação de forma a ser possível compreender melhor esta área, ao nível dos ambientes competitivos como é o ambiente em que se desenvolve este trabalho. É fundamental que os agentes tenham ferramentas de decisão eficazes e que lhe permitam fazer a melhor oferta. Nesse sentido tem-se verificado grandes avanços ao nível da investigação sobre modelação e optimização no que respeita a agentes, estratégias de oferta e ferramentas de decisão [Azevedo F. et al, 2007].

A comercialização passou a representar uma área de interesse comum para as empresas uma vez que o valor dos seus produtos depende da negociação envolvida na compra e venda de energia. O mecanismo de leilão insere-se neste contexto como a forma de negociação entre agentes, assim torna-se evidente que a definição de estratégias de oferta que sejam eficazes, é fundamental e proporciona grandes benefícios ou grandes perdas para empresas participantes no mercado [Wilson, R. 1992].

O método de leilão tem sido o mais utilizados nas transacções efectuadas, a Teoria dos Leilões tem sido fundamental, pois permitiu entender outros métodos de formação de preço, na sua maioria com preços fixados em negociações onde o comprador e o vendedor estão envolvidos na determinação do preço [Klemperer, P., 1990].

## 1.2. Descrição sumária

O trabalho desenvolvido teve três momentos distintos representados no diagrama que se segue:



**Figura 1.1: Diagrama representativo da estrutura geral do trabalho desenvolvido.**

Ao analisar a Figura 1.1 verifica-se que numa primeira fase se recorre a uma base de dados (BD OMEL) construída com os valores do preço de mercado verificados em transacções reais ocorridas

no mercado OMEL desde terça-feira dia 1 de Janeiro de 2002 até terça-feira 14 de Julho de 2009. Essa base de dados é utilizada no Excel onde foi desenvolvido um método que permite prever o preço de mercado para quarta-feira 29 de Outubro de 2008, recorrendo a dois métodos um de média ponderada e outro de regressão linear. Estes dois métodos permitiram a partir da base de dados, definir cinco estratégias de oferta diferentes dependendo dos parâmetros a considerar. As cinco estratégias definidas são:

- As estratégias baseadas na média ponderada dos preços de mercado do histórico do OMEL:
  - ✓ Est.1- média ponderada de todas as quartas-feiras do mês de Outubro de 2008;
  - ✓ Est.2 - média ponderada de todos os dias úteis da semana anterior;
  - ✓ Est.4- média ponderada considerando os preços verificados em todos períodos dos dias úteis de 1 a 28 do mês de Outubro de 2008.
- As estratégias baseadas na regressão linear, considerando os preços de mercado do histórico do OMEL:
  - ✓ Est.3- considera os preços verificados nos dias úteis no mês de Outubro;
  - ✓ Est.5- considera os preços verificados nos dias úteis da semana anterior.

De forma a ser possível comparar o desempenho das estratégias anteriores, foi definida uma estratégia recorrendo a uma rede neuronal simples utilizada no trabalho do GECAD.

Estratégia baseada numa rede neuronal:

- Est.NN 1 a 5 - resultado obtido através duma rede neuronal com uma camada de *inputs* com 8 unidades, considerando os preços e potências do mesmo período do dia anterior e considerando os dias da semana das últimas 3 semanas. Também contém uma camada intermédia de 4 unidades e um *output* de uma unidade, que será o preço de mercado previsto para o período em questão.

Numa segunda fase do trabalho as estratégias referidas vão ser testadas no MASCEM, sendo atribuídas aos diferentes agentes que negociam Pool (Mercado) para serem analisados os resultados que proporcionam aos diferentes agentes. Esta fase do trabalho divide-se em três casos de estudo distintos, que vão ser descritos mais à frente, dependendo dos agentes a que são atribuídas cada uma das estratégias.

Numa terceira fase foi criada uma segunda base de dados (BD Comp.Agentes), contendo informação sobre o valor das ofertas de cinco agentes durante o mês de Setembro e Outubro de 2008. Esta previsão foi feita para as estratégias definidas inicialmente no cenário de simulação e

que já foram implementadas num outro trabalho do Gecad. Também estas estratégias a que vou chamar gerais, utilizam como base de dados as transacções reais ocorridas no OMEL e neste trabalho também foi feita a previsão para a quarta-feira 29 de Outubro de 2008, por isso também as novas cinco estratégias são previstas para esse dia, para assim ser possível obter resultados comparáveis.

Esta base de dados é criada para ser utilizada pelo *MatLab* na definição de *clusters*, o que se pretende com estes *clusters* é obter uma ferramenta de decisão para um agente participante no mercado, que lhe dá informações sobre o tipo de estratégia que os seus concorrentes utilizam em determinado momento. A análise do comportamento dos agentes vai ser feita por dia e por período.

### **1.3. Estrutura da tese**

Para atingir os objectivos referidos anteriormente esta dissertação foi estruturada em 7 capítulos, sendo o capítulo 7 as referências bibliográficas.

No capítulo 1 é feita uma breve introdução onde se refere os aspectos mais importantes da evolução do sector eléctrico, assim como é feita uma breve descrição sobre a estrutura deste trabalho.

No capítulo 2 é feita uma abordagem aos mercados de energia eléctrica, a sua evolução, os seus modelos de funcionamento e as experiências internacionais como o NordPool, o MIBEL, o mercado do Reino Unido e de Nova Iorque.

No capítulo 3 é descrita a estrutura do simulador MASCEM referindo os seus mercados, contratos bilaterais e estratégias de oferta.

No capítulo 4 são apresentadas as estratégias desenvolvidas, a análise de *clusters* e respectivas considerações teóricas.

No capítulo 5 é feita a análise de resultados.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## 2. Mercados de Energia Eléctrica

Neste capítulo é feita uma introdução sobre a evolução do sector eléctrico, abordando os mercados de energia eléctrica e sua evolução, os seus modelos de funcionamento e experiências internacionais como o NordPool, o MIBEL, o mercado do Reino Unido e de Nova Iorque.

### 2.1. Evolução do sector eléctrico

As reservas mundiais de petróleo e carvão permitiram um rápido crescimento do sector eléctrico desde o final do século XIX. Este veio atingir o seu auge no início da década de 70 com a ajuda de um aumento estável da carga anual, facilidade na previsão de cargas e com o custo regular das infra-estruturas.

Em 1973 dá-se o primeiro choque petrolífero, aliado a um conjunto de factores determinantes como o aumento das preocupações ambientais, aumento das taxas de juro, liberalização do comércio internacional e o aumento do interesse por parte de investidores privados em entrar no sector eléctrico.

Em 1978 foi criada nos EUA a figura do produtor independente e a obrigação das empresas concessionárias monopolistas, em adquirir a energia por eles produzida.

A reestruturação mais profunda do sector só teve início mais tarde, em 1992 com a publicação do *Energy Policy Act*, [Saraiva, 2002].

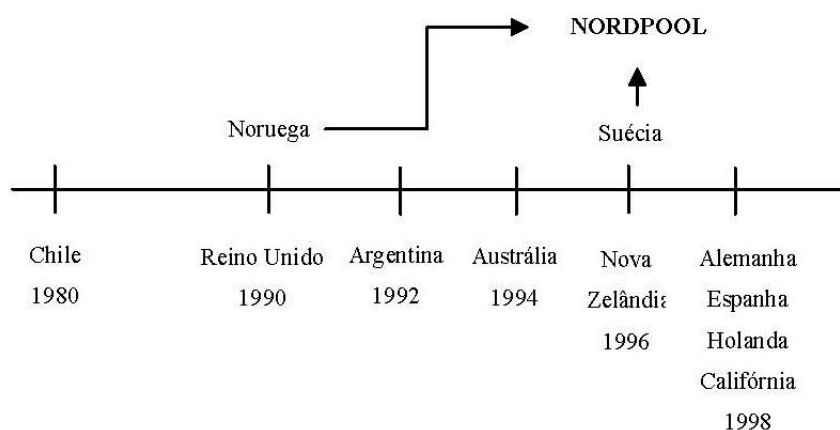


Figura 2.1: Cronologia de reestruturação do Sector Eléctrico [adaptado, Saraiva, 2002]

Na Europa o movimento de liberalização teve início na Grã-Bretanha com a obrigação legal de aquisição da energia produzida pelos produtores independentes em 1983. Em 1990 deu-se a privatização das empresas eléctricas e a criação de um mercado grossista obrigatório.

Em 1996 constituiu-se o mercado *NordPool*, este integrava os países escandinavos, Noruega e Suécia, expandindo-se mais tarde à Finlândia e Dinamarca [Huneault M. et al, 1999].

Em Espanha mantêm-se, desde a entrada em vigor da Directiva 96/92 a partir de Fevereiro de 1997 **[Directiva 96/92]**, a lei que permitiu a reestruturação do sector, nomeadamente ao nível da criação de uma mercado grossista, redução da intervenção estatal, diferenciação entre actividades reguladas (transporte, distribuição e operação) e não reguladas (produção e comercialização), a liberdade de escolha dos consumidores e o livre acesso de terceiros às redes.

Em Portugal à semelhança de outros países, com a Directiva 96/92 foram adoptadas as medidas necessárias para assegurar a abertura do mercado eléctrico nacional, nomeadamente a publicação dos critérios de definição dos clientes elegíveis, que possuem condições para escolher livremente o seu fornecedor. A legislação anterior a 1996 necessitou de revisão resultado a Directiva 56/97, que obrigou a mudanças no modelo de privatização da EDP, este processo conferiu maior transparência ao sistema e representou uma importante mais-valia do ponto de vista do consumidor. O processo de desintegração vertical da EDP (Energias de Portugal) deu origem, de acordo com o Decreto de Lei nº 131/94, à criação da REN (Rede Eléctrica Nacional S.A.). Estando o funcionamento do sector eléctrico assente nas redes de transporte, a sua liberalização pressupõe a existência de entidades reguladoras independentes, para isso foi criada a ERSE (Entidade Reguladora do Sector Eléctrico) com o seguinte objectivo: *“actuando com inteira independência, garantir o clima de confiança necessário ao normal funcionamento e ao desenvolvimento do sector, assegurando o equilíbrio justo e razoável entre os interesses dos consumidores, das empresas eléctricas e interesse público.”*

Além de nem sempre estas entidades se mostrarem tão independentes umas das outras e com processos mais transparentes como se esperaria à partida, estes modelos tornam ainda o planeamento, previsão de cargas e operação do sistema cada vez mais complexo, sendo necessário introduzir novos conceitos e novos agentes de mercado.

Os mercados de energia competitivos procuram concretizar uma ideia essencial que consiste na separação do produto electricidade dos serviços necessários para a fornecer. Esta ideia altera completamente a forma como se transacciona a energia eléctrica. Assim a transacção de electricidade implica uma infra-estrutura virtual e complexa, consistindo em novos sistemas de gestão e de informação [Flechner, 1998].

O mercado apresenta-se com duas dimensões, a real que considera as restrições e limitações físicas dos sistemas de energia e a virtual, que considera o lado das transacções e comercialização da electricidade.

## 2.2. Modelos de funcionamento dos mercados de electricidade

De forma a ser possível compreender melhor os conceitos associados a estes novos mercados segue-se uma análise mais pormenorizada do seu funcionamento.

### 2.2.1. Considerações gerais

As transacções efectuadas nos mercados de electricidade, são contratadas algum tempo antes da entrega física, este intervalo de tempo pode ser de um dia, uma hora ou de alguns minutos, tendo em conta o consumo previsto. Como existem desequilíbrios entre as potências produzidas, consumidas e contratadas, há necessidade de corrigir estas discrepâncias mediante procedimentos que podem ou não ser competitivos.

O mercado de bolsa de electricidade (*Pool*) é a melhor aproximação a um verdadeiro mercado *spot*. As bolsas podem ser classificadas mediante vários factores:

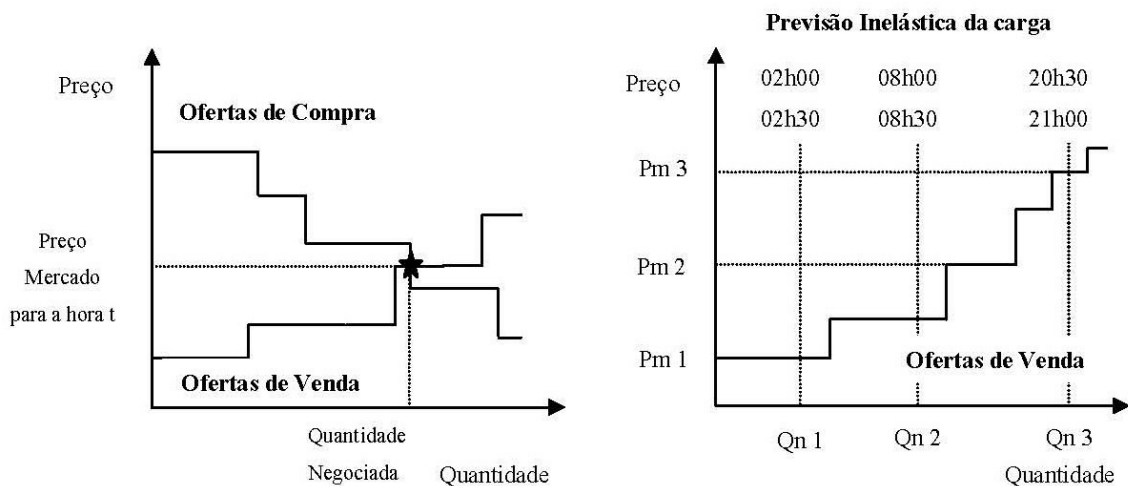
- Quanto à participação de diversos agentes como obrigatórias ou voluntárias;
- Aceitação ou não de ofertas por parte dos compradores;
- Tipo de ofertas, simples ou complexas;
- Fixação de preços *ex-ante* ou *ex-post*;
- Utilização ou não de despacho integrado.

Nos mercados de electricidade onde a participação é obrigatória, é fundamental apresentar propostas de compra/venda de energia por parte de produtores, comercializadores e consumidores elegíveis [Huneault M. et al, 1999].

#### 2.2.1.1. Tipos de Mercados

A produção e o consumo são geridos na sua totalidade pelo *Pool*. Este tipo de mercado funciona em diversos países como a Inglaterra e Gales e em algumas províncias da Austrália. Nestes mercados, *NordPool* e Nova York por exemplo, a participação é voluntária, as entidades produtoras, comercializadoras e clientes elegíveis, podem apresentar as suas propostas ao *Pool* ou caso entendam podem celebrar contratos entre si. Estes contratos directos entre consumidores e produtores são designados por contratos bilaterais e podem corresponder a contratos de natureza física ou financeira.

Relativamente à aceitação de ofertas de preço por parte dos compradores através de mercado, esta verifica-se na grande maioria dos mercados, com a excepção do que ocorria no mercado Inglês e Galês onde só eram aceites as propostas dos fornecedores. Este processo de funcionamento é denominado de *Pool* Assimétrico, enquanto mercados com ofertas de todos os intervenientes são designados por *Pool* Simétrico, Figura 2.2.

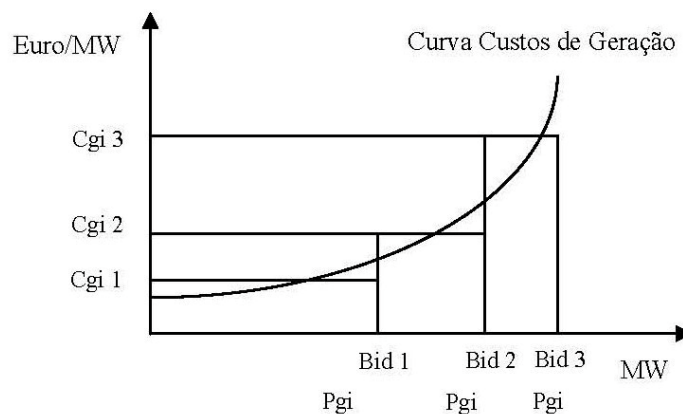


**Figura 2.2: Funcionamento em Pool Simétrico e Assimétrico respectivamente [adaptado, Saraiva 2002]**

### 2.2.1.2. Ofertas Simples e Ofertas Complexas

Existem dois tipos de ofertas, simples e complexas.

As ofertas simples consideram valores de quantidade e preço, não considerando elementos adicionais. As ofertas de venda devem basear-se em custos variáveis como a matéria-prima, operação e manutenção dos centros produtores, não incluindo custos fixos. Nestas condições as ofertas simples são apresentadas para um intervalo de tempo e são independentes das apresentadas para outros intervalos de tempo, de tal modo que o Operador de Mercado (MO - *Market Operateur*), deve realizar 24h ou 48h de despachos independentes ou seja, deve construir 24 ou 48 gráficos, dependendo se considera períodos de negociação para uma ou meia hora. As propostas devem ser apresentadas por blocos de produção de modo a acompanhar a curva de custo do gerador correspondente como representado na Figura 2.3



**Figura 2.3: Proposta de venda estruturada em blocos [adaptado, Yucekaya A. et al, 2009].**

As propostas complexas realizam-se tendo em conta os valores das potências despachadas em intervalos de tempo anteriores e posteriores ao intervalo considerado, tendo em conta por exemplo, valores mínimos e máximos de produção das centrais e a existência da taxa de tomada e diminuição da carga em centrais térmicas. Estão associadas a situações em que se conhecem os valores de taxas de tomada ou diminuição de carga em centrais térmicas, ou quaisquer outras condições que originam o acoplamento entre os despachos económicos obtidos para cada período de negociação pelo operador de mercado.

### 2.2.1.3. Fixação de preços ex-ante e pos-ante.

A regulação tarifária estabelece que os preços podem ser classificados como *ex-ante* ou *pos-ante*.

A classificação de *ex-ante* corresponde à fixação dos preços finais de venda no início do período regulatório, com base nos preços de compra, adicionados dos custos dos serviços de sistema, das perdas e sempre que aplicável de outros custos resultantes de medias de conservação de energia ou de apoio às energias renováveis.

A classificação de *pos-ante* representa os valores realmente verificados no final de um ano ou de um período de regulatório.

O *Pool* com fixação de preço *ex-ante* é utilizado em todos os mercados de electricidade existentes na Europa, cada participante apresenta uma lista de propostas com potencial compra ou venda, indicando o preço e a quantidade de energia para cada período de tempo, sendo tipicamente uma hora ou meia hora, ao longo das 24h do dia seguinte. As ofertas de compra e venda são ordenadas dando lugar em cada período, às duas curvas representadas na Figura 2.4.

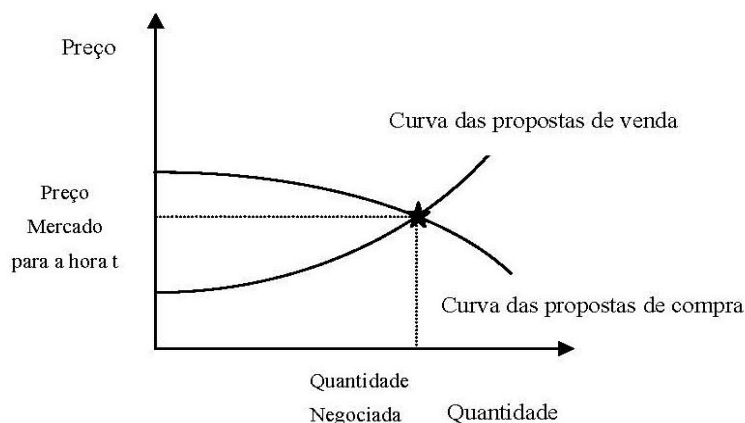


Figura 2.4: Fixação do preço de mercado para um período de tempo [adaptado, Mohammad S. et al, 2002].

A intersecção destas curvas fornece o preço de mercado, bem como a quantidade de energia negociada. O preço de mercado pago a todos os produtores corresponde ao preço do grupo gerador mais caro que foi despachado e é denominado de preço marginal do sistema (*Marginal cost*).

#### 2.2.1.4. Mercado Integrado

Despacho integrado significa que o operador de mercado otimiza o uso conjunto do sistema produtor e da rede, este despacho é utilizado na Nova Zelândia. No caso de se ignorar os constrangimentos da rede que passam a ser tratados separadamente, o despacho deixa de ser integrado.

O MO despacha a potência activa sendo necessário considerar os despachos de potência reactiva. Assim, o Operador de Sistema - ISO (*Independent System Operator*), pode solicitar aos geradores a produção de potência reactiva, de forma a permitir o controlo de tensão[Saraiva,2002].

Ao analisar a curva típica de funcionamento de um alternador, pode verificar-se que o ponto de operação de um gerador é determinado pelos valores da potência activa e reactiva. Se este ponto de funcionamento não se encontrar dentro do diagrama de capacidade do gerador, ou se houver necessidade de aumentar a potência reactiva, pode ser necessário diminuir a potência activa, o que vai originar uma diminuição da remuneração esperada pelo gerador. Esta situação pode obrigar outros geradores a compensar o valor de potência activa perdida de modo a equilibrar os valores despachados pelo MO.

#### 2.2.1.5. Contratos Bilaterais

Hoje em dia chegou-se à conclusão que as transacções de energia eléctrica não se devem limitar às bolsas de energia. Apesar de o processo ser aparentemente mais transparente, continua condicionado pelas entidades que negociam os preços a que será vendida/comprada a electricidade, pois são ainda em número limitado. Esse facto permite a utilização de poder de mercado (*Market Power*) para aumentar os preços de forma fictícia uma vez que o preço de mercado *spot* caracteriza-se por um grande grau de volatilidade, resultante de não ser possível armazenar electricidade.

Chao e Wilson (1999) definem um mercado bilateral como sendo aquele em que as transacções são contratadas directamente entre o vendedor e o comprador, com preços, termos e condições negociadas e especificadas num contrato definido entre as duas partes.

Os contratos bilaterais entre produtores e consumidores aparecem como uma alternativa no relacionamento entre a produção e o consumo, permitindo lidar com a volatilidade dos preços de mercado. Estes estabelecem-se considerando a duração, a quantidade, o preço e a qualidade de energia fornecida. Os agentes produtores devem ainda compensar as perdas e contribuir para o

controlo de tensão/potência reactiva e outros serviços auxiliares. É natural a procura pelos melhores contratos tendo os consumidores uma palavra determinante na escolha do fornecedor. O facto de existir a possibilidade de se negociar livremente a electricidade entre empresas produtoras, empresas comercializadoras e clientes elegíveis, obriga a que a operação do sistema e do mercado, seja processada por entidades separadas. Neste âmbito o ISO assume as funções técnicas de coordenação, nomeadamente o controlo técnico em tempo real, enquanto o MO organiza e gere as transacções entre os participantes. Este tipo de estrutura é utilizado na Escandinávia e na Espanha.

Os contratos bilaterais têm de ser considerados para efeito de gestão de possíveis congestionamentos no sistema, embora possam contribuir para aliviar congestionamentos.

Para além dos contratos bilaterais físicos, existem também os contratos financeiros. Estes proporcionam um seguro contra a volatilidade dos mercados, permitindo reduzir o risco de estar no mercado (*Hedge*). Os preços em mercados competitivos reagem rapidamente às alterações da oferta e da procura, originando consequências negativas sobre os participantes. São utilizados vários tipos de contratos como garantia contra os riscos intrínsecos ao mercado, estes podem ser contratos [Saraiva,2002]:

- Às diferenças – asseguram protecção contra risco de preço, os contratantes fazem acordos no sentido de fornecer e receber uma determinada quantidade de energia a um preço fixo. Se o preço de mercado for superior a esse preço estabelecido no contrato, o fornecedor paga a diferença ao cliente, se o preço for inferior o comprador compensa o fornecedor.
- De futuros – são análogos aos contratos às diferenças, com a diferença de serem padronizados e transaccionados num mercado organizado. Nestes contratos as entidades que contratam reservam a utilização de uma quantidade de energia a um determinado preço e horizonte temporal, o que se revela num risco mais elevado já que implica a utilização efectiva do recurso ao fim do prazo estabelecido. Assim podem ocorrer perdas financeiras significativas se o preço de mercado evoluir para valores muito inferiores ao estabelecido no contrato. No entanto se o preço de mercado, durante o período de contrato, for mais elevado que o acordado, os dividendos financeiros poderão ser consideráveis.
- De opções – concedem o direito mas não a obrigação de comprar ou vender energia, a um determinado preço preestabelecido, num futuro próximo. O preço tem duas componentes: a primeira equivale a um pagamento por disponibilidade a ser pago no momento da assinatura do contrato; a segunda realiza-se se enquanto a electricidade for realmente fornecida. Para o vendedor este tipo de contrato possui a vantagem de o proteger contra o facto de o comprador desistir do negócio, uma vez que a primeira parcela permite recuperar parcialmente os custos de investimento. O comprador tem a vantagem de optar pelo

fornecimento da energia eléctrica contratada no caso do preço de mercado, na data estipulada, ser mais elevado que o contratado.

Estes contratos financeiros especificam a origem do fornecimento de energia eléctrica.

Os contratos bilaterais são muitas vezes criticados pela pouca transparência dos preços. No caso de muitos utilizadores do sistema utilizarem este método de aquisição de energia, torna-se comum a manipulação dos preços de mercado sendo considerados incompatíveis com um despacho optimizado realizado de forma centralizada. Estes problemas podem ser atenuados ou mesmo eliminados se o mercado for realmente competitivo, se contar com um elevado número de participantes e se o ISO tiver poder para alterar a execução dos contratos se tal for necessário para garantir a segurança de exploração do sistema.

## **2.3. Experiências Internacionais**

Neste capítulo são analisadas em pormenor algumas experiências internacionais ao nível dos mercados de energia eléctrica.

### **2.3.1. NordPool**

Nos anos 90 a Finlândia, Suécia, Noruega e Dinamarca, desenvolveram condições para implementar um mercado de energia comum, possibilitando uma competição aberta. Estes foram os líderes na “desregulação” da organização tradicional do comércio de energia.

A satisfação do cliente passou a ser a prioridade sendo cada vez mais visível um sistema competitivo, eficiente e menos dispendioso. O *NordPool* tornou-se no primeiro mercado transaccional para o comércio de energia eléctrica, a integrar a estrutura de dois mercados físicos de electricidade, um mercado diário *Elspot*, um mercado contínuo *Elbas* e um mercado de derivados financeiros [WWW.1]. No NordPool os contratos bilaterais representam mais de 80% das transacções de mercado [Chao e Wilson, 1999].

- *Elspot*

Neste mercado a energia eléctrica é negociada diariamente, hora a hora até às 12h do dia anterior, para permitir a entrega em cada uma das 24h do dia seguinte.

Os agentes compradores/vendedores submetem as suas ofertas definindo preços e quantidades. O cálculo do preço resulta da agregação das ofertas de compra e venda de todos os participantes no mercado, através da intersecção entre a curva da oferta e da procura do mercado.

A inexistência de restrições de limite de capacidade das linhas de transmissão garante o mesmo preço em todo o sistema. Caso exista algum estrangulamento na rede, o sistema vai ser fraccionado

em seis áreas de preços diferentes, utilizados pelos TSO, Operadores do Sistema de Transmissão (*Transmission System Operateures*), para adquirir energia ou reduzir a produção de modo a eliminar o congestionamento.

- *Elbas*

Promove as trocas contínuas de energia até uma hora antes de entrega física da mesma, correspondendo assim a um mercado intradiário. Os preços *Elsport* são fixados com 24h de antecedência em relação à entrega real da energia contratada. Estas condições levam a desvios entre a produção e o consumo de energia estipulados no contrato, assim a sua entrega física é ajustada pelos participantes no mercado *Elbas*.

Neste mercado existe um operador 24h por dia, todos os dias do ano. Uma das funções do *Elbas* é administrar a capacidade de energia negociada entre diferentes áreas.

A Noruega integrou este mercado a 4 de Março de 2009 data em que este passou a ser constituído pela Finlândia, Suécia, Dinamarca, Noruega e Alemanha.

- *Contratos Financeiros*

Podem ser contratos às diferenças, contratos futuros e contratos de opções. São contratos fundamentais para minimizar os riscos associados a estar no mercado, estes riscos deve-se essencialmente as situações de congestionamento e volatilidade dos preços do mercado diário.

Numa situação de congestionamento de linhas dois participantes podem ser impedidos de negociar energia através desses ramos. Assim os participantes negociam o fornecimento de energia com o mercado e mais tarde estabelecem entre si um acordo correspondente a um contrato financeiro. A ideia deste procedimento é que a energia seja sempre fornecida. As entidades que estabelecem um contrato deste tipo, pretendem precaver-se contra elevações dos preços.

Os agentes que não tenham problemas de congestionamentos, podem celebrar contratos com outros agentes em termos de entregas físicas de energia.

O mercado nórdico desempenha um papel de referência para o mercado grossista, retalhista e para contratos financeiros. Estes devem garantir transparência e imparcialidade, assim como a liquidação de todas as transacções, permitindo a gestão de congestionamentos, promovendo a cooperação inter-europeia mediante o *market coupling* com a Alemanha e a Holanda.

### **2.3.2. MIBEL – Mercado Ibérico de Electricidade**

Em Novembro de 2003 é assinado um memorando de entendimento entre Portugal e Espanha, de onde decorre o Mercado Ibérico de Electricidade. Este começou com o funcionamento do mercado a prazo e teve o seu início em Julho de 2006, tornando-se no segundo mercado europeu transaccional.

O OMI, Operador de Mercado Ibérico, está dividido em dois pólos, o OMEL (*Operador del Mercado Ibérico de Energía*), responsável pela gestão do mercado diário e intradiário situado em Madrid, e o OMIP, Operador de Mercado Ibérico Português, responsável pela gestão dos mercados a prazo situado em Lisboa.

Existem também dois TSO, a REN, Rede Eléctrica Nacional S.A., do lado de Portugal e a RE, *Rede Eléctrica de España* S.A., do lado Espanhol. Possui também duas entidades reguladoras, a ERSE, Entidade Reguladora do Sector Energético, e a CNE, *Comisión Nacional de Energía*.

O tipo de mercado adoptado é híbrido, uma vez que possibilita tanto as negociações de electricidade através de um mercado em *Pool* ou recorrendo a contratos bilaterais [WWW.2].

Qualquer agente do mercado *spot*, para além de aceder ao mercado organizado, pode entrar em operações bilaterais físicas. Estes agentes são os produtores, auto-produtores, agentes externos (entidades não residentes), comercializadores e consumidores qualificados. Neste sistema ainda existem alguns CAE, contratos de longa duração.

No mercado *spot* de electricidade são realizadas as transacções que decorrem da participação dos agentes nas sessões do mercado diário, do mercado intradiário e pela aplicação de procedimentos de operação técnica do sistema, nomeadamente restrições técnicas, serviços complementares e gestão de desvios.

As negociações do mercado diário são efectuadas em leilão diário de ofertas complexas, com liquidação da energia em todas as horas do dia seguinte. Nas ofertas complexas são consideradas as seguintes condições:

- Ofertas de venda podem ser estruturadas em blocos, podendo um gerador considerar o primeiro bloco como indivisível, isto significa que se o OM aceitar a proposta associada a esse primeiro bloco, terá de aceitar a totalidade da proposta. Assim torna-se possível integrar a informação relativa a restrições técnicas dos geradores;
- Rampas de subida ou diminuição de potência dos geradores ao passar de um período para o período seguinte;
- Condições de remuneração mínima segundo a qual um gerador pode especificar o valor mínimo de remuneração que pretende obter. A remuneração a atribuir a um gerador corresponde ao somatório dos períodos do dia, dos produtos de potência produzida pelo preço de mercado desse período. Se esta remuneração for inferior ao valor mínimo pretendido, o gerador é retirado do despacho. Esta informação permite considerar custos de arranque e de paragem dos geradores.

No MIBEL existem também várias sessões do mercado intradiário, subjacentes ao leilão do mercado diário. Este possibilita aos agentes contratar desvios entre as quantidades previstas e as que

são efectivamente necessárias em cada um dos períodos, através de leilão. A liquidação financeira das operações ocorre numa base mais alargada do que a diária havendo lugar à prestação de garantias.

### **2.3.3. Reino Unido**

À semelhança de outros países, o sector eléctrico do Reino Unido também sofreu uma profunda reestruturação sendo separado em empresas de produção de energia eléctrica, uma empresa independente concessionária da rede de transporte e em companhias de distribuição regionais responsáveis pelo fornecimento de electricidade aos clientes finais.

A empresa concessionária da rede de transporte NGC (*National Grid Company*), administrava um *Pool* com funções muito alargadas, pelo que diversos autores a consideravam como um ISO do tipo maximalista. Este ISO tinha várias funções, era concessionário e responsável pela exploração da rede de transporte; determinar as escalas de serviço dos geradores de acordo com os preços e capacidades por eles comunicadas e com as regras do *Pool*; assegurar as funções de controlo em tempo real do sistema, solucionar situações de congestionamento e ser o comprador e a entidade que determina os serviços auxiliares necessários à segurança e fiabilidade do sistema e ainda, que assegura e centraliza o relacionamento comercial e financeiro das entidades intervenientes no mercado.

As empresas produtoras vendiam a electricidade no mercado *Pool*, que assumia um carácter obrigatório e assimétrico. Assim, cada entidade produtora deveria declarar até as 10h de cada dia a sua disponibilidade em termos de potência, bem como o preço a que aceitava produzir para cada período de meia hora do dia seguinte. Estas propostas eram organizadas por ordem crescente de preço ou, como é habitualmente denominado, ordem de mérito. Os membros *Pool* só poderiam adquirir energia neste mercado e o consumo era considerado inelástico.

Para cada período de meia hora em que se deveria produzir energia, o preço marginal do sistema era obtido através do preço mais elevado, proposto por um produtor tendo em conta a carga prevista. O sistema de remuneração incluía uma parcela destinada a recompensar a capacidade de produção mantida por cada gerador como reserva. Este valor podia ser elevado quando a margem de segurança do sistema era pequena e seria pequeno ou nulo se a margem de segurança fosse elevada. Existe sempre um certo grau de incerteza relativo à disponibilidade de capacidade de produção e ao valor da carga, quando se calcula o valor do custo marginal do sistema.

Esta situação poderia causar uma falha do sistema se ocorresse um excesso de carga em relação à capacidade disponível. O preço a que era paga a electricidade vendida pelos produtores, era designada de PPP (*Pool Purchase Price*). O sistema de energia eléctrica do Reino Unido incluía

também a possibilidade de realizar contratos de tipo financeiro, de forma a diminuir o risco associado à volatilidade dos preços no *Pool*. Esses contratos realizavam-se através de contratos as diferenças CFD (*Contracts for Differences*). O mercado calculava o preço marginal do sistema atendendo às previsões de consumos para o dia seguinte, sendo esta informação enviada à NGC para ser realizado o despacho. Em situação de congestionamentos era efectuado um redespacho que, passava a considerar novos geradores em detrimento de outros, que embora mais baratos, levavam ao aparecimento de congestionamentos na rede de transporte.

A insatisfação com este modelo motivou a publicação de um conjunto de propostas em Julho de 1999 e um documento de conclusões publicado em Outubro de 1999 pelo OGEM (*Office of Gas and Electricity Markets*), [WWW.3]. Estas propostas referem-se ao aumento da eficiência do sistema e à possibilidade de escolha por parte dos participantes no mercado, sem descurar a segurança e a fiabilidade da operação. Para tal contribuiu a progressiva separação entre as actividades de distribuição e comercialização das 12 empresas distribuidoras inicialmente existentes.

Este novo modelo implementado no final de 2000 previa o envolvimento da carga na formação dos preços, privilegiando a realização de contratos bilaterais entre entidades produtoras, comercializadores e consumidores, e o estabelecimento de mercados de opções e de futuros para transacções a curto e longo prazo. Previa também o estabelecimento de um mercado de curto prazo, para propostas de compra e venda, permitindo o ajuste das ofertas de compra e venda para satisfazer as informações mais recentes dos mercados *spot*, realizado através da *web*. Existe ainda um mercado de ajustes voluntário para equilibrar a produção e o consumo, solucionar congestionamentos em tempo real e permitir ao ISO adquirir serviços auxiliares e potência para compensação de perdas [Huneault M. et al, 1999]. Esta nova estrutura de mercado estabelecida no Reino Unido ficou conhecida como NETTA (*New Electricity Trading Arrangements*). Posteriormente foi alargada à Escócia dando origem ao BETTA (*British Electricity Trading Arrangements*). No BETTA existe um MO e um ISO, NGC, existem ainda três concessionários da rede de transmissão de energia eléctrica. O MO é responsável pelo mercado de contratos bilaterais, mercado *forward*, mercado de ajustes e compensação dos desvios entre ofertas de compra e venda em tempo real. O ISO é responsável pela gestão da rede e pela contratação de serviços auxiliares enquanto os concessionários das redes de transporte, são responsáveis pelos investimentos e manutenção das redes.

#### 2.3.4. Nova Iorque

O NYPP (*New York Power Pool*) foi criado com o objectivo de coordenar as actividades de exploração, expansão, administração e planeamento das empresas privadas participantes no mercado. Foi também responsável pela criação de um centro de controlo conjunto. Pretendia-se assim assegurar uma exploração otimizada, com o mínimo custo das instalações disponíveis, utilizando a rede de forma eficiente.

Após a reestruturação do sector eléctrico nos EUA, foi criado um ISO com o objectivo de manter a fiabilidade e a segurança da exploração de todo o sistema em ambiente de mercado. O NYISO (*New York Independent System Operator*) é uma organização, sem fins lucrativos, formada em 1999 para facilitar a reestruturação do sector eléctrico do estado de Nova Iorque. O ISO de Nova Iorque é considerado maximalista pois é responsável pela rede de transmissão de alta tensão e pela gestão do mercado de produção de energia eléctrica.

O NYISO gere toda a rede de transmissão de Nova Iorque, administra o sistema de preços, as tarifas e as relações comerciais entre os participantes no mercado, consumidores elegíveis e produtores. Este operador de sistema actua de forma a facilitar a realização de transacções, envolvendo capacidade de produção, energia e serviços auxiliares. O NYISO realiza acções no mercado de energia em duas fases. Por um lado no *dayahead market*, é estabelecida a programação para cada hora do dia seguinte. Os fornecedores de energia (*Power Suppliers*) submetem propostas de venda de energia e de serviços auxiliares para cada hora do dia seguinte, podendo incluir custos de arranque e fornecer informação relativa à mínima potência com que poderão funcionar. Por outro lado, o *hour-ahead market*, permite efectuar correcções para a hora seguinte. Mais de 90% das transacções de energia efectuadas pelo NYISO ocorre no mercado para o dia seguinte [WWW.4].

### 3. MASCEM

O MASCEM é um simulador multi-agente constituído por várias entidades que fazem parte do mercado eléctrico como os produtores, compradores, negociadores, entre outros. Os agentes definem as suas estratégias e os seus objectivos mas podem adaptar-se no decorrer da simulação [Pinto T. et al, 2009]. O simulador também permite definir o modelo que se pretende simular, a estratégia de cada agente, o número e tipo de agentes e o mercado onde vão competir. A Figura 3.1 representa a estrutura do mercado do MASCEM.

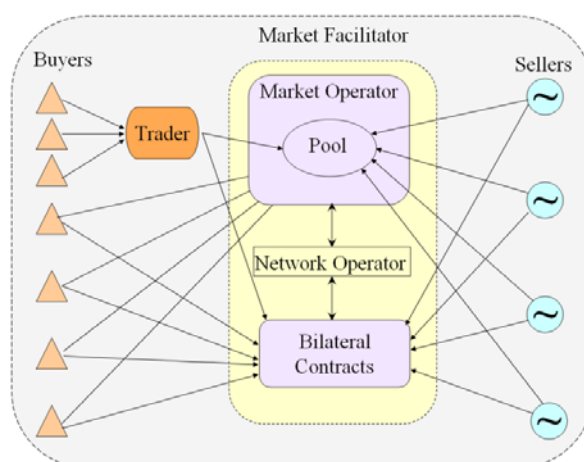


Figura 3.1: Estrutura do mercado do MASCEM [Praça I. et al., 2003]

#### 3.1. Estrutura

As apostas do MASCEM processam-se nos mercados *day-ahead*, os períodos de negociação são das 24 horas seguintes ao fim de cada dia. Este inclui agentes facilitadores de mercado que criam vendedores, compradores, negociadores, operador de mercado e operador de sistema. Os compradores representam os consumidores e os distribuidores de electricidade, o utilizador pode definir o número de compradores e vendedores para cada cenário, especificando as suas características e estratégias.

As características definem-se pelo seu conhecimento relativamente aos preços, os preços preferíveis e a sua capacidade de produção ou o consumo que irá ter, no caso de ser comprador. As suas estratégias definem as acções que o agente toma para atingir os seus objectivos.

Os agentes vendedores competem entre si de forma a maximizar os lucros mas colaboram com os compradores para que se atinjam acordos satisfatórios para ambos. Neste domínio, da competitividade e colaboração, são testados vários algoritmos e métodos de negociação, pode ainda haver um aumento da competitividade, podendo assim existir negociadores, que representem os interesses de vários compradores, de forma a terem mais poder de mercado [Praça I. et al, 2005 a)].

O facilitador conhece todos os agentes do mercado, que se registam com ele previamente e garante o correcto funcionamento do mercado, segundo as regras estabelecidas.

O operador de mercado controla o mercado da bolsa.

O operador de sistema é o responsável pela segurança do sistema e de manter todos os condicionamentos nele existentes. Este analisa a viabilidade das propostas e resolve problemas de congestionamento que possam ocorrer [Praça I. et al, 2003].

## **3.2. Mercados**

O MASCEM engloba vários tipos de transacções, estas podem ser realizadas no mercado de bolsa, em mercados híbrido ou recorrendo a contratos bilaterais.

### **3.2.1. Bolsa**

Neste mercado o operador de mercado inicia a negociação enviando em cada dia um pedido de proposta para cada hora do dia seguinte. Os agentes interessados respondem enviando as suas propostas que vão ser organizadas pelo operador de mercado que posteriormente encontra um preço de mercado. As propostas são depois submetidas ao operador de sistema, que as avalia. O resultado dessa avaliação será a indicação usada pelo operador de mercado para rejeitar ou aceitar as propostas. Depois de comunicado o resultado a cada um dos participantes naquele período de negociação dá-se por terminado esse período.

### **3.2.2. Contratos Bilaterais**

São acordos efectuados entre um comprador e um vendedor, são criados a partir de pedidos feitos por compradores ou negociadores e são dirigidos aos vendedores, contendo a quantidade e o preço esperado. O vendedor analisa a sua capacidade de resposta tendo em conta o seu historial e contacta o operador de sistema de forma a ter o aval do mesmo e prosseguir a negociação. No caso de resposta positiva o comprador envia uma contra-proposta ao proponente e realiza-se a negociação. Em todos os períodos e neste caso diariamente, as propostas são revistas e/ou renegociadas.

### **3.2.3. Mercados Híbridos**

Este mercado permite a existência em simultâneo de uma bolsa e de contratos bilaterais. Os agentes podem decidir optar pelos contratos bilaterais caso lhes seja mais vantajoso. O funcionamento dos contratos bilaterais e da bolsa são iguais aos que foram referidos anteriormente.

### 3.3. Estratégias de ofertas

Quem participa no mercado pretende ter uma estratégia de oferta de grande lucro, e isso é definido nas características integradas em cada agente que pretende comprar ou vender no mercado. Os agentes têm em conta a experiência no mercado e as expectativas de como o mercado irá evoluir para definir melhor a sua posição. Tanto os agentes vendedores, compradores como negociadores definem estratégias para chegar ao preço a que vão negociar, de forma a tirar o maior proveito possível. O comportamento estratégico dos vendedores e compradores/negociadores é muito semelhante apesar de terem objectivos opostos. Estes podem ainda usar um algoritmo de análise de cenários para obter um maior suporte no desenvolvimento de uma estratégia dinâmica e adaptada a cada situação quer no tempo quer no comportamento [Praça I. et al, 2005 b)].

Relativamente ao tempo, utilizam-se estratégias que definem o preço a ser utilizado durante o período de negociação. Definem-se quatro tipos de agentes no que se refere à mudança temporal:

- *Determinado*: agente que mantém os preços fixos durante todo o período de negociação;
- *Ansioso*: agente que começa a mudar o preço muito cedo e em pequenas quantidades;
- *Moderado*: agente que começa a mudar de preço em pequenas quantidades e numa fase intermédia;
- *Guloso*: agente que só muda o preço, em grandes quantidades, na fase final da negociação.

São também utilizadas estratégias dependentes do comportamento para modelar o preço no mercado. Estas estratégias são:

- *Composed Goal Directed*, conceito onde temos duas situações consecutivas e onde o sucesso da primeira afecta a definição da segunda. Por exemplo, um agente que tenta vender para aquele período, se foi bem sucedido e conseguiu vender na totalidade, no período seguinte o seu preço vai aumentar, no caso de não ter sucesso o seu preço vai baixar.
- *Adapted Derivative Following*, consiste em verificar os resultados da mudança de preço durante o período de negociação. No caso de um agente verificar que a mudança de preço anterior lhe trouxe benefícios, no período seguinte vai efectuar uma mudança semelhante, mas caso tenha resultado em prejuízos a mudança de preço será diferente da anterior.

## 4. Metodologia desenvolvida

Neste capítulo são apresentadas as considerações teóricas inerentes às estratégias desenvolvidas recorrendo à média ponderada, regressão linear e rede neuronal. É feita a descrição das características dos agentes definidos no cenário para as simulações e são também descritos os três casos de estudo a desenvolver.

### 4.1. Considerações teóricas

Nesta secção são descritas as formulações matemáticas utilizadas no desenvolvimento da metodologia e na análise de resultados obtidos com as estratégias desenvolvidas.

#### 4.1.1. Média Ponderada

Nos cálculos que envolvem a média aritmética simples, todas as ocorrências têm exactamente a mesma importância ou o mesmo peso. Diz-se assim que as ocorrências têm o mesmo peso relativo. No entanto, existem casos onde as ocorrências têm importância relativa diferente. Nestes casos o cálculo da média deve levar em conta esta importância relativa ou o peso relativo de cada ocorrência. Este tipo de média chama-se média aritmética ponderada. No cálculo da média ponderada multiplica-se cada valor do conjunto pelo seu "peso" isto é pela sua importância relativa, neste trabalho o peso corresponde à quantidade de energia vendida.

Define-se média aritmética ponderada como a média aritmética ponderada  $\bar{x}_p$ , de um conjunto de números  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  cuja importância relativa (peso), é respectivamente  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$  e calcula-se da seguinte forma:

$$\bar{x}_p = \frac{p_1 \times x_1 + p_2 \times x_2 + \dots + p_n \times x_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \times x_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \quad (4.1)$$

#### 4.1.2. Regressão Linear Simples

A regressão linear é uma ferramenta estatística usada para prever futuros valores a partir de valores passados. A linha de tendência da regressão linear usa o método dos mínimos quadrados para desenhar uma linha reta através de pontos com o objetivo de minimizar a distância entre eles, resultando assim uma linha de tendência.

A regressão linear permite a construção de um modelo matemático que expresse a relação de tipo linear existente entre duas variáveis, tendo por base os valores correspondentes amostrais, por exemplo peso/altura, procura/oferta, consumo/potência, etc.

A variável independente representada por  $x$ , é a variável que através do modelo matemático, permite “prever”. A variável dependente é normalmente representada por  $y$ , e é a variável de resposta.

A metodologia baseia-se num diagrama de dispersão, é um processo gráfico para averiguar a existência de uma relação linear entre variáveis.

O coeficiente de correlação Linear (amostral)  $R_{xy}$  é um estimador do coeficiente de correlação linear (populacional)  $\rightarrow \rho_{xy}$ , i.e., da intensidade da associação entre as variáveis.

$\bar{x}$  - Representa a média aritmética da variável independente  $x$ .

$\bar{y}$  - Representa a média aritmética da variável dependente  $y$ .

$\hat{y}$  - Representa  $y$  estimado através do processo de regressão linear.

$n$  - Representa o número de observações.

O método dos Mínimos Quadrados aplica-se representando o somatório, do quadrado da diferença entre a variável dependente e a variável estimada,  $S = \sum (y - \hat{y})^2$ , para achar os parâmetros que fazem com que a soma dos quadrados da diferença seja mínima, é necessário aplicar a derivada parcial a cada parâmetro e iguala-lo a zero,  $\frac{dS}{da} = 0$ .

Usando o método dos Mínimos Quadrados na equação  $y = ax + b$ , verificamos que só existem dois parâmetros  $a$  e  $b$ , ao aplicar a derivada assumimos que  $b$ ,  $x$  e  $y$  são constantes e  $a$  é a única variável. Então vamos ter:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 0 \Leftrightarrow \frac{\partial (\sum (y - ax - b)^2)}{\partial a} = 0 \Leftrightarrow 2 \sum ((y - ax - b) \times (0 - x - 0)) = 0 \quad (4.2)$$

Como os dois parâmetros  $a$  e  $b$  são constantes reais e  $b$  considera-se diferente de 0, podemos simplificar:

$\sum (-xy) + a \sum x^2 + b \sum x = 0$ , como  $\sum x = n \times \bar{x}$ , temos:

$$b = \frac{\sum xy - a \sum x^2}{n \bar{x}} \quad (4.3)$$

Aplicando agora o mesmo processo ao segundo parâmetro  $b$  temos:

$$\frac{\partial S}{\partial b} = 0 \Leftrightarrow \frac{\partial(\sum(y-ax-b)^2)}{\partial b} = 0 \Leftrightarrow 2\sum((y-ax-b) \times (0-0-1)) = 0 \Leftrightarrow -2\sum(y-ax-b) = 0 \quad (4.4)$$

Simplificando:

$$-\sum y + a\sum x + b\sum 1 = 0, \text{ como } \sum 1 = n, \sum x = n\bar{x}, \sum y = n\bar{y}, \text{ temos:}$$

$$-n\bar{y} + an\bar{x} + nb = 0 \quad (4.5)$$

$$\Leftrightarrow a\bar{x} + b = \bar{y}$$

Aplicando a equação (1) na equação (2) temos:

$$a\bar{x} + \frac{\sum(xy)}{n\bar{x}} - \frac{a\sum x^2}{n\bar{x}} = \bar{y} \Leftrightarrow a\left(\bar{x} - \frac{\sum x^2}{n\bar{x}}\right) + \frac{\sum xy}{n\bar{x}} = \bar{y} \Leftrightarrow$$

$$a\left(n\bar{x}^2 - \sum x^2\right) + \sum xy = n\bar{x}\bar{y} \Leftrightarrow a = \frac{n\bar{x}\bar{y} - \sum xy}{\left(n\bar{x}^2 - \sum x^2\right)} \quad (4.6)$$

Assim, temos que os parâmetros do modelo de regressão linear  $\hat{y} = ax + b$  são  $a = \frac{n\bar{x}\bar{y} - \sum xy}{\left(n\bar{x}^2 - \sum x^2\right)}$  e

$$b = \hat{y} - a\bar{x}.$$

Verificamos que  $a = \frac{n\bar{x}\bar{y} - \sum xy}{\left(n\bar{x}^2 - \sum x^2\right)}$  é equivalente a *declive* =  $\frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$ , função utilizada

no Excel para o cálculo da regressão.

Assim para prever o preço de mercado são utilizadas as seguintes expressões:

$$\textit{declive} = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (4.4)$$

$$\textit{interceptar} = \bar{y} - \textit{declive} \times \bar{x} \Leftrightarrow y = \textit{declive} \times x + \textit{interceptar} \quad (4.5)$$

### 4.1.3. Redes Neurais

As redes neurais são inspiradas no cérebro humano que consiste num enorme número de neurónios com altíssima inter-conectividade. São constituídas por uma serie de nós (ou neurónios) interligados (através de conexões com pesos numéricos) arrançados em níveis. Estas assemelham-se ao cérebro em dois pontos fundamentais, o facto de o conhecimento ser adquirido pela rede a partir do ambiente envolvente através de um processo de aprendizagem e pelo facto de os nós da rede (neurónios), estarem ligados através de interligações com pesos (pesos sinápticos), usados para guardar o conhecimento.

Na Figura 4.1, o vector  $X$  de dimensão  $n$  é mapeado na variável  $Y$  através do produto escalar dos pesos (vector  $w$ ) e da função  $f$  de mapeamento não-linear.

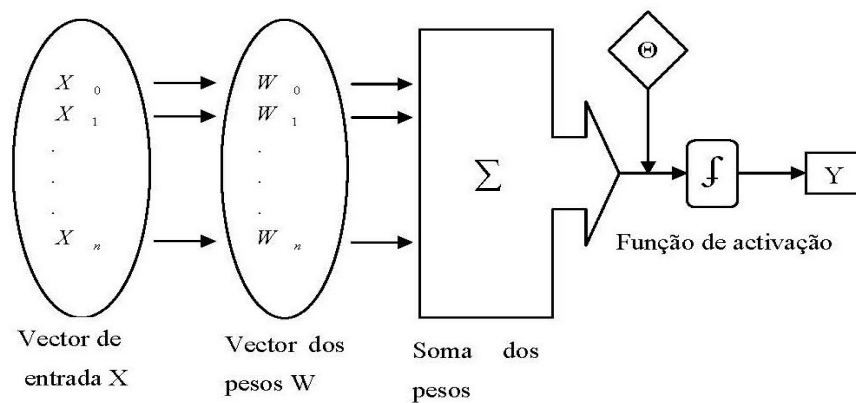


Figura 4.1: Estrutura de uma rede neuronal.

Cada neurónio executa uma operação simples, a soma ponderada das suas conexões de entrada e o cálculo de um sinal de saída que é enviado para outros neurónios. A rede aprende ajustando os pesos das conexões a fim de produzir a saída desejada na camada de saída. A ideia básica consiste em apresentar à rede muitos exemplos correctos, assim a rede comparando a sua resposta com a resposta correcta lentamente muda os pesos das suas ligações ate conseguir produzir saídas que coincidem com os valores correctos.

A rede neuronal tem como vantagens a precisão da classificação ser normalmente elevada, mesmo para problemas complexos, o processamento distribuído, o conhecimento é distribuído através dos pesos das ligações, robustez no tratamento de exemplos mesmo que contenham erros, lidam bem com atributos redundantes, uma vez que os pesos associados a estes são normalmente muito pequenos, os resultados podem ser valores discretos, reais, ou um vector de valores.

Como desvantagens destaca-se o facto de ser difícil determinar a topologia óptima da rede para um problema, serem difíceis de usar uma vez que tem muitos parâmetros a definir, requerem pré-

processamento específico de dados, exigem longo tempo de treino, é difícil de entender a função de aprendizagem (pesos), o conhecimento descoberto não é legível, não fornecem explicações dos resultados e não é fácil incorporar conhecimento do domínio.

#### 4.1.4. Erro Absoluto Médio

Para fazer a análise dos resultados obtidos para o preço estimado nas diferentes simulações, foi fundamental verificar o erro médio absoluto percentual (MEAP) associado a cada estimativa. Essa análise foi feita graficamente e permitiu tirar conclusões sobre o erro associado às diferentes simulações.

O MEAP é calculado pela seguinte fórmula:

$$MAPE = \frac{|P^{REAL} - P^{ESTIMADO}|}{P^{REAL}} \times 100, \text{ [N. M. Pindoriya et al, 2008]} \quad (4.6)$$

## 4.2. Aspectos Gerais

Este trabalho consiste no tratamento inovador de estratégias de oferta em mercados de compra e venda de energia eléctrica, utilizando informação de transacções reais ocorridas no mercado OMEL e utilizando a aplicação informática MASCEM na simulação das diferentes estratégias.

O trabalho surge da necessidade de investigação e desenvolvimento das potencialidades do MASCEM e está inserido num conjunto de trabalhos desenvolvidos pelo GECAD para aprofundar conhecimento na área de mercados de electricidade.

No diagrama geral apresentado anteriormente na Figura 1.1 está representada a estrutura do trabalho. Este pode ser dividido em três fases distintas como já foi referido no capítulo 1.

Numa primeira fase foi construída uma base de dados (BD OMEL) com os valores do preço de mercado verificados em transacções reais ocorridas no mercado OMEL desde terça-feira dia 1 de Janeiro de 2002, até terça-feira, 14 de Julho de 2009. Esta base de dados já tinha sido utilizada num trabalho anterior do GECAD. Para o presente trabalho foi necessário compilar informação mais recente sobre as transacções e editar alguns campos para alterar a sua estrutura de forma a ser possível a utilização destes dados na metodologia proposta no Excel. Esta metodologia permite prever o preço de mercado para quarta-feira, 29 de Outubro de 2008, recorrendo a dois métodos, um de média ponderada e outro de regressão linear. Estes dois métodos permitiram, a partir da base de dados, definir cinco estratégias de oferta diferentes dependendo dos parâmetros a considerar.

A Figura 4.2 apresenta a metodologia desenvolvida no Excel.

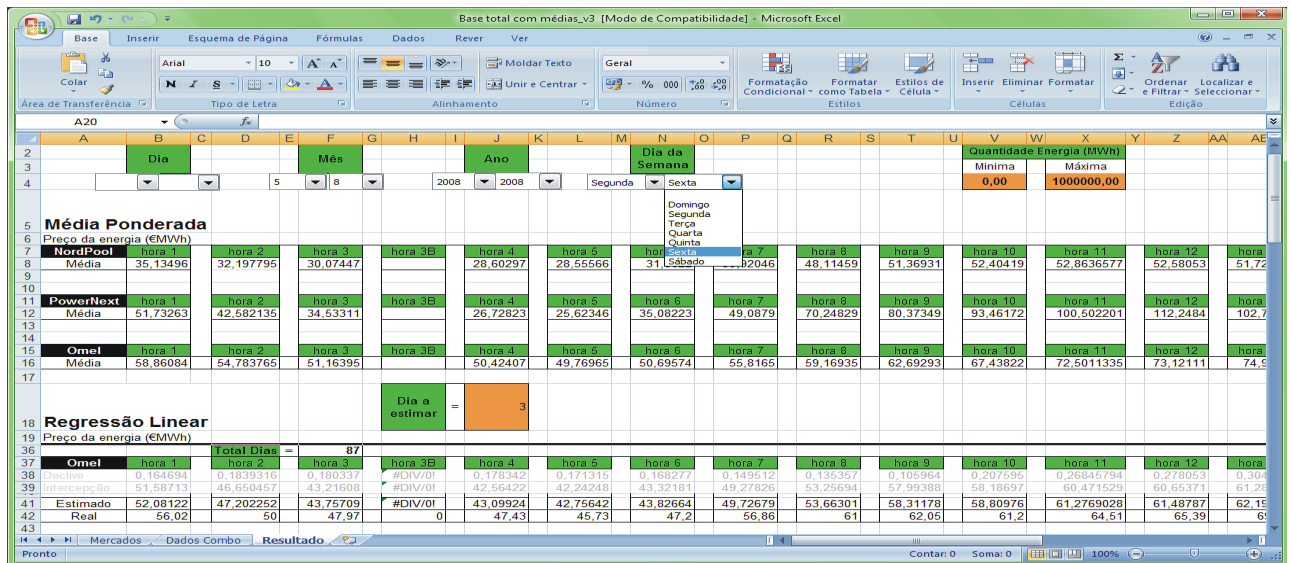


Figura 4.2: Layout da metodologia desenvolvida no Excel.

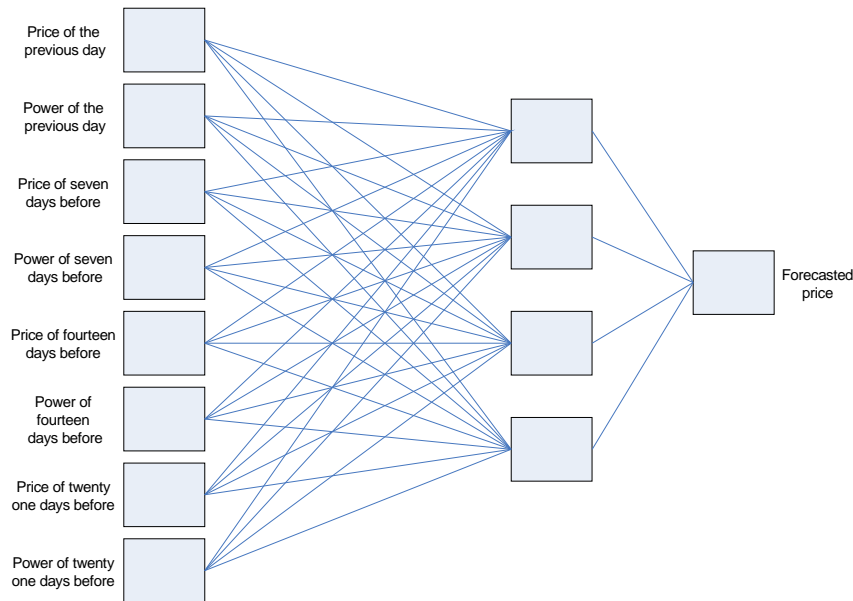
Alterando os parâmetros Dia, Mês, Ano, Dia da Semana e Quantidade de Energia foram definidas cinco estratégias:

- As estratégias baseadas na média ponderada dos preços de mercado do histórico do OMEL:
  - ✓ Est.1- média ponderada de todas as quartas-feiras do mês de Outubro de 2008;
  - ✓ Est.2 - média ponderada de todos os dias úteis da semana anterior;
  - ✓ Est.4- média ponderada considerando os preços verificados em todos os dias úteis de 1 a 28 do mês de Outubro de 2008.
- As estratégias baseadas na regressão linear, considerando os preços de mercado do histórico do OMEL:
  - ✓ Est.3- considera os preços verificados nos dias úteis no mês de Outubro;
  - ✓ Est.5- considera os preços verificados nos dias úteis da semana anterior.

De forma a ser possível comparar o desempenho das estratégias anteriores, foi definida uma estratégia recorrendo a uma rede neuronal simples utilizada no trabalho do GECAD.

Estratégia baseada numa rede neuronal:

- Est.NN 1 a 5 - resultado obtido através duma rede neuronal com uma camada de *inputs* com 8 unidades, considerando os preços e potências do mesmo período do dia anterior e considerando os dias úteis das três semanas anteriores. Também contém uma camada intermédia de 4 unidades e um *output* de uma unidade, que será o preço de mercado previsto para o período em questão.



**Figura 4.3: Rede neuronal usada para prever o preço de mercado para um período.**

A estrutura da rede neuronal está representada na Figura 4.3. A camada de entrada consiste em oito unidades que correspondem a preços e potências do período correspondente do dia anterior do dia correspondente da semana anterior, sendo a mesma metodologia utilizada para duas semanas e três semanas. A segunda camada está oculta, sendo uma camada intermédia de 4 unidades que origina a camada final, o *output*, que será o preço que se pretende prever.

A segunda fase deste trabalho utiliza como ponto de partida um cenário já definido no simulador MASCEM que integra sete *Buyers*, cinco *Sellers* “normais” e dois *VPPs*. O *VPP1* tem três produtores de energia eólica agregados, o *VPP2* tem quatro produtores agregados com diferentes características, um produz energia fotovoltaica, outro produz através de energia eólica, outro utiliza cogeração e outro a mini-hídrica. O MASCEM é utilizado com um cenário geral com agentes pré definidos e estratégias atribuídas a cada um deles previamente. Este é um cenário que já foi alvo de estudo e permite assim obter uma base de comparação para as novas estratégias.

As simulações decorrem num cenário que representa a realidade do mercado limitado a um número reduzido de agentes. Este grupo de agentes foi criado com a intenção de representar a realidade do mercado Espanhol, reduzido a um pequeno grupo de agentes que representam aspectos essenciais de diferentes áreas do mercado, de forma a permitir uma análise individual e estudo das interações e potencial de cada agente.

Cada agente tem estratégias gerais diferentes:

- *Buyer1* – Este agente compra sempre energia independentemente do preço de mercado, oferece sempre 18.3 cent/kWh. Este valor é muito mais elevado que a média do preço de mercado;
- *Buyer2* – A oferta deste agente varia entre dois preços fixos, dependendo de ele precisar mesmo de comprar ou de a sua necessidade de comprar ser menor. O preço de oferta é de 10,0 ou 8,0 cent/kWh;
- *Buyer3* – Este agente faz a sua oferta fixa a 4.9 cent/kWh;
- *Buyer4* – Este agente faz a sua oferta considerando a média de preços das últimas 4 quartas-feiras;
- *Buyer5* – Este agente considera a média de preços dos últimos 4 meses;
- *Buyer6* – Este agente considera a média de preços da última semana, considerando apenas os dias úteis.
- *Buyer7* – Este agente só compra energia se o preço de mercado for baixo. O valor de oferta está a baixo da média de preço de mercado verificada;
- *Seller1* – Este agente necessita de vender toda a energia que produz, pelo que a sua oferta é sempre de 0.00 cent/kWh;
- *Seller2* – Este agente faz a sua oferta considerando a média dos preços dos últimos 4 meses e a média dos preços da última semana, considerando apenas os dias úteis da semana;
- *Seller3* – Este agente considera a média de preços dos últimos 4 meses com um incremento de 0.5 cent/kWh;
- *VPP1* – O *VPP 1* agrega 3 produtores de energia eólica e faz a sua oferta fixa, a um preço de 3.50 cent/kWh;
- *VPP2* – O *VPP2* agrega um produtor de energia fotovoltaica, um produtor de energia eólica, uma cogeração e uma mini-hídrica, este faz a sua oferta baseada nos custos de geração através de cogeração.

A média de preços foi calculada com base nos preços de mercado do mês de Julho, Agosto, Setembro e Outubro de 2008 no mercado OMEL.

Nesta fase, houve necessidade de criar três casos de estudo diferentes:

- No **primeiro caso de estudo** foram feitas seis simulações. Nas quatro primeiras simulações pega-se no cenário geral e altera-se as estratégias somente a dois agentes, o *Seller2* e o *Seller3*, os restantes agentes mantêm as estratégias gerais. Na última simulação cada uma das estratégias é atribuída a cada um dos agentes. Assim as simulações organizam-se da seguinte forma:

- Na Simulação 1 atribui-se ao *Seller2* a Est.1 e ao *Seller3* a Est.NN;
  - Na Simulação 2 atribui-se ao *Seller2* a Est.2 e ao *Seller3* a Est.NN;
  - Na Simulação 3 atribui-se ao *Seller2* a Est.3 e ao *Seller3* a Est.NN;
  - Na Simulação 4 atribui-se ao *Seller2* a Est.4 e ao *Seller3* a Est.NN;
  - Na Simulação 5 atribui-se ao *Seller2* a Est.5 e ao *Seller3* a Est.NN;
  - Na Simulação 6 atribui-se ao *Seller1* a Est.1, ao *Seller2* a Est.2, ao *Seller3* a Est.3, ao *VPP1* a Est.4 e ao *VPP2* a Est.5.
- No **segundo caso de estudo** foram feitas vinte e cinco simulações que foram analisadas em cinco ensaios. Cada estratégia é aplicada a cada um dos cinco agentes e testada no mercado contra as estratégias gerais. Assim, a análise vai ser dividida em:
    - A Estratégia 1 é atribuída ao *Seller1* na simulação 1.1, os restantes agentes mantêm as estratégias gerais. Na simulação 1.2 a Estratégia 1 é atribuída ao *Seller2*, os restantes agentes mantêm as estratégias gerais. E assim sucessivamente, a Estratégia 1 é testada em cada um dos cinco *Sellers* dando origem a resultados denominados de Sim.1.1, Sim.1.2, Sim.1.3, Sim.1.4 e Sim.1.5;
    - A Estratégia 2 vai ser testada em cada um dos cinco agentes em cinco simulações distintas à semelhança do ensaio anterior dando origem à Sim.2.1, Sim.2.2, Sim.2.3, Sim.2.4 e Sim.2.5;
    - No terceiro ensaio vai ser testada de igual forma a Estratégia 3;
    - No quarto ensaio é testada a Estratégia 4;
    - E repete-se o processo para a Estratégia 5.
  - O **terceiro caso de estudo** vem no seguimento da análise de resultados do segundo caso de estudo, verifica-se que a diferença média entre a oferta do agente e o preço de mercado verificado em cada simulação é de 0,5€. Assim todo o processo é repetido com essa diferença no valor das ofertas dos agentes. Retira-se 0,5€ ao valor das cinco estratégias definidas e volta-se a repetir vinte e cinco simulações, analisadas em cinco ensaios.

Numa terceira fase do trabalho foi criada uma segunda base de dados (BD Comp.Agentes), contendo informação sobre o valor das ofertas de cinco agentes durante o mês de Setembro e Outubro de 2008. Esta previsão foi feita para as estratégias gerais que também utilizam como base de dados as transacções reais ocorridas no OMEL. Esta base de dados é criada para ser utilizada pelo *MatLab* na definição de *clusters*, que têm como objectivo criar uma ferramenta de decisão para um agente participante no mercado, que lhe dá informações sobre o tipo de estratégia que os seus

concorrentes utilizam em determinada situação. A análise do comportamento dos agentes vai ser feita por dia e por período.

## 5. Testes e resultados

Neste capítulo são analisados os resultados obtidos no Excel e é feita a descrição e análise dos três casos de estudo em que foram divididas as simulações resultantes da implementação das estratégias no MASCEM. Por fim é feita a análise do comportamento dos agentes por período e por dia recorrendo ao *Matlab* e à utilização de *clusters*.

### 5.1.Previsão de preço recorrendo à media ponderada, regressão linear e rede neuronal.

Foram efectuadas cinco simulações recorrendo a diferentes critérios de selecção de dados. Para testar as diferentes simulações foi utilizada a metodologia desenvolvida no Excel que permite seleccionar o número do dia ou dos dias a simular, o mês, o ano, o dia da semana e permite ainda limitar a quantidade de energia para a qual se pretende calcular o preço.

Foram criadas condições, utilizando as funções do Excel que acedem à BD OMEL, para seleccionar o intervalo de dados pretendidos pelo utilizador. Os resultados são apresentados para os 24 períodos do dia a simular, recorrendo ao método de média ponderada ou de regressão linear. O segundo método é feito utilizando duas funções do Excel, a função declive e a função intercepção.

Na Tabela 5.1 estão compilados em €/MWh os resultados obtidos em cada uma das 5 estratégias, o valor previsto pela rede neuronal e o valor que se verificou na realidade na quarta-feira dia 29 de Outubro de 2008 no mercado OMEL (dia que se pretende prever).

HORA	Est.1	Est.2	Est.3	Est.4	Est.5	Est.NN	Real
1	61,22	57,54	55,70	44,81	55,70	58,97	50,86
2	58,56	53,91	52,22	41,97	52,22	60,40	47,88
3	52,34	47,76	47,00	38,80	47,00	60,22	43,03
4	53,08	47,47	46,38	37,83	46,38	60,25	41,24
5	52,17	46,89	45,73	37,44	45,73	60,19	41,92
6	55,93	50,48	48,48	39,70	48,48	60,83	44,22
7	63,83	61,19	59,64	46,80	59,64	65,93	54,60
8	76,81	73,85	72,35	56,91	72,35	75,57	64,66
9	78,68	78,40	78,37	60,75	78,37	77,09	68,00
10	77,98	77,99	78,14	59,67	78,14	75,85	68,70
11	79,10	78,95	79,06	60,32	79,06	75,46	68,70
12	79,00	79,19	80,03	60,43	80,03	74,85	69,00
13	79,82	79,76	80,35	61,74	80,35	75,33	70,00
14	76,74	77,11	77,82	59,74	77,82	72,96	67,25
15	68,75	69,47	69,42	54,06	69,42	68,55	60,81
16	67,69	68,54	68,18	53,43	68,18	68,95	60,18
17	69,91	70,07	69,38	54,50	69,38	69,56	64,25
18	73,02	73,43	72,57	56,70	72,57	69,84	69,80
19	74,06	77,66	78,06	57,52	78,06	72,38	85,56
20	78,68	83,36	84,91	61,29	84,91	77,93	95,89
21	87,36	88,10	87,89	71,60	87,89	87,43	95,63
22	84,82	81,60	80,03	65,39	80,03	82,64	86,77
23	74,56	72,97	71,79	56,53	71,79	71,29	82,74
24	65,55	65,64	64,74	48,92	64,74	65,74	69,94

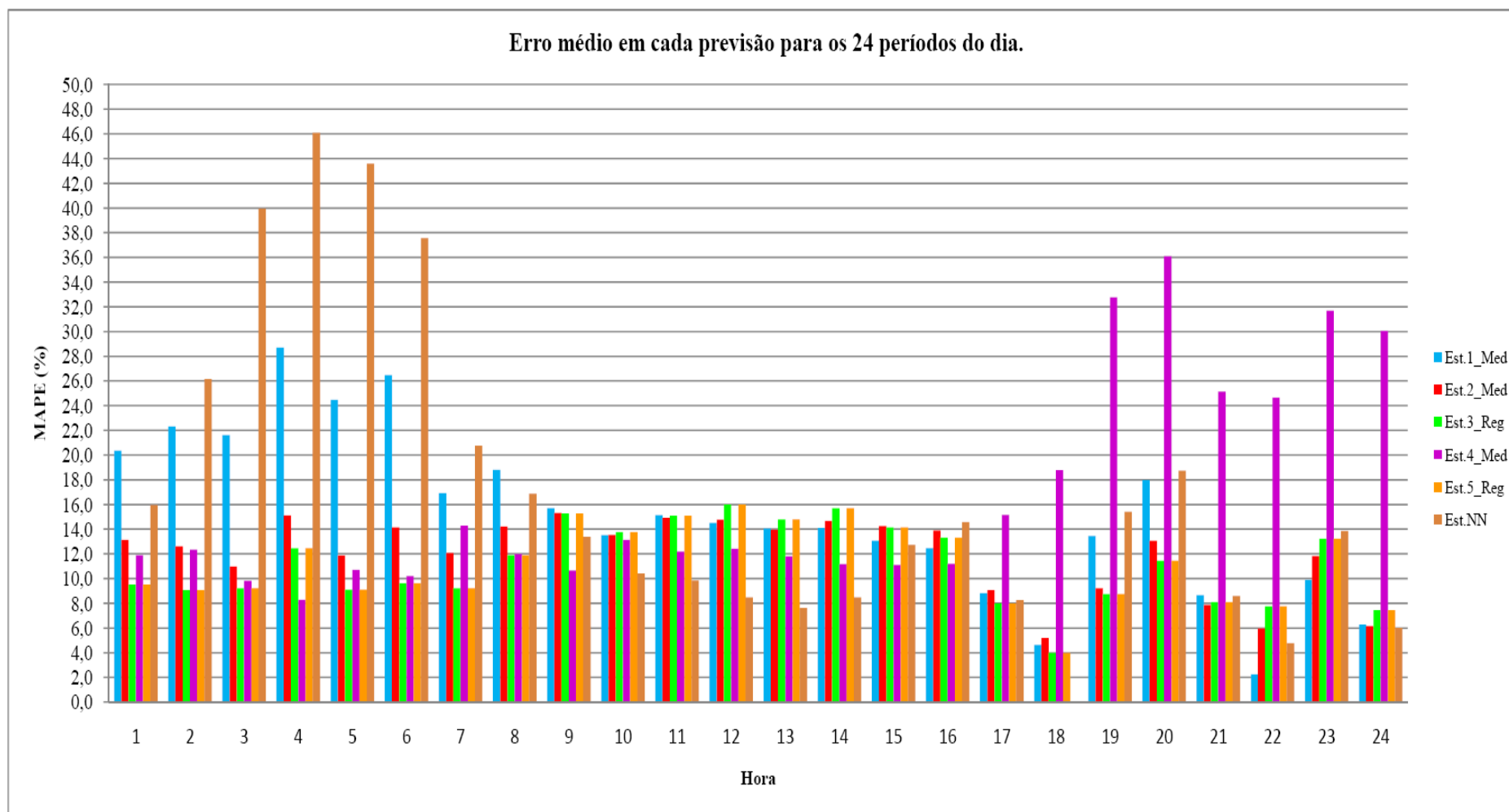
Tabela 5.1: Preço obtido em cada simulação efectuada no Excel, NN e preço de mercado, para cada hora do dia 29/10/2008, em €/MWh.

O valor previsto para o preço da energia em cada período, não difere muito dos que realmente se verificaram no mercado OMEL na quarta-feira dia 29 de Outubro de 2008. Para ser possível a comparação das diferentes simulações, foi calculado o erro médio verificado em cada previsão (equação 4.6), para cada um dos períodos, Anexo I. Analisando o Gráfico 5.1 verifica-se que os períodos devem ser analisados individualmente uma vez que existem variações acentuadas de estratégia para estratégia. A Est.1, Est.4 e Est.NN, são as estratégias que apresentam maior erro associado nos primeiros e aos últimos 8 períodos do dia. Este comportamento poderá dever-se ao facto de este ter sido um dia atípico, pois numa situação normal os períodos entre as 23 e as 6h são de fácil previsão uma vez que a carga não varia muito. Ao contrário do que acontece nos restantes períodos, onde a previsão de carga se torna mais difícil devido a vários factores (meteorológicos, sociais, etc.). Verifica-se que todas as previsões tiveram um menor erro associado entre os períodos 9 e 16.

No Anexo I também podemos verificar que a Est.NN é a previsão que atinge maior erro associado aos períodos 2,3,4,5 e 6, com um erro de 46,09% no período 4, 43,58% no período 5, 39,95% no período 3 e 26,15% no período 2. A Est.4\_Med é a previsão com o segundo erro mais alto, desta vez verificado nos últimos 8 períodos do dia, 36,09% para o período 20, 32,78% para o período 19, 31,68% para o período 23, 30,06% no período 24, no período 21 o erro foi de, 25,12%, no período 22 foi de 24,65%. No período 18 e 17 o erro foi ainda menor.

A Est.1\_Med é a simulação que se segue com erros elevados para os períodos 4 com erro de 28,70%, período 6 com erro de 16,91%, 5 com erro de 24,46%, período 2 com 22,3%, 3 com 21,63% e período 1 com um erro de 20,364%.

Estas são as previsões que se destacam por ter um maior erro comparativamente com as restantes previsões para um mesmo período.



**Gráfico 5.1: Erro Médio em cada estratégia para os 24 períodos do dia.**

## 5.2. MASCEM – 1º caso de estudo.

Neste caso de estudo as estratégias apresentadas anteriormente, que recorrem aos métodos de média e regressão, vão ser comparadas com a estratégia que usa a rede neuronal, atribuindo aos agentes *Seller2* e *Seller3* os valores de oferta previstos nas estratégias. Assim em cada uma das cinco simulações serão atribuídos ao *Seller2* os valores previstos em cada uma das estratégias, pela ordem apresentada anteriormente. O *Seller3* mantém em todas as simulações o valor previsto pela rede neuronal, de forma a ser possível comparar as estratégias com a estratégia da rede neuronal. Os restantes agentes mantêm as estratégias gerais. Na simulação seis são comparadas as cinco estratégias de regressão e média ponderada ao mesmo tempo, deixando desta vez a rede neuronal de fora. Para testar todas as estratégias foi necessário atribuí-las a cada um dos agentes.

### 5.2.1. Simulação 1

A Figura 5.1 é um diagrama representativo desta simulação. O *Seller2* prevê o preço de mercado utilizando a média ponderada de todas as quartas-feiras entre 1 e 28 de Outubro de 2008, o *Seller3* faz a sua oferta com os valores previstos pela rede neuronal e os restantes agentes mantêm as estratégias gerais.

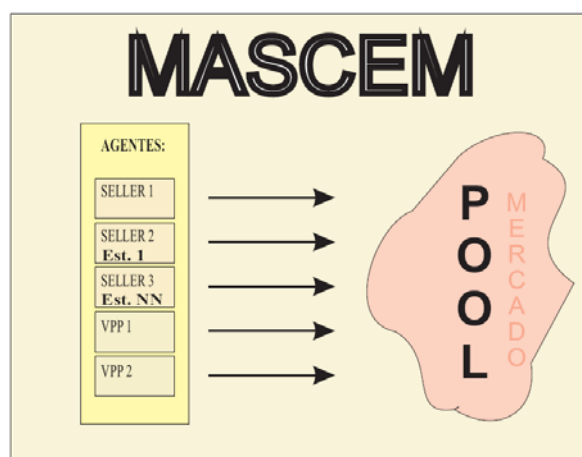


Figura 5.1: Diagrama representativo da Simulação 1, Caso de estudo 1.

No Gráfico 5.2 estão representados os valores das ofertas de cada agente para cada um dos vinte e quatro períodos. Analisando o comportamento do *Seller2* verificamos que este faz a sua oferta acima do preço de mercado que se verificou. Comparando com o *Seller3* verifica-se que o comportamento dos dois é muito semelhante, também este fez a sua oferta acima do valor de mercado, havendo alguns valores muito próximos dos do *Seller2*, ver (Anexo II).

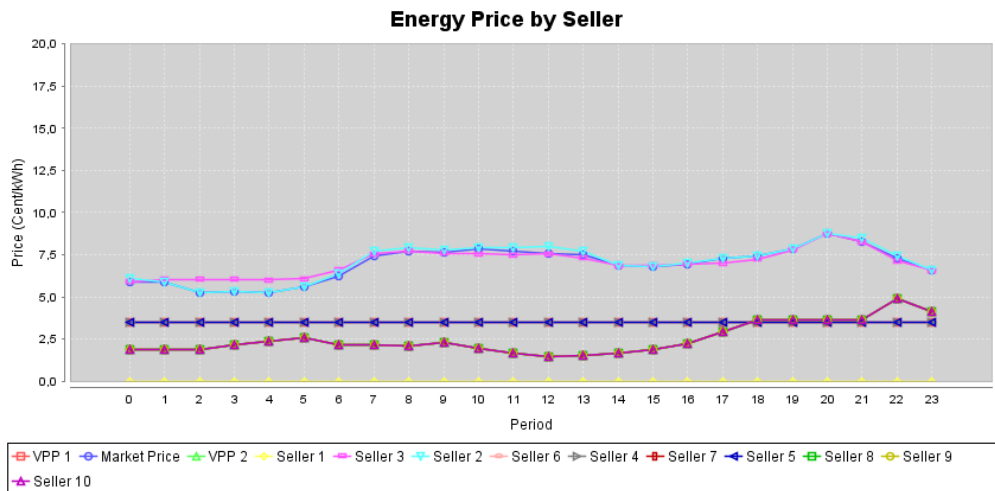


Gráfico 5.2: Preço da energia estimado por cada agente vendedor Simulação 1.

No Gráfico 5.3 está representada a quantidade de energia transaccionada pelos *Seller2* e *Seller3*. Neste estudo não vão ser considerados os contratos bilaterais (BC).

É importante dizer que a cor verde-escuro representa a quantidade de energia vendida, a cor verde claro representa a diferença entre a energia total que o *Seller* tinha para vender e a que realmente consegue vender, a linha de gráfico azul representa o preço de mercado que se verificou na simulação e a linha vermelha representa o preço da oferta do *Seller*.

Analisando o Gráfico 5.3, verificamos que o *Seller2* vendeu menos energia que o *Seller3*. Por outro lado verificamos que o *Seller2* previu com maior exactidão o preço de mercado, aproximando-se muito do seu valor em 11 dos 24 períodos do dia.

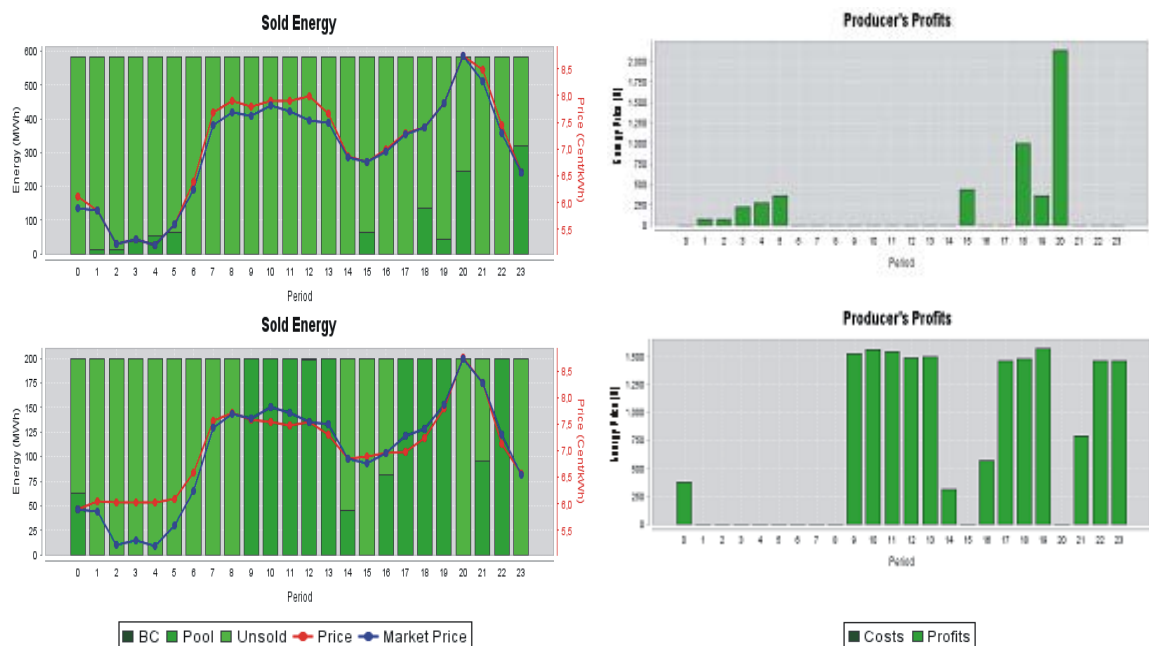


Gráfico 5.3: Quantidade, preço da energia vendida e lucro do *Seller2* e *Seller3* respectivamente, em cada período da simulação 1.

Podemos verificar no Anexo II que a previsão atribuída ao *Seller3*, tem uma diferença muito elevada relativamente ao preço de mercado verificado nos períodos de 2 a 6. Entre os períodos de 7 a 13, o *Seller2* afastou-se do valor de mercado mas, conseguiu vender alguma energia. Nos restantes períodos, as diferenças diminuem aproximando-se a oferta do valor de mercado. Faz sentido que haja uma diferença maior em alguns períodos, uma vez que são períodos associados a picos de consumo, onde há uma volatilidade elevada no preço da energia.

Nesta simulação verifica-se uma diferença máxima de 15,37% associado ao *Seller3*. O *Seller2* teve um lucro de 7.033,4€ enquanto o *Seller3* teve um lucro 15.331,24€.

### 5.2.2. Simulação 2

A Figura 5.2 apresenta um diagrama representativo desta simulação.

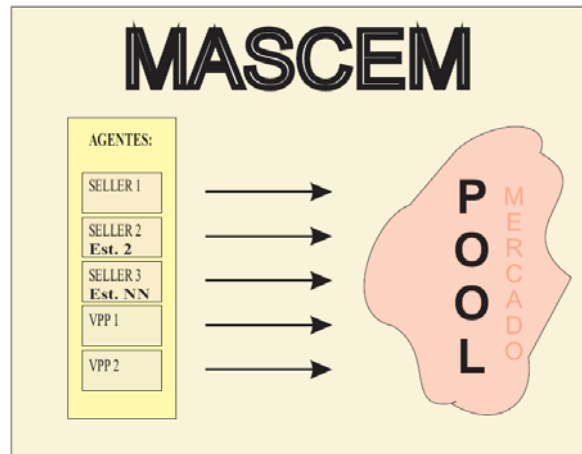


Figura 5.2: Diagrama representativo da Simulação 2, Caso de estudo 1

O *Seller2* prevê o preço de mercado utilizando a média ponderada dos últimos sete dias úteis do mês, entre os dias 20 e 28 de Outubro de 2008. O *Seller3* faz a sua oferta com os valores previstos pela rede neuronal.

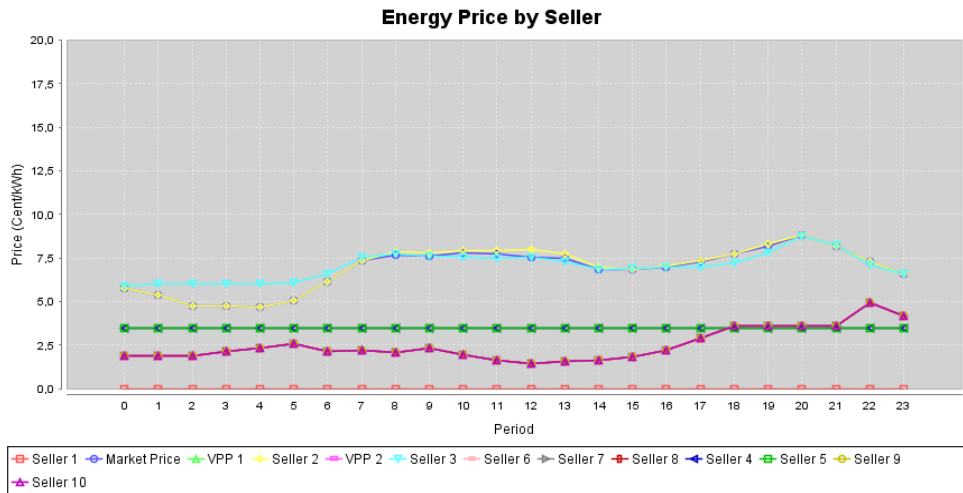


Gráfico 5.4: Preço da energia estimado por cada agente vendedor Simulação 2.

Analisando o Gráfico 5.4 pode verificar que a estratégia do *Seller2* tende a aproximar-se muito do preço de mercado em quase todos os períodos. O *Seller3* apresenta-se com maiores variações principalmente nos períodos de 1 a 7 e 17 a 19.

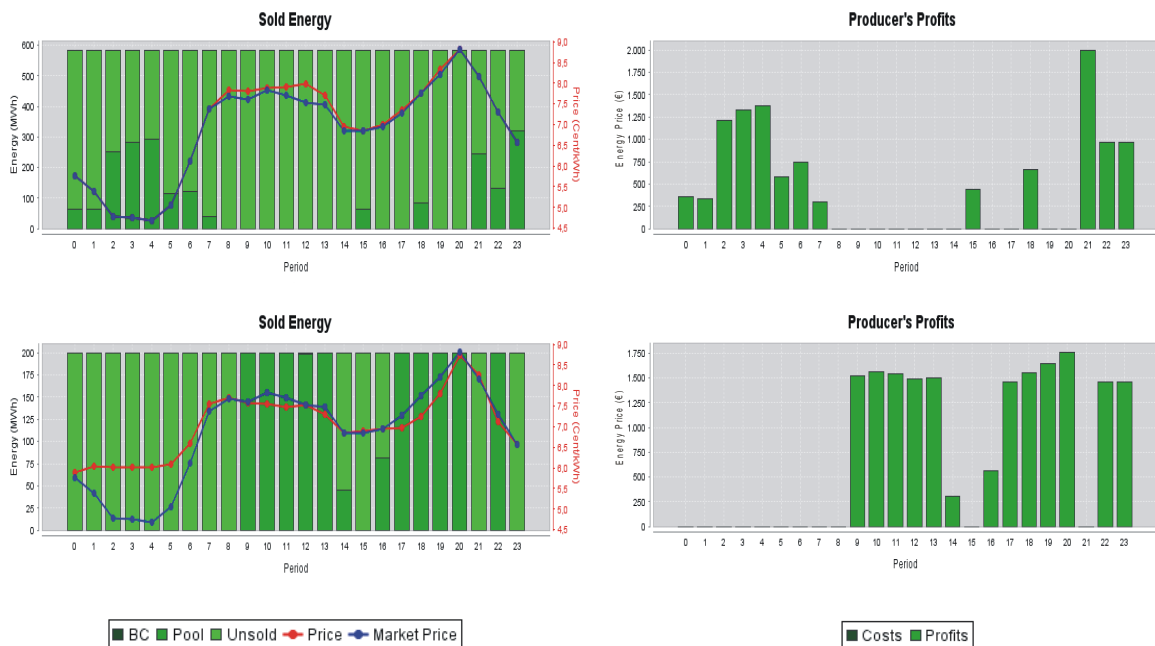


Gráfico 5.5: Quantidade, preço da energia vendida e lucro do *Seller2* e *Seller3* respectivamente, em cada período da simulação 2.

O Anexo III apresenta os resultados numéricos correspondentes ao Gráfico 5.5, onde se verifica que o *Seller2* acertou no preço de mercado em 11 períodos conseguindo vender 14,82% do total de 14016 MWh de energia disponível, obtendo assim um lucro de 10.614,88€.

O *Seller3* apresentou uma oferta baseada numa estratégia que não conseguiu aproximar-se do preço de mercado, contudo conseguiu vender 44,25% do total de 4800MWh de energia disponível.

Embora a sua capacidade fosse menor que a do *Seller2*, conseguiu ser mais eficaz e obter um lucro superior ao *Seller3*, tendo 17.140,77€ de lucro.

### 5.2.3. Simulação 3

A Figura 5.3 apresenta um diagrama representativo desta simulação.

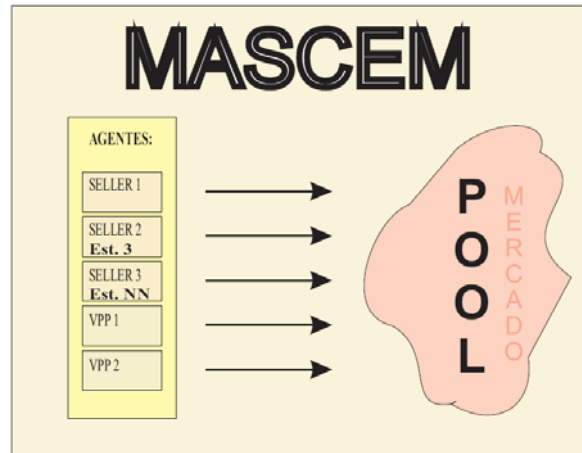


Figura 5.3: Diagrama representativo da Simulação 3, Caso de estudo 1.

Nesta simulação o *Seller2* prevê o preço de mercado utilizando regressão linear, considerando todos os dias úteis entre 1 e 28 de Outubro de 2008. O *Seller3* faz a sua oferta com os valores previstos na estratégia da rede neuronal.

No Gráfico 5.6 verifica-se que, tal como nas estratégias anteriores, a estratégia utilizada pelo *Seller2* acompanha sem grandes variações o preço de mercado, ao contrário da estratégia do *Seller3*, que tem uma acentuada diferença principalmente para os seis primeiros períodos.

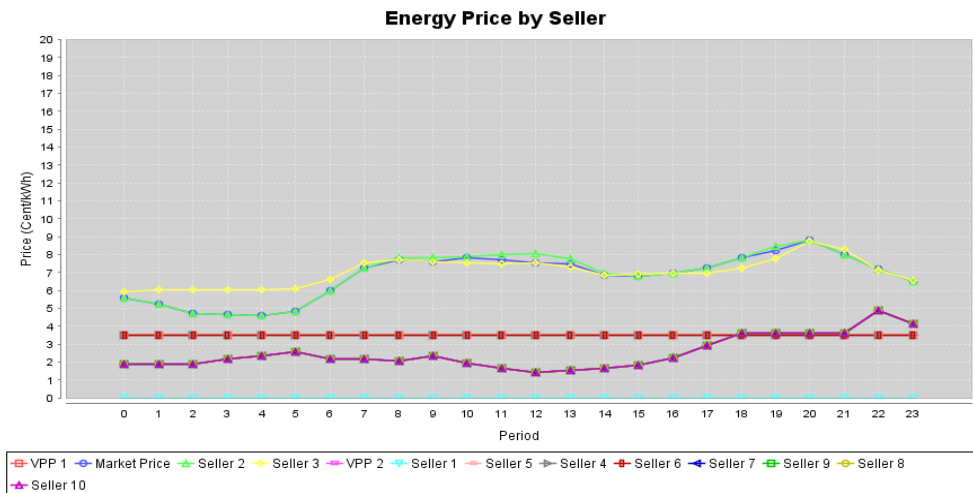


Gráfico 5.6: Preço da energia estimado por cada agente vendedor simulação 3.

Na Gráfico 5.7 verifica-se mais uma vez que a estratégia do *Seller2* se aproxima do preço de mercado, em 16 dos 24 períodos do dia, conseguindo vender 20,88% de um total de 14.016MWh de energia disponível, conseguindo assim um lucro de 17.474,75€, (ver Anexo IV).

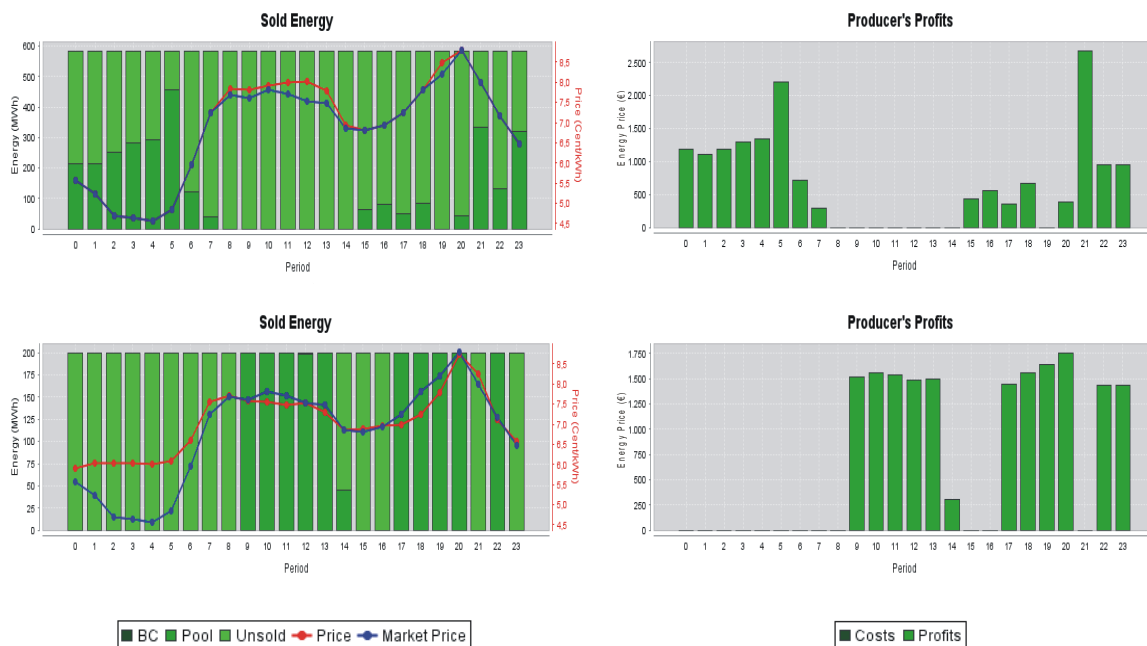


Gráfico 5.7: Quantidade, preço da energia vendida e lucro do *Seller2* e *Seller3* respectivamente, em cada período da simulação 3.

No gráfico correspondente ao *Seller3* verifica-se que em dez períodos, o valor de oferta é inferior ao preço de mercado, o que lhe permitiu vender toda a energia disponível para esses períodos. Assim, o *Seller3* consegue vender 42,56% de 4.800MWh obtendo um lucro de 15.359,81€.

### 5.2.4. Simulação 4

A Figura 5.4 apresenta um diagrama representativo desta simulação

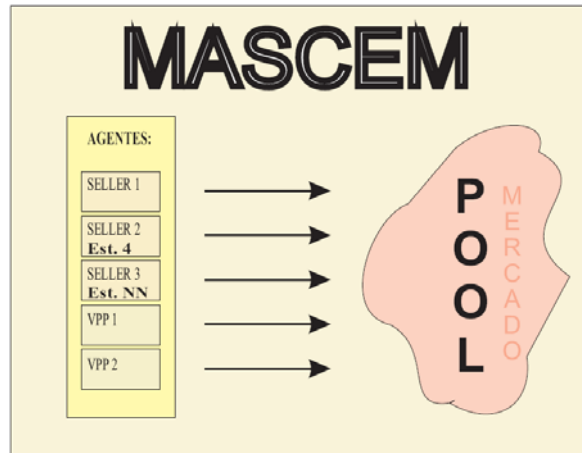


Figura 5.4: Diagrama representativo da Simulação 4, Caso de estudo 1.

Nesta simulação o *Seller2* prevê o preço de mercado utilizando a média ponderada de todos os dias úteis entre 1 e 28 de Outubro de 2008, o *Seller3* faz a sua oferta com os valores previstos pela rede neuronal.

No Gráfico 5.8 verifica-se que o *Seller2* volta a acompanhar o preço de mercado, havendo uma ligeira variação nos seis primeiros períodos em que a oferta está abaixo do preço de mercado. O *Seller3* faz a sua oferta acima do preço do mercado para os 24 períodos.

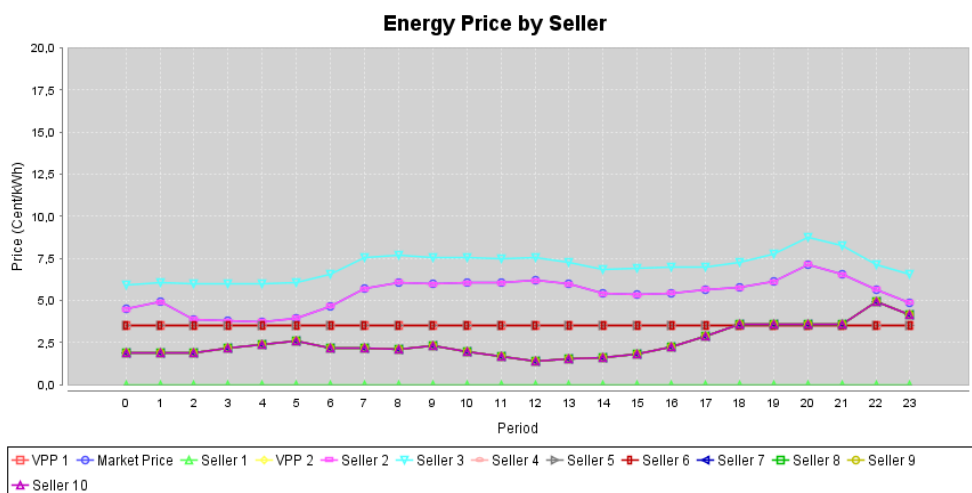
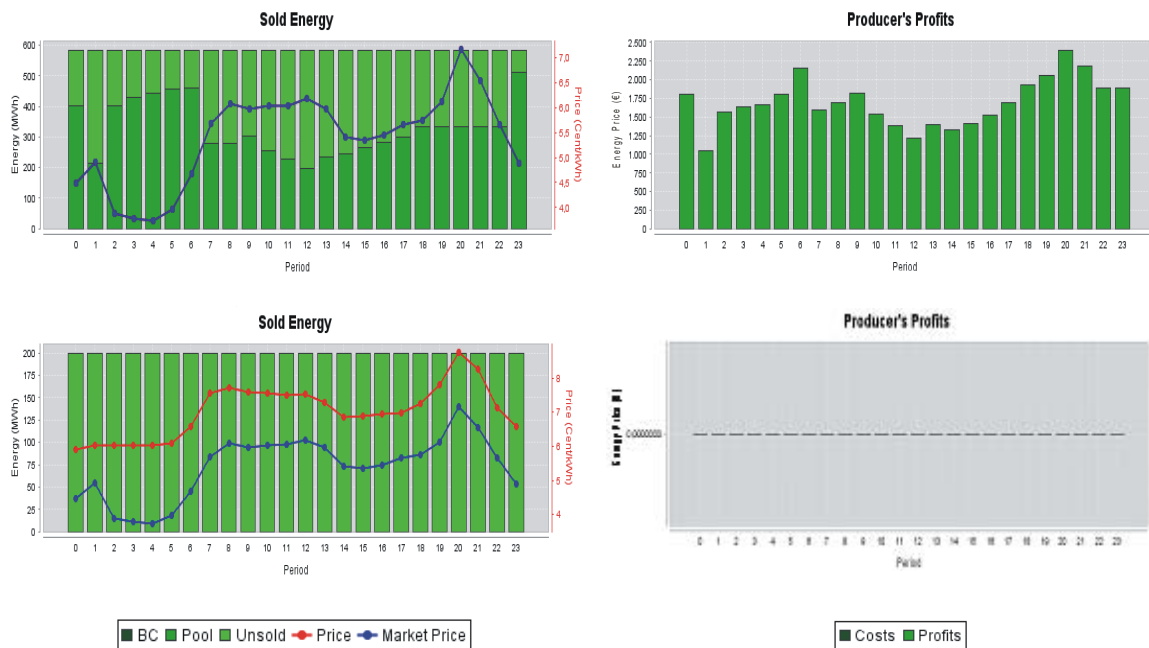


Gráfico 5.8: Preço da energia estimado por cada agente vendedor simulação 4.

Na Gráfico 5.9 destaca-se a oferta do *Seller3* sempre acima do preço de mercado não conseguindo vender energia. A estratégia do *Seller2* volta a aproximar-se muito do preço que se verificou no mercado.

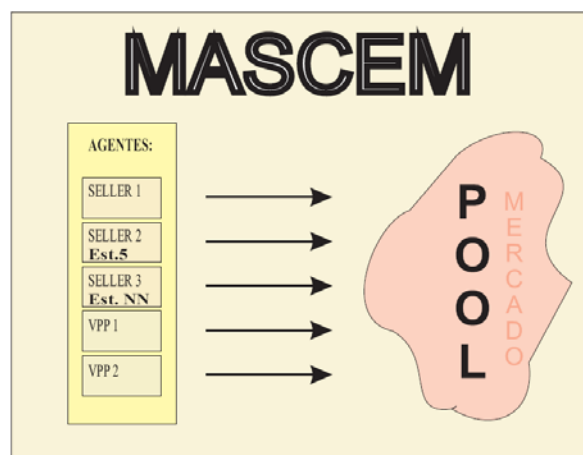


**Gráfico 5.9:** Quantidade, preço da energia vendida e lucro do *Seller2* e *Seller3* respectivamente, em cada período da simulação 4.

O *Seller2* consegue vender 55.2% dum total de 14.016MWh de energia disponível, obtendo um lucro de 41.203,69€. Esta é, até agora a estratégia com melhores resultados quer na quantidade de energia vendida quer no acompanhamento do preço de mercado por parte do *Seller2*. Esta é também a estratégia que levou ao pior desempenho o *Seller3*, (ver Anexo V).

### 5.2.5. Simulação 5

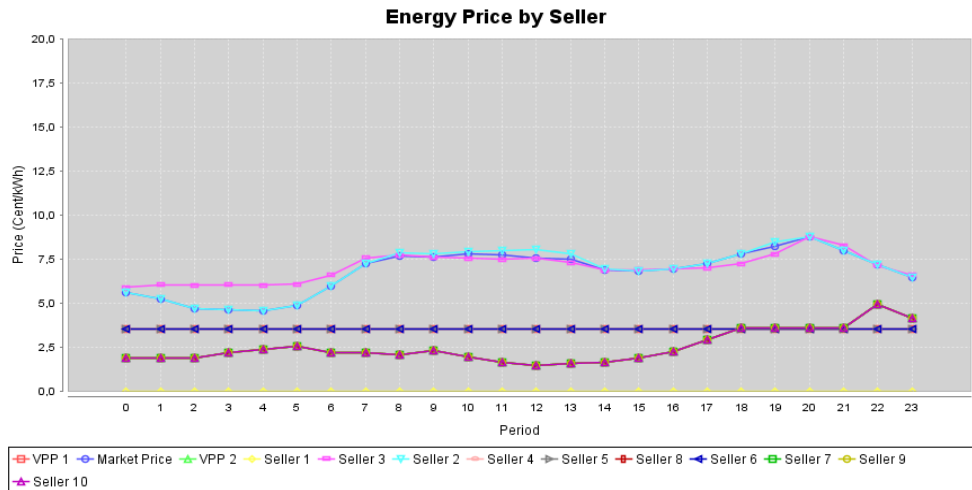
A Figura 5.5 apresenta um diagrama representativo desta simulação



**Figura 5.5:** Diagrama representativo da Simulação 5, Caso de estudo 1.

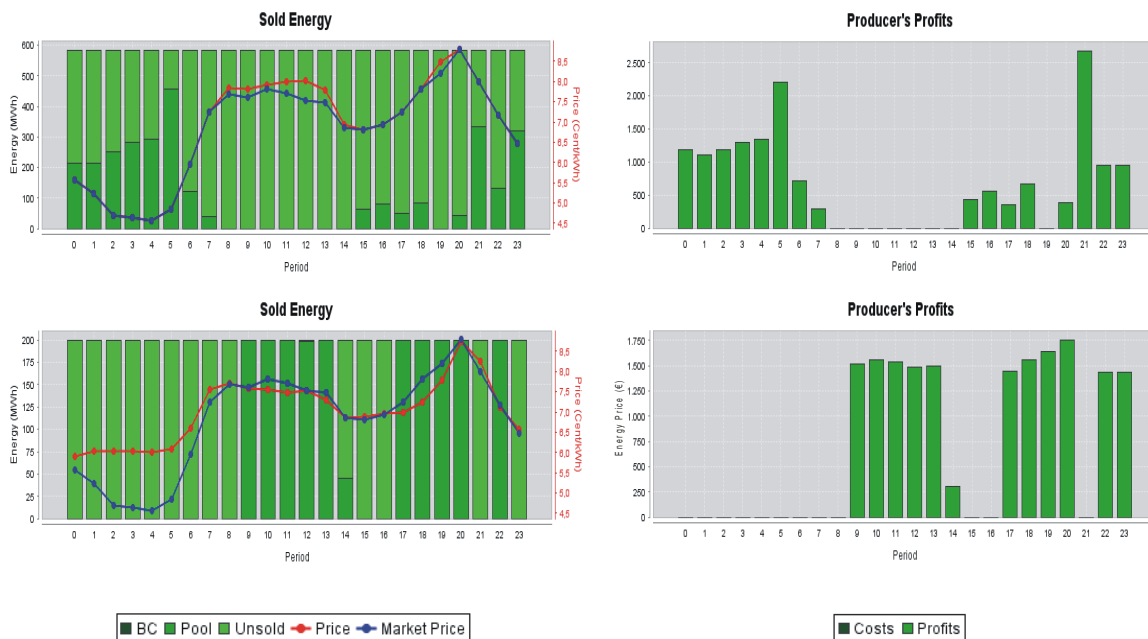
Nesta simulação o *Seller2* prevê o preço de mercado utilizando regressão linear, considerando os últimos sete dias úteis, entre 20 e 28 de Outubro de 2008. O *Seller3* faz a sua oferta baseado na estratégia prevista pela rede neuronal.

Analisando o Gráfico 5.10 pode verificar que a oferta do *Seller2* volta a aproximar-se do preço de mercado, enquanto a oferta do *Seller3* se mantém acima desta, nos sete primeiros períodos, conseguindo depois acompanhar nos restantes períodos.



**Gráfico 5.10: Preço da energia estimado por cada agente vendedor simulação 5.**

No Gráfico 5.11 pode verificar que o valor de oferta do *Seller2*, acompanha linearmente o preço de mercado, não havendo grandes diferenças com excepção dos períodos 8 e 14, onde a oferta se revela superior ao valor de mercado. O *Seller3* não acompanha o preço de mercado, a sua oferta é feita muito a cima desse valor para os oito primeiros períodos, entre os períodos 9 e 14, 17 e 20 e período 22, a oferta é feita abaixo do preço de mercado.



**Gráfico 5.11: Quantidade, preço da energia vendida e lucro do *Seller2* e *Seller3* respectivamente, em cada período da simulação 5.**

Esta estratégia permitiu ao *Seller2* vender 20,88% dum total de 14.016MWh de energia disponível. O *Seller3* conseguiu ter um desempenho superior, vendeu 44,41% dum total de 4.600MWh, (ver Anexo VI).

### 5.2.6. Simulação 6

A Figura 5.6 apresenta um diagrama representativo desta simulação

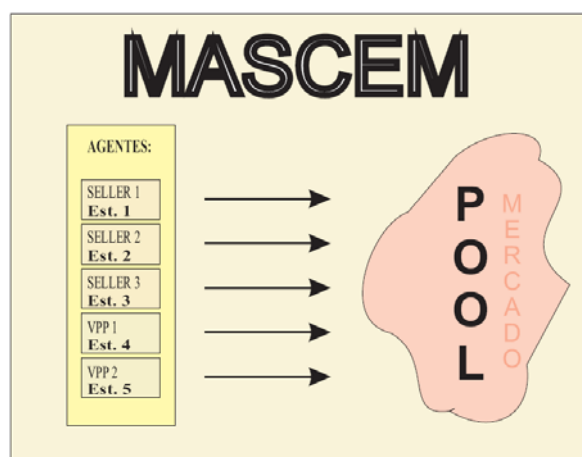


Figura 5.6: Diagrama representativo da Simulação 6, Caso de estudo 1.

Nesta simulação são atribuídas as estratégias definidas no Excel a cada agente. O *Seller1* oferece segundo os resultados obtidos na média das quartas-feiras entre 1 e 28 de Outubro de 2008, o *Seller2* utiliza a média dos últimos sete dias úteis, entre 20 e 28 de Outubro de 2008, o *Seller3* utiliza a regressão linear de todos os dias úteis entre 1 a 28 de Outubro de 2008, o *VPP1* utiliza a média de todos os dias úteis entre 1 a 28 de Outubro de 2008 e o *VPP5* utiliza a regressão dos últimos sete dias úteis, entre 20 e 28 de Outubro de 2008.

No Gráfico 5.12 pode verificar que os *Sellers1,2,3* e *VPP2*, fazem ofertas se aproximam do valor do preço de mercado, enquanto o *VPP1* faz uma oferta abaixo do preço em todos os períodos.

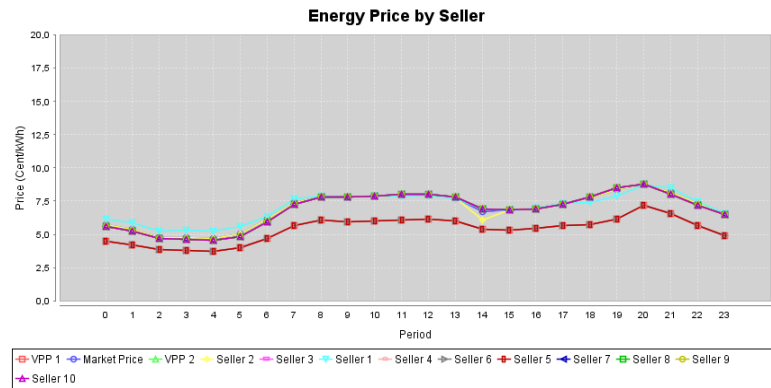
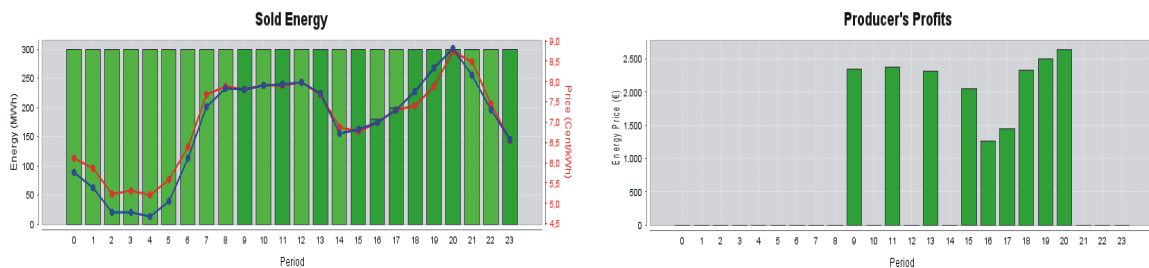


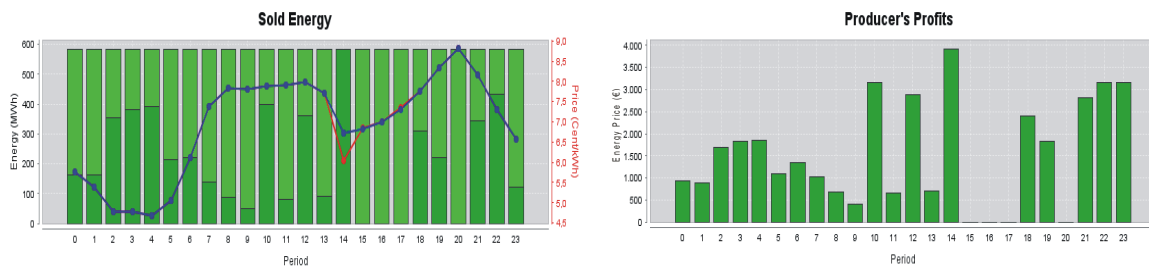
Gráfico 5.12: Preço da energia estimado por cada agente vendedor simulação 6.

O Anexo VII apresenta os resultados numéricos correspondentes ao Gráfico 5.13, onde se verifica que o *Seller1* fez a sua oferta acima do preço de mercado em treze períodos, embora acompanhe sempre a tendência de evolução dos preços de mercado ao longo do dia. Este *Seller* conseguiu vender 42,78% de 7200MWh da sua capacidade, conseguindo obter um lucro de 40.498,90€. A estratégia que está na origem da oferta deste *Seller*, tem um erro médio de 3,36% relativamente ao preço de mercado verificado.

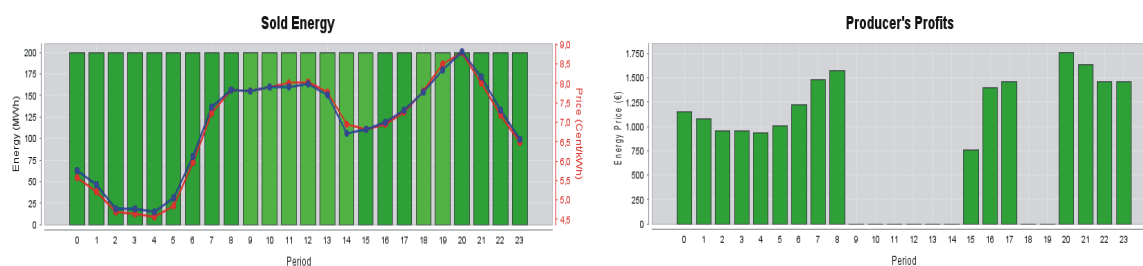
### *Seller1*



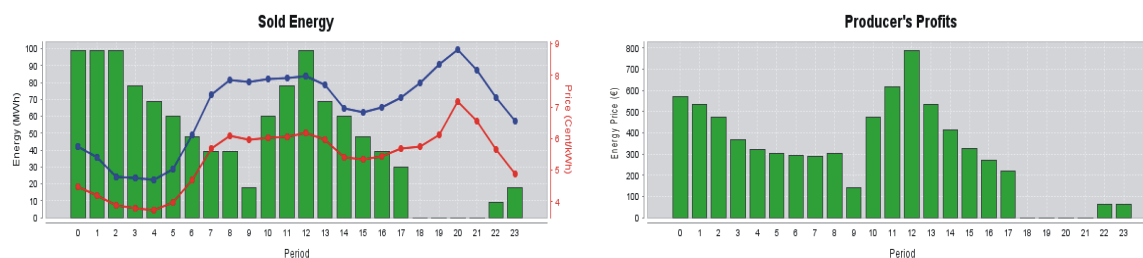
### *Seller2*



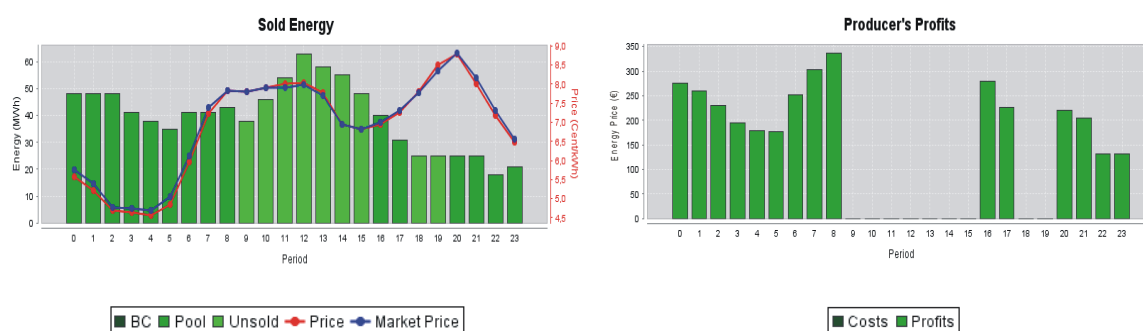
### Seller3



### VPP1



### VPP2



**Gráfico 5.13: Quantidade, preço da energia vendida e lucro do Seller1, Seller2, Seller3, VPP1 e VPP2 respectivamente, em cada período da simulação 6.**

O Seller2 tem a sua curva de oferta praticamente coincidente com a curva que representa o valor do preço de mercado. Este é o Seller que mais se aproximou do preço que se verificou no mercado. Utiliza uma estratégia com um erro associado de 0,07% relativamente ao preço de mercado. Este Seller conseguiu vender 32,33% dum total de 14.016MWh de capacidade, obtendo um lucro de 67.317,49€. Este Seller consegue melhor resultados que o Seller1.

A curva de oferta do Seller3 também acompanha a curva que representa do preço de mercado, em todos os períodos. Embora se verifique que em dezassete períodos a oferta do Seller ficou ligeiramente abaixo do preço de mercado, o erro médio associado á estratégia de previsão é de 1,39%. Isto permitiu ao Seller3 vender toda a energia disponível nestes períodos. Este vendeu 66,92% dum total de 4800MWh, obtendo um lucro de 38.973,48€.

Embora o *VPP1* tenha vendido a toda a sua energia disponível, vendeu-a com um preço muito abaixo do preço de mercado. Assim o *VPP1* é o único agente que consegue vender 100% dum total de 1158MWh, conseguindo um lucro de 14.726,90€. Este *Seller* foi o que teve maior erro médio associado 22,37%.

O *VPP2* fez a sua oferta muito próxima do preço de mercado. Em dezasseis dos vinte e quatro períodos, a oferta foi ligeiramente abaixo, nos restantes períodos foi ligeiramente acima do preço de mercado que se verificou. Este vendedor consegue vender 56,86% dum total de 955MWh da sua capacidade, obtendo um lucro de 6.672,16€.

Analisando os resultados anteriores conclui-se que o *VPP1* foi o único agente a conseguir vender a totalidade da sua capacidade, embora não tenha vendido ao melhor preço, uma vez que vendeu a um valor muito inferior ao preço de mercado. O *Seller2* foi o agente que se aproximou mais do preço de mercado e que conseguiu maior lucro, embora tenha vendido menor percentagem de energia comparativamente com o *Seller 3* e *VPP2*.

O Anexo VIII apresenta a evolução do preço de mercado em cada uma das seis simulações. Desta análise destaca-se a simulação 4, com valores muito abaixo das restantes simulações o que leva a que o valor global de mercado seja mais baixo comparativamente com os restantes. Na primeira simulação o valor global de mercado foi o mais elevado.

### **5.3. MASCEM – 2º caso de estudo.**

Este caso de estudo utiliza as estratégias de média ponderada e regressão linear, mas desta vez, cada uma das estratégias vai ser aplicada a cada um dos cinco *Sellers*. Assim, foi necessário fazer cinco simulações diferentes para cada estratégia, atribuindo-a alternadamente a cada *Seller*. Estas simulações têm como objectivo analisar o resultado de uma estratégia, associada a diferentes *Sellers*, competindo com as estratégias gerais atribuídas no cenário inicial.

#### **5.3.1. Estratégia 1**

Os diagramas da Figura 5.7 representam as cinco simulações realizadas no MASCEM, que vão ser analisadas neste capítulo.

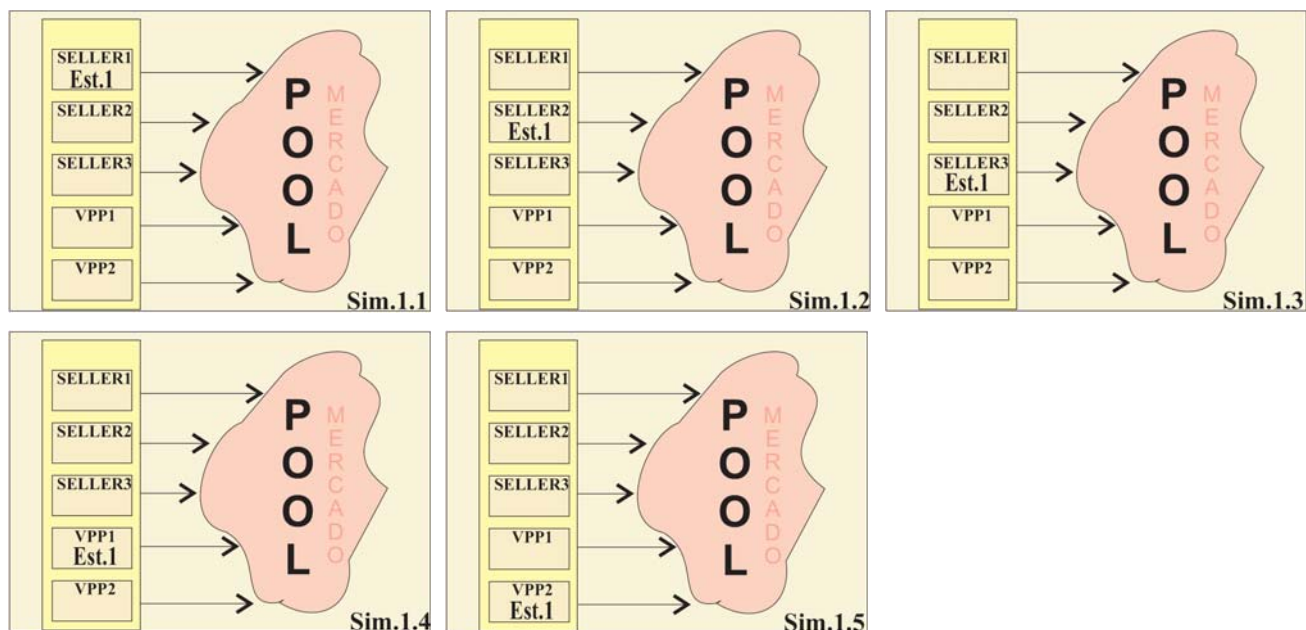
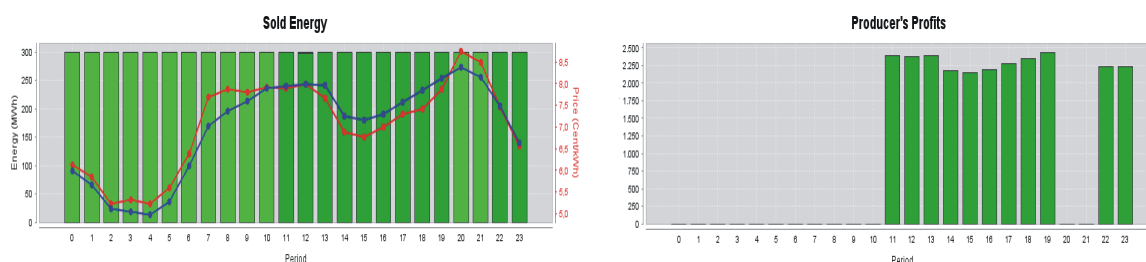


Figura 5.7: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 1, (Caso de estudo 2).

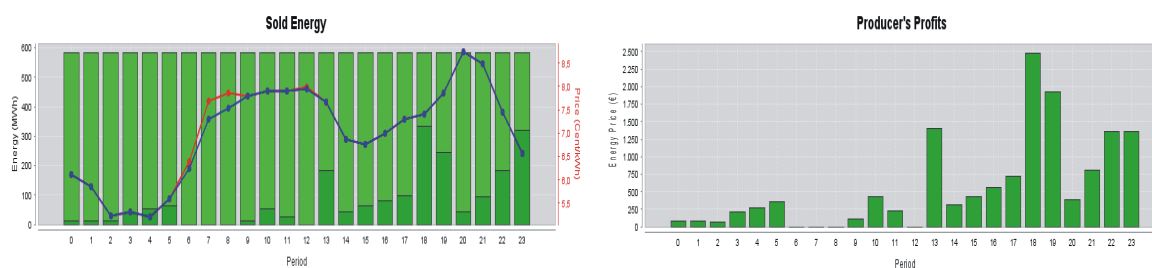
Foram efectuadas cinco simulações no MASCEM, utilizando em todas a mesma estratégia de previsão de preço de mercado, que consiste na média ponderada de todas as quartas-feiras entre 1 e 28 de Outubro de 2008, atribuindo-a à vez a cada um dos *Sellers* para competir com as estratégias definidas no cenário inicial.

No Gráfico 5.14 estão apresentados os resultados obtidos nas cinco simulações. No Anexo IX pode ver que esta estratégia obteve melhores resultados quando atribuída ao *Seller1*. O *Seller1*, o *VPP1* e *VPP2* obtêm um erro médio de 3,7%, contudo o *Seller1* foi o agente que conseguiu o maior lucro (25.341,61€), vendendo 45,81% da sua capacidade total (7200MWh).

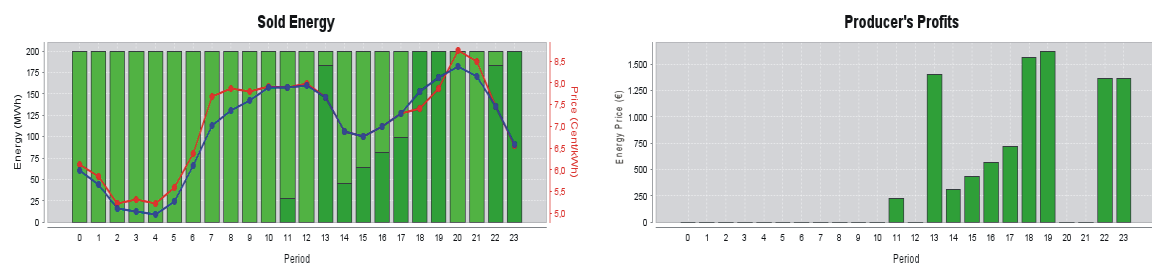
### *Seller1*



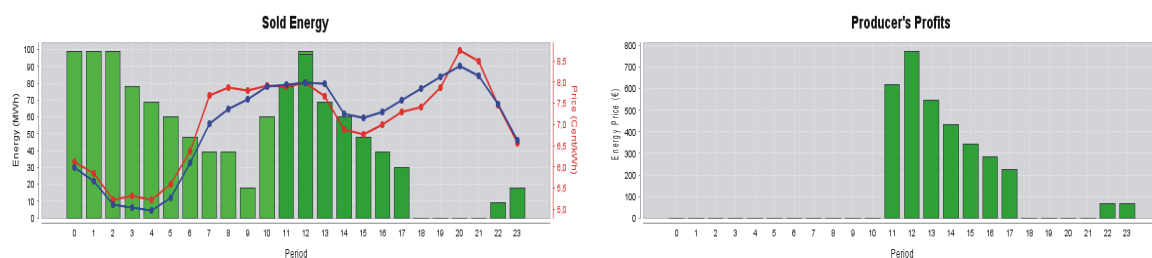
## Seller2



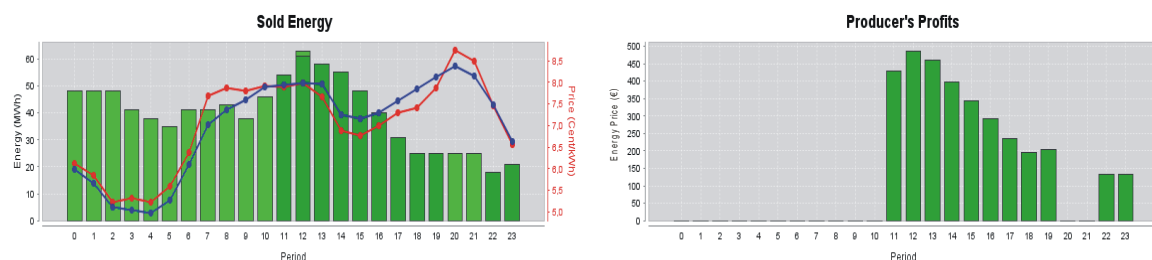
## Seller3



## VPP1



## VPP2



BC
  Pool
  Unsold
  Price
  Market Price

Costs
  Profits

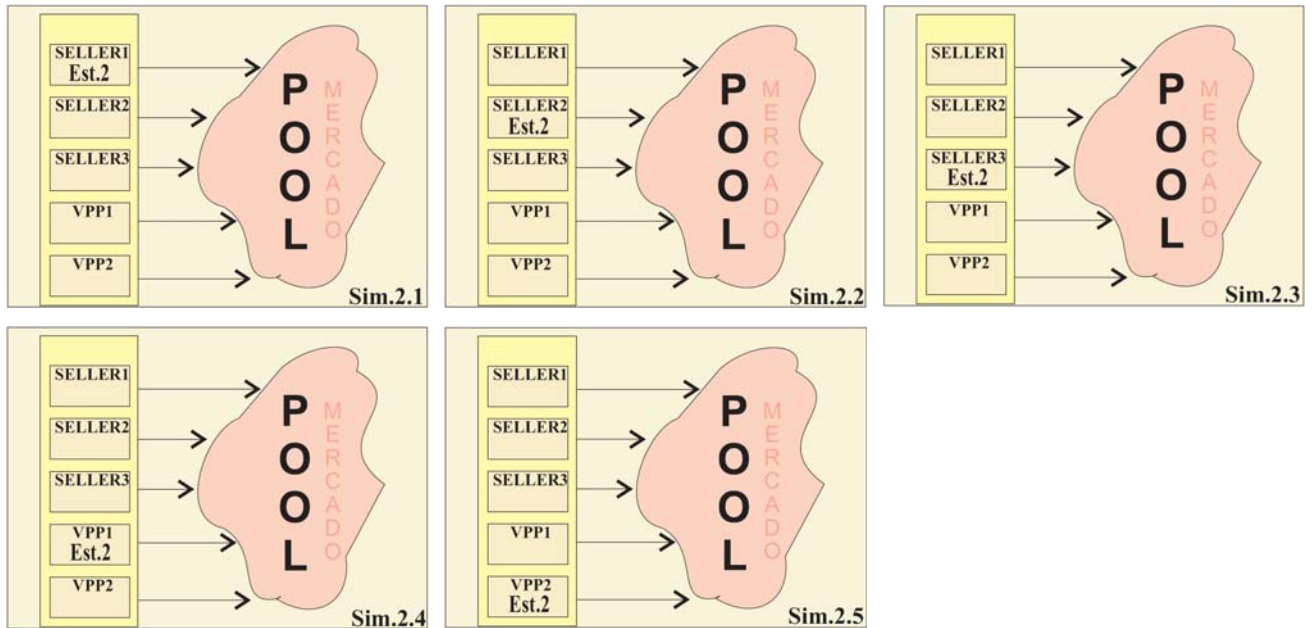
**Gráfico 5.14: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os Sellers em cada período da simulação 1.**

O *Seller2* é o agente com segundo melhor desempenho, a estratégia que está na base da sua oferta, permite que este acompanhe evolução do preço de mercado, com uma diferença de 0,52%. Este é o valor mais baixo verificado entre as ofertas e o preço de mercado. Ainda assim, este *Seller* só consegue vender 14,2% de um total de 14.016MWh, conseguindo obter um lucro de 14.693,15€.

O *Seller3* consegue vender 26,73% da sua capacidade mas obtêm um lucro inferior aos *Seller1* e *Seller2*, no valor de 9.704,71€. Os *VPP1* e o *VPP2* têm um comportamento e resultados muito semelhantes, tendo um desempenho pior comparando com os restantes agentes.

### 5.3.2. Estratégia 2

Os diagramas da Figura 5.8 apresentam as cinco simulações realizadas no MASCEM, que vão ser analisadas neste capítulo.

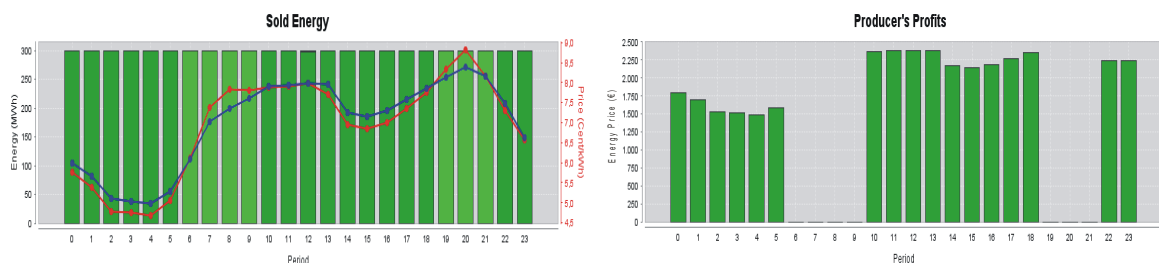


**Figura 5.8:** Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 2, (Caso de estudo 2).

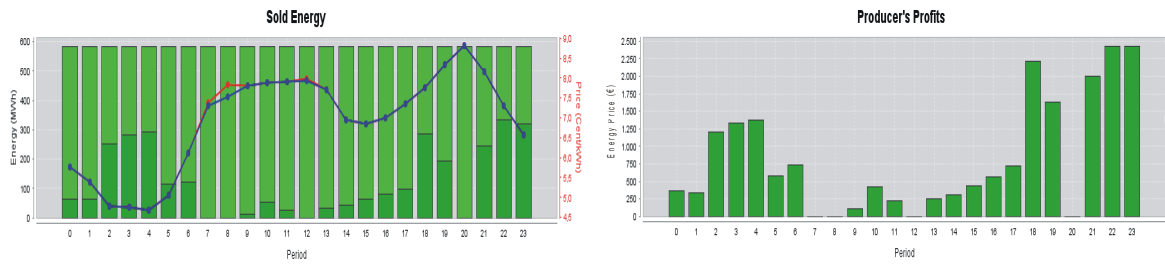
Foram efectuadas cinco simulações utilizando em todas a mesma estratégia de previsão de preço de mercado utilizando a média ponderada dos últimos sete dias úteis do mês, entre o dia 20 e o dia 28 de Outubro de 2008, atribuindo-a à vez a cada um dos *Sellers* para competir com as estratégias definidas no cenário inicial.

No Gráfico 5.15 estão representados os resultados obtidos nas cinco simulações, no Anexo X pode verificar que esta estratégia obteve melhores resultados quando atribuída ao *Seller1*. Este *Seller* tal como os *VPP1* e *VPP2*, teve um erro médio de 3,21%, contudo este foi o agente que conseguiu o maior lucro (35.289,61€), vendendo 70,81% da sua capacidade total (7200MWh).

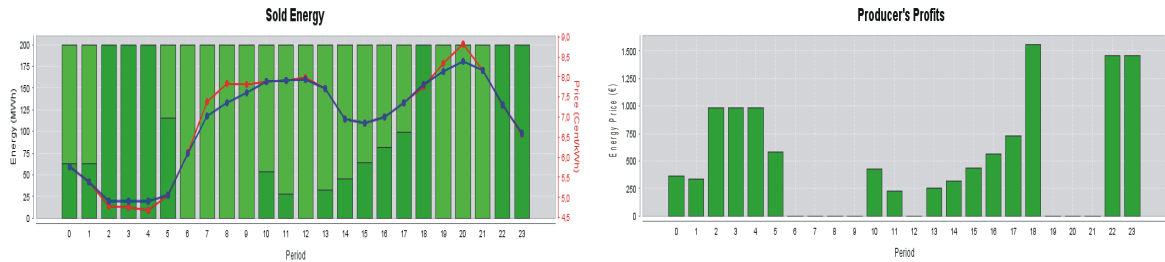
#### *Seller1*



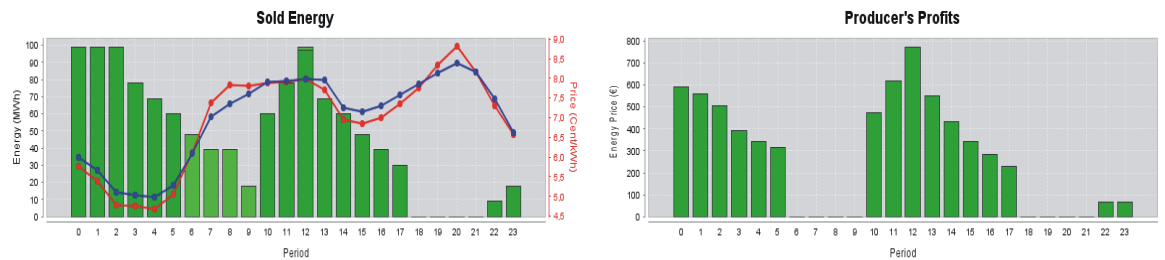
## Seller2



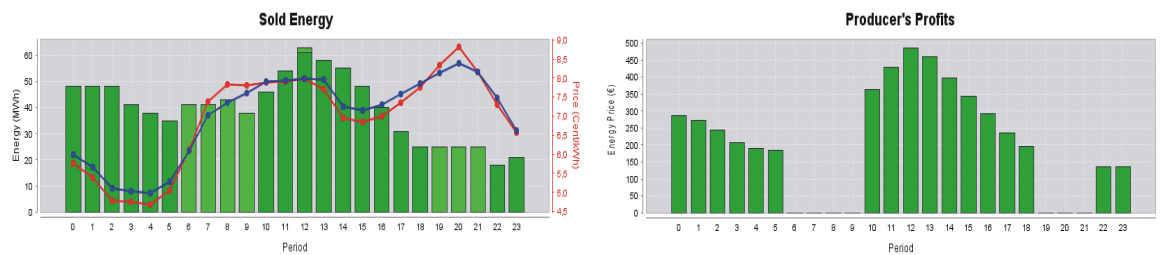
## Seller3



## VPP1



## VPP2



■ BC ■ Pool ■ Unsold ■ Price ■ Market Price

■ Costs ■ Profits

**Gráfico 5.15: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os Sellers, em cada período da simulação 2.** O Seller2 é o agente com segundo melhor desempenho, aproxima-se do valor do preço de mercado com um erro associado de 0,24%, o mais baixo de todos. O Seller2 é o que consegue vender menor percentagem de energia (21,3%) de um total de 14.016MWh, conseguindo um lucro de 19.897,15€. O Seller3 consegue vender 38,44% da sua capacidade mas obtêm um lucro inferior aos Seller1 e Seller2, (12.071,11€). Os VPP1 e o VPP2 têm comportamento e resultados muito semelhantes e têm também um desempenho inferior ao dos restantes agentes. O VPP1 consegue vender 87,42% da

sua capacidade obtendo um lucro de 6.801,28€, enquanto o *VPP2* só consegue um lucro de 4.967,05€, vendendo 74,87% da sua capacidade.

### 5.3.3. Estratégia 3

Os diagramas da Figura 5.9 apresentam as cinco simulações realizadas no MASCEM, que vão ser analisadas neste capítulo.

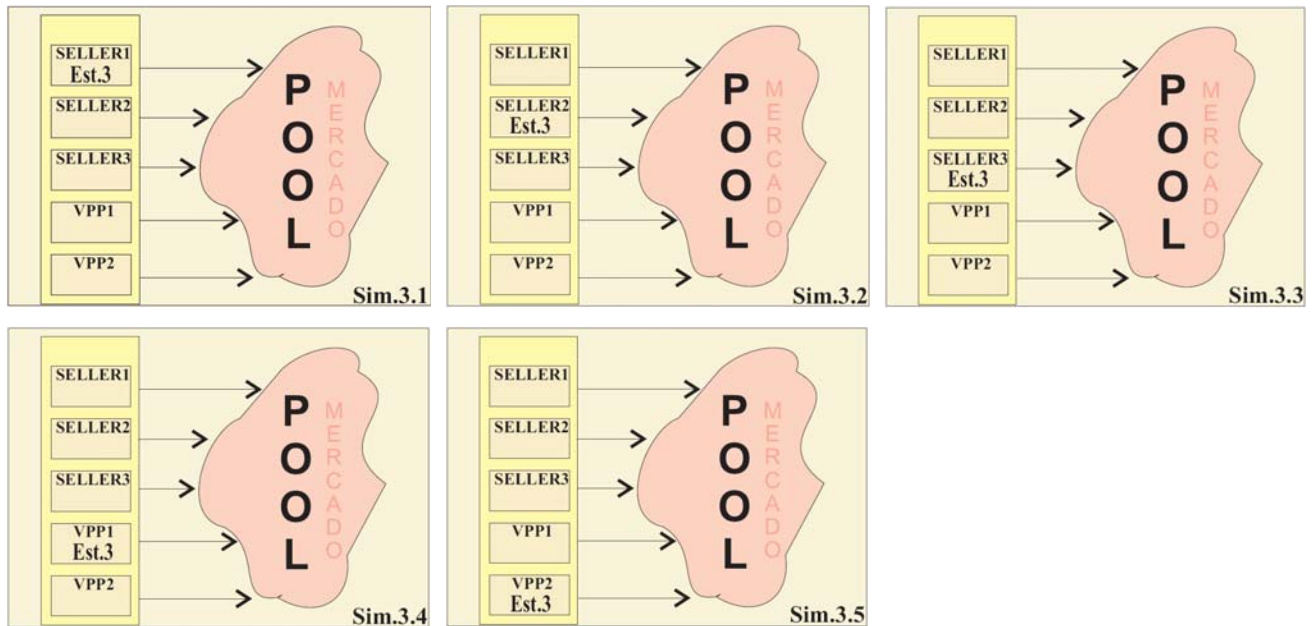
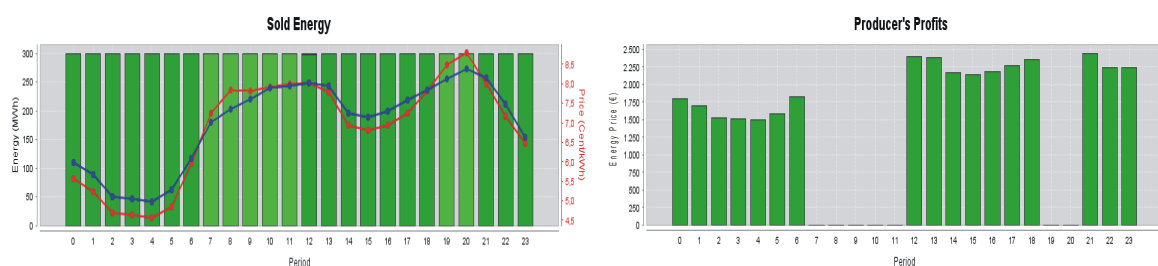


Figura 5.9: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 3, (Caso de estudo 2).

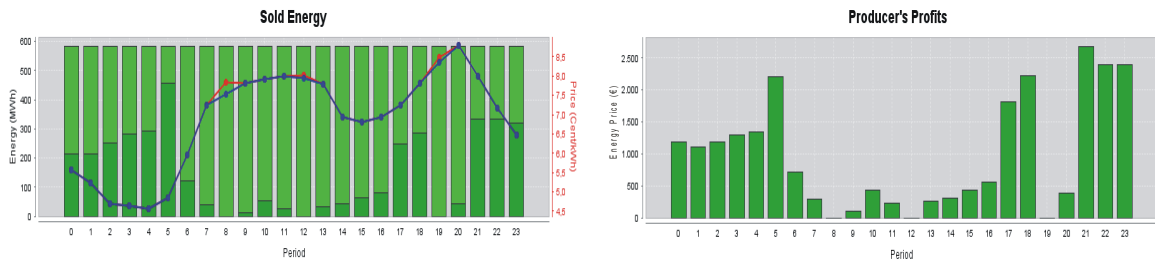
A cada simulação, é atribuída a mesma estratégia de previsão de preço de mercado, que utiliza a regressão linear, considerando todos os dias úteis entre 1 e 28 de Outubro de 2008, sendo atribuída à vez a cada um dos *Sellers* para competir com as estratégias gerais.

No Gráfico 5.16 verifica-se que os resultados obtidos nesta simulação são muito semelhantes aos anteriores. No Anexo XI verifica que esta estratégia permitiu obter melhores resultados quando atribuída ao *Seller1*, este volta a conseguir o maior lucro (34.738,21€), vendendo 70,81% da sua capacidade total (7200MWh).

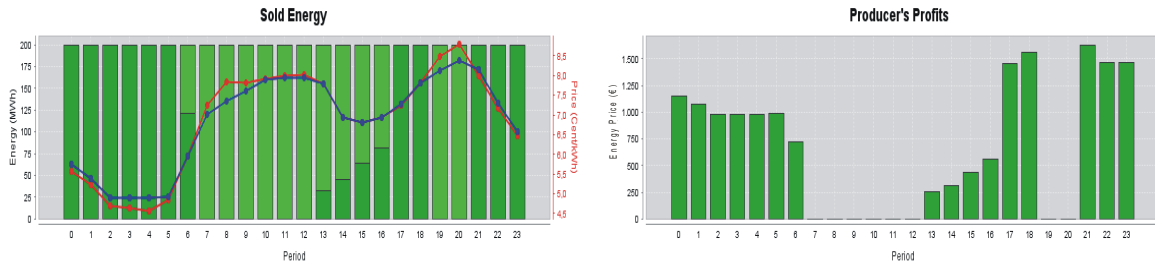
#### *Seller1*



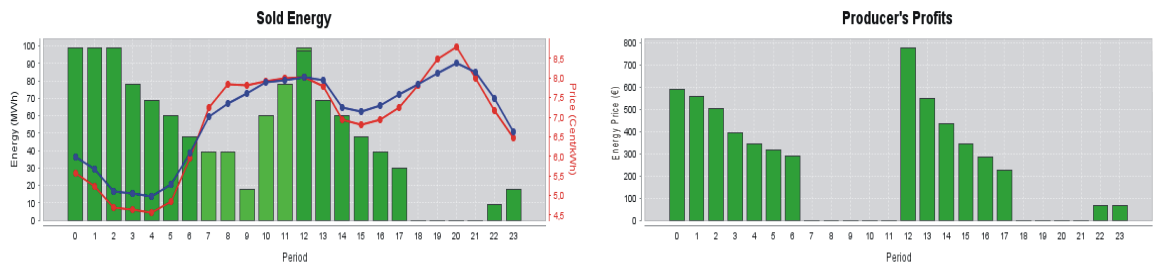
### Seller2



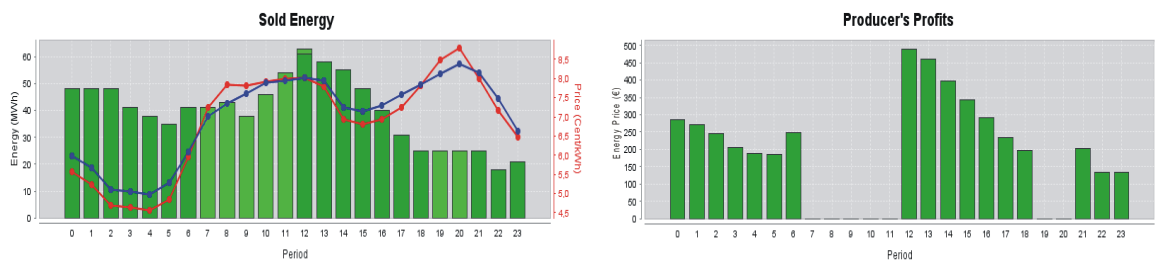
### Seller3



### VPP1



### VPP2



**Gráfico 5.16: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os Sellers em cada período da simulação 3.** O Seller2 é o agente com segundo melhor desempenho, aproxima-se do valor do preço de mercado com um erro associado de 0,3%, o mais baixo de todos. Este Seller é o que consegue vender menor percentagem de energia (26,8%) de um total de 14.016MWh de capacidade, obtendo um lucro de 23.914,78€.

O Seller3 consegue vender 53% de 4.800MWh de capacidade. Contudo este Seller obtêm um lucro inferior aos Seller1 e Seller2, (16.316,77€). Os VPP1 e o VPP2 têm um comportamento e resultados muito semelhantes com um desempenho inferior aos restantes agentes. O VPP1 consegue vender

79,62% da sua capacidade, obtendo um lucro de 5.964,10€, enquanto o *VPP2* só consegue um lucro de 4.620,27€, com a venda de 71,31% da sua capacidade.

### 5.3.4. Estratégia 4

Os diagramas da Figura 5.10 apresentam as cinco simulações realizadas no MASCEM, que vão ser analisadas neste capítulo.

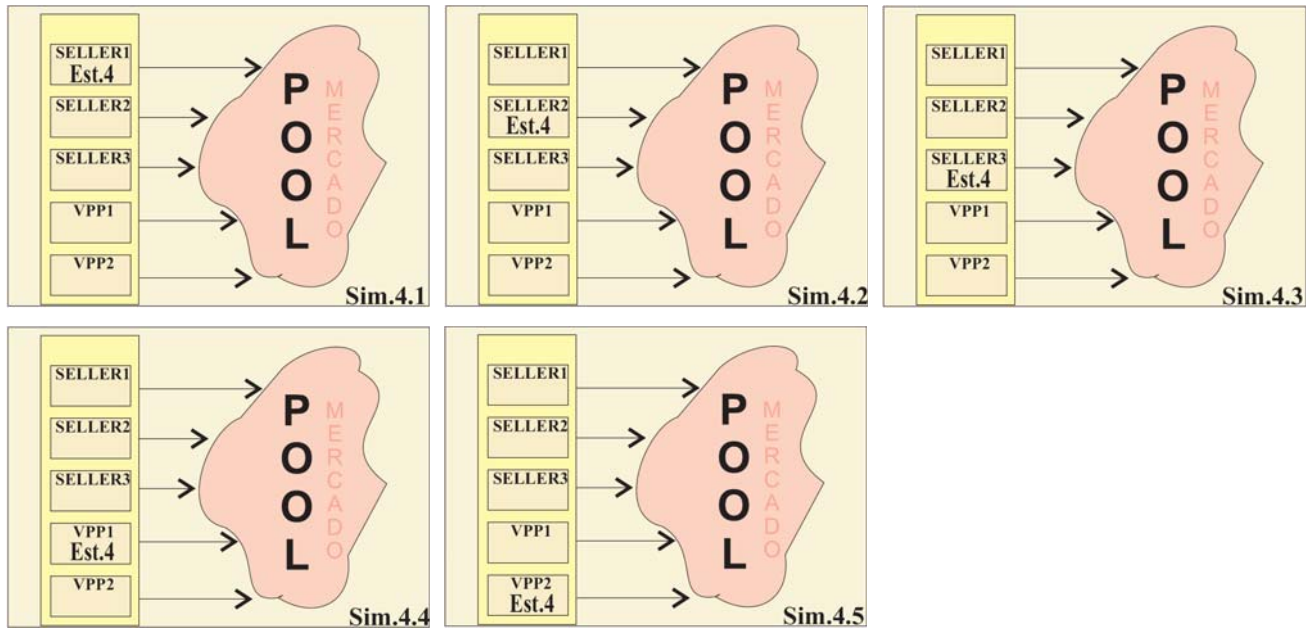
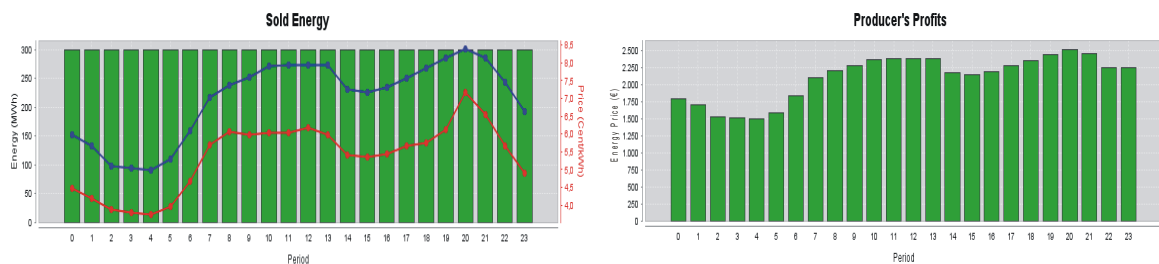


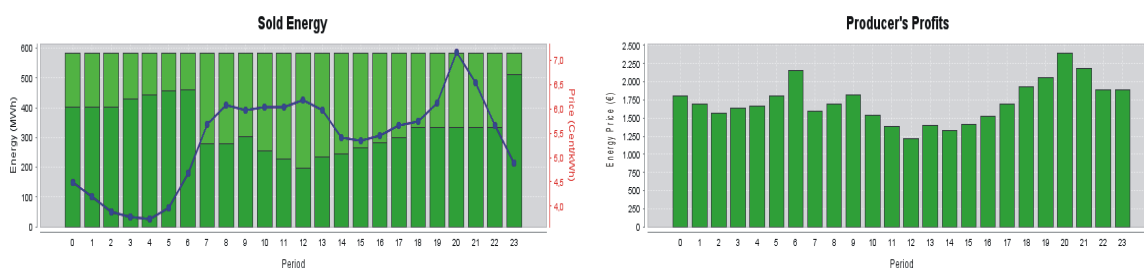
Figura 5.10: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 4, (Caso de estudo 2).

Neste ponto foram efectuadas cinco simulações, utilizando todas a mesma estratégia de previsão de preço de mercado, que consiste na média ponderada de todos os dias úteis entre 1 a 28 de Outubro de 2008, atribuindo-a à vez a cada um dos *Sellers* para competir com as estratégias gerais.

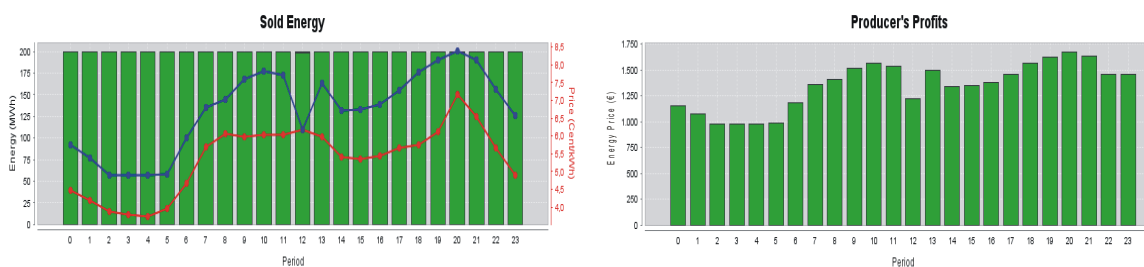
#### *Seller1*



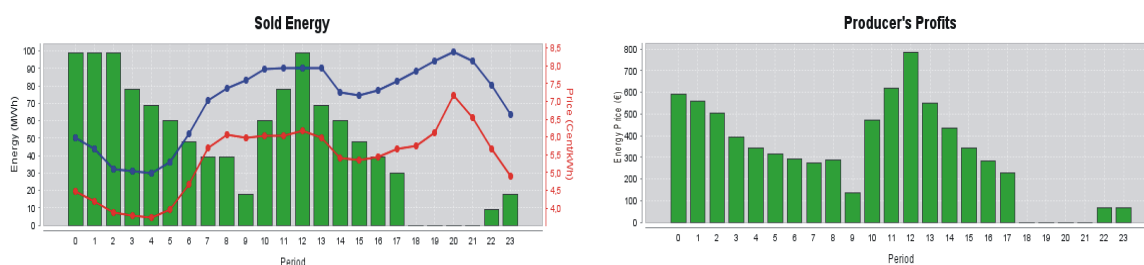
### Seller2



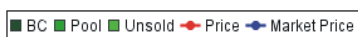
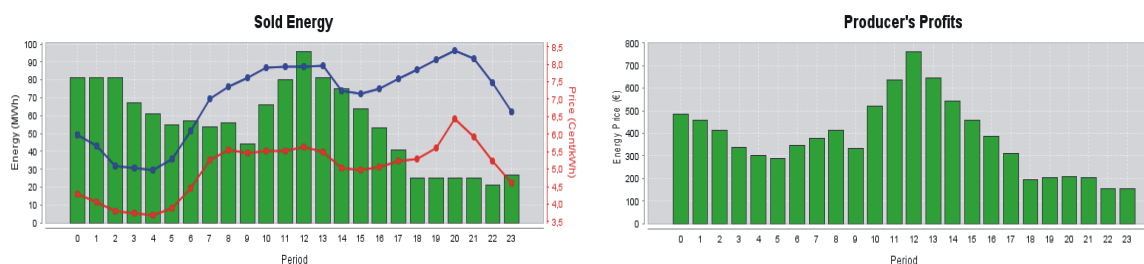
### Seller3



### VPP1



### VPP2



**Gráfico 5.17: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os Sellers em cada período da simulação 4.**

No Gráfico 5.17 pode verificar que nestas simulações houve um aumento da quantidade de energia transaccionada relativamente às simulações anteriores, aumentando assim o valor global do mercado. No Anexo XII pode verificar que o *Seller1* volta a ser o agente com melhores resultados conseguindo vender 100% de 7.200MWh de capacidade, obtendo um lucro de 50.326,14€.

O *Seller2* volta a ser o segundo agente com maior lucro (41.981,48€), embora o *Seller3* tenha conseguido vender maior percentagem de energia (99,96%).

### 5.3.5. Estratégia 5

Os diagramas da Figura 5.11 apresentam as cinco simulações realizadas no MASCEM, que vão ser analisadas neste capítulo.

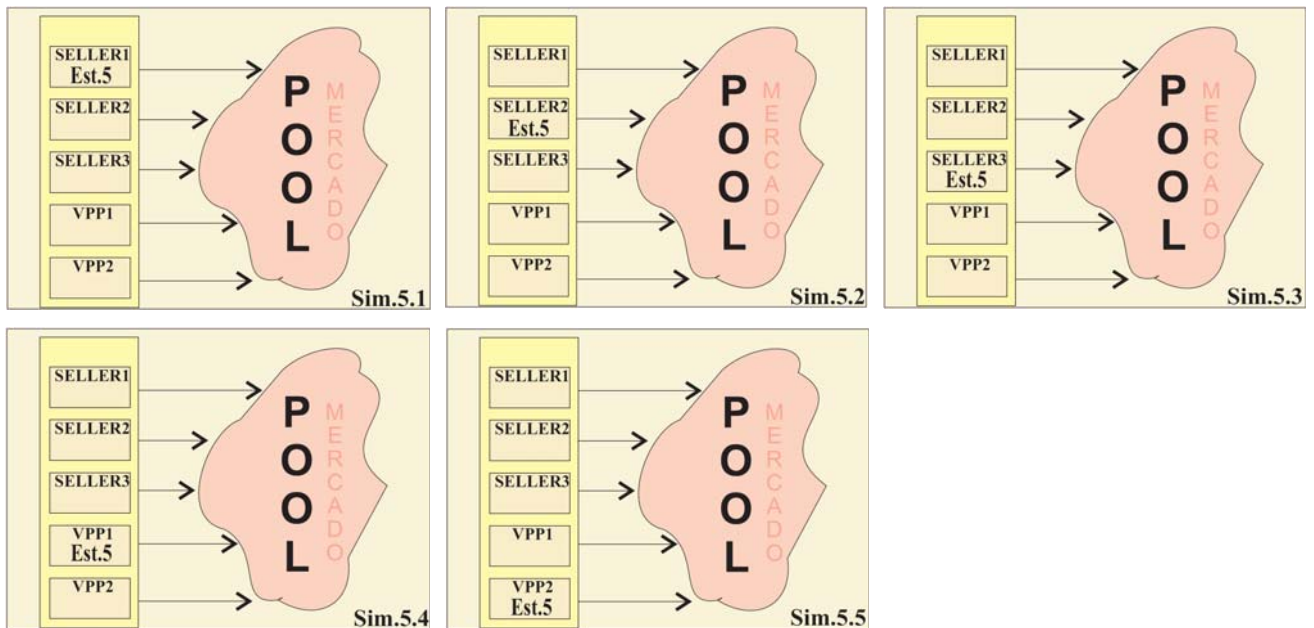
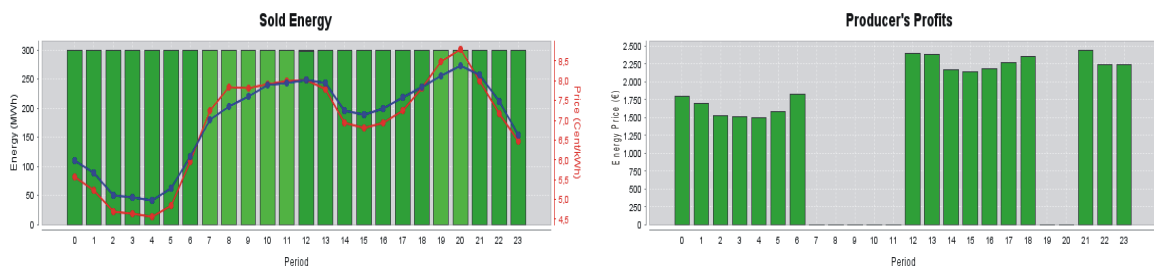


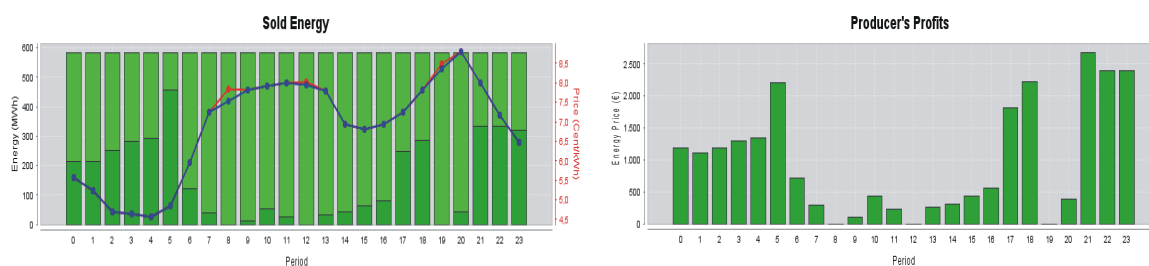
Figura 5.11: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 5, (Caso de estudo 2).

Neste ponto foram efectuadas cinco simulações, utilizando em todas a mesma estratégia de previsão de preço de mercado que recorre á estratégia de regressão linear, considerando os últimos sete dias úteis, entre 20 e 28 de Outubro de 2008, atribuindo-a à vez a cada um dos *Sellers* de forma a competir com as estratégias gerais.

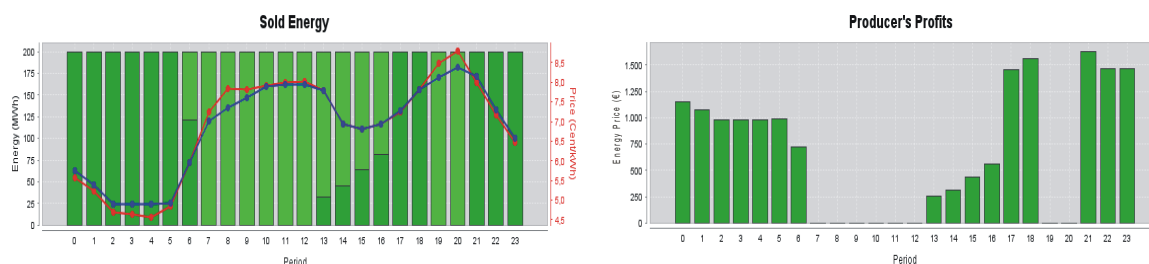
#### *Seller1*



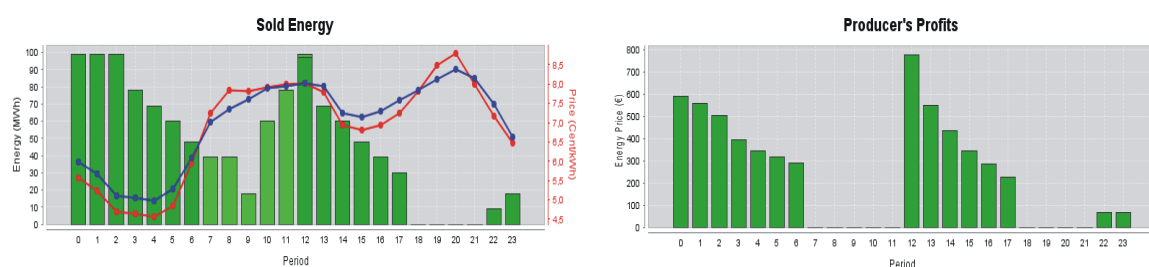
### Seller2



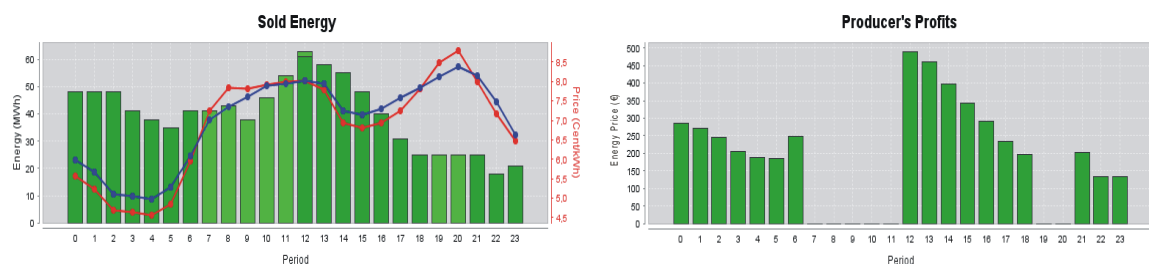
### Seller3



### VPP1



### VPP2



■ BC ■ Pool ■ Unsold ■ Price ■ Market Price

■ Costs ■ Profits

**Gráfico 5.18: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os Sellers em cada período da simulação 5.**

No Gráfico 5.18 pode verificar que os resultados obtidos nesta simulação são muito semelhantes aos resultados obtidas na Estratégia 3. No Anexo XIII pode verificar que esta estratégia voltou a ter melhores resultados quando atribuída ao Seller1, este volta a conseguiu maior lucro (34.755,91€), vendendo 70,81% da sua capacidade total (7200MWh).

O Seller2 é o agente com segundo melhor desempenho, aproxima-se dos valores do preço de mercado com uma diferença de 0,3%, a mais baixa de todos. Este Seller é o que consegue vender

menor percentagem de energia (26,8%) de um total de 14.016MWh, obtendo assim um lucro de 23.914,78€.

O *Seller3* consegue vender 53% de 4.800MWh de capacidade mas obtêm um lucro inferior aos *Seller1* e *Seller2*, (16.300,54€). Os *VPP1* e o *VPP2* tem um comportamento e resultados muito semelhantes com um desempenho inferior aos restantes agentes. O *VPP1* consegue vender 79,62% da sua capacidade, conseguindo um lucro de 5.964,10€, enquanto o *VPP2* só consegue um lucro de 4.620.27€, com a venda de 71,31% da sua capacidade.

#### 5.4. MASCEM – 3º caso de estudo.

No decorrer das simulações anteriores verificou-se que o valor previsto para oferta resultante das cinco estratégias, se aproximavam muito do preço de mercado verificado em cada simulação, na grande maioria a oferta ficava ligeiramente acima do preço de mercado, cerca de 0,5€. Assim, este terceiro caso de estudo surge no sentido de testar novamente as estratégias mas desta vez tirando 0,5€ ao valor da oferta em cada período. Importa salientar que nestas condições, se obtêm um valor global de mercado mais baixo, uma vez que as ofertas serão mais baixas.

De forma a verificar se esta alteração produz melhores resultados, a análise de resultados é feita comparando os valores obtidos nesta simulação, com os valores obtidos para o caso de estudo 2, na simulação que utiliza a mesma estratégia sem a diminuição de 0,5€.

##### 5.4.1. Estratégia 1 (-0,5)

Os diagramas da Figura 5.12 apresentam as cinco simulações realizadas no MASCEM, que vão ser analisadas neste capítulo.

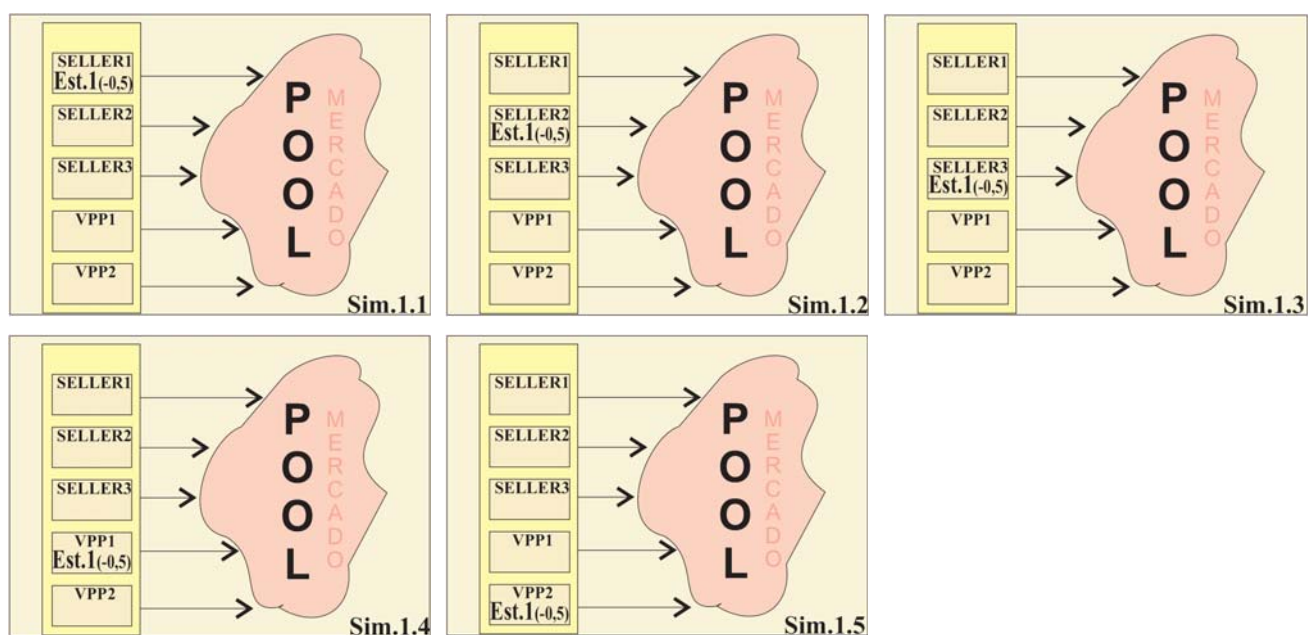
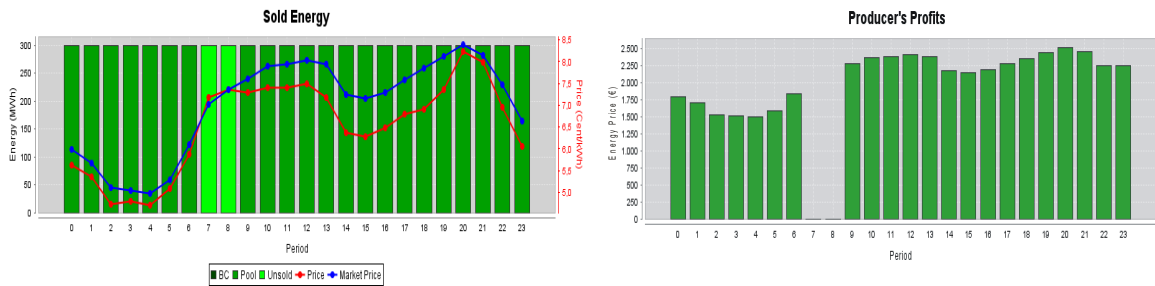


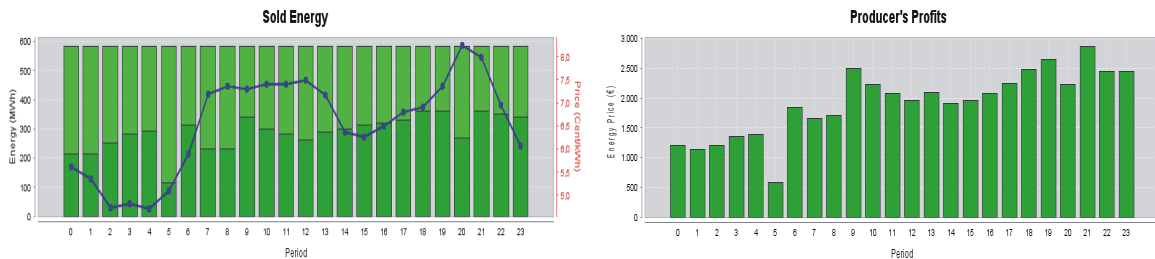
Figura 5.12: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 1(-0,5), (Caso de estudo 3).

Neste ponto foram efectuadas cinco simulações no MASCEM, utilizando em todas a mesma estratégia de previsão de preço de mercado, com base na média ponderada de todas as quartas-feiras do mês de Outubro de 2008, subtraindo a todos os períodos 0,5€/MWh. A estratégia é atribuída alternadamente a cada um dos *Sellers* para competir com as estratégias do cenário inicial.

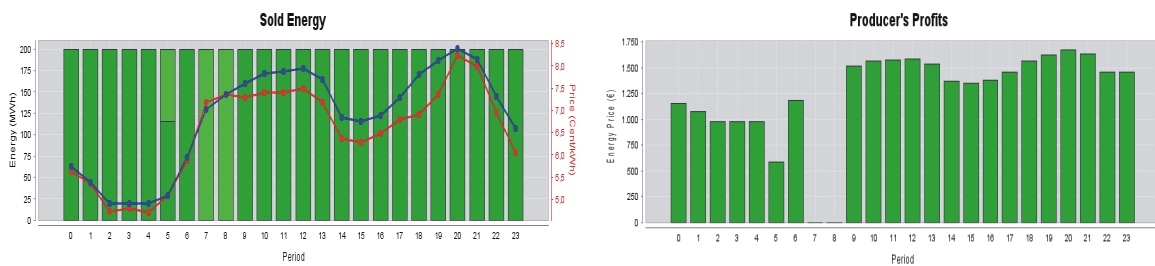
### Seller1



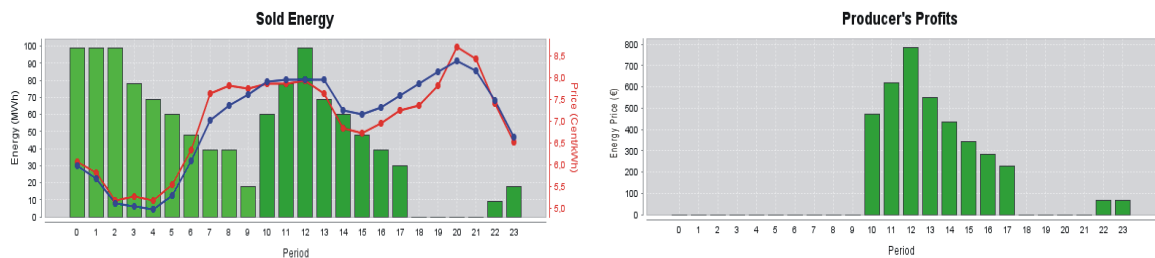
### Seller2



### Seller3



### VPP1



## VPP2



Gráfico 5.19: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os *Sellers* em cada período da simulação 1.

No Gráfico 5.19 estão apresentados os resultados obtidos nas cinco simulações.

Para facilitar a análise, na Tabela 5.2 foram compilados os dados mais relevantes para comparação do desempenho dos diferentes *Sellers*.

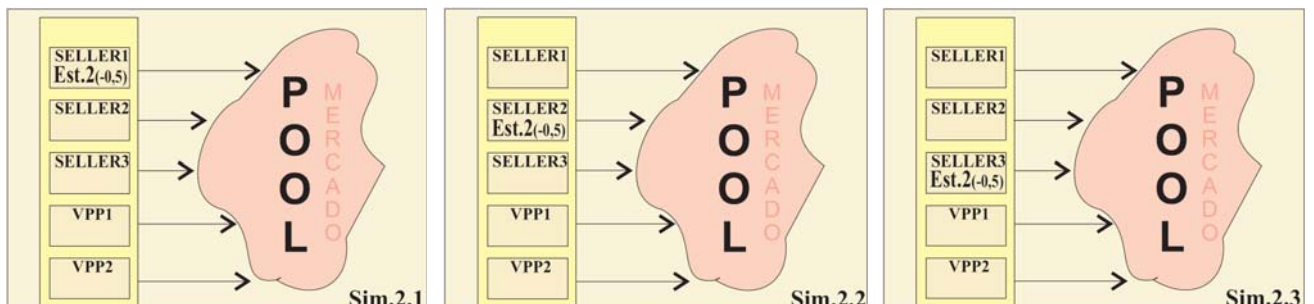
	Estratégia 1(-0,5)			Estratégia 1		
	Capacidade (MWh)	Lucro (€)	Energia vendida (%)	Capacidade (MWh)	Lucro (€)	Energia vendida (%)
Seller 1	7.200	46.421,10	91,67	7200	25.341,61	45,81
Seller 2	14.016	46.003,47	49,4	14.016	14.693,15	14,2
Seller 3	4.800	29.848,74	89,9	4.800	9704,71	26,73
VPP1	1.158	7.184,78	93,26	1.158	3.468,42	38,69
VPP2	955	6.085,93	91,2	955	3.361,09	45,65

Tabela 5.2: Comparação dos resultados obtidos com a Estratégia 1 e a Estratégia 1(-0,5).

Analisando os resultados facilmente se verifica que com a alteração efectuada aos valores das ofertas, todos os *Sellers* tiveram um desempenho superior. O lucro aumentou de 44 a 68% e a percentagem de energia vendida também aumentou bastante para todos os *Sellers*, cerca de 40 a 70%, Anexo XIV.

### 5.4.2. Estratégia 2 (-0,5)

Os diagramas da Figura 5.13 apresentam as cinco simulações realizadas no MASCEM, que vão ser analisadas neste capítulo.



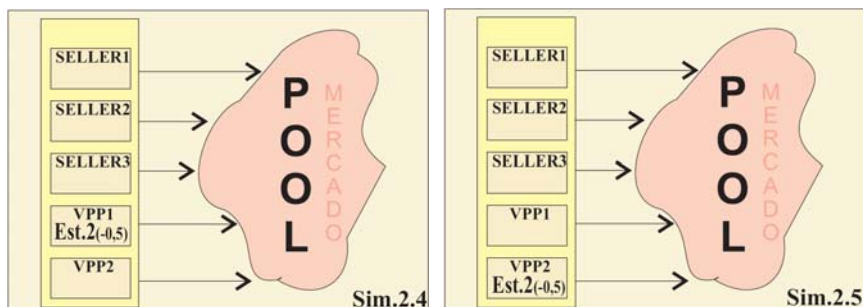
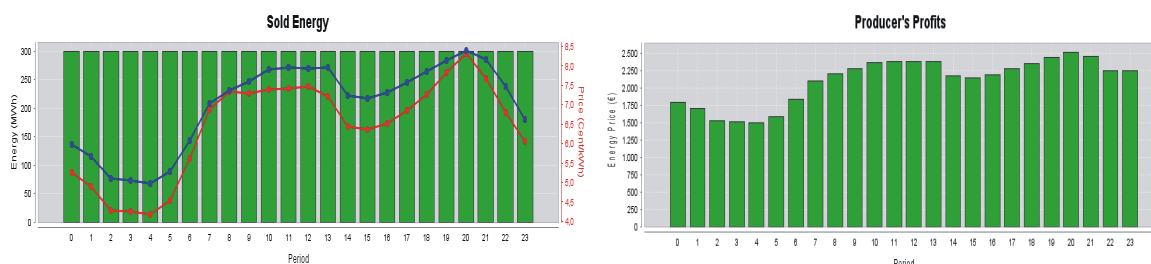


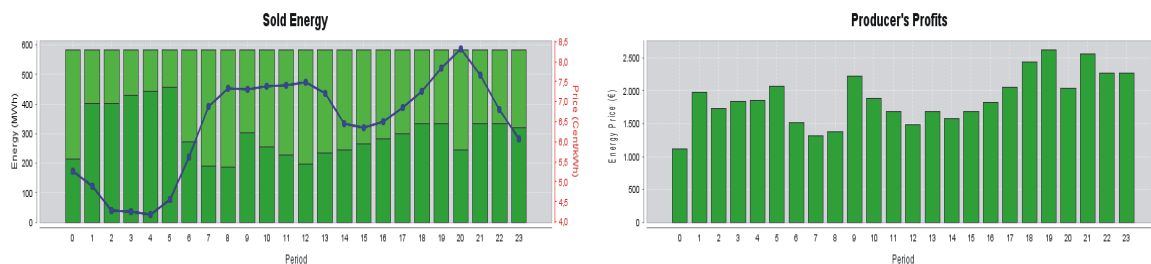
Figura 5.13: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 2(-0,5), (Caso de estudo 3).

Neste ponto foram efectuadas cinco simulações no MASCEM, utilizando em todas a mesma estratégia de previsão de preço de mercado, que consiste na média ponderada dos últimos sete dias úteis do mês, entre o dia 20 e o dia 28 de Outubro de 2008, subtraindo a todos os períodos 0,5€/MWh. A estratégia é atribuída alternadamente a cada um dos *Sellers* para competir com as estratégias do cenário inicial.

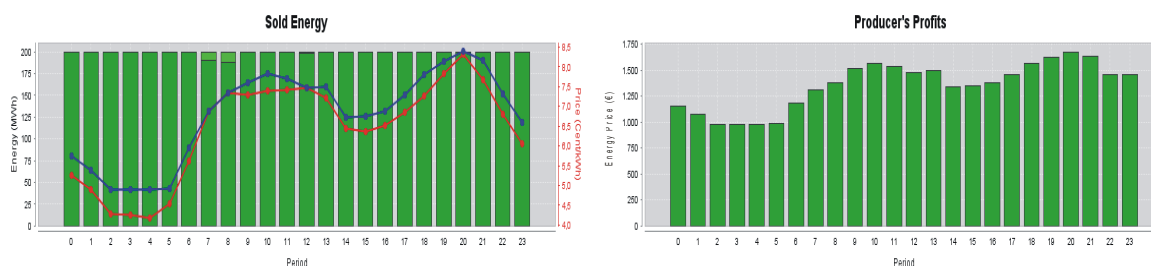
### Seller1



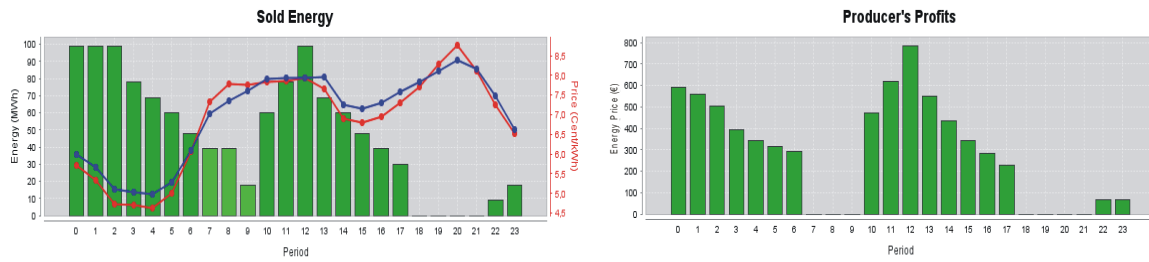
### Seller2



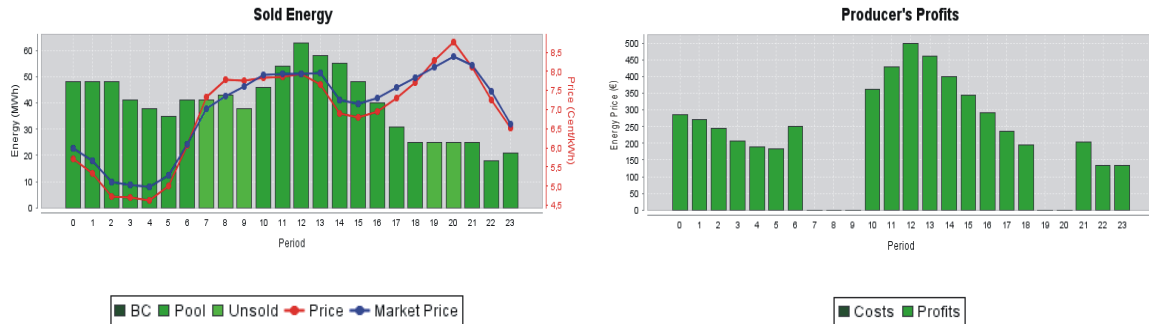
### Seller3



## VPP1



## VPP2



**Gráfico 5.20: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os *Sellers* em cada período da simulação 2.**

No Gráfico 5.20 estão representados os resultados obtidos nas cinco simulações.

Encontram-se compilados os dados mais relevantes para comparação do desempenho dos diferentes *Sellers* na Tabela 5.3.

	Estratégia 2(-0,5)			Estratégia 2		
	Capacidade (MWh)	Lucro (€)	Energia vendida (%)	Capacidade (MWh)	Lucro (€)	Energia vendida (%)
Seller 1	7.200	50.329,14	100	7200	35.289,61	70,81
Seller 2	14.016	44.949,75	51,42	14.016	19.897,15	21,3
Seller 3	4.800	31.294,11	95,33	4.800	12.071,11	38,44
VPP1	1.158	7.690,11	100	1.158	6.801,28	87,42
VPP2	955	6.637,48	100	955	4.967,05	74,87

**Tabela 5.3: Comparação dos resultados obtidos com a Estratégia 2 e a Estratégia 2(-0,5).**

Analisando os resultados facilmente se verifica que com a alteração efectuada ao valor das ofertas, todos os *Sellers* viram os seu proveito aumentar. O lucro aumentou de 25 a 61% e a percentagem de energia vendida também aumentou para todos os *Sellers*, embora os aumentos não tenham sido tão elevados como nas simulações anteriores onde se utilizou a Estratégia 1(-0,5). Contudo também esta estratégia permitiu aos *Sellers* aumentar o lucro entre 12 e 59%, Anexo XV.

### 5.4.3. Estratégia 3 (-0,5)

Os diagramas da Figura 5.14 apresentam as cinco simulações realizadas no MASCEM, que vão ser analisadas neste capítulo.

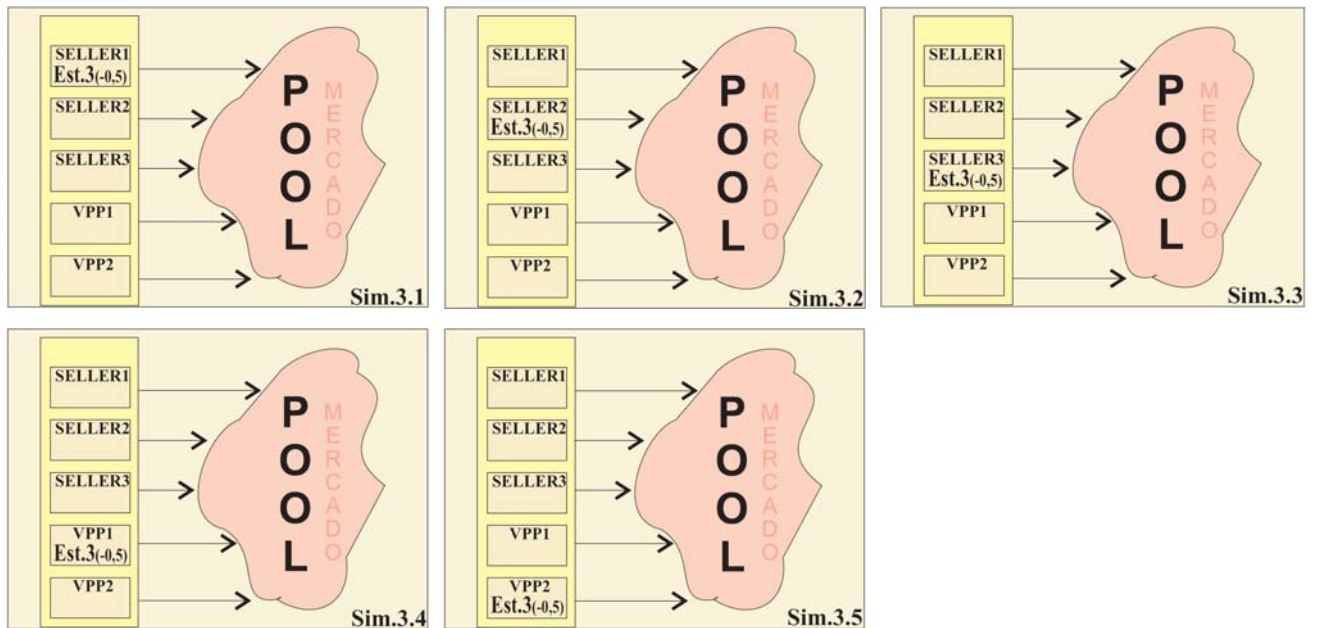
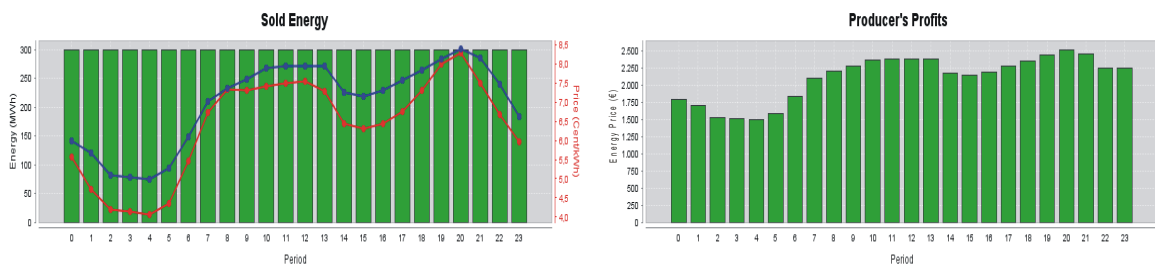


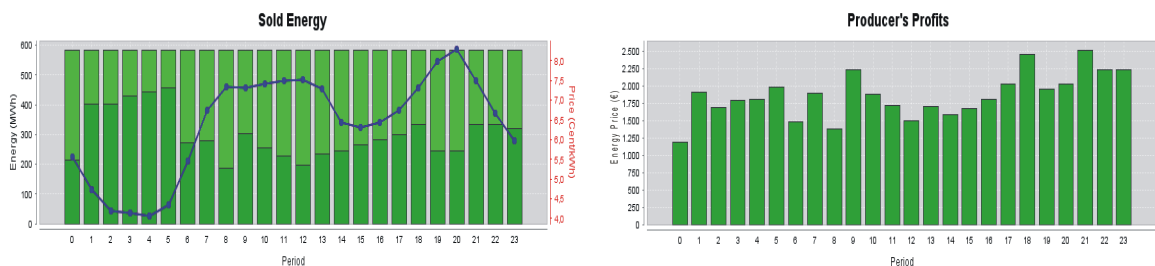
Figura 5.14: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 3(-0,5), (Caso de estudo 3).

Foram efectuadas cinco simulações no MASCEM, utilizando em todas a mesma estratégia de previsão de preço de mercado, que utiliza a regressão linear, considerando todos os dias úteis entre 1 a 28 de Outubro de 2008, subtraindo a todos os períodos 0,5€/MWh. A estratégia é atribuída alternadamente a cada um dos *Sellers* para competir com as estratégias do cenário inicial.

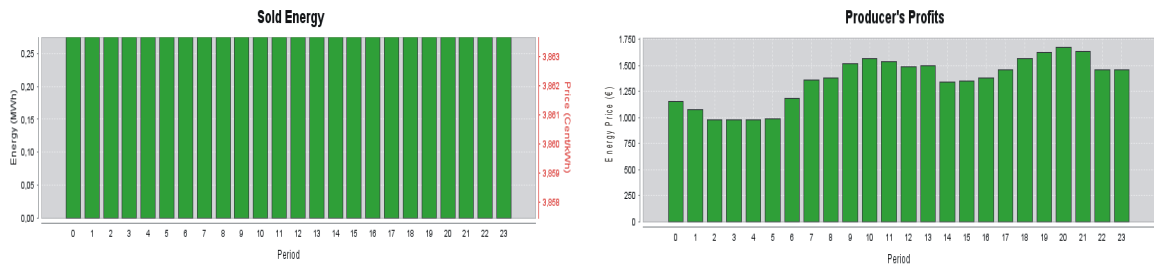
### Seller1



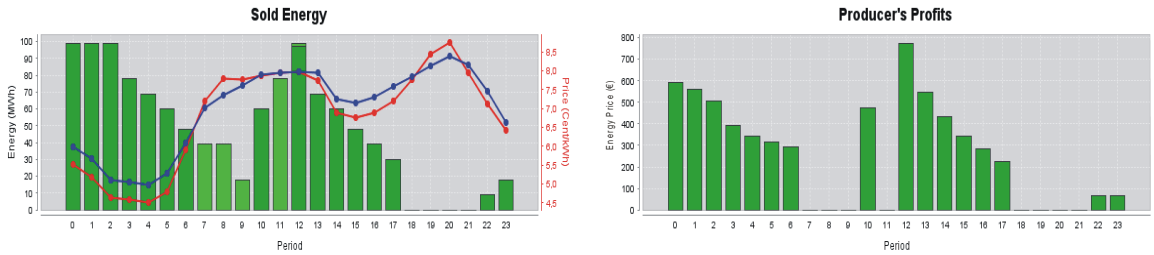
### Seller2



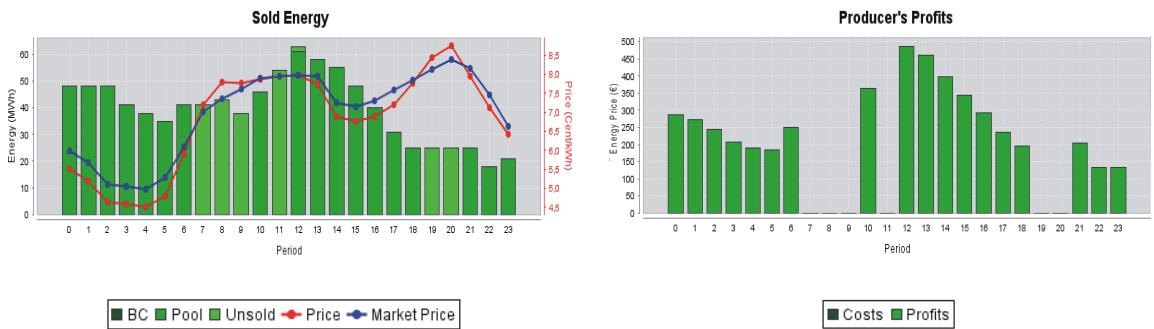
### Seller3



### VPP1



### VPP2



**Gráfico 5.21: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os Sellers em cada período da simulação 3.**

No Gráfico 5.21 estão representados os resultados obtidos nas cinco simulações.

Analisando os resultados da Tabela 5.4, verifica-se que alterando o valor das ofertas, todos os Sellers tiveram um desempenho superior, cerca de 22 a 49% de aumento no lucro obtido. A percentagem de energia vendida também aumentou para todos os Sellers, cerca de 20 a 47%,(ver Anexo XVI).

	Estratégia 3(-0,5)			Estratégia 3		
	Capacidade (MWh)	Lucro (€)	Energia vendida (%)	Capacidade (MWh)	Lucro (€)	Energia vendida (%)
Seller 1	7.200	50.324,34	100	7200	34.738,21	70,81
Seller 2	14.016	44.524,85	51,42	14.016	23.914,78	26,8
Seller 3	4.800	32.311,62	99,71	4.800	16.316,77	53,04
VPP1	1.158	7.694,74	100	1.158	5.964,10	79,62
VPP2	955	6.637,89	100	955	4.620,27	70,94

**Tabela 5.4: Comparação dos resultados obtidos com a Estratégia 3 e a Estratégia 3(-0,5).**

#### 5.4.4. Estratégia 4 (-0,5)

Os diagramas da Figura 5.15 apresentam as cinco simulações realizadas no MASCEM, que vão ser analisadas neste capítulo.

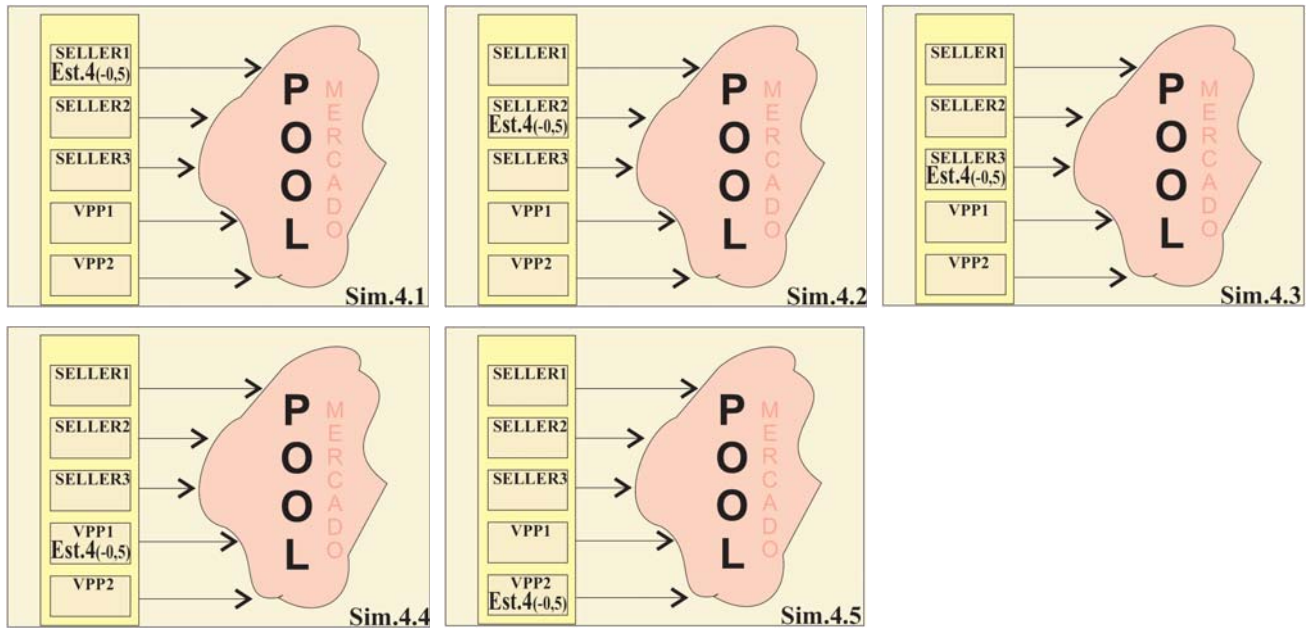
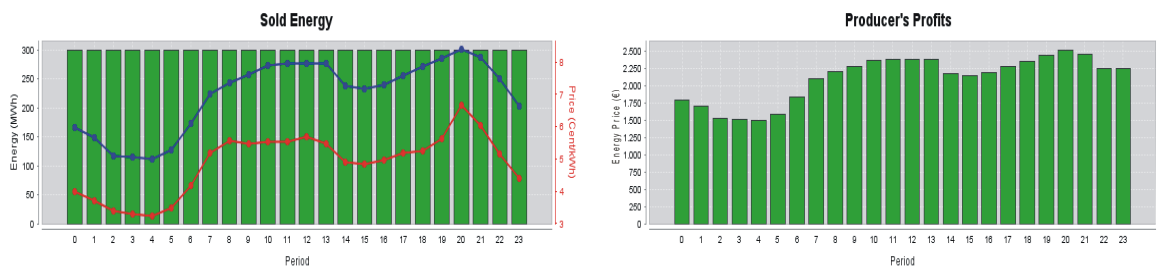


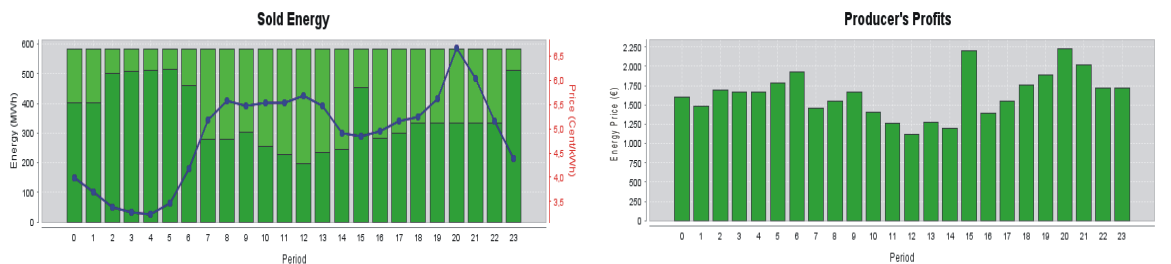
Figura 5.15: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 4(-0,5), (Caso de estudo 3).

Foram efectuadas cinco simulações no MASCEM, utilizando em todas a mesma estratégia de previsão de preço de mercado, com base na média ponderada de todos os dias úteis entre 1 a 28 de Outubro de 2008, subtraindo a todos os períodos 0,5€/MWh. A estratégia é atribuída alternadamente a cada um dos *Sellers* para competir com as estratégias do cenário inicial.

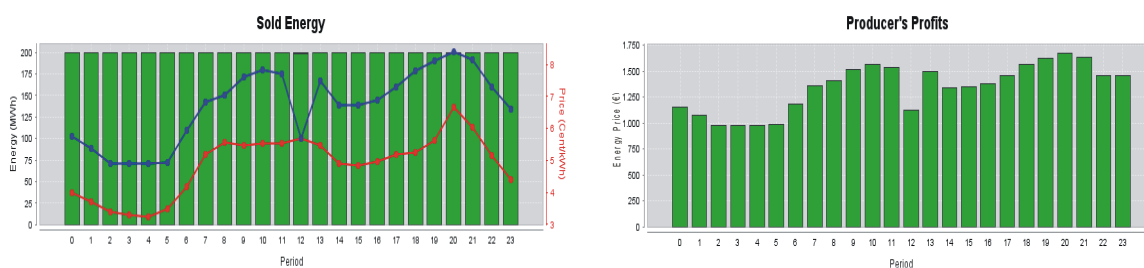
#### *Seller1*



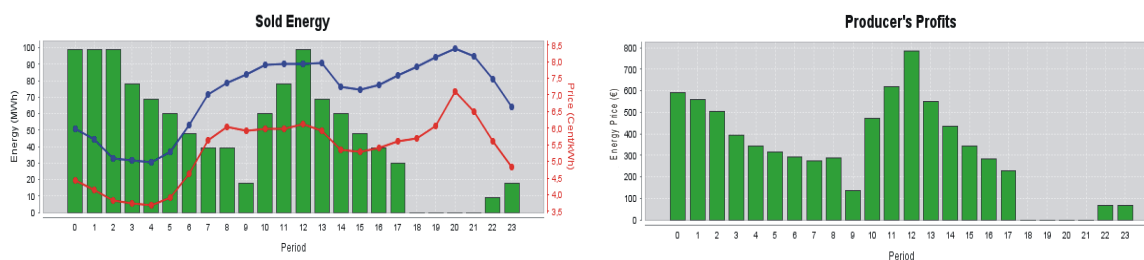
#### *Seller2*



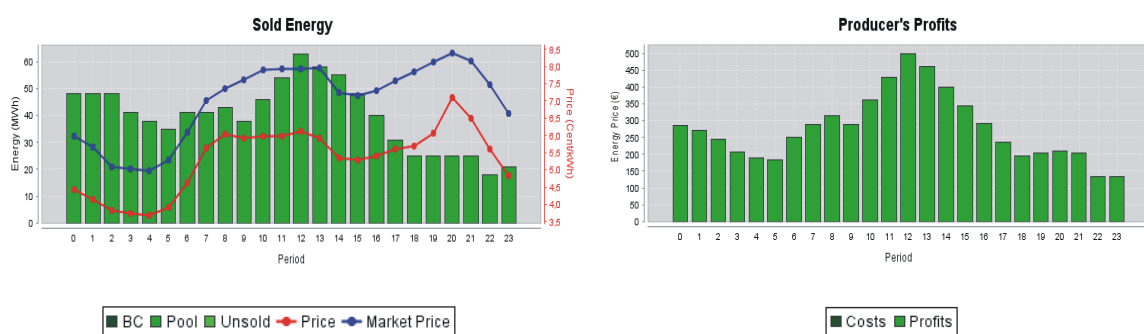
### Seller3



### VPP1



### VPP2



**Gráfico 5.22: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os Sellers em cada período da simulação 4.**

No Gráfico 5.22 estão representados os resultados obtidos nas cinco simulações.

Analisando a Tabela 5.5, verifica-se que os resultados obtidos nesta simulação contrariam a tendência dos anteriores. Neste caso a nova estratégia não trouxe vantagens relativamente à inicial, uma vez que a estratégia inicial já tinha permitido obter bons resultados. Aplicada ao *Seller1*, a estratégia com menos 0,5€, não permitiu qualquer alteração de resultados. Aplicada ao *Seller2*, quando comparada com a estratégia original, a estratégia com menos 0,5€ obteve um lucro menor, embora este *Seller* tenha vendido maior quantidade de energia. Isto deve ao facto de o valor de licitação ter sido menor quando comparado com a estratégia original. Uma vez que a estratégia original, permitiu ao *Seller* obter maior lucro, com menor quantidade de energia vendida.

Aplicada ao *Seller3* a nova estratégia permitiu obter um lucro ligeiramente inferior ao inicial. O *VPP1* foi o único *Seller* que conseguiu obter um ligeiro aumento no lucro e o *VPP2* não sofreu alterações nos resultados obtidos, Anexo XVII.

	Estratégia 4(-0,5)			Estratégia 4		
	Capacidade (MWh)	Lucro (€)	Energia vendida (%)	Capacidade (MWh)	Lucro (€)	Energia vendida (%)
Seller 1	7.200	50.326,14	100	7200	50.326,14	100
Seller 2	14.016	40.364,26	61,54	14.016	41.981,58	57,41
Seller 3	4.800	32.131,55	99,96	4.800	32.241,42	99,96
VPP1	1.158	7.750,11	100	1.158	7.689,63	100
VPP2	955	6.637,48	100	955	6.637,48	100

Tabela 5.5: Comparação dos resultados obtidos com a Estratégia 4 e a Estratégia 4(-0,5).

#### 5.4.5. Estratégia 5 (-0,5)

Os diagramas da Figura 5.16 apresentam as cinco simulações realizadas no MASCEM, que vão ser analisadas neste capítulo.

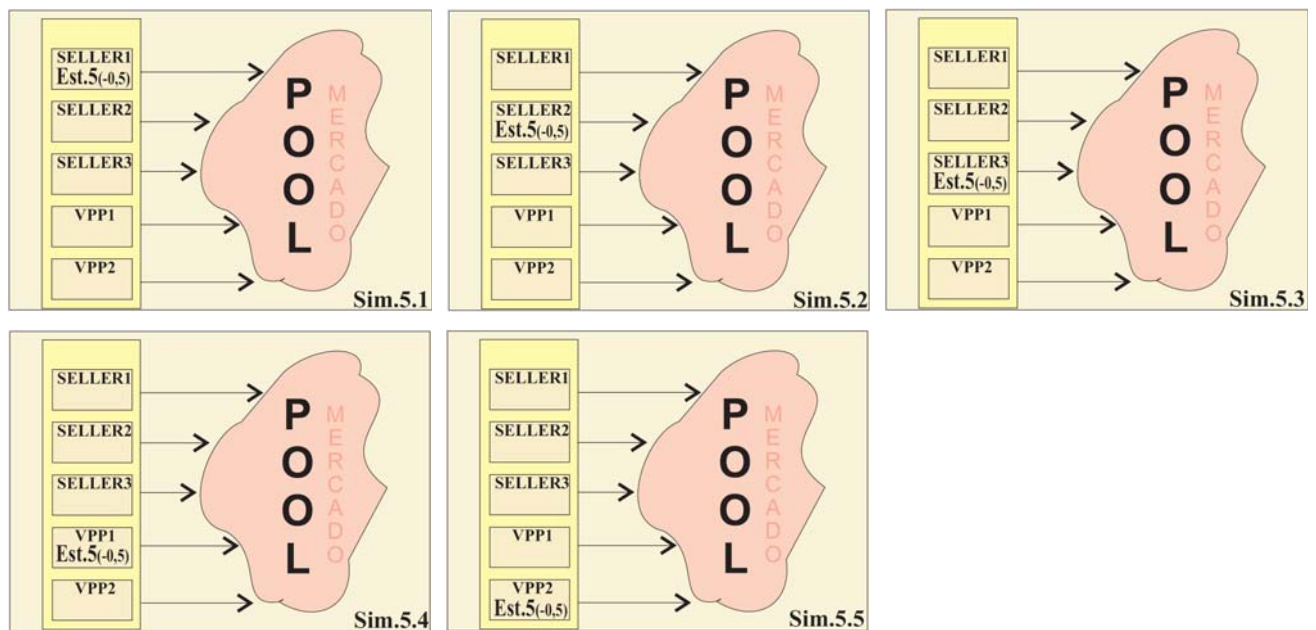
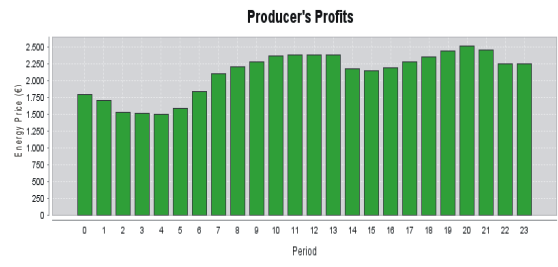
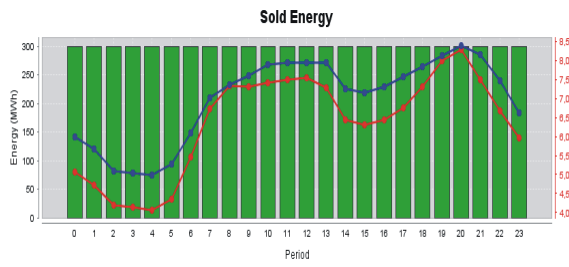


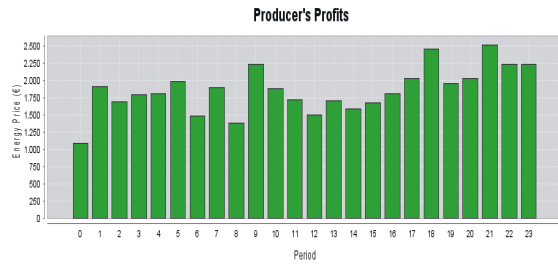
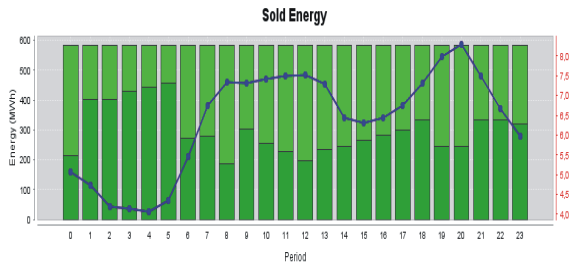
Figura 5.16: Diagrama representativo das cinco simulações que utilizam a Estratégia 5(-0,5), (Caso de estudo 3).

Foram efectuadas cinco simulações no MASCEM, utilizando em todas a mesma estratégia de previsão de preço de mercado, com base na regressão linear, considerando os últimos sete dias úteis, entre 20 e 28 de Outubro de 2008, subtraindo a todos os períodos 0,5€/MWh. A estratégia é atribuída alternadamente a cada um dos *Sellers* para competir com as estratégias do cenário inicial.

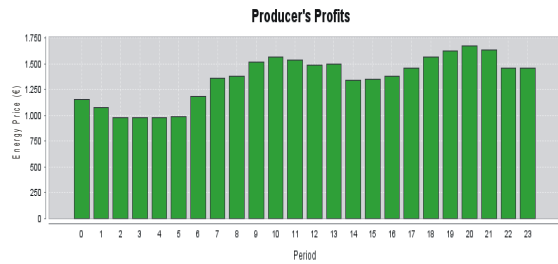
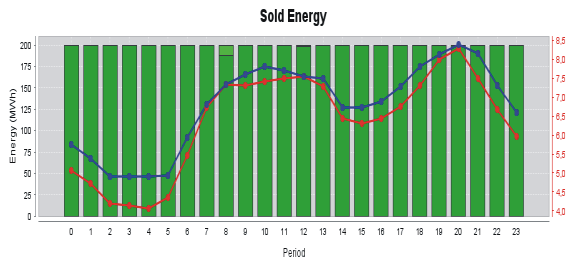
### Seller1



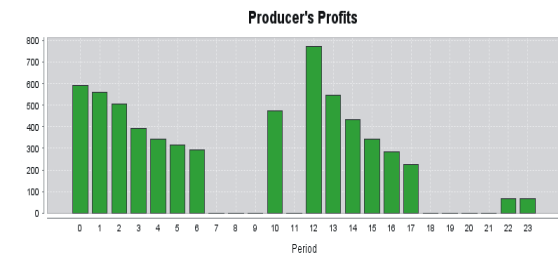
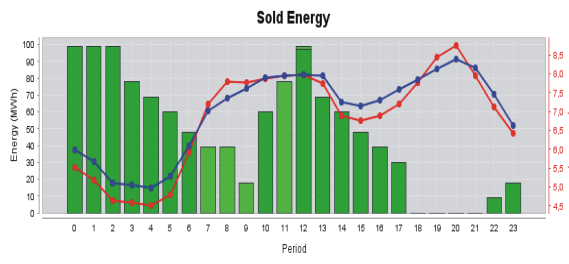
### Seller2



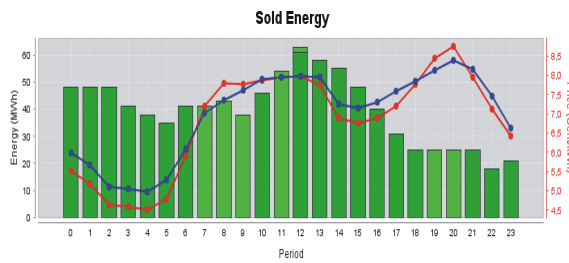
### Seller3



### VPP1



### VPP2



■ BC ■ Pool ■ Unsold ● Price ● Market Price

■ Costs ■ Profits

**Gráfico 5.23: Quantidade, preço da energia vendida e lucro de todos os Sellers em cada período da simulação 5, [MASCEM].**

No Gráfico 5.23 estão representados os resultados obtidos nas cinco simulações.

Analisando os dados da Tabela 5.6, verifica-se que com a alteração efectuada aos valores das ofertas, todos os *Sellers* tiveram um desempenho superior, cerca de 30 a 49% de aumento no lucro obtido. A percentagem de energia vendida também aumentou para todos os *Sellers*, cerca de 20 a 47%, Anexo XVIII.

	Estratégia 5(-0,5)			Estratégia 5		
	Capacidade (MWh)	Lucro (€)	Energia vendida (%)	Capacidade (MWh)	Lucro (€)	Energia vendida (%)
Seller 1	7.200	50.326,17	100	7200	34.755,91	70,81
Seller 2	14.016	44.323,35	51,42	14.016	23.914,78	26,8
Seller 3	4.800	32.494,32	99,71	4.800	16.300,54	53
VPP1	1.158	7.689,63	100	1.158	5.964,10	79,62
VPP2	955	6.637,48	100	955	4.620,27	71,31

Tabela 5.6: Comparação dos resultados obtidos com a Estratégia 5 e a Estratégia 5(-0,5).

### 5.5. Análise integrada de resultados relativos aos Caso de estudo 1, 2 e 3

Após a análise dos resultados obtidos em cada um dos casos de estudo, chegou-se às seguintes conclusões:

No **caso de estudo 1** verificou-se que o agente que utiliza como estratégia os resultados obtidos na rede neuronal, conseguiu no global, vender maior quantidade de energia do que os restantes agentes, que utilizaram as estratégias de média e regressão, embora este agente não tenha tido sempre o maior lucro. Verificou-se também que, ao contrário da NN, as restantes estratégias, permitem aos agentes, que as suas ofertas em todas as simulações, se aproximem o preço de mercado, estando ligeiramente acima deste, em cerca de 0.5€.

A estratégia que recorre à média ponderada de todos os dias úteis entre 1 e 28 de Outubro de 2008 é, das 5 estratégias, a que permitiu ao agente obter melhores resultados quer na quantidade de energia vendida, quer na aproximação ao preço de mercado verificado em cada simulação.

Quando se atribuem as cinco estratégias aos cinco *Sellers* verificou-se que, ao competirem entre si, a estratégia que recorre à média ponderada entre 1 e 28 de Outubro de 2008, que foi aleatoriamente atribuída ao *VPP1*, permitiu ao agente vender 100% da sua capacidade. Contudo, o valor da oferta não lhe permitiu vender ao melhor preço, ficando assim ligeiramente abaixo do preço de mercado e não obtendo o máximo proveito possível. O *Seller2*, que recorreu à média ponderada dos últimos 7 dias úteis entre 20 e 28 de Outubro de 2008, foi o agente que se aproximou mais do preço de mercado e obteve o lucro mais elevado vendendo menor quantidade de energia.

No **caso de estudo 2** foram avaliados os desempenhos de cada agente atribuindo a todos eles cada uma das estratégias de média e regressão. Verificou-se que o *Seller1* é o agente que obtém melhores resultados independentemente da estratégia que lhe é atribuída. Contudo a estratégia com que este agente obtém melhores resultados é a que utiliza a média ponderada de todos os dias úteis entre 1 e 28 de Outubro de 2008, conseguindo um lucro de 98663.58€ ao mesmo tempo que vendeu 100% da sua capacidade e que conseguiu também acompanhar linearmente o preço de mercado.

No **caso de estudo 3** foram atribuídas as estratégias de forma semelhante ao caso de estudo 2 mas retirando 0.5€ ao seu valor em cada período.

O *Seller1* voltou a ser o agente com melhores resultados independentemente da estratégia que utilizou. Na grande parte das simulações quase todos os agentes viram o seu lucro e a quantidade de energia vendida aumentar consideravelmente, assim como a aproximação ao preço de mercado. Contudo comparando os resultados destas simulações com os resultados do caso de estudo 2, verifica-se que para a mesma estratégia (média ponderada de todos os dias úteis entre 1 e 28 de Outubro de 2008), estratégia que nas simulações anteriores permitiu melhores prestações aos agentes, desta vez o *Seller1* não viu os seus resultados melhorados com a alteração do valor da oferta. Este agente manteve exactamente o mesmo lucro e quantidade de energia vendida.

Neste ensaio a estratégia que permitiu ao *Seller1* obter maior lucro foi a regressão linear considerando todos os dias úteis entre 1 e 28 de Outubro de 2008, embora quando comparada com a estratégia que utiliza a média ponderada de todos os dias úteis entre 1 e 28 de Outubro de 2008, a diferença no lucro é muito baixa, (10€).

Assim esta estratégia de média ponderada permitiu aos agentes especialmente ao *Seller1*, obter melhores desempenhos que as restantes, quer na quantidade de energia vendida, quer no lucro quer na forma linear como acompanha o preço de mercado, permitindo melhorar a oferta fazendo ligeiros ajustes no valor da oferta.

No seguimento da análise de resultado, foram compilados Tabela 5.7 todos os resultados obtidos pelos *Sellers* que utilizam as cinco estratégias de média ponderada e regressão linear, nos três casos de estudo realizados.

				Capacidade (MWh)	Lucro (€)	Energia vendida (%)	Lucro relativo à energia vendida (€/MWh)
Caso de estudo 1	Simulação 1	Estratégia 1	Seller 2	14.016,00	7.033,40	7,10	7,07
	Simulação 2	Estratégia 2	Seller 2	14.016,00	10.614,88	14,82	5,11
	Simulação 3	Estratégia 3	Seller 2	14.016,00	17.474,75	20,88	5,97
	Simulação 4	Estratégia 4	Seller 2	14.016,00	79.907,56	55,20	10,33
	Simulação 5	Estratégia 5	Seller 2	14.016,00	17.474,75	20,88	5,97
	Simulação 6	Estratégia 1	Seller 1	7.200,00	40.498,90	42,78	13,15
		Estratégia 2	Seller 2	14.016,00	67.317,49	32,33	14,85
		Estratégia 3	Seller 3	4.800,00	38.973,48	66,92	12,13
		Estratégia 4	VPP1	1.158,00	14.726,09	100,00	12,72
		Estratégia 5	VPP2	955,00	6.672,16	56,86	12,29
Caso de estudo 2	Simulação 1.1	Estratégia 1	Seller 1	7.200,00	25.341,61	45,81	7,68
	Simulação 1.2	Estratégia 1	Seller 2	14.016,00	14.693,15	14,20	7,38
	Simulação 1.3	Estratégia 1	Seller 3	4.800,00	9.704,71	26,73	7,56
	Simulação 1.4	Estratégia 1	VPP1	1.158,00	3.468,42	38,69	7,74
	Simulação 1.5	Estratégia 1	VPP2	955,00	3.361,09	45,65	7,71
	Simulação 2.1	Estratégia 2	Seller 1	7.200,00	35.289,61	70,81	6,92
	Simulação 2.2	Estratégia 2	Seller 2	14.016,00	19.897,15	21,30	6,66
	Simulação 2.3	Estratégia 2	Seller 3	4.800,00	12.071,11	38,44	6,54
	Simulação 2.4	Estratégia 2	VPP1	1.158,00	6.801,28	87,42	6,70
	Simulação 2.5	Estratégia 2	VPP2	955,00	4.967,05	74,87	6,95
	Simulação 3.1	Estratégia 3	Seller 1	7.200,00	34.738,21	70,81	6,81
	Simulação 3.2	Estratégia 3	Seller 2	14.016,00	23.914,78	26,80	6,37
	Simulação 3.3	Estratégia 3	Seller 3	4.800,00	16.316,77	53,04	6,41
	Simulação 3.4	Estratégia 3	VPP1	1.158,00	5.964,10	79,62	6,47
	Simulação 3.5	Estratégia 3	VPP2	955,00	4.620,27	70,94	6,78
	Simulação 4.1	Estratégia 4	Seller 1	7.200,00	7.200,00	100,00	1,00
	Simulação 4.2	Estratégia 4	Seller 2	14.016,00	8.047,00	57,41	1,00
	Simulação 4.3	Estratégia 4	Seller 3	4.800,00	4.798,00	99,96	1,00
	Simulação 4.4	Estratégia 4	VPP1	1.158,00	1.158,00	100,00	1,00
	Simulação 4.5	Estratégia 4	VPP2	955,00	955,00	100,00	1,00
	Simulação 5.1	Estratégia 5	Seller 1	7.200,00	300,00	70,81	0,06
	Simulação 5.2	Estratégia 5	Seller 2	14.016,00	333,00	26,80	0,09
	Simulação 5.3	Estratégia 5	Seller 3	4.800,00	200,00	53,00	0,08
	Simulação 5.4	Estratégia 5	VPP1	1.158,00	9,00	79,62	0,01
	Simulação 5.5	Estratégia 5	VPP2	955,00	18,00	71,31	0,03
Caso de estudo 3	Simulação 1.1	Estratégia 1(-0,5)	Seller 1	7.200,00	46.421,10	91,67	7,03
	Simulação 1.2	Estratégia 1(-0,5)	Seller 2	14.016,00	46.003,47	49,40	6,64
	Simulação 1.3	Estratégia 1(-0,5)	Seller 3	4.800,00	29.848,74	89,90	6,92
	Simulação 1.4	Estratégia 1(-0,5)	VPP1	1.158,00	7.184,78	93,26	6,65
	Simulação 1.5	Estratégia 1(-0,5)	VPP2	955,00	6.085,93	91,20	6,99
	Simulação 2.1	Estratégia 2(-0,5)	Seller 1	7.200,00	50.329,14	100,00	6,99
	Simulação 2.2	Estratégia 2(-0,5)	Seller 2	14.016,00	44.949,75	51,42	6,24
	Simulação 2.3	Estratégia 2(-0,5)	Seller 3	4.800,00	31.294,11	95,33	6,84
	Simulação 2.4	Estratégia 2(-0,5)	VPP1	1.158,00	7.690,11	100,00	6,64
	Simulação 2.5	Estratégia 2(-0,5)	VPP2	955,00	6.637,48	100,00	6,95
	Simulação 3.1	Estratégia 3(-0,5)	Seller 1	7.200,00	50.324,34	100,00	6,99
	Simulação 3.2	Estratégia 3(-0,5)	Seller 2	14.016,00	44.524,85	51,42	6,18
	Simulação 3.3	Estratégia 3(-0,5)	Seller 3	4.800,00	32.311,62	99,71	6,75
	Simulação 3.4	Estratégia 3(-0,5)	VPP1	1.158,00	7.694,74	100,00	6,64
	Simulação 3.5	Estratégia 3(-0,5)	VPP2	955,00	6.637,89	100,00	6,95
	Simulação 4.1	Estratégia 4(-0,5)	Seller 1	7.200,00	50.326,14	100,00	6,99
	Simulação 4.2	Estratégia 4(-0,5)	Seller 2	14.016,00	40.364,26	61,54	4,68
	Simulação 4.3	Estratégia 4(-0,5)	Seller 3	4.800,00	32.131,55	99,96	6,70
	Simulação 4.4	Estratégia 4(-0,5)	VPP1	1.158,00	7.750,11	100,00	6,69
	Simulação 4.5	Estratégia 4(-0,5)	VPP2	955,00	6.637,48	100,00	6,95
	Simulação 5.1	Estratégia 5(-0,5)	Seller 1	7.200,00	50.326,17	100,00	6,99
	Simulação 5.2	Estratégia 5(-0,5)	Seller 2	14.016,00	44.323,35	51,42	6,15
	Simulação 5.3	Estratégia 5(-0,5)	Seller 3	4.800,00	32.494,32	99,71	6,79
	Simulação 5.4	Estratégia 5(-0,5)	VPP1	1.158,00	7.689,63	100,00	6,64
	Simulação 5.5	Estratégia 5(-0,5)	VPP2	955,00	6.637,48	100,00	6,95

**Tabela 5.7: Comparação dos resultados obtidos nas cinco estratégias de média ponderada e regressão linear, atribuídas aos agentes nos casos de estudo 1, 2 e 3.**

Analisando os resultados da coluna que corresponde ao Lucro relativo á energia vendida, os valores destacados a amarelo permitem concluir que, as estratégias de média ponderada e regressão linear, quando atribuídas aos agentes de forma a competir entre si, permitem que estes obtenham maior lucro por unidade de energia vendida.

Como deixam de existir agentes com ofertas demasiados baixas (uma vez que nas estratégias gerais alguns agentes faziam a sua oferta a zero), esta simulação verificou um aumento da competitividade, que se reflectiu num aumento do preço de mercado. Consequentemente, os lucros obtidos por estes agentes são mais elevados, quando comparados com os resultados obtidos pelos agentes nas restantes simulações onde se utilizavam as estratégias gerais do cenário inicial.

## **5.6. Clusters**

A análise do comportamento dos agentes recorrendo a *clusters* surge com a necessidade de os agentes terem ferramentas de apoio à decisão. Os *clusters* vão ser utilizados por um agente, para prever o comportamento dos seus concorrentes. Estes vão permitir avaliar tendências, caso estas existam, e perceber qual é o tipo de estratégia que um concorrente adopta num determinado dia ou período desse dia.

Esta análise é feita com base nas estratégias gerais do cenário inicial de simulação. É analisado o comportamento de cada agente por dia e por período recorrendo ao método de *clustering K-means*, disponível na aplicação *MatLab*, e recorrendo a uma base de dados criada com informação sobre as estratégias que os cinco agentes utilizam durante o mês de Setembro e Outubro de 2008. Esta análise é meramente indicativa de uma tendência, nada diz sobre a eficácia da estratégia que está a ser adoptada.

### **5.6.1. Análise do comportamento de cada agente, por dia, com 3 clusters**

Numa fase inicial, a análise do comportamento dos agentes foi feita utilizando 5 *clusters*, mas os resultados não se revelaram satisfatórios uma vez que o histórico é relativamente pequeno. Assim, optou-se por fazer a análise recorrendo a três *clusters*, sendo possível desta forma verificar algumas tendências. Pretende-se perceber se estes três *clusters* se aplicam de forma coerente em três cenários com características distintas como é o caso dos sábados, domingos e os dias da semana. No limite, pretende-se conseguir prever qual a estratégia que um agente vai adoptar aos sábados, aos domingos e nos dias úteis.

Da análise do Gráfico 5.24, verifica-se que o *Seller2* apresenta tendências diferentes dependendo do mês. No início do mês de Setembro tem sempre o *cluster1* no sábado e domingo, na sua maioria os dias da semana têm o *cluster2* com a excepção das quinta e sexta-feira que tem a maior parte das

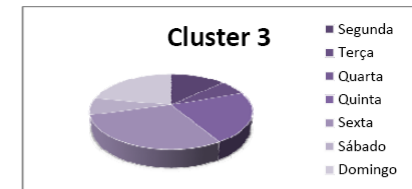
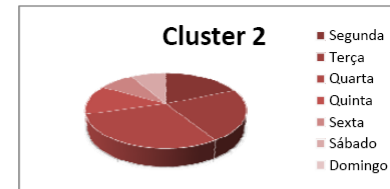
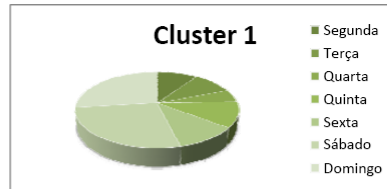
vezes o *cluster3*. No mês de Outubro verifica-se que no início do mês os dias da semana tem o *cluster2* e o sábado e o domingo tem o *cluster1*, no resto do mês os dias da semana passam a ter o *cluster1*, o sábado passa a ter o *cluster2* e o domingo o *cluster3*.

O *Seller3* no mês de Setembro tem sempre o *cluster2* nos dias da semana, o *cluster1* ao sábado e o *cluster3* ao domingo. Na primeira metade do mês de Outubro não se verificam tendências uniformes nos dias da semana, o sábado e domingo tem o *cluster3*, na segunda metade tal como no *Seller2* o sábado tem o *cluster3* e o domingo tem o *cluster3*. Os dias da semana têm o *cluster3*.

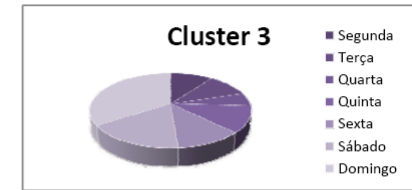
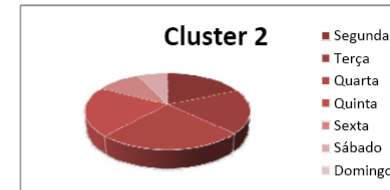
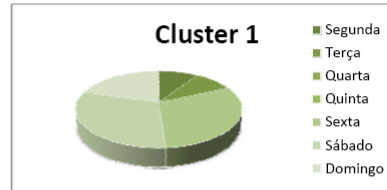
O *Buyer4* no início do mês de Setembro tem sempre o *cluster1* nos dias de segunda a quinta-feira, o *cluster3* na sexta e sábado e o *cluster2* ao domingo. Este agente tem um comportamento muito semelhante ao *Seller2* no mês de Outubro.

O *Buyer5* é o que tem um comportamento mais constante ao longo do mês de Setembro, tem sempre o *cluster2* nos dias da semana, o *cluster3* nos sábados e o *cluster1* ao domingo. Na segunda metade do mês de Outubro este agente tem um comportamento muito semelhante ao *Seller2* e *Buyer4*. O *Buyer6* não apresenta uma tendência muito clara.

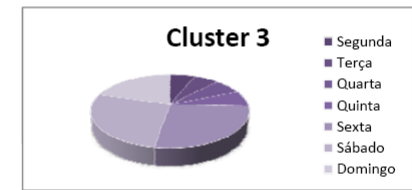
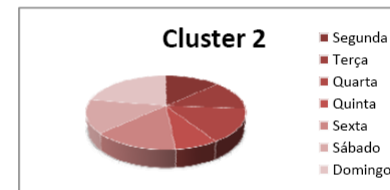
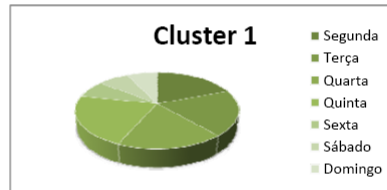
SELLER2	Semana								
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª
Segunda	3	2	2	2	3	2	2	1	1
Terça	2	2	2	2	3	2	2	1	1
Quarta	2	2	2	2	2	2	2	1	
Quinta	3	3	3	2	2	2	1	1	
Sexta	3	3	3	3	2	2	1	1	
Sábado	1	1	1	3	1	1	2	2	
Domingo	1	1	1	3	1	1	3	3	



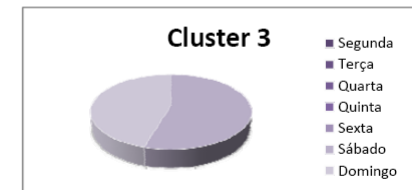
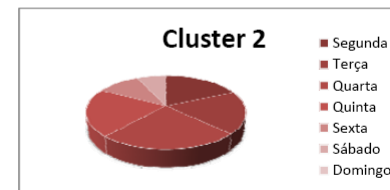
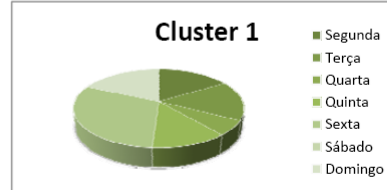
SELLER3	Semana								
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª
Segunda	2	2	2	2	1	2	2	3	3
Terça	2	2	2	2	1	2	2	3	3
Quarta	2	2	2	2	2	2	2	3	
Quinta	2	2	2	2	2	2	3	3	
Sexta	2	2	2	1	1	1	3	3	
Sábado	1	1	1	3	3	3	2	2	
Domingo	3	3	3	3	3	3	1	1	



BUYER4	Semana								
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª
Segunda	1	1	1	1	2	3	2	1	1
Terça	1	1	1	1	2	3	2	1	1
Quarta	1	1	1	1	3	2	2	1	
Quinta	1	1	1	1	3	2	1	1	
Sexta	3	3	3	2	3	2	1	1	
Sábado	3	3	3	1	3	1	2	2	
Domingo	2	2	2	1	3	1	3	3	



BUYER5	Semana								
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª
Segunda	2	2	2	2	1	2	2	1	1
Terça	2	2	2	2	1	2	2	1	1
Quarta	2	2	2	2	2	2	2	1	
Quinta	2	2	2	2	2	2	1	1	
Sexta	2	2	2	1	1	1	1	1	
Sábado	3	3	3	3	3	3	2	2	
Domingo	1	1	1	3	3	3	3	3	



BUYER6	Semana								
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª
Segunda	1	3	1	1	2	1	2	2	1
Terça	2	3	1	1	1	1	3	2	1
Quarta	2	2	2	3	3	3	1	2	
Quinta	2	2	3	2	2	3	1	3	
Sexta	3	3	1	2	2	2	2	1	
Sábado	3	1	1	2	1	2	2	1	
Domingo	3	1	1	2	1	2	2	1	

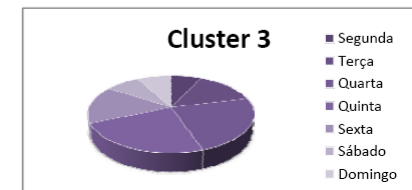
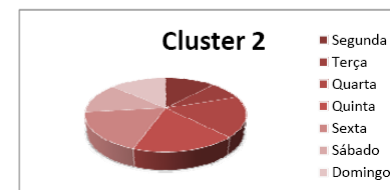
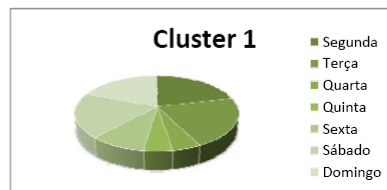


Gráfico 5.24: Análise da distribuição dos clusters para os Sellers2 e 3 e os Buyers4, 5 e 6.

### 5.6.2. Análise do comportamento de cada agente, por período

A análise do comportamento dos agentes por período é igualmente importante na medida em que permite analisar se os agentes se comportam de forma semelhante em diferentes períodos de um dia. Esta análise permite refinar a estratégia de um agente relativamente aos seus concorrentes. Espera-se que os *clusters* revelem tendências, por exemplo entre as horas de cheiro de vazio.

Esta análise foi feita em três momentos distintos, recorrendo a dois, três e cinco *clusters*, (ver Tabela 5.8):

- **Análise com 2 *clusters*:** analisando a tabela que corresponde a dois *clusters*, verifica-se que o *Seller2* e 3 e o *Buyer6* têm uma tendência muito semelhante, de uma forma geral ambos têm o *cluster2* nos períodos da manhã e noite, nas horas de menor consumo e o *cluster1* nas horas de maior consumo, entre as 10h e as 23h.

Os *Buyers4* e 5 têm os *clusters* atribuídos de forma contrária, o *cluster1* nas horas de menor consumo e o *cluster2* nas horas de maior consumo. A análise dos *clusters* é feita de forma independente para cada agente, pelo que não existem semelhanças entre *clusters*, cada um é independente de agente para agente, não sendo comparáveis entre eles. Assim estes *Buyers* tal como os agentes anteriores, também revelaram uma tendência muito clara.

- **Análise com 3 *clusters*:** O *Seller2* e 3 e o *Buyer5* têm os *clusters* distribuídos de forma semelhante, nas horas de maior consumo, entre as 10h e as 23h, têm atribuído o *cluster2*, nas horas de menor consumo tem o *cluster1*. No período 1, 8, 9 e 24 tem o *cluster3*. O *Buyer4* também apresenta tendências, tem o *cluster2* nas horas de menor consumo, o *cluster3* nas horas em que o consumo atinge o máximo, entre as 8h e as 10h e entre as 14h e as 20h. Nos períodos em que o consumo desce ligeiramente tem o *cluster1*.

O *Buyer6* apresenta uma tendência semelhante ao *Buyer4*, o *cluster1* nas horas de menor consumo durante a madrugada e manhã, o *cluster2* durante a tarde e início da noite, nas horas em que o consumo aumenta e o *cluster3* nos períodos em que há um pico no consumo, entre as 11h e as 14 e as 21 e 22h.

- **Análise com 5 *clusters*:** Uma vez que a análise de dados foi limitada a dois meses quanto maior o número de *clusters*, menos perceptíveis são as tendências. Com cinco *clusters* ainda se consegue verificar que no *Seller1*, os *cluster4* e 5 se verificam nas horas de maior consumo, entre as 10h e as 23h, os *clusters1*, 2 e 3 verificam-se nas horas de menor consumo, entre as 24h e as 9h. O *Seller3* também apresenta uma tendência bem visível com o *cluster4* entre as 24h e a 1h, horas em que o consumo é mais baixo, o *cluster3* entre as 2h e as 6h, altura em que há um ligeiro aumento, o *cluster* entre as 7h e as 9h, quando o consumo

aumenta ainda mais, *cluster5* às 10h e entre as 16 e as 21h, períodos em que os consumos atingem o máximo e o *cluster1* entre as 11h e as 15h e as 22h e as 23h. Este é o agente que tem as tendências melhor definidas de acordo com as variações de carga ao longo de um dia. O *Buyer4*, 5 e 6 não tem uma distribuição dos *clusters* tão bem definida. O *Buyer4* tem o *cluster 5* entre as 24h e a 1h, e entre as 7h e as 9h, o que não faz muito sentido uma vez que são períodos com características reais muito pouco semelhantes. Tem o *cluster1* entre as 2h e as 6h e o *cluster2*, 3 e 4 entre as 10h e as 23h.

O *Buyer5* tem o *cluster4* e 5 nos períodos de vazio, entre as 24 e as 6h, tem o *cluster3* entre as 16 e as 21h e o *cluster1* e 2 nos restantes períodos.

O *Buyer6* tem o *cluster4* e 5 entre as 24h e as 7h, o *cluster2* e 3 nas horas de maior consumo, entre as 11h e as 14 e as 21 e 22, nos restantes períodos tem o *cluster1*.

2 Cluster						3 Cluster						5 Cluster					
	Seller 2	Seller 3	Buyer 4	Buyer 5	Buyer 6	Seller 2	Seller 3	Buyer 4	Buyer 5	Buyer 6	Seller 2	Seller 3	Buyer 4	Buyer 5	Buyer 6		
1	2	2	1	1	2	3	3	2	3	1	2	4	5	4	4		
2	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	3	1	5	5		
3	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1	3	3	1	5	5		
4	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1	3	3	1	5	5		
5	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1	3	3	1	5	5		
6	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1	3	3	1	5	5		
7	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	5	2	4		
8	2	2	1	1	1	3	3	3	3	2	2	2	5	2	1		
9	2	2	1	1	1	3	3	3	3	2	2	2	5	2	1		
10	1	1	2	2	1	2	2	3	2	2	5	5	3	3	1		
11	1	1	2	2	1	2	2	1	2	3	4	1	2	1	2		
12	1	1	2	2	1	2	2	1	2	3	4	1	2	1	2		
13	1	1	2	2	1	2	2	1	2	3	4	1	2	1	2		
14	1	1	2	2	1	2	2	1	2	3	4	1	2	1	2		
15	1	1	2	2	1	2	2	1	2	2	5	1	3	1	1		
16	1	1	2	2	1	2	2	3	2	2	5	5	3	3	1		
17	1	1	2	2	1	2	2	3	2	2	5	5	3	3	1		
18	1	1	2	2	1	2	2	3	2	2	5	5	3	3	1		
19	1	1	2	2	1	2	2	3	2	2	5	5	3	3	1		
20	1	1	2	2	1	2	2	3	2	2	5	5	3	3	1		
21	1	1	2	2	1	2	2	1	2	3	5	5	4	3	3		
22	1	1	2	2	1	2	2	1	2	3	5	1	4	1	3		
23	1	1	2	2	1	2	2	1	2	2	5	1	4	1	1		
24	2	1	1	2	2	3	3	3	3	2	2	4	5	4	4		

Tabela 5.8: Análise da distribuição dos *clusters* por período.

Assim, verifica-se que existem tendências bem definidas para diferentes períodos do dia com características semelhantes. Isto permite aos agentes adaptar as suas ofertas tendo uma previsão das estratégias que os concorrentes vão adoptar.

## 6. Conclusões

Este trabalho teve como objectivo estudar novas abordagens e estratégias para dotar os agentes participantes nos mercados de energia, com inteligência e capacidade para se adaptarem às circunstâncias do mercado de electricidade. Ao utilizarem estratégias que lhes dêem maior percepção de como os mercados se comportam, conseguem obter melhores resultados antecipando-se ao que é esperado que aconteça em cada momento. Para concretizar esse objectivo, foram implementadas no Excel cinco estratégias distintas, utilizando o método de média ponderada e regressão linear para prever o preço de mercado. Estas estratégias foram depois testadas no MASCEM, um simulador multi-agente constituído por várias entidades que fazem parte do mercado eléctrico como os produtores, compradores, negociadores, entre outros. Os agentes definem as suas estratégias e os seus objectivos. As apostas do MASCEM processam-se nos mercados *day-ahead*, os períodos de negociação são das 24 horas seguintes ao fim de cada dia. Este inclui agentes facilitadores de mercado que criam vendedores, compradores, negociadores, operador de mercado e operador de sistema. Os compradores representam os consumidores e os distribuidores de electricidade, o utilizador pode definir o número de compradores e vendedores para cada cenário, especificando as suas características e estratégias.

As estratégias de previsão de preço, utilizaram como base o histórico do OMEL, assim permitiram analisar as tendências de mercado e evolução de preços em quatro momentos distintos:

- Ao longo dos dias, com a utilização de médias e regressões que consideram um intervalo de dias seguidos;
- Ao longo de cada dia da semana separadamente, considerando apenas o mesmo dia das semanas anteriores;
- Mudanças rápidas de mercado, considerando apenas os dias mais recentes;
- Comportamento do mercado a mais longo prazo, considerando intervalos de dados de vários meses.

Da análise dos três casos de estudo, conclui-se que a estratégia que utiliza média ponderada de todos os dias úteis entre 1 e 28 de Outubro de 2008 (Est.4), poderá trazer resultados melhores que a rede neuronal quando utilizada por uma empresa em mercado real, devido aos seus bons resultados e à proximidade dos seus valores, com os valores de preço de mercado em todas as simulações. Esta estratégia permite que o utilizador faça ligeiros ajustes dependendo da evolução do preço de

mercado em que está a participar. Assim, esta estratégia permite aumentar o lucro da empresa que a utiliza. O mesmo já não é possível com a rede neuronal que, apesar de ter alguns bons resultados, tem um comportamento muito pouco linear e são poucas as vezes que acompanha a variação dos preços de mercado, tornando-se difícil adaptá-la.

Do ponto de vista do simulador, estas estratégias contribuíram para dotar os agentes de mais inteligência e capacidade de adaptação e antecipação do que se passará no mercado. Permitem perceber quais as abordagens que permitem obter maior valor acrescentado para os agentes, de forma que se possa implementar no simulador e serem utilizadas pelos agentes. Com esta análise exclui-se as estratégias que não revelam ser eficazes para não se atribuir aos agentes estratégias que os façam perder tempo em análise e não lhes tragam resultados satisfatórios.

Uma vez que estas estratégias mostraram bons resultados, foram implementadas e desenvolvidas no simulador, desta forma os agentes têm agora ao seu dispor várias abordagens para serem utilizadas quando mais se apropriarem.

A análise do comportamento dos agentes recorrendo a *clusters* surgiu com a necessidade que os agentes têm de ferramentas de apoio à decisão. Eles precisam de perceber as variações de mercado em termos de semelhança de comportamento em cada dia, podendo ser feita uma análise em termos de dias ou dos períodos de cada dia. Os *clusters* são utilizados por um agente para que este consiga prever o comportamento dos seus concorrentes, analisando tendências e percebendo qual o tipo de estratégia adoptada em determinados momentos com características semelhantes.

Assim é possível avaliar em que dias ou períodos, cada uma das estratégias pode ter melhores desempenhos que outra. Desta forma é possível dar aos agentes a capacidade de eles próprios, aprenderem quando usa cada uma delas dependendo do *cluster*.

Com base nas estratégias gerais utilizadas anteriormente num ensaio do GECAD, foi analisado o comportamento de cada agente por dia e por período sendo analisado esse desempenho em cada uma das estratégias.

Esta análise foi feita no *MatLab* e utilizou um histórico de 2 meses, Setembro e Outubro de 2008.

Recorrendo a 3 *clusters* foi possível verificar algumas tendências, o *Buyer5* é o agente que tem um comportamento mais constante e que revelou tendências bem definidas. Ao longo do mês de Setembro tem sempre o *cluster2* nos dias da semana, o *cluster3* nos sábados e o *cluster1* ao domingo. Na segunda metade do mês de Outubro este agente tem um comportamento mais inconstante, muito semelhante ao *Seller2* e *Buyer4*.

Os restantes agentes também apresentam algumas tendências que permitem concluir que aumentando o número de meses a considerar para esta análise, as tendências vão-se tornando cada vez mais claras, permitindo aos agentes no limite considerar 3 estratégias diferentes para os dias da semana, sábados e domingos.

A análise do comportamento dos agentes por período revelou tendências claras sobre o comportamento dos agentes, esta análise foi feita em três momentos distintos, recorrendo a dois, três e cinco *clusters*.

Na análise com 2 *clusters* há uma visível tendência de todos os agentes terem um *cluster* para as horas de menor consumo, entre as 24 e as 7h e outro *cluster* definido para as horas de maior consumo, entre as 8 e as 23h.

No ensaio com três *clusters* o *Buyer4* e 6 apresentam uma separação entre as horas com maior consumo, com menor consumo e períodos em que habitualmente há picos de consumo, com três *clusters* claramente atribuídos a esses períodos distintos.

No ensaio que recorre a 5 *clusters* ainda conseguem verificar-se algumas tendências em todos os agentes mas já não estão tão claras como no ensaio de 3 e 2 *clusters*.

Tal como no ensaio anterior foi possível verificar-se tendências com base na análise dos diferentes agentes.

Do ponto de vista dos mercados de energia este trabalho trás contribuição na medida em que estas análises e consequente implementação no simulador, podem permitir a empresas quem utilizem este simulador como ferramenta de apoio à decisão para os seus investimentos, usufruir de propostas, neste caso de valores para licitações, baseadas em análises de mercado, pensadas, testadas e comprovadas que podem obter bons resultados.

Na sequência desta implementação ao nível do Excel, já surgiu outro trabalho desenvolvido no GECAD, este consistiu na implementação em JAVA (linguagem em que está implementado o MASCEM) das cinco estratégias que desenvolvi.

Estas estratégias vão ser também integradas num trabalho que consiste num sistema multi-agente para definição adaptativa de estratégias de licitação para os agentes do MASCEM, que vai integrar várias estratégias utilizando vários métodos e técnicas diferenciadas, permitindo aos agentes escolher em cada momento as estratégias que mais se adequam às actuais circunstâncias.

## 7. Referências

- [Azevedo F. et al, 2007] F. Azevedo, Z. Vale, P. Oliveira, “A *Decision-Support System Based on Particle Swarm Optimization for Multi-Period Hedging in Electricity Markets*”, IEEE Transactions on Power Systems, 22(3), pp. 995-1003, August 2007
- [Caraballo, 1999] Caraballo, H. L. 1999, “*El nuevo paradigma del mercado de electricidad y su aplicación al sistema eléctrico venezolano*”, I Conferencia Internacional del Area Andina del IEEE, Venezuela, 8-10 Setembro
- [Chao e Wilson (1999)] Chao, Hung-po, Robert Wilson(1990), “*Multi-Dimensional Procurement Auctions for Power Deserves: Incentive-Compatible Evaluation and Settlement Rules*”, Mineo, EPRI and Stanford University.
- [Chrysopoulos A. et al, 2008] Chrysopoulos A., Symeonidis A., Mitkas P., “*Improving agent bidding in Power Stock Markets trough a data mining enhanced agent platform*” Aristotle University of Thessaloniki, 2008.
- [Directiva 96/92] União Europeia, 1996, *Directiva 96/92/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Dezembro de 1996 que estabelece regras comuns para o mercado interno da electricidade*, Jornal oficial no. L027 de 30/01/1997 p .0020-0029.
- [Figueiredo V. et al, 2005] V. Figueiredo, F. Rodrigues, Z. Vale, J. Gouveia, “*An electric energy consumer characterization framework based on data mining techniques*”, IEEE Transactions on Power Systems, 20(2), pp. 596 – 602, May 2005.
- [Flechner, 1998] Flechner, B. 1998, “*Business Management Systems for Energy Trading in an Open Electricity Market*”, EPSOM’98, Zurich, Sept. 23-25.
- [Handschin et al, 1999] Handschin, E., Muller, L., Nikodem, T. & Palma, R., 1999, “*Modelo Orientado al Objecto para la Simulación y Gestión de Mercados Eléctricos Competitivos*”, I conferencia Internacional del Area Andina del IEEE, Venezuela, 8-10 Setembro.
- [Hunt S. 2002] Sally Hunt “*Making Competition work in electricity*”, Wiley Finance

- [Klemperer, P., 1990]** “*Auction theory: A guide to the literature.*” Journal of economic surveys, Nuffild College, Oxford University 1990.
- [Liu et al, 2000]** Liu, C., Song, H., Lawarrée, J. & Dahlgren, R. 2000, "*New Methods for Electric Energy Contract Decision Making*", *IEEE*, Paper accepted for presentation at the International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, Abril.
- [Huneault M. et al, 1999]** M. Huneault, F.D. Galiana, G. Gross, “*A Review of Restructuring in the Electricity Business*”, 1999.  
( <http://energy.ece.illinois.edu/GROSS/papers/1999> )
- [Mohammad S. et al, 2002]** Mohammad Shahidehpour, Hatim Yamin, Zuyi Li “*Market Operations in Electric Power Systems: Forecasting, Scheduling, and Risk Management*”Wiley-IEE Press, 2002.
- [Oliveira P. et al, 2009]** P. Oliveira, T. Pinto, H. Morais, Z. Vale “MASCEM – Na Electricity Market Simulator providing Coalition Support For Virtual Power Players.” International Conference on Intelligent System Application to Power Systems, 2009.
- [Pinto T. et al., 2009]** T. Pinto, Z. A. Vale, H. Morais, I. Praça and C. Ramos “*Multi-Agent Based Electricity Market Simulator with VPP: Conceptual and Implementation Issues*”, PES General Meeting, 2009.
- [Praça I. et al, 2003]** Praça I., Ramos C., Vale Z., Cordeiro M., “*MASCEM: A Multi-Agent System that Simulates Competitive Electricity Markets*”, *IEEE Intelligent Systems*, vol. 18, No. 6, pp. 54-60, Nov/Dec 2003.
- [Praça I. et al, 2005 a)]** Praça I., Ramos C., Vale Z., Cordeiro M., “*Intelligent agents for Negotiation and Game-based Decision Support in Electricity Markets.*”*International Journal of Engineering Intelligent Systems*, vol.13, nr.2, 2005.
- [Praça I. et al, 2005 b)]** Praça I., Ramos C., Vale Z., Cordeiro M., “*Testing the scenario analysis algorithm of an agent-based simulator for competitive electricity markets*”. In ECMS editor, “*Proceeding 19<sup>th</sup> European conference on modeling and simulation, 2005*”
- [Rothwell G. et al, 2003]** Geoffrey Rothwell, Tomás Gómez, “*Electricity Economics Regulation and Deregulation*”, IEE Series on Power Engineering, 2003 .

- [Marques V., 2005] Viriato Soromenho-Marques, “Metamorfoses: Entre o colapso e o desenvolvimento sustentável”, Publicações Europa América, Maio de 2005.
- [Saraiva, 2002] João Paulo Tomé Saraiva, José Luís Pinto Pereira da Silva, Maria Teresa Ponce de Leão “Mercados de Electricidade - Regulação e Tarificação de Uso das Redes”, FEUP Edições, 2002 .
- [Vale Z., 2008] “Produção Distribuída e Mercados de Energia”, Apontamentos da disciplina de Produção Distribuída e Mercados de Energia, ISEP, 2008.
- [Wilson, R. 1992] Wilson, R. 1992, “*Strategic Analysis of Auctions*”, in Aumann, R.J. & Hart, S. (eds.), *Handbook of Game Theory*, Elsevier Science Publishers, Vol. 1, pp. 228-279.  
( <http://www.oe.energy.gov/eac.htm> )
- [Yucekaya A. et al, 2009] Ahmet D. Yucekaya, Jorge Valenzuela, Gerry Dozier, “*Strategic bidding in electricity markets using particle swarm optimization*” Electric Power Systems Research Elsevier 2009.
- [WWW.1] <http://www.nordpool.com/en/>
- [WWW.2] <http://www.omel.es/frames/es/index.jsp>
- [WWW.3] <http://www.ofgem.gov.uk>.
- [WWW.4] <http://www.nyiso.com/public/index.jsp>

## **Anexos**

# Anexo I

Hora	Est.1 - Todas as quartas-feiras de Outubro de 2008			Est.2 - Últimos 7 dias úteis, entre 20 e 28 de Outubro de 2008			Est.3 - Todos os dias úteis entre 1 a 28 de Outubro de 2008			Est.4 - Todos os dias úteis entre 1 a 28 de Outubro de 2008			Est.5 - Últimos 7 dias úteis, entre 20 e 28 de Outubro de 2008			Est.NN - Rede Neuronal		
	Previsto	Real	MAPE(%)	Previsto	Real	MAPE(%)	Previsto	Real	MAPE(%)	Previsto	Real	MAPE(%)	Previsto	Real	MAPE(%)	Previsto	Real	MAPE(%)
1	61,217	50,860	20,364	57,544	50,860	13,142	55,696	50,860	9,508	44,814	50,860	11,888	55,696	50,860	9,508	58,970	50,860	15,946
2	58,557	47,880	22,299	53,914	47,880	12,603	52,216	47,880	9,056	41,973	47,880	12,337	52,216	47,880	9,056	60,400	47,880	26,149
3	52,337	43,030	21,630	47,756	43,030	10,983	47,000	43,030	9,226	38,804	43,030	9,822	47,000	43,030	9,226	60,220	43,030	39,949
4	53,076	41,240	28,701	47,472	41,240	15,111	46,376	41,240	12,453	37,828	41,240	8,274	46,376	41,240	12,453	60,250	41,240	46,096
5	52,174	41,920	24,462	46,895	41,920	11,867	45,733	41,920	9,096	37,435	41,920	10,699	45,733	41,920	9,096	60,190	41,920	43,583
6	55,929	44,220	26,480	50,478	44,220	14,152	48,478	44,220	9,629	39,704	44,220	10,212	48,478	44,220	9,629	60,830	44,220	37,562
7	63,830	54,600	16,905	61,189	54,600	12,067	59,640	54,600	9,231	46,804	54,600	14,279	59,640	54,600	9,231	65,930	54,600	20,751
8	76,809	64,660	18,789	73,850	64,660	14,212	72,352	64,660	11,896	56,911	64,660	11,984	72,352	64,660	11,896	75,570	64,660	16,873
9	78,676	68,000	15,701	78,404	68,000	15,300	78,372	68,000	15,253	60,752	68,000	10,658	78,372	68,000	15,253	77,090	68,000	13,368
10	77,984	68,700	13,514	77,988	68,700	13,520	78,141	68,700	13,743	59,672	68,700	13,142	78,141	68,700	13,743	75,850	68,700	10,408
11	79,098	68,700	15,135	78,946	68,700	14,913	79,062	68,700	15,082	60,322	68,700	12,195	79,062	68,700	15,082	75,460	68,700	9,840
12	79,003	69,000	14,497	79,186	69,000	14,762	80,031	69,000	15,987	60,428	69,000	12,424	80,031	69,000	15,987	74,850	69,000	8,478
13	79,825	70,000	14,035	79,764	70,000	13,948	80,349	70,000	14,785	61,740	70,000	11,799	80,349	70,000	14,785	75,330	70,000	7,614
14	76,737	67,250	14,107	77,106	67,250	14,656	77,818	67,250	15,715	59,738	67,250	11,170	77,818	67,250	15,715	72,960	67,250	8,491
15	68,752	60,810	13,061	69,471	60,810	14,243	69,416	60,810	14,152	54,063	60,810	11,096	69,416	60,810	14,152	68,550	60,810	12,728
16	67,685	60,180	12,471	68,542	60,180	13,896	68,184	60,180	13,300	53,433	60,180	11,212	68,184	60,180	13,300	68,950	60,180	14,573
17	69,907	64,250	8,805	70,066	64,250	9,052	69,384	64,250	7,991	54,502	64,250	15,172	69,384	64,250	7,991	69,560	64,250	8,265
18	73,022	69,800	4,616	73,429	69,800	5,199	72,568	69,800	3,966	56,700	69,800	18,768	72,568	69,800	3,966	69,840	69,800	0,057
19	74,056	85,560	13,445	77,663	85,560	9,229	78,062	85,560	8,764	57,518	85,560	32,775	78,062	85,560	8,764	72,380	85,560	15,404
20	78,681	95,890	17,946	83,361	95,890	13,066	84,910	95,890	11,451	61,287	95,890	36,087	84,910	95,890	11,451	77,930	95,890	18,730
21	87,356	95,630	8,652	88,103	95,630	7,871	87,894	95,630	8,090	71,604	95,630	25,124	87,894	95,630	8,090	87,430	95,630	8,575
22	84,817	86,770	2,250	81,600	86,770	5,959	80,030	86,770	7,768	65,386	86,770	24,645	80,030	86,770	7,768	82,640	86,770	4,760
23	74,558	82,740	9,888	72,968	82,740	11,811	71,785	82,740	13,240	56,525	82,740	31,683	71,785	82,740	13,240	71,290	82,740	13,839
24	65,545	69,940	6,283	65,638	69,940	6,150	64,743	69,940	7,430	48,918	69,940	30,058	64,743	69,940	7,430	65,740	69,940	6,005

Tabela A. 1: Preço de compra de energia em €/MWh e o erro, calculado no excel para as 24 horas do dia, em cada uma da 5 estratégias desenvolvidos no Excel

## Anexo II – Caso de Estudo I

HORA	Simulação 1	Erro MAPE (%)	Erro MAPE (%)	Preço Proposto (€/MWh)	
	Preço de Mercado	Seller2	Seller3	Est.1	Red.Neur.
1	58,97	3,81	0,00	61,22	58,97
2	58,56	0,01	3,14	58,56	60,40
3	52,34	0,01	15,06	52,34	60,22
4	53,08	0,01	13,51	53,08	60,25
5	52,17	0,01	15,37	52,17	60,19
6	55,93	0,00	8,76	55,93	60,83
7	62,44	2,23	5,59	63,83	65,93
8	74,39	3,25	1,59	76,81	75,57
9	76,91	2,30	0,23	78,68	77,09
10	76,12	2,45	0,35	77,98	75,85
11	78,22	1,12	3,53	79,10	75,46
12	77,06	2,52	2,87	79,00	74,85
13	75,33	5,97	0,00	79,82	75,33
14	74,88	2,48	2,56	76,74	72,96
15	68,55	0,30	0,00	68,75	68,55
16	67,67	0,02	1,89	67,69	68,95
17	69,56	0,50	0,00	69,91	69,56
18	72,84	0,25	4,12	73,02	69,84
19	73,06	1,36	0,93	74,06	72,38
20	78,69	0,01	0,97	78,68	77,93
21	87,36	0,00	0,08	87,36	87,43
22	82,64	2,63	0,00	84,82	82,64
23	73,04	2,08	2,40	74,56	71,29
24	65,55	0,01	0,29	65,55	65,74

Tabela A. 2: Preço ofertado pelo Seller2 e 3, preço de mercado e erros médios associados à simulação 1 (MASCEN).

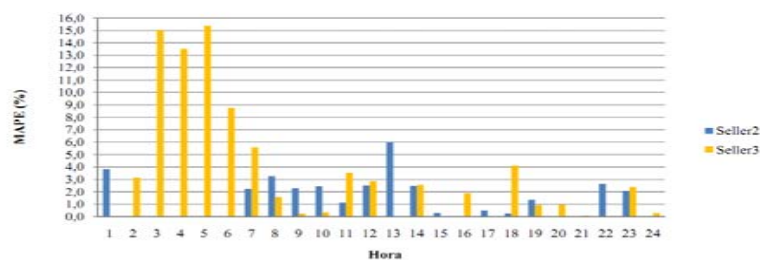


Gráfico A. 1: Erro médio em cada período do dia para a simulação 1.

Sim-1	Seller 2				Seller 3			
	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	584,00	13,00	2,23	76,13	200,00	0,00	0,00	0,00
2	584,00	13,00	2,23	68,04	200,00	0,00	0,00	0,00
3	584,00	41,00	7,02	217,63	200,00	0,00	0,00	0,00
4	584,00	53,00	9,08	276,50	200,00	0,00	0,00	0,00
5	584,00	65,00	11,13	363,54	200,00	0,00	0,00	0,00
6	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00
7	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00
8	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00
9	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1517,00
10	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1509,20
11	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1497,00
12	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	195,00	97,50	1491,53
13	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1459,20
14	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	45,00	22,50	308,48
15	584,00	64,00	10,96	433,22	200,00	0,00	0,00	0,00
16	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	81,00	40,50	563,44
17	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1396,80
18	584,00	135,00	23,12	999,81	200,00	200,00	100,00	1447,60
19	584,00	45,00	7,71	354,06	200,00	200,00	100,00	1558,60
20	584,00	245,00	41,95	2140,32	200,00	0,00	0,00	0,00
21	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	95,00	47,50	785,08
22	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1425,80
23	584,00	321,00	54,97	2104,16	200,00	0,00	0,00	0,00
24	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	63,00	31,50	371,51
Total	14016,00	995,00	7,10	7033,40	4800,00	2079,00	43,31	15331,24

Tabela A. 3: Lucro obtido pelo Seller2 e 3 em cada período da simulação 1.

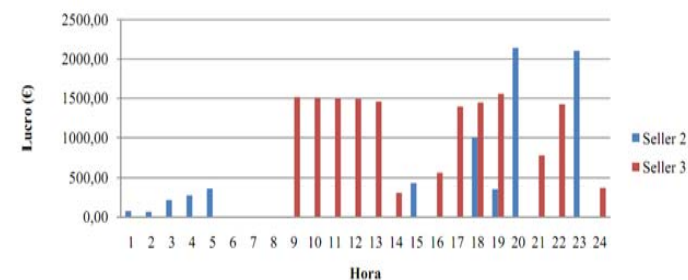


Gráfico A. 2: Lucro em cada período do dia para a simulação 1

### Anexo III

Simulação 2		Erro MAPE (%)		Preço Proposto(€/MWh )	
HORA	Preço de Mercado	Seller2	Seller3	Est.2	Red.Neur.
1	57,54	0,01	2,49	57,54	58,97
2	53,91	0,01	12,04	53,91	60,40
3	47,77	0,03	26,06	47,76	60,22
4	47,47	0,00	26,92	47,47	60,25
5	46,90	0,01	28,34	46,89	60,19
6	50,48	0,00	20,50	50,48	60,83
7	61,19	0,00	7,75	61,19	65,93
8	73,85	0,00	2,33	73,85	75,57
9	76,91	1,94	0,23	78,40	77,09
10	76,12	2,45	0,35	77,99	75,85
11	78,22	0,93	3,53	78,95	75,46
12	77,06	2,76	2,87	79,19	74,85
13	75,33	5,89	0,00	79,76	75,33
14	74,88	2,97	2,56	77,11	72,96
15	68,55	1,34	0,00	69,47	68,55
16	68,54	0,00	0,60	68,54	68,95
17	69,56	0,73	0,00	70,07	69,56
18	72,84	0,81	4,12	73,43	69,84
19	77,66	0,00	6,80	77,66	72,38
20	82,06	1,58	5,03	83,36	77,93
21	88,06	0,05	0,72	88,10	87,43
22	81,60	0,00	1,27	81,60	82,64
23	72,97	0,00	2,30	72,97	71,29
24	65,64	0,00	0,15	65,64	65,74

Tabela A. 4: Preço ofertado pelo Seller2 e 3, preço de mercado e erros médios associados à simulação 2 (MASCEN).

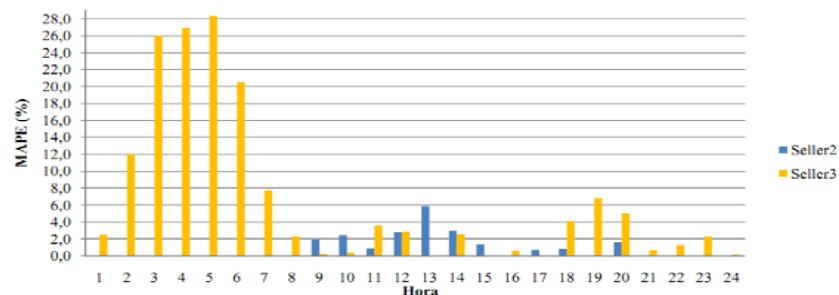


Gráfico A. 3: Erro médio em cada período do dia para a simulação 2.

Sim-2	Seller 2				Seller 3			
	Capacidade (MWh)	Venda (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Venda (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	584,00	63,00	10,79	339,63	200,00	0,00	0,00	0,00
2	584,00	253,00	43,32	1208,33	200,00	0,00	0,00	0,00
3	584,00	281,00	48,12	1333,91	200,00	0,00	0,00	1205,00
4	584,00	293,00	50,17	1373,88	200,00	0,00	0,00	0,00
5	584,00	115,00	19,69	580,52	200,00	0,00	0,00	0,00
6	584,00	121,00	20,72	740,40	200,00	0,00	0,00	0,00
7	584,00	40,00	6,85	295,40	200,00	0,00	0,00	0,00
8	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00
9	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1517,00
10	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1509,20
11	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1497,00
12	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	198,00	99,00	1491,53
13	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1459,20
14	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	45,00	22,50	308,48
15	584,00	64,00	10,96	438,66	200,00	0,00	0,00	0,00
16	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	81,00	40,50	563,44
17	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1396,80
18	584,00	85,00	14,55	660,11	200,00	200,00	100,00	1447,60
19	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1558,60
20	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1761,12
21	584,00	245,00	41,95	204,00	200,00	0,00	0,00	0,00
22	584,00	133,00	22,77	970,50	200,00	200,00	100,00	1425,80
23	584,00	321,00	54,97	2107,04	200,00	0,00	0,00	0,00
24	584,00	63,00	10,79	362,50	200,00	0,00	0,00	0,00
Total	14016,00	2077,00	14,82	10614,88	4800,00	2124,00	44,25	17140,77

Tabela A. 5: Lucro obtido pelo Seller2 e 3 em cada período da simulação 2.

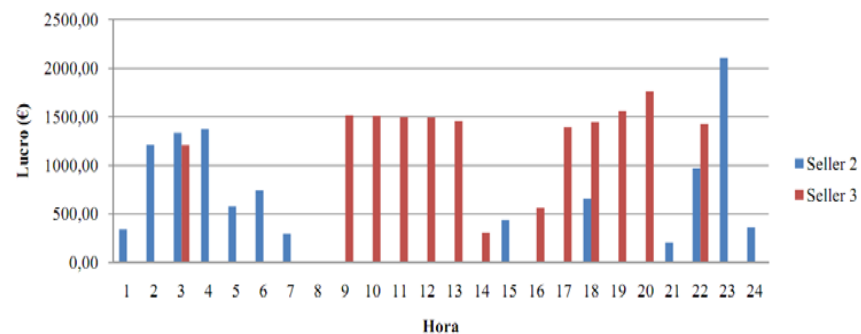


Gráfico A. 4: Lucro em cada período do dia para a simulação 2.

## Anexo IV

Simulação 3		Erro MAPE (%)		Preço Proposto(€/MWh)	
HORA	Preço de Mercado	Seller2	Seller3	Est.3	Red.Neur.
1	55,70	0,01	5,87	55,70	58,97
2	52,22	0,01	15,66	52,22	60,40
3	47,00	0,00	28,13	47,00	60,22
4	46,38	0,01	29,91	46,38	60,25
5	45,73	0,01	31,62	45,73	60,19
6	49,00	1,07	24,14	48,48	60,83
7	59,64	0,00	10,55	59,64	65,93
8	72,35	0,00	4,45	72,35	75,57
9	76,91	1,90	0,23	78,37	77,09
10	76,12	2,66	0,35	78,14	75,85
11	78,22	1,08	3,53	79,06	75,46
12	77,06	3,86	2,87	80,03	74,85
13	75,33	6,66	0,00	80,35	75,33
14	74,88	3,92	2,56	77,82	72,96
15	68,55	1,26	0,00	69,42	68,55
16	68,18	0,01	1,13	68,18	68,95
17	69,38	0,01	0,26	69,38	69,56
18	72,57	0,00	3,76	72,57	69,84
19	78,06	0,00	7,28	78,06	72,38
20	82,06	3,47	5,03	84,91	77,93
21	87,89	0,00	0,52	87,89	87,43
22	82,03	2,44	0,74	80,03	82,64
23	71,79	0,01	0,70	71,79	71,29
24	64,74	0,00	1,54	64,74	65,74

Tabela A. 6: Preço ofertado pelo Seller2 e 3, preço de mercado e erros médios associados à simulação 3 (MASCHEM).

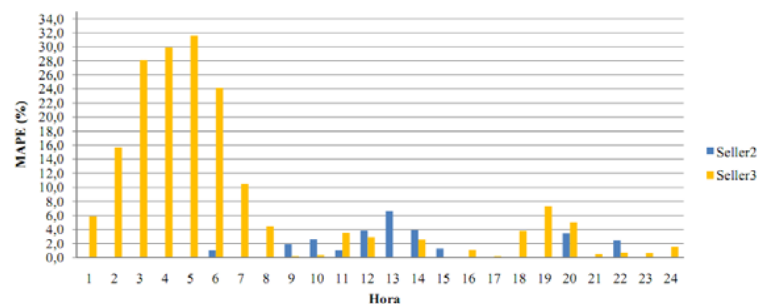


Gráfico A. 5: Erro médio em cada período do dia para a simulação 3.

Sim-3	Seller 2				Seller 3			
	Capacidade (MWh)	Venda (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Venda (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	584,00	213,00	36,47	1112,29	200,00	0,00	0,00	0,00
2	584,00	253,00	43,32	1189,10	200,00	0,00	0,00	0,00
3	584,00	281,00	48,12	1303,28	200,00	0,00	0,00	0,00
4	584,00	293,00	50,17	1339,89	200,00	0,00	0,00	0,00
5	584,00	400,00	68,49	2205,84	200,00	0,00	0,00	0,00
6	584,00	121,00	20,72	721,64	200,00	0,00	0,00	0,00
7	584,00	40,00	6,85	289,40	200,00	0,00	0,00	0,00
8	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00
9	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1517,00
10	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1509,20
11	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1497,00
12	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	198,00	99,00	1491,53
13	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1459,20
14	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	45,00	22,50	308,48
15	584,00	64,00	10,96	436,35	200,00	0,00	0,00	0,00
16	584,00	81,00	13,87	561,98	200,00	0,00	0,00	0,00
17	584,00	49,00	8,39	355,59	200,00	200,00	100,00	1396,80
18	584,00	85,00	14,55	663,51	200,00	200,00	100,00	1447,60
19	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1558,60
20	584,00	45,00	7,71	395,50	200,00	200,00	100,00	1748,60
21	584,00	335,00	57,36	2681,01	200,00	0,00	0,00	0,00
22	584,00	133,00	22,77	954,81	200,00	200,00	100,00	1425,80
23	584,00	321,00	54,97	2078,15	200,00	0,00	0,00	0,00
24	584,00	213,00	36,47	1186,41	200,00	0,00	0,00	0,00
Total	14016,00	2927,00	20,88	17474,75	4800,00	2043,00	42,56	15359,81

Tabela A. 7: Lucro obtido pelo Seller2 e 3 em cada período da simulação 3.

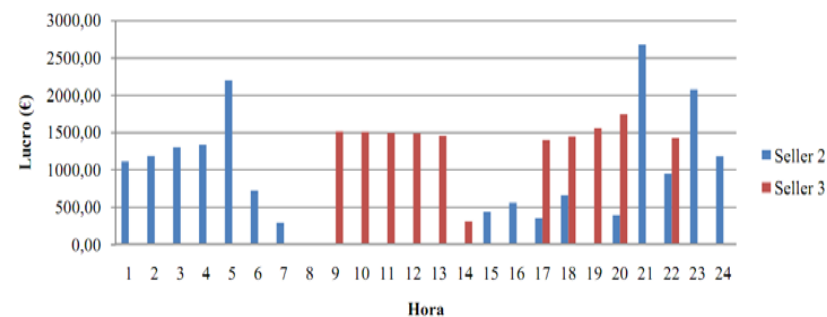


Gráfico A. 6: Erro médio em cada período do dia para a simulação 3.

## Anexo V

Simulação 4		Erro MAPE (%)	Erro MAPE (%)	Preço Proposto(€/MWh)	
HORA	Preço de Mercado	Seller2	Seller3	Est.4	Red.Neur.
1	49,00	8,54	20,35	44,81	58,97
2	49,00	14,34	23,27	41,97	60,40
3	46,28	16,15	30,12	38,80	60,22
4	45,69	17,21	31,87	37,83	60,25
5	44,92	16,66	33,99	37,44	60,19
6	49,00	18,97	24,14	39,70	60,83
7	49,00	4,48	34,55	46,80	65,93
8	56,91	0,00	32,79	56,91	75,57
9	60,75	0,00	26,90	60,75	77,09
10	59,67	0,00	27,12	59,67	75,85
11	60,32	0,00	25,10	60,32	75,46
12	60,43	0,00	23,86	60,43	74,85
13	61,74	0,00	22,01	61,74	75,33
14	59,74	0,00	22,13	59,74	72,96
15	54,06	0,00	26,80	54,06	68,55
16	53,43	0,01	29,05	53,43	68,95
17	54,50	0,00	27,63	54,50	69,56
18	56,70	0,00	23,17	56,70	69,84
19	57,52	0,00	25,83	57,52	72,38
20	61,29	0,01	27,15	61,29	77,93
21	71,60	0,01	22,11	71,60	87,43
22	65,39	0,01	26,38	65,39	82,64
23	56,53	0,01	26,11	56,53	71,29
24	49,00	0,17	34,16	48,92	65,74

Tabela A. 8: Preço ofertado pelo Seller2 e 3, preço de mercado e erros médios associados à simulação 4 (MASCEM).

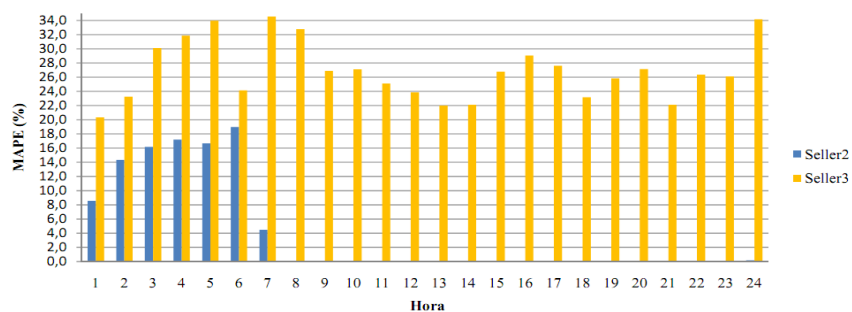


Gráfico A. 7: Erro médio em cada período do dia para a simulação 4.

Sim-4	Seller 2				Seller 3			
	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	584,00	400,00	68,49	1047,32	200,00	0,00	0,00	0,00
2	584,00	400,00	68,49	1563,64	200,00	0,00	0,00	0,00
3	584,00	400,00	68,49	1630,47	200,00	0,00	0,00	0,00
4	584,00	400,00	68,49	1658,59	200,00	0,00	0,00	0,00
5	584,00	400,00	68,49	1806,35	200,00	0,00	0,00	0,00
6	584,00	400,00	68,49	2157,48	200,00	0,00	0,00	0,00
7	584,00	280,00	47,95	1593,48	200,00	0,00	0,00	0,00
8	584,00	278,00	47,60	1688,85	200,00	0,00	0,00	0,00
9	584,00	304,00	52,05	1813,97	200,00	0,00	0,00	0,00
10	584,00	254,00	43,49	1532,13	200,00	0,00	0,00	0,00
11	584,00	228,00	39,04	1377,80	200,00	0,00	0,00	0,00
12	584,00	198,00	33,90	1222,45	200,00	0,00	0,00	0,00
13	584,00	233,00	39,90	1391,94	200,00	0,00	0,00	0,00
14	584,00	245,00	41,95	1324,47	200,00	0,00	0,00	0,00
15	584,00	264,00	45,21	1410,55	200,00	0,00	0,00	0,00
16	584,00	281,00	48,12	1531,45	200,00	0,00	0,00	0,00
17	584,00	299,00	51,20	1695,33	200,00	0,00	0,00	0,00
18	584,00	335,00	57,36	1926,92	200,00	0,00	0,00	0,00
19	584,00	335,00	57,36	2053,22	200,00	0,00	0,00	0,00
20	584,00	335,00	57,36	2398,60	200,00	0,00	0,00	0,00
21	584,00	335,00	57,36	2190,57	200,00	0,00	0,00	0,00
22	584,00	333,00	57,02	1882,45	200,00	0,00	0,00	0,00
23	584,00	400,00	68,49	41203,69	200,00	0,00	0,00	0,00
24	584,00	400,00	68,49	1805,84	200,00	0,00	0,00	0,00
Total	14016,00	7737,00	55,20	79907,56	4800,00	0,00	0,00	0,00

Tabela A. 9: Lucro obtido pelo Seller2 e 3 em cada período da simulação 4.

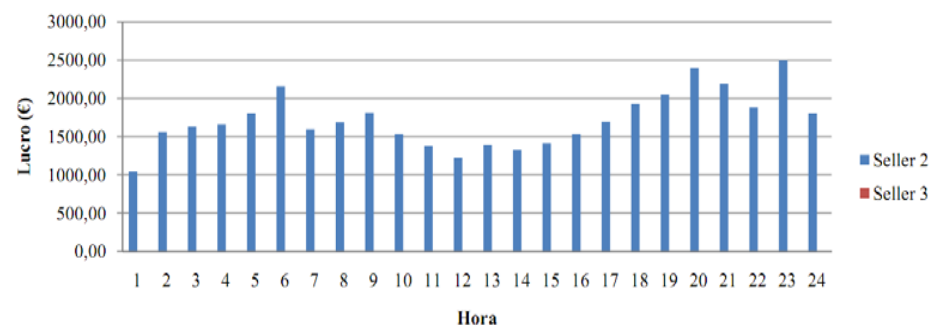


Gráfico A. 8: Lucro em cada período do dia para a simulação 4.

## Anexo VI

Simulação 5		Erro MAPE (%)		Preço Proposto(€/MWh)	
HORA	Preço de Mercado	Seller2	Seller3	Est.5	Red.Neur.
1	55,70	0,01	5,87	55,70	58,97
2	52,22	0,01	15,66	52,22	60,40
3	47,00	0,00	28,13	47,00	60,22
4	46,38	0,01	29,91	46,38	60,25
5	45,73	0,01	31,62	45,73	60,19
6	49,00	1,07	24,14	48,48	60,83
7	59,64	0,00	10,55	59,64	65,93
8	72,35	0,00	4,45	72,35	75,57
9	76,91	1,90	0,23	78,37	77,09
10	76,12	2,66	0,35	78,14	75,85
11	78,22	1,08	3,53	79,06	75,46
12	77,06	3,86	2,87	80,03	74,85
13	75,33	6,66	0,00	80,35	75,33
14	74,88	3,92	2,56	77,82	72,96
15	68,55	1,26	0,00	69,42	68,55
16	68,18	0,01	1,13	68,18	68,95
17	69,38	0,01	0,26	69,38	69,56
18	72,57	0,00	3,76	72,57	69,84
19	78,06	0,00	7,28	78,06	72,38
20	82,06	3,47	5,03	84,91	77,93
21	87,89	0,00	0,52	87,89	87,43
22	80,02	0,01	3,27	80,03	82,64
23	71,79	0,01	0,70	71,79	71,29
24	64,74	0,00	1,54	64,74	65,74

Tabela A. 10: Preço ofertado pelo Seller2 e 3, preço de mercado e erros médios associados à simulação 5 (MASCEM).

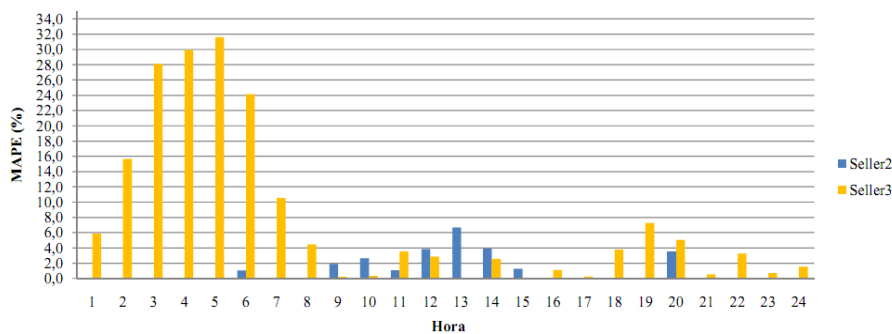


Gráfico A. 9: Erro médio em cada período do dia para a simulação 5.

Sim-5	Seller 2				Seller 3			
	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	584,00	213,00	36,47	1112,29	200,00	0,00	0,00	0,00
2	584,00	253,00	43,32	1189,10	200,00	0,00	0,00	0,00
3	584,00	281,00	48,12	1303,28	200,00	0,00	0,00	0,00
4	584,00	293,00	50,17	1339,89	200,00	0,00	0,00	0,00
5	584,00	400,00	68,49	2205,84	200,00	0,00	0,00	0,00
6	584,00	121,00	20,72	721,64	200,00	0,00	0,00	0,00
7	584,00	40,00	6,85	289,40	200,00	0,00	0,00	0,00
8	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00
9	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1517,00
10	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1509,20
11	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1497,00
12	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	198,00	99,00	1491,53
13	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1459,20
14	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	45,00	22,50	308,48
15	584,00	64,00	10,96	436,35	200,00	0,00	0,00	0,00
16	584,00	81,00	13,87	561,98	200,00	0,00	0,00	0,00
17	584,00	49,00	8,39	355,59	200,00	200,00	100,00	1396,80
18	584,00	85,00	14,55	663,51	200,00	200,00	100,00	1447,60
19	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1558,60
20	584,00	45,00	7,71	395,50	200,00	200,00	100,00	1748,60
21	584,00	335,00	57,36	2681,01	200,00	0,00	0,00	0,00
22	584,00	133,00	22,77	954,81	200,00	200,00	100,00	1425,80
23	584,00	321,00	54,97	2078,15	200,00	0,00	0,00	0,00
24	584,00	213,00	36,47	1186,41	200,00	0,00	0,00	0,00
Total	14016,00	2927,00	20,88	17474,75	4600,00	2043,00	44,41	15359,81

Tabela A. 11: Lucro obtido pelo Seller2 e 3 em cada período da simulação 5.

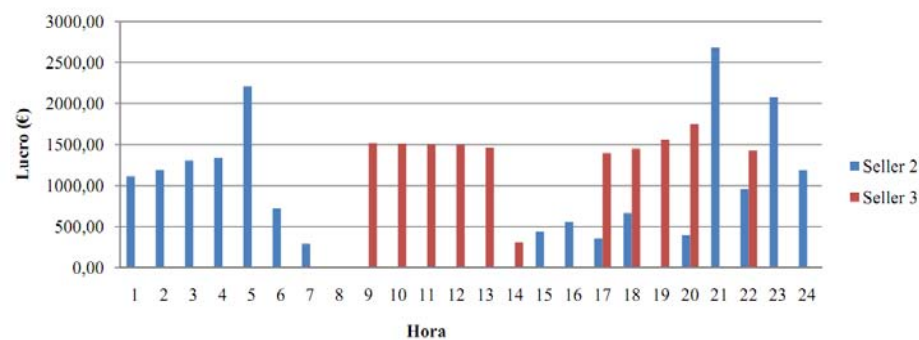


Gráfico A. 10: Lucro em cada período do dia para a simulação 5.

## Anexo VII

Simulação 6		Erro MAPE (%)	Erro MAPE (%)	Erro MAPE (%)	Erro MAPE (%)
HORA	Preço de Mercado	Seller1	Seller2	Seller3	VPP 1
1	57,54	6,39	0,01	3,21	22,12
2	53,91	8,62	0,01	3,14	22,14
3	47,76	9,58	0,01	1,59	18,75
4	47,47	11,81	0,00	2,31	20,31
5	46,90	11,25	0,01	2,49	20,18
6	50,48	10,80	0,00	3,97	21,35
7	61,19	4,31	0,00	2,53	23,51
8	73,85	4,01	0,00	2,03	22,94
9	78,40	0,35	0,00	0,04	22,51
10	77,99	0,01	0,00	0,19	23,49
11	78,95	0,19	0,01	0,14	23,59
12	79,19	0,24	0,01	1,06	23,69
13	79,76	0,08	0,00	0,74	22,59
14	77,11	0,48	0,00	0,92	22,53
15	69,42	0,96	0,07	0,01	22,12
16	68,18	0,73	0,53	0,01	21,63
17	69,91	0,00	0,22	0,75	22,04
18	73,02	0,00	0,56	0,62	22,35
19	77,66	4,64	0,00	0,52	25,94
20	83,36	5,61	0,00	1,86	26,48
21	88,06	0,80	0,05	0,19	18,69
22	81,60	3,94	0,00	1,92	19,87
23	73,04	2,08	0,10	1,72	22,61
24	65,64	0,14	0,00	1,37	25,48

Tabela A. 12: Preço de mercado e erros médios associados aos Sellers da simulação 6 (MASCEM).

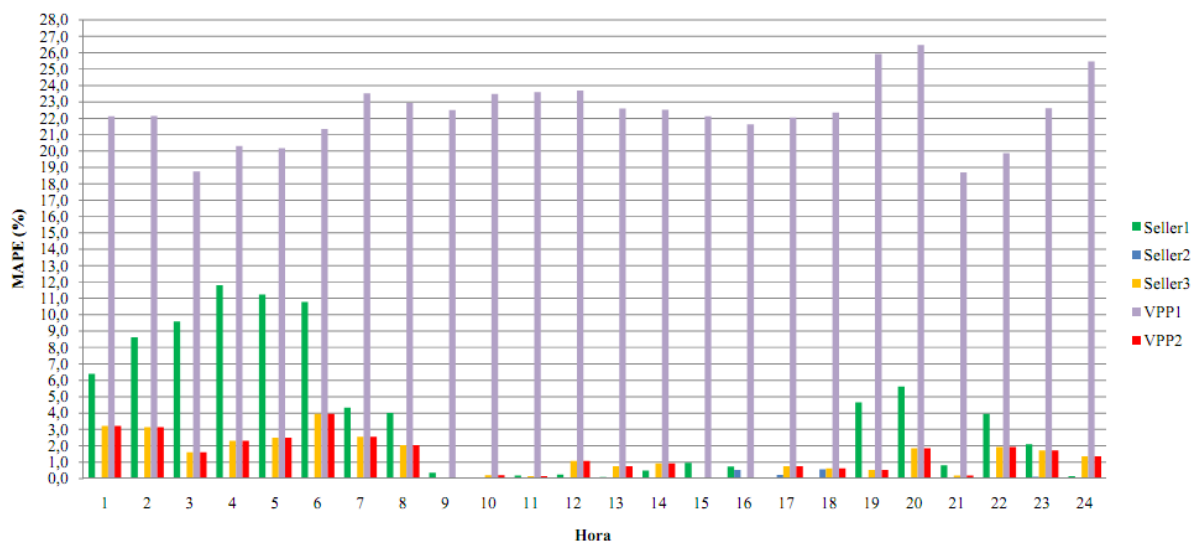


Gráfico A. 11: Erro médio em cada período do dia para a simulação 6.

Sim-6	Seller 1				Seller 2				Seller 3				VPP 1				VPP 2			
HORA	Capacidade (MWh)	Venda (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Venda (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Venda (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Venda (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Venda (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	163,00	27,91	878,73	200,00	200,00	100,00	1078,20	99,00	99,00	100,00	533,71	48,00	48,00	100,00	258,77
2	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	353,00	60,45	1685,93	200,00	200,00	100,00	955,20	99,00	99,00	100,00	472,82	48,00	48,00	100,00	229,25
3	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	381,00	65,24	1819,66	200,00	200,00	100,00	955,20	78,00	78,00	100,00	372,53	41,00	41,00	100,00	195,82
4	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	393,00	67,29	1842,78	200,00	200,00	100,00	937,80	69,00	69,00	100,00	323,54	38,00	38,00	100,00	178,18
5	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	215,00	36,82	1085,32	200,00	200,00	100,00	1009,60	60,00	60,00	100,00	302,88	35,00	35,00	100,00	176,68
6	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	221,00	37,84	1352,30	200,00	200,00	100,00	1223,80	48,00	48,00	100,00	293,71	41,00	41,00	100,00	250,88
7	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	140,00	23,97	1033,90	200,00	200,00	100,00	1477,00	39,00	39,00	100,00	288,02	41,00	41,00	100,00	302,79
8	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	88,00	15,07	689,92	200,00	200,00	100,00	1568,00	39,00	39,00	100,00	305,76	43,00	43,00	100,00	337,12
9	300,00	300,00	100,00	2339,70	584,00	52,00	8,90	405,55	200,00	0,00	0,00	0,00	18,00	18,00	100,00	140,38	38,00	0,00	0,00	0,00
10	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	400,00	68,49	3158,00	200,00	0,00	0,00	0,00	60,00	60,00	100,00	473,70	46,00	0,00	0,00	0,00
11	300,00	300,00	100,00	2375,70	584,00	82,00	14,04	649,36	200,00	0,00	0,00	0,00	78,00	78,00	100,00	617,68	54,00	0,00	0,00	0,00
12	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	361,00	61,82	2879,34	200,00	0,00	0,00	0,00	99,00	99,00	100,00	789,62	63,00	0,00	0,00	0,00
13	300,00	300,00	100,00	2313,30	584,00	91,00	15,58	701,70	200,00	0,00	0,00	0,00	69,00	69,00	100,00	532,06	58,00	0,00	0,00	0,00
14	300,00	300,00	100,00	0,00	584,00	0,00	0,00	3925,06	200,00	100,00	50,00	0,00	60,00	60,00	100,00	403,26	55,00	0,00	0,00	0,00
15	300,00	300,00	100,00	2045,40	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	112,00	56,00	763,62	48,00	48,00	100,00	327,26	48,00	0,00	0,00	0,00
16	300,00	181,00	60,33	1265,37	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1398,20	39,00	39,00	100,00	272,65	40,00	40,00	100,00	279,64
17	300,00	199,00	66,33	1453,10	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1460,40	30,00	30,00	100,00	219,06	31,00	31,00	100,00	226,36
18	300,00	300,00	100,00	2329,80	584,00	310,00	53,08	2407,46	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00
19	300,00	300,00	100,00	2500,80	584,00	220,00	37,67	1833,92	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00
20	300,00	300,00	100,00	2641,68	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	100,00	1761,12	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	25,00	100,00	220,14
21	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	345,00	0,00	2815,20	200,00	200,00	100,00	1632,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	25,00	100,00	204,00
22	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	433,00	74,14	3159,60	200,00	200,00	100,00	1459,40	9,00	9,00	100,00	65,67	18,00	18,00	100,00	131,35
23	300,00	300,00	100,00	21234,05	584,00	121,00	20,72	34055,86	200,00	200,00	100,00	20143,14	18,00	18,00	100,00	7422,12	21,00	21,00	100,00	3405,00
24	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	163,00	27,91	937,90	200,00	200,00	100,00	1150,80	99,00	99,00	100,00	569,65	48,00	48,00	100,00	276,19
Total	7200,00	3080,00	42,78	40498,90	14016,00	4532,00	32,33	67317,49	4800,00	3212,00	66,92	38973,48	1158,00	1158,00	100,00	14726,09	955,00	543,00	56,86	6672,16

Tabela A. 13: Lucro obtido pelos Sellers 1, 2, 3, VPP1 e VPP2 em cada período da simulação 6.

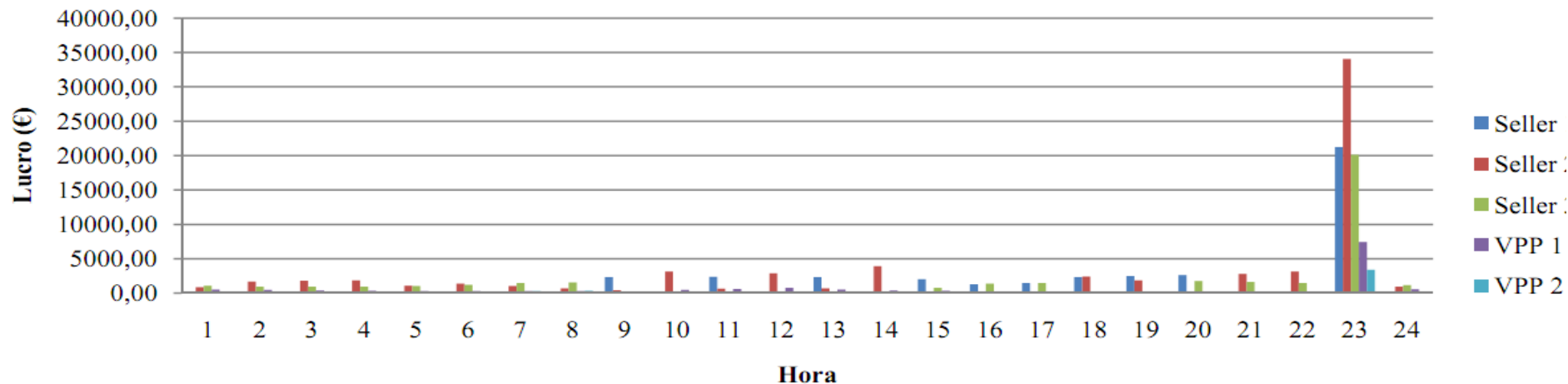


Gráfico A. 12: Lucro de cada Seller em cada período do dia para a simulação 6.

## Anexo VIII

Preço de mercado em cada simulação (€/MWh)						
HORA	Sim_1	Sim_2	Sim_3	Sim_4	Sim_5	Sim_6
1	58,97	57,54	55,70	44,81	55,70	57,54
2	58,56	53,91	52,22	49,17	52,22	53,91
3	52,34	47,76	47,00	38,80	47,00	47,76
4	53,08	47,47	46,38	37,83	46,38	47,76
5	52,17	46,89	45,73	37,44	45,73	46,89
6	55,93	50,48	48,48	39,70	48,48	50,48
7	62,44	61,19	59,64	46,80	59,64	61,19
8	74,39	73,85	72,35	56,91	72,35	73,85
9	76,91	76,91	76,91	60,75	76,91	78,40
10	76,12	76,12	76,12	59,67	76,12	77,99
11	78,22	78,22	78,218	60,32	78,22	78,95
12	77,06	77,06	77,06	60,43	77,06	79,19
13	75,33	75,33	75,33	61,74	75,33	79,76
14	74,88	74,88	74,88	59,74	74,88	77,11
15	68,55	68,55	68,55	54,06	68,55	67,21
16	67,69	68,54	68,18	53,43	68,18	68,18
17	69,56	69,56	69,38	54,50	69,38	69,91
18	72,83	72,84	72,57	56,70	72,57	73,02
19	74,06	77,66	78,06	57,52	78,06	77,66
20	78,68	82,06	82,06	61,29	82,06	83,36
21	87,36	88,06	87,89	71,60	87,89	88,06
22	82,64	81,60	80,03	65,39	80,03	81,60
23	73,04	72,97	71,79	56,53	71,79	72,97
24	65,55	65,64	64,74	48,92	64,74	65,64

Tabela A. 14: Preço de mercado em cada simulação (€/MWh), (Caso de estudo 1).

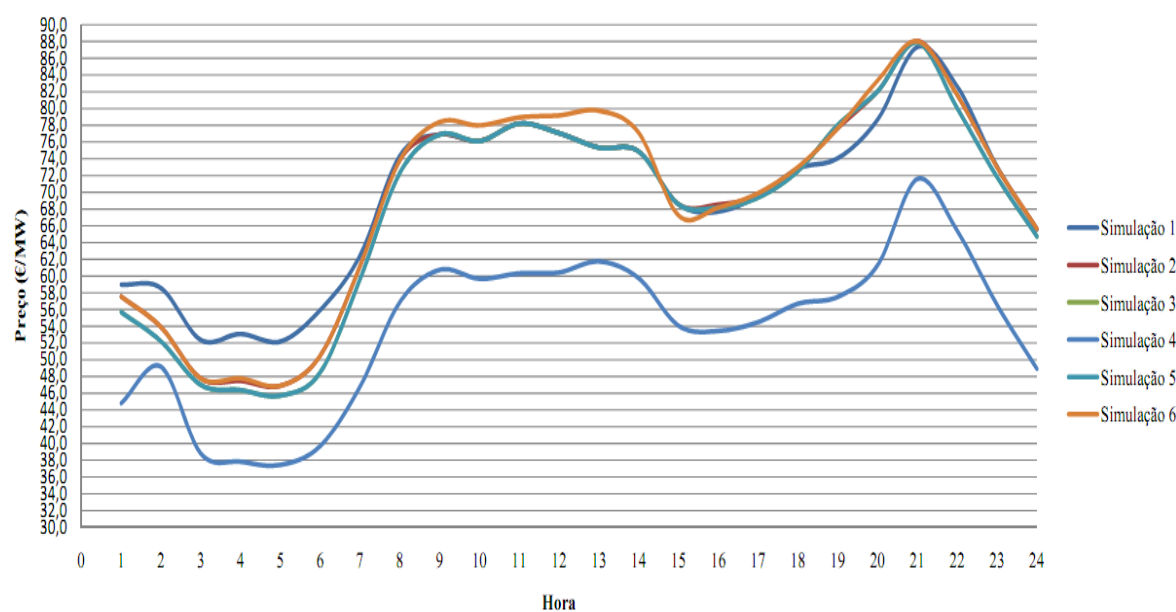


Gráfico A. 13: Evolução dos preços de mercado em cada simulação, (Caso de estudo 1).

## Anexo IX Caso de estudo 2

Estratégia 1				Estratégia 1				Estratégia 1				Estratégia 1				Estratégia 1			
Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)	
HORA	Preço de Mercado	Seller1	Sim 1.1	HORA	Preço de Mercado	Seller2	Sim 1.2	HORA	Preço de Mercado	Seller3	Sim 1.3	HORA	Preço de Mercado	VPP1	Sim 1.4	HORA	Preço de Mercado	VPP2	Sim 1.5
1	59.82	61.22	2.34	1	61.22	61.22	0.00	1	59.82	61.22	2.34	1	59.82	61.22	2.34	1	59.82	61.22	2.34
2	56.70	58.56	3.27	2	58.56	58.56	0.01	2	56.70	58.56	3.27	2	56.70	58.56	3.27	2	56.70	58.56	3.27
3	51.01	52.34	2.60	3	52.34	52.34	0.01	3	51.01	52.34	2.60	3	51.01	52.34	2.60	3	51.01	52.34	2.60
4	50.42	53.08	5.27	4	53.08	53.08	0.01	4	50.42	53.08	5.27	4	50.42	53.08	5.27	4	50.42	53.08	5.27
5	49.83	52.17	4.70	5	52.17	52.17	0.01	5	49.83	52.17	4.70	5	49.83	52.17	4.70	5	49.83	52.17	4.70
6	52.81	55.93	5.91	6	55.93	55.93	0.00	6	52.91	55.93	5.71	6	52.81	55.93	5.91	6	52.81	55.93	5.91
7	60.92	63.83	4.78	7	62.44	63.83	2.23	7	60.92	63.83	4.78	7	60.92	63.83	4.78	7	60.92	63.83	4.78
8	70.18	76.81	9.45	8	73.07	76.81	5.12	8	70.18	76.81	9.45	8	70.18	76.81	9.45	8	70.18	76.81	9.45
9	73.58	78.68	6.93	9	75.25	78.68	4.55	9	73.58	78.68	6.93	9	73.58	78.68	6.93	9	73.58	78.68	6.93
10	76.05	77.98	2.54	10	77.98	77.98	0.01	10	76.05	77.98	2.54	10	76.05	77.98	2.54	10	76.05	77.98	2.54
11	78.98	79.10	0.15	11	79.10	79.10	0.00	11	78.98	79.10	0.15	11	78.98	79.10	0.15	11	78.98	79.10	0.15
12	79.46	79.00	0.57	12	79.00	79.00	0.00	12	79.46	79.00	0.00	12	79.46	79.00	0.57	12	79.46	79.00	0.57
13	79.82	79.82	0.01	13	79.42	79.82	0.51	13	79.42	79.82	0.51	13	79.82	79.82	0.01	13	79.82	79.82	0.01
14	79.52	76.74	3.50	14	76.74	76.74	0.00	14	76.74	76.74	0.00	14	79.52	76.74	3.50	14	79.52	76.74	3.50
15	72.46	68.75	5.12	15	68.75	68.75	0.00	15	72.46	68.75	0.00	15	72.46	68.75	5.12	15	72.46	68.75	5.12
16	71.57	67.69	5.43	16	67.69	67.69	0.01	16	71.57	67.69	0.01	16	71.57	67.69	5.43	16	71.57	67.69	5.43
17	73.01	69.91	4.25	17	69.91	69.91	0.00	17	73.01	69.91	0.00	17	73.01	69.91	4.25	17	73.01	69.91	4.25
18	75.79	73.02	3.65	18	73.02	73.02	0.00	18	73.02	73.02	0.00	18	75.79	73.02	3.65	18	75.79	73.02	3.65
19	78.46	74.06	5.61	19	74.06	74.06	0.01	19	78.07	74.06	5.14	19	78.46	74.06	5.61	19	78.46	74.06	5.61
20	81.24	78.68	3.15	20	78.68	78.68	0.00	20	81.24	78.68	3.15	20	81.24	78.68	3.15	20	81.24	78.68	3.15
21	83.84	87.36	4.19	21	87.36	87.36	0.00	21	83.84	87.36	4.19	21	83.84	87.36	4.19	21	83.84	87.36	4.19
22	81.50	84.82	4.07	22	84.82	84.82	0.00	22	81.50	84.82	4.07	22	81.50	84.82	4.07	22	81.50	84.82	4.07
23	74.68	74.56	0.16	23	74.56	74.56	0.00	23	74.68	74.56	0.00	23	74.68	74.56	0.16	23	74.68	74.56	0.16
24	66.29	65.55	1.12	24	65.55	65.55	0.01	24	65.86	65.55	0.47	24	66.29	65.55	1.12	24	66.29	65.55	1.12

Tabela A. 15: Preço ofertado pelos cinco Sellers, preço de mercado e erros médios associados à Estratégia 1, (Caso de estudo 2).

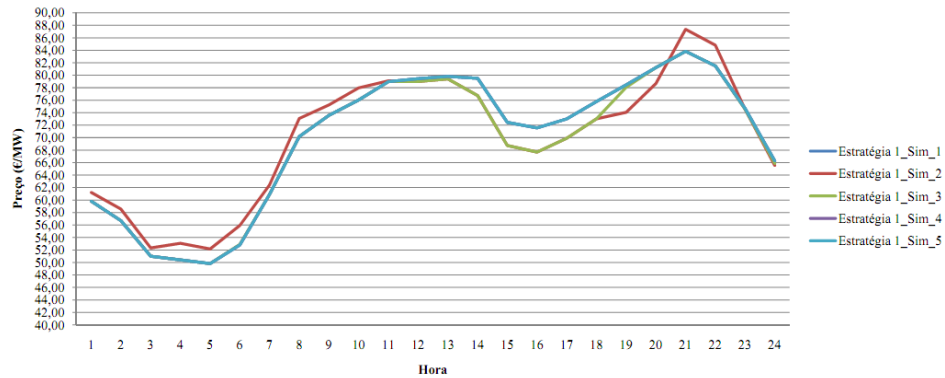


Gráfico A. 14: Evolução dos preços de mercado em cada simulação, (Caso de estudo 2).

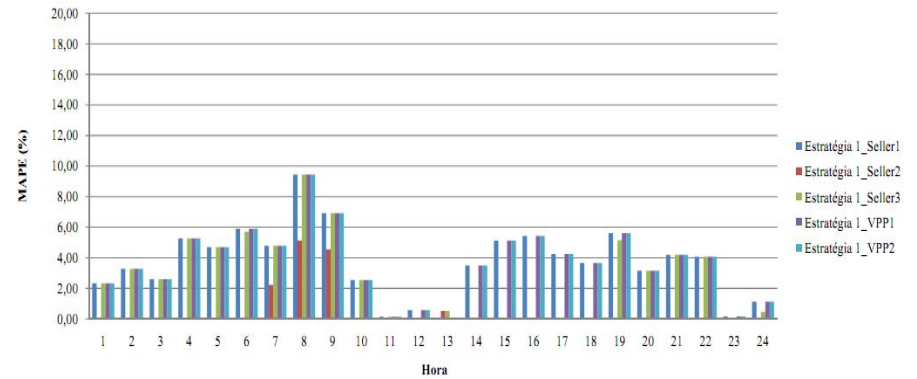


Gráfico A. 15: Erro médio de cada Seller em cada simulação, para cada período do dia utilizando a Estratégia 1, (Caso de estudo 2).

Estratégia 1 aplicada a cada um dos 5 Sellers																				
HORA	Seller 1				Seller 2				Seller 3				VPP 1				VPP 2			
	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	13,00	2,23	79,59	200,00	0,00	0,00	0,00	99,00	0,00	0,00	0,00	48,00	0,00	0,00	0,00
2	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	13,00	2,23	76,13	200,00	0,00	0,00	0,00	99,00	0,00	0,00	0,00	48,00	0,00	0,00	0,00
3	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	41,00	7,02	214,59	200,00	0,00	0,00	0,00	78,00	0,00	0,00	0,00	41,00	0,00	0,00	0,00
4	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	53,00	9,08	281,32	200,00	0,00	0,00	0,00	69,00	0,00	0,00	0,00	38,00	0,00	0,00	0,00
5	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	65,00	11,13	339,11	200,00	0,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	0,00	35,00	0,00	0,00	0,00
6	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00	48,00	0,00	0,00	0,00	41,00	0,00	0,00	0,00
7	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00	39,00	0,00	0,00	0,00	41,00	0,00	0,00	0,00
8	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00	39,00	0,00	0,00	0,00	43,00	0,00	0,00	0,00
9	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	14,00	2,40	105,35	200,00	0,00	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	38,00	0,00	0,00	0,00
10	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	54,00	9,25	421,09	200,00	0,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	0,00	46,00	0,00	0,00	0,00
11	300,00	300,00	100,00	2369,40	584,00	28,00	4,79	221,48	200,00	28,00	14,00	221,14	78,00	78,00	100,00	616,04	54,00	54,00	100,00	426,49
12	300,00	298,00	99,33	2367,91	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00	99,00	97,00	97,98	770,76	63,00	61,00	96,83	484,71
13	300,00	300,00	100,00	2394,60	584,00	183,00	31,34	1453,35	200,00	183,00	91,50	1453,35	69,00	69,00	100,00	550,76	58,00	58,00	100,00	462,96
14	300,00	300,00	100,00	2385,60	584,00	45,00	7,71	345,33	200,00	45,00	22,50	345,33	60,00	60,00	100,00	477,12	55,00	55,00	100,00	437,36
15	300,00	300,00	100,00	2173,80	584,00	64,00	10,96	440,00	200,00	64,00	32,00	440,00	48,00	48,00	100,00	347,81	48,00	48,00	100,00	347,81
16	300,00	300,00	100,00	2147,10	584,00	81,00	13,87	548,29	200,00	81,00	40,50	548,29	39,00	39,00	100,00	279,12	40,00	40,00	100,00	286,28
17	300,00	300,00	100,00	2190,30	584,00	99,00	16,95	692,11	200,00	99,00	49,50	692,11	30,00	30,00	100,00	219,03	31,00	31,00	100,00	226,33
18	300,00	300,00	100,00	2273,70	584,00	335,00	57,36	2446,17	200,00	200,00	100,00	1460,40	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	25,00	100,00	189,48
19	300,00	300,00	100,00	2353,80	584,00	245,00	41,95	1814,47	200,00	200,00	100,00	1561,44	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	25,00	100,00	196,15
20	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	45,00	7,71	354,06	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00
21	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	95,00	16,27	829,92	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00
22	300,00	300,00	100,00	2445,00	584,00	183,00	31,34	1552,21	200,00	183,00	91,50	1491,45	9,00	9,00	100,00	73,35	18,00	18,00	100,00	146,70
23	300,00	300,00	100,00	2240,40	584,00	321,00	54,97	2393,38	200,00	200,00	100,00	1491,20	18,00	18,00	100,00	134,42	21,00	21,00	100,00	156,83
24	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	13,00	2,23	85,22	200,00	0,00	0,00	0,00	99,00	0,00	0,00	0,00	48,00	0,00	0,00	0,00
Total	7200,00	3298,00	45,81	25341,61	14016,00	1990,00	14,20	14693,15	4800,00	1283,00	26,73	9704,71	1158,00	448,00	38,69	3468,42	955,00	436,00	45,65	3361,09

Tabela A. 16: Energia vendida e lucro de cada agente para cada um dos 24 períodos recorrendo à Estratégia 1, aplicada a cada um dos 5 Sellers, (Caso de estudo 2).

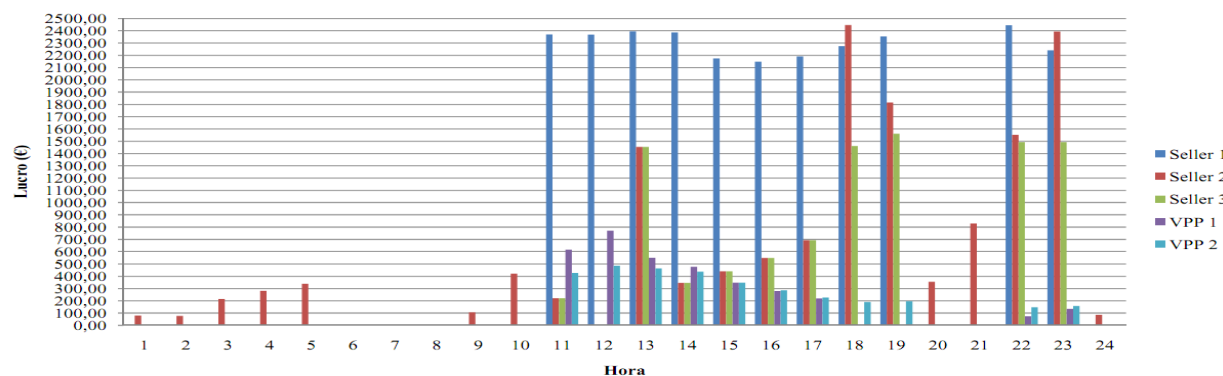


Gráfico A. 16: Lucro de cada Seller em cada período do dia para a Estratégia 1 aplicada a cada um dos 5 Sellers, (Caso de estudo 2).

# Anexo X

Estratégia 2				Estratégia 2				Estratégia 2				Estratégia 2				Estratégia 2			
Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)	
HORA	Preço de Mercado	Seller1	Sim_1.1	HORA	Preço de Mercado	Seller2	Sim_1.2	HORA	Preço de Mercado	Seller3	Sim_1.3	HORA	Preço de Mercado	VPP1	Sim_1.4	HORA	Preço de Mercado	VPP2	Sim_1.5
1	59.82	57.54	3.80	1	57.54	57.54	0.01	1	57.54	57.54	0.01	1	59.82	57.54	3.80	1	59.82	57.54	3.80
2	56.70	53.91	4.91	2	53.91	53.91	0.01	2	53.91	53.91	0.01	2	56.70	53.91	4.91	2	56.70	53.91	4.91
3	51.01	47.76	6.38	3	47.76	47.76	0.01	3	49.00	47.76	2.54	3	51.01	47.76	6.38	3	51.01	47.76	6.38
4	50.42	47.47	5.85	4	47.47	47.47	0.00	4	49.00	47.47	3.12	4	50.42	47.47	5.85	4	50.42	47.47	5.85
5	49.83	46.89	5.89	5	46.89	46.89	0.01	5	49.00	46.89	4.30	5	49.83	46.89	5.89	5	49.83	46.89	5.89
6	52.81	50.48	4.42	6	50.48	50.48	0.00	6	50.48	50.48	0.00	6	52.81	50.48	4.42	6	52.81	50.48	4.42
7	60.92	61.19	0.44	7	61.19	61.19	0.00	7	60.92	61.19	0.44	7	60.92	61.19	0.44	7	60.92	61.19	0.44
8	70.18	73.85	5.23	8	73.07	73.85	1.07	8	70.18	73.85	5.23	8	70.18	73.85	5.23	8	70.18	73.85	5.23
9	73.58	78.40	6.56	9	75.25	78.40	4.19	9	73.58	78.40	6.56	9	73.58	78.40	6.56	9	73.58	78.40	6.56
10	76.05	77.99	2.55	10	77.99	77.99	0.00	10	76.05	77.99	2.55	10	76.05	77.99	2.55	10	76.05	77.99	2.55
11	78.98	78.95	0.04	11	78.95	78.95	0.01	11	78.95	78.95	0.01	11	78.98	78.95	0.04	11	78.98	78.95	0.04
12	79.46	79.19	0.35	12	79.19	79.19	0.01	12	79.19	79.19	0.01	12	79.46	79.19	0.35	12	79.46	79.19	0.35
13	79.76	79.76	0.00	13	79.42	79.76	0.44	13	79.76	79.76	0.00	13	79.76	79.76	0.00	13	79.76	79.76	0.00
14	79.52	77.11	3.04	14	77.11	77.11	0.00	14	77.11	77.11	0.00	14	79.52	77.11	3.04	14	79.52	77.11	3.04
15	72.46	69.47	4.12	15	69.47	69.47	0.00	15	69.47	69.47	0.00	15	72.46	69.47	4.12	15	72.46	69.47	4.12
16	71.57	68.54	4.23	16	68.54	68.54	0.00	16	68.54	68.54	0.00	16	71.57	68.54	4.23	16	71.57	68.54	4.23
17	73.01	70.07	4.03	17	70.07	70.07	0.01	17	70.07	70.07	0.01	17	73.01	70.07	4.03	17	73.01	70.07	4.03
18	75.79	73.43	3.11	18	73.43	73.43	0.00	18	73.43	73.43	0.00	18	75.79	73.43	3.11	18	75.79	73.43	3.11
19	78.46	77.66	1.02	19	77.66	77.66	0.00	19	78.07	77.66	0.52	19	78.46	77.66	1.02	19	78.46	77.66	1.02
20	81.24	83.36	2.61	20	83.36	83.36	0.00	20	81.24	83.36	2.61	20	81.24	83.36	2.61	20	81.24	83.36	2.61
21	83.84	88.10	5.08	21	88.06	88.10	0.05	21	83.84	88.10	5.08	21	83.84	88.10	5.08	21	83.84	88.10	5.08
22	81.50	81.60	0.12	22	81.60	81.60	0.00	22	81.50	81.60	0.12	22	81.50	81.60	0.12	22	81.50	81.60	0.12
23	74.68	72.97	2.29	23	72.97	72.97	0.00	23	83.04	72.97	12.13	23	74.68	72.97	2.29	23	74.68	72.97	2.29
24	66.29	65.64	0.98	24	65.64	65.64	0.00	24	65.59	65.64	0.08	24	66.29	65.64	0.98	24	66.29	65.64	0.98

Tabela A. 17: Preço ofertado pelos cinco Sellers, preço de mercado e erros médios associados à Estratégia 2, (Caso de estudo 2).

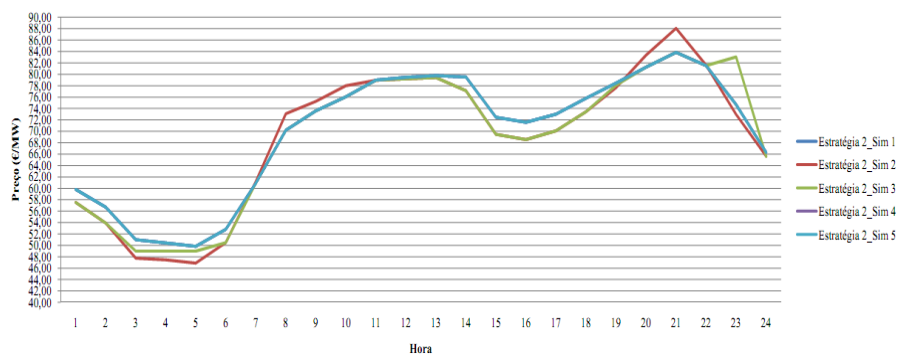


Gráfico A. 17: Evolução dos preços de mercado em cada simulação, (Caso de estudo 2).

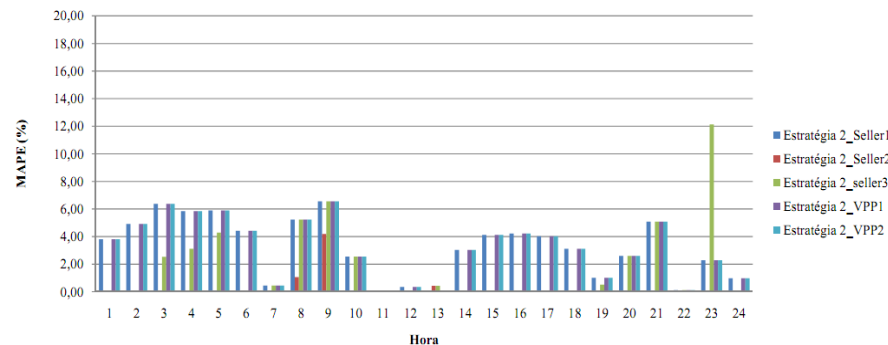


Gráfico A. 18: Erro médio de cada Seller em cada simulação, para cada período do dia utilizando a Estratégia 2, (Caso de estudo 2).

Estratégia 2 aplicada a cada um dos 5 Sellers																				
HORA	Seller 1				Seller 2				Seller 3				VPP 1				VPP 2			
	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	300,00	300,00	100,00	1794,60	584,00	63,00	10,79	362,50	200,00	63,00	31,50	362,50	99,00	99,00	100,00	592,22	48,00	48,00	100,00	287,14
2	300,00	300,00	100,00	1701,00	584,00	253,00	43,32	1363,92	200,00	200,00	100,00	1078,20	99,00	99,00	100,00	561,33	48,00	48,00	100,00	272,16
3	300,00	300,00	100,00	1530,30	584,00	281,00	48,12	1342,06	200,00	200,00	100,00	980,00	78,00	78,00	100,00	397,88	41,00	41,00	100,00	209,14
4	300,00	300,00	100,00	1512,60	584,00	293,00	50,17	1390,87	200,00	200,00	100,00	980,00	69,00	69,00	100,00	347,90	38,00	38,00	100,00	191,60
5	300,00	300,00	100,00	1494,90	584,00	115,00	19,69	539,24	200,00	115,00	57,50	563,50	60,00	60,00	100,00	298,98	35,00	35,00	100,00	174,41
6	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	121,00	20,72	610,81	200,00	0,00	0,00	0,00	48,00	0,00	0,00	0,00	41,00	0,00	0,00	0,00
7	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00	39,00	0,00	0,00	0,00	41,00	0,00	0,00	0,00
8	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00	39,00	0,00	0,00	0,00	43,00	0,00	0,00	0,00
9	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	14,00	2,40	105,35	200,00	0,00	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	38,00	0,00	0,00	0,00
10	300,00	300,00	100,00	2281,50	584,00	54,00	9,25	421,15	200,00	54,00	27,00	410,67	60,00	60,00	100,00	456,30	46,00	46,00	100,00	349,83
11	300,00	300,00	100,00	2369,40	584,00	28,00	4,79	221,06	200,00	28,00	14,00	221,06	78,00	78,00	100,00	616,04	54,00	54,00	100,00	426,49
12	300,00	298,00	99,33	2367,91	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00	99,00	97,00	97,98	770,76	63,00	61,00	96,83	484,71
13	300,00	300,00	100,00	2392,80	584,00	33,00	5,65	262,08	200,00	33,00	16,50	262,08	69,00	69,00	100,00	550,34	58,00	58,00	100,00	462,61
14	300,00	300,00	100,00	2385,60	584,00	45,00	7,71	347,00	200,00	45,00	22,50	347,00	60,00	60,00	100,00	477,12	55,00	55,00	100,00	437,36
15	300,00	300,00	100,00	2173,80	584,00	64,00	10,96	444,61	200,00	64,00	32,00	444,61	48,00	48,00	100,00	347,81	48,00	48,00	100,00	347,81
16	300,00	300,00	100,00	2147,10	584,00	81,00	13,87	555,17	200,00	81,00	40,50	555,17	39,00	39,00	100,00	279,12	40,00	40,00	100,00	286,28
17	300,00	300,00	100,00	2190,30	584,00	99,00	16,95	693,69	200,00	99,00	49,50	693,69	30,00	30,00	100,00	219,03	31,00	31,00	100,00	226,33
18	300,00	300,00	100,00	2273,70	584,00	285,00	48,80	2092,76	200,00	200,00	100,00	1468,60	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	189,48
19	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	195,00	33,39	1514,37	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00
20	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00
21	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	245,00	41,95	2157,37	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00
22	300,00	300,00	100,00	2445,00	584,00	333,00	57,02	2717,28	200,00	200,00	100,00	1630,00	9,00	9,00	100,00	73,35	18,00	18,00	100,00	146,70
23	300,00	300,00	100,00	2240,40	584,00	321,00	54,97	2342,34	200,00	200,00	100,00	1660,84	21,00	21,00	100,00	156,83	21,00	21,00	100,00	156,83
24	300,00	300,00	100,00	1988,70	584,00	63,00	10,79	413,53	200,00	63,00	31,50	413,19	99,00	99,00	100,00	656,27	48,00	48,00	100,00	318,19
Total	7200,00	5098,00	70,81	35289,61	14016,00	2986,00	21,30	19897,15	4800,00	1845,00	38,44	12071,11	1161,00	1015,00	87,42	6801,28	955,00	715,00	74,87	4967,05

Tabela A. 18: Energia vendida e lucro de cada agente para cada um dos 24 períodos recorrendo à Estratégia 2, aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 2).

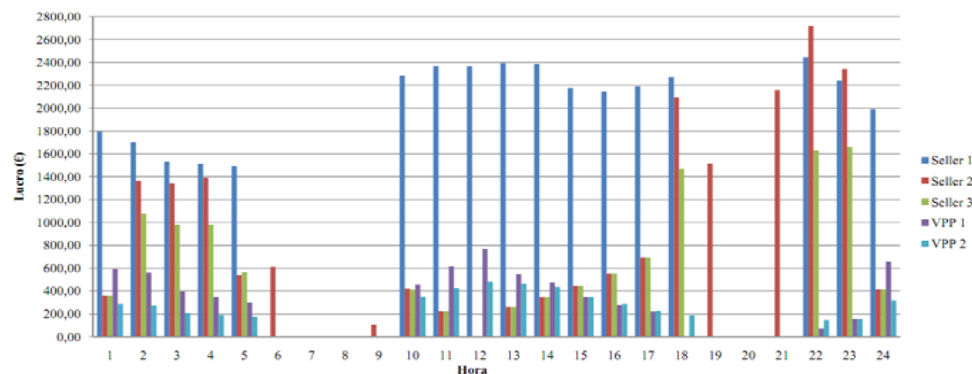


Gráfico A. 19: Lucro de cada Seller em cada período do dia para a Estratégia 2 aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 2).

# Anexo XI

Estratégia 3				Estratégia 3				Estratégia 3				Estratégia 3				Estratégia 3			
Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)	
HORA	Preço de Mercado	Seller1	Sim_1.1	HORA	Preço de Mercado	Seller2	Sim_1.2	HORA	Preço de Mercado	Seller3	Sim_1.3	HORA	Preço de Mercado	VPP1	Sim_1.4	HORA	Preço de Mercado	VPP2	Sim_1.5
1	59.82	55.70	6.89	1	55.70	55.70	0.01	1	57.48	55.70	3.10	1	59.82	55.70	6.89	1	59.82	55.70	6.89
2	56.70	52.22	7.91	2	52.22	52.22	0.01	2	53.80	52.22	2.95	2	56.70	52.22	7.91	2	56.70	52.22	7.91
3	51.01	47.00	7.86	3	47.00	47.00	0.00	3	49.00	47.00	4.08	3	51.01	47.00	7.86	3	51.01	47.00	7.86
4	50.42	46.38	8.02	4	46.38	46.38	0.01	4	49.00	46.38	5.36	4	50.42	46.38	8.02	4	50.42	46.38	8.02
5	49.83	45.73	8.22	5	45.73	45.73	0.01	5	49.00	45.73	6.67	5	49.83	45.73	8.22	5	49.83	45.73	8.22
6	52.81	48.48	8.20	6	48.48	48.48	0.00	6	49.34	48.48	1.74	6	52.81	48.48	8.20	6	52.81	48.48	8.20
7	60.92	59.64	2.10	7	59.64	59.64	0.00	7	59.64	59.64	0.00	7	60.92	59.64	2.10	7	60.92	59.64	2.10
8	70.18	72.35	3.09	8	72.35	72.35	0.00	8	70.18	72.35	3.09	8	70.18	72.35	3.09	8	70.18	72.35	3.09
9	73.58	78.37	6.51	9	75.25	78.37	4.15	9	73.58	78.37	6.51	9	73.58	78.37	6.51	9	73.58	78.37	6.51
10	76.05	78.14	2.75	10	78.14	78.14	0.00	10	76.05	78.14	2.75	10	76.05	78.14	2.75	10	76.05	78.14	2.75
11	78.98	79.06	0.10	11	79.06	79.06	0.00	11	78.98	79.06	0.10	11	78.98	79.06	0.10	11	78.98	79.06	0.10
12	79.46	80.03	0.72	12	80.03	80.03	0.00	12	79.46	80.03	0.72	12	79.46	80.03	0.72	12	79.46	80.03	0.72
13	79.76	80.35	0.74	13	79.42	80.35	1.17	13	79.42	80.35	1.17	13	80.35	80.35	0.00	13	80.35	80.35	0.00
14	79.52	77.82	2.14	14	77.82	77.82	0.00	14	77.82	77.82	0.00	14	79.52	77.82	2.14	14	79.52	77.82	2.14
15	72.46	69.42	4.20	15	69.42	69.42	0.01	15	69.42	69.42	0.01	15	72.46	69.42	4.20	15	72.46	69.42	4.20
16	71.57	68.18	4.73	16	68.18	68.18	0.01	16	68.18	68.18	0.01	16	71.57	68.18	4.73	16	71.57	68.18	4.73
17	73.01	69.38	4.97	17	69.38	69.38	0.01	17	69.38	69.38	0.01	17	73.01	69.38	4.97	17	73.01	69.38	4.97
18	75.79	72.57	4.25	18	72.57	72.57	0.00	18	72.84	72.57	0.37	18	75.79	72.57	4.25	18	75.79	72.57	4.25
19	78.46	78.06	0.51	19	78.06	78.06	0.00	19	78.07	78.06	0.01	19	78.46	78.06	0.51	19	78.46	78.06	0.51
20	81.24	84.91	4.52	20	83.48	84.91	1.71	20	81.24	84.91	4.52	20	81.24	84.91	4.52	20	81.24	84.91	4.52
21	83.84	87.89	4.84	21	87.89	87.89	0.00	21	83.84	87.89	4.84	21	83.84	87.89	4.84	21	83.84	87.89	4.84
22	81.50	80.03	1.80	22	80.03	80.03	0.00	22	81.50	80.03	1.80	22	81.50	80.03	1.80	22	81.50	80.03	1.80
23	74.68	71.79	3.88	23	71.79	71.79	0.01	23	73.04	71.79	1.72	23	74.68	71.79	3.88	23	74.68	71.79	3.88
24	66.29	64.74	2.33	24	64.74	64.74	0.00	24	65.86	64.74	1.69	24	66.29	64.74	2.33	24	66.29	64.74	2.33

Tabela A. 19: Preço ofertado pelos cinco Sellers, preço de mercado e erros médios associados à Estratégia 3, (Caso de estudo 2).

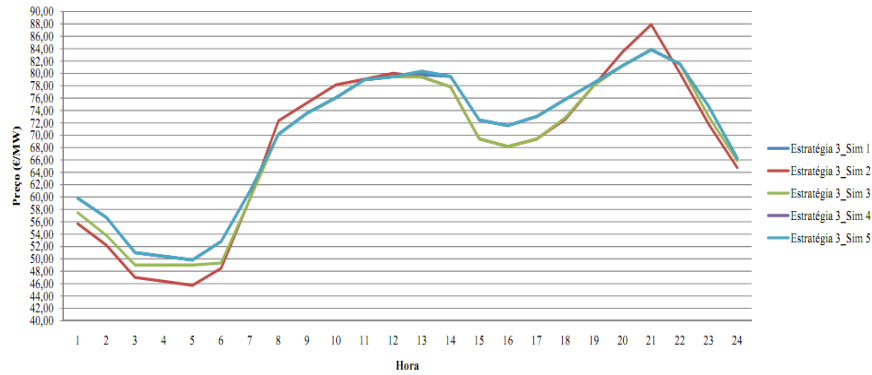


Gráfico A. 20: Evolução dos preços de mercado em cada simulação, (Caso de estudo 2).

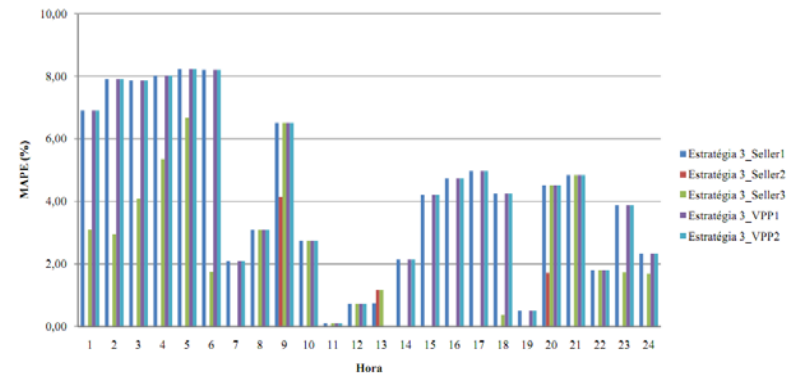


Gráfico A. 21: Erro médio de cada Seller em cada simulação, para cada período do dia utilizando a Estratégia 3, (Caso de estudo 2).

Estratégia 3 aplicada a cada um dos 5 Sellers																				
HORA	Seller 1				Seller 2				Seller 3				VPP 1				VPP 2			
	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	300,00	300,00	100,00	1794,60	584,00	213,00	36,47	1186,41	200,00	200,00	100,00	1149,52	99,00	99,00	100,00	592,22	48,00	48,00	100,00	287,14
2	300,00	300,00	100,00	1701,00	584,00	253,00	43,32	1321,17	200,00	200,00	100,00	1076,04	99,00	99,00	100,00	561,33	48,00	48,00	100,00	272,16
3	300,00	300,00	100,00	1530,30	584,00	281,00	48,12	1320,70	200,00	200,00	100,00	980,00	78,00	78,00	100,00	397,88	41,00	41,00	100,00	209,14
4	300,00	300,00	100,00	1512,60	584,00	293,00	50,17	1358,93	200,00	200,00	100,00	980,00	69,00	69,00	100,00	347,90	38,00	38,00	100,00	191,60
5	300,00	300,00	100,00	1494,90	584,00	455,00	77,91	2080,72	200,00	200,00	100,00	980,00	60,00	60,00	100,00	298,98	35,00	35,00	100,00	174,41
6	300,00	300,00	100,00	1584,30	584,00	121,00	20,72	586,61	200,00	121,00	60,50	596,99	48,00	48,00	100,00	253,49	41,00	41,00	100,00	216,52
7	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	40,00	6,85	238,56	200,00	0,00	0,00	0,00	39,00	0,00	0,00	0,00	41,00	0,00	0,00	0,00
8	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00	39,00	0,00	0,00	0,00	48,00	0,00	0,00	0,00
9	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	14,00	2,40	105,35	200,00	0,00	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	38,00	0,00	0,00	0,00
10	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	54,00	9,25	421,96	200,00	0,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	0,00	46,00	0,00	0,00	0,00
11	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	28,00	4,79	221,37	200,00	0,00	0,00	0,00	78,00	0,00	0,00	0,00	54,00	0,00	0,00	0,00
12	300,00	298,00	99,33	2367,91	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00	99,00	97,00	97,98	770,76	63,00	61,00	96,83	484,71
13	300,00	300,00	100,00	2392,80	584,00	33,00	5,65	262,08	200,00	33,00	16,50	262,08	69,00	69,00	100,00	554,42	58,00	58,00	100,00	466,03
14	300,00	300,00	100,00	2385,60	584,00	45,00	7,71	350,19	200,00	45,00	22,50	350,19	60,00	60,00	100,00	477,12	55,00	55,00	100,00	437,36
15	300,00	300,00	100,00	2173,80	584,00	64,00	10,96	444,29	200,00	64,00	32,00	444,29	48,00	48,00	100,00	347,81	48,00	48,00	100,00	347,81
16	300,00	300,00	100,00	2147,10	584,00	81,00	13,87	552,26	200,00	81,00	40,50	552,26	39,00	39,00	100,00	279,12	40,00	40,00	100,00	286,28
17	300,00	300,00	100,00	2190,30	584,00	249,00	42,64	1727,56	200,00	200,00	100,00	1387,60	30,00	30,00	100,00	219,03	31,00	31,00	100,00	226,33
18	300,00	300,00	100,00	2273,70	584,00	285,00	48,80	2068,25	200,00	200,00	100,00	1456,76	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	189,48
19	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00
20	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	45,00	7,71	375,66	200,00	2,00	1,00	16,25	0,00	0,00	0	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00
21	300,00	300,00	100,00	2515,20	584,00	335,00	57,36	2944,32	200,00	200,00	100,00	1676,80	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	209,60
22	300,00	300,00	100,00	2445,00	584,00	333,00	57,02	2665,00	200,00	200,00	100,00	1630,00	9,00	9,00	100,00	73,35	18,00	18,00	100,00	146,70
23	300,00	300,00	100,00	2240,40	584,00	321,00	54,97	2304,46	200,00	200,00	100,00	1460,84	18,00	18,00	100,00	134,42	21,00	21,00	100,00	156,83
24	300,00	300,00	100,00	1988,70	584,00	213,00	36,47	1378,96	200,00	200,00	100,00	1317,16	99,00	99,00	100,00	656,27	48,00	48,00	100,00	318,19
Total	7200,00	5098,00	70,81	34738,21	14016,00	3756,00	26,80	23914,78	4800,00	2546,00	53,04	16316,77	1158,00	922,00	79,62	5964,10	960,00	681,00	70,94	4620,27

Tabela A. 20: Energia vendida e lucro de cada agente para cada um dos 24 períodos recorrendo à Estratégia 3, aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 2).

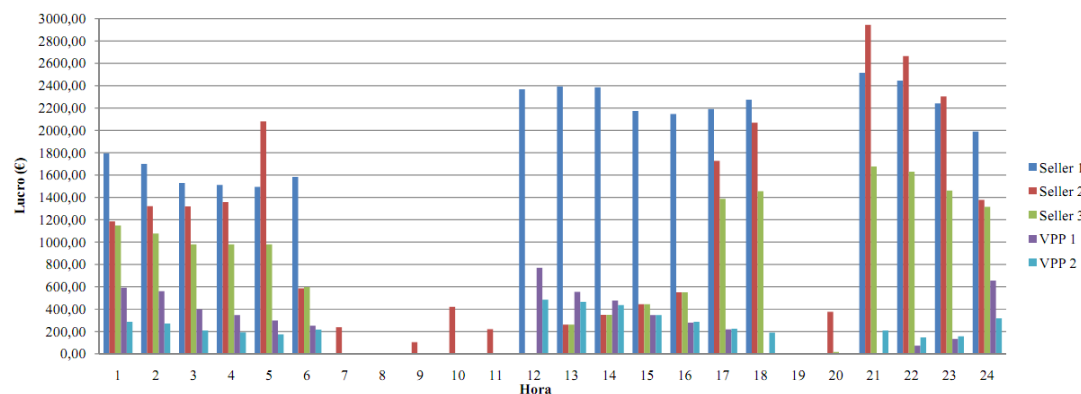


Gráfico A. 22: Lucro de cada Seller em cada período do dia para a Estratégia 3 aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 2).

## Anexo XII

Estratégia 4				Estratégia 4				Estratégia 4				Estratégia 4				Estratégia 4			
Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)	
HORA	Preço de Mercado	Seller1	Sim_1.1	HORA	Preço de Mercado	Seller2	Sim_1.2	HORA	Preço de Mercado	Seller3	Sim_1.3	HORA	Preço de Mercado	VPP1	Sim_1.4	HORA	Preço de Mercado	VPP2	Sim_1.5
1	59.82	44.81	25.09	1	44.81	44.81	0.01	1	57.48	44.81	22.03	1	59.82	44.81	25.09	1	59.82	44.81	25.09
2	56.70	41.97	25.97	2	41.97	41.97	0.01	2	53.80	41.97	21.99	2	56.70	41.97	25.97	2	56.70	41.97	25.97
3	51.01	38.80	23.93	3	38.80	38.80	0.01	3	49.00	38.80	20.81	3	51.01	38.80	23.93	3	51.01	38.80	23.93
4	50.42	37.83	24.98	4	37.83	37.83	0.01	4	49.00	37.83	22.80	4	50.42	37.83	24.98	4	50.42	37.83	24.98
5	49.83	37.44	24.87	5	37.44	37.44	0.01	5	49.00	37.44	23.60	5	49.83	37.44	24.87	5	49.83	37.44	24.87
6	52.81	39.70	24.82	6	39.70	39.70	0.01	6	49.34	39.70	19.53	6	52.81	39.70	24.82	6	52.81	39.70	24.82
7	60.92	46.80	23.17	7	46.80	46.80	0.01	7	59.39	46.80	21.20	7	60.92	46.80	23.17	7	60.92	46.80	23.17
8	70.18	56.91	18.91	8	56.91	56.91	0.00	8	68.07	56.91	16.39	8	70.18	56.91	18.91	8	70.18	56.91	18.91
9	73.58	60.75	17.43	9	60.75	60.75	0.00	9	70.25	60.75	13.52	9	73.58	60.75	17.43	9	73.58	60.75	17.43
10	76.05	59.67	21.54	10	59.67	59.67	0.00	10	76.05	59.67	21.54	10	76.05	59.67	21.54	10	76.05	59.67	21.54
11	78.98	60.32	23.62	11	60.32	60.32	0.00	11	78.22	60.32	22.88	11	78.98	60.32	23.62	11	78.98	60.32	23.62
12	79.46	60.43	23.95	12	60.43	60.43	0.00	12	77.06	60.43	21.58	12	79.46	60.43	23.95	12	79.46	60.43	23.95
13	79.42	61.74	22.26	13	61.74	61.74	0.00	13	61.74	61.74	0.00	13	79.42	61.74	22.26	13	79.42	61.74	22.26
14	79.52	59.74	24.88	14	59.74	59.74	0.00	14	74.88	59.74	20.22	14	79.52	59.74	24.88	14	79.52	59.74	24.88
15	72.46	54.06	25.39	15	54.06	54.06	0.00	15	67.21	54.06	19.56	15	72.46	54.06	25.39	15	72.46	54.06	25.39
16	71.57	53.43	25.34	16	53.43	53.43	0.01	16	67.41	53.43	20.73	16	71.57	53.43	25.34	16	71.57	53.43	25.34
17	73.01	54.50	25.35	17	54.50	54.50	0.00	17	68.83	54.50	20.82	17	73.01	54.50	25.35	17	73.01	54.50	25.35
18	75.79	56.70	25.19	18	56.70	56.70	0.00	18	72.84	56.70	22.16	18	75.79	56.70	25.19	18	75.79	56.70	25.19
19	78.46	57.52	26.69	19	57.52	57.52	0.00	19	78.07	57.52	26.33	19	78.46	57.52	26.69	19	78.46	57.52	26.69
20	81.24	61.29	24.56	20	61.29	61.29	0.01	20	81.24	61.29	24.56	20	81.24	61.29	24.56	20	81.24	61.29	24.56
21	83.84	71.60	14.59	21	71.60	71.60	0.01	21	83.84	71.60	14.59	21	83.84	71.60	14.59	21	83.84	71.60	14.59
22	81.50	65.39	19.77	22	65.39	65.39	0.01	22	81.50	65.39	19.77	22	81.50	65.39	19.77	22	81.50	65.39	19.77
23	74.68	56.53	24.31	23	56.53	56.53	0.01	23	73.04	56.53	22.61	23	74.68	56.53	24.31	23	74.68	56.53	24.31
24	66.29	48.92	26.21	24	48.92	48.92	0.00	24	65.59	48.92	25.41	24	66.29	48.92	26.21	24	66.29	48.92	26.21

Tabela A. 21: : Preço ofertado pelos cinco Sellers, preço de mercado e erros médios associados à Estratégia 4, (Caso de estudo 2).

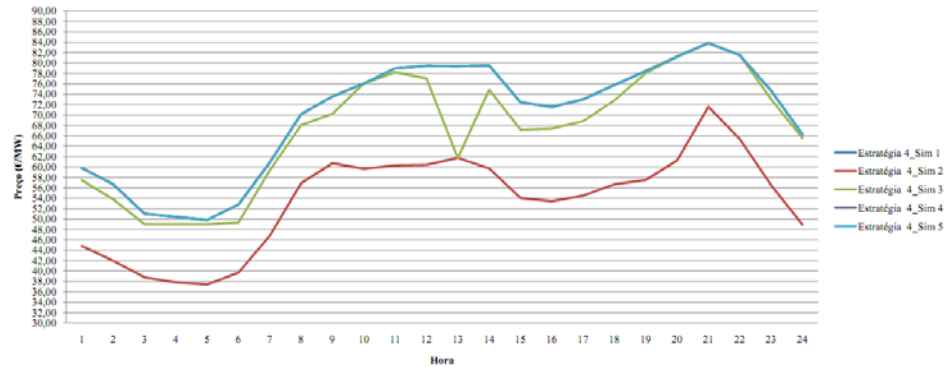


Gráfico A. 23: Evolução dos preços de mercado em cada simulação, (Caso de estudo 2).

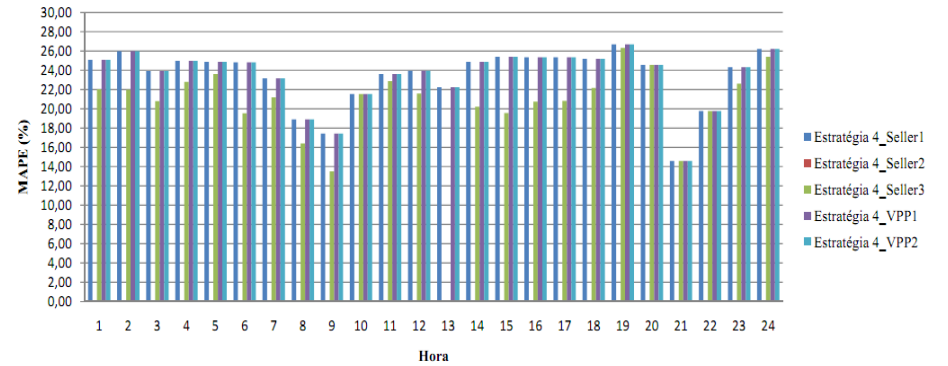


Gráfico A. 24: Erro médio de cada Seller em cada simulação, para cada período do dia utilizando a Estratégia 4, (Caso de estudo 2).

Estratégia 4 aplicada a cada um dos 5 Sellers																				
HORA	Seller 1				Seller 2				Seller 3				VPP 1				VPP 2			
	Capacidade (MWh)	Venda (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Venda (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Venda (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Venda (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Venda (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	300,00	300,00	100,00	1794,60	584,00	403,00	69,01	1805,84	200,00	200,00	100,00	1149,52	99,00	99,00	100,00	592,22	48,00	48,00	100,00	287,14
2	300,00	300,00	100,00	1701,00	584,00	403,00	69,01	1691,39	200,00	200,00	100,00	1076,04	99,00	99,00	100,00	561,33	48,00	48,00	100,00	272,16
3	300,00	300,00	100,00	1530,30	584,00	431,00	73,80	1672,28	200,00	200,00	100,00	980,00	78,00	78,00	100,00	397,88	41,00	41,00	100,00	209,14
4	300,00	300,00	100,00	1512,60	584,00	443,00	75,86	1675,87	200,00	200,00	100,00	980,00	69,00	69,00	100,00	347,90	38,00	38,00	100,00	191,60
5	300,00	300,00	100,00	1494,90	584,00	455,00	77,91	1703,52	200,00	200,00	100,00	980,00	60,00	60,00	100,00	298,98	35,00	35,00	100,00	174,41
6	300,00	300,00	100,00	1584,30	584,00	461,00	78,94	1830,17	200,00	200,00	100,00	986,76	48,00	48,00	100,00	253,49	41,00	41,00	100,00	216,52
7	300,00	300,00	100,00	1827,60	584,00	280,00	47,95	1310,40	200,00	200,00	100,00	1187,84	39,00	39,00	100,00	237,59	41,00	41,00	100,00	249,77
8	300,00	300,00	100,00	2105,40	584,00	278,00	47,60	1582,10	200,00	200,00	100,00	1361,40	39,00	39,00	100,00	273,70	43,00	43,00	100,00	301,77
9	300,00	300,00	100,00	2207,40	584,00	304,00	52,05	1846,80	200,00	200,00	100,00	1405,00	18,00	18,00	100,00	132,44	38,00	38,00	100,00	279,60
10	300,00	300,00	100,00	2281,50	584,00	254,00	43,49	1515,62	200,00	200,00	100,00	1521,00	60,00	60,00	100,00	456,30	46,00	46,00	100,00	349,83
11	300,00	300,00	100,00	2369,40	584,00	228,00	39,04	1375,30	200,00	200,00	100,00	1564,36	78,00	78,00	100,00	616,04	54,00	54,00	100,00	426,49
12	300,00	300,00	100,00	2383,80	584,00	198,00	33,90	1196,51	200,00	198,00	99,00	1525,79	99,00	99,00	100,00	786,65	63,00	63,00	100,00	500,60
13	300,00	300,00	100,00	2382,54	584,00	233,00	39,90	1438,54	200,00	200,00	100,00	1234,80	69,00	69,00	100,00	547,98	58,00	58,00	100,00	460,62
14	300,00	300,00	100,00	2385,60	584,00	245,00	41,95	1463,63	200,00	200,00	100,00	1497,60	60,00	60,00	100,00	477,12	55,00	55,00	100,00	437,36
15	300,00	300,00	100,00	2173,80	584,00	264,00	45,21	1427,18	200,00	200,00	100,00	1344,20	48,00	48,00	100,00	347,81	48,00	48,00	100,00	347,81
16	300,00	300,00	100,00	2147,10	584,00	281,00	48,12	1501,38	200,00	200,00	100,00	1348,12	39,00	39,00	100,00	279,12	40,00	40,00	100,00	286,28
17	300,00	300,00	100,00	2190,30	584,00	299,00	51,20	1629,55	200,00	200,00	100,00	1376,64	30,00	30,00	100,00	219,03	31,00	31,00	100,00	226,33
18	300,00	300,00	100,00	2273,70	584,00	335,00	57,36	1899,45	200,00	200,00	100,00	1456,76	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	189,48
19	300,00	300,00	100,00	2353,80	584,00	335,00	57,36	1926,92	200,00	200,00	100,00	1561,44	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	196,15
20	300,00	300,00	100,00	2437,20	584,00	335,00	57,36	2052,88	200,00	200,00	100,00	1624,80	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	203,10
21	300,00	300,00	100,00	2515,20	584,00	335,00	57,36	2398,60	200,00	200,00	100,00	1676,80	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	209,60
22	300,00	300,00	100,00	2445,00	584,00	333,00	57,02	2177,49	200,00	200,00	100,00	1630,00	9,00	9,00	100,00	73,35	18,00	18,00	100,00	146,70
23	300,00	300,00	100,00	2240,40	584,00	511,00	87,50	2888,68	200,00	200,00	100,00	1460,84	18,00	18,00	100,00	134,42	21,00	21,00	100,00	156,83
24	300,00	300,00	100,00	1988,70	584,00	403,00	69,01	1971,48	200,00	200,00	100,00	1311,72	99,00	99,00	100,00	656,27	48,00	48,00	100,00	318,19
Total	7200,00	7200,00	100,00	50326,14	14016,00	8047,00	57,41	41981,58	4800,00	4798,00	99,96	32241,42	1158,00	1158,00	100,00	7689,63	955,00	955,00	100,00	6637,48

Tabela A. 22: Energia vendida e lucro de cada agente para cada um dos 24 períodos recorrendo à Estratégia 4, aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 2).

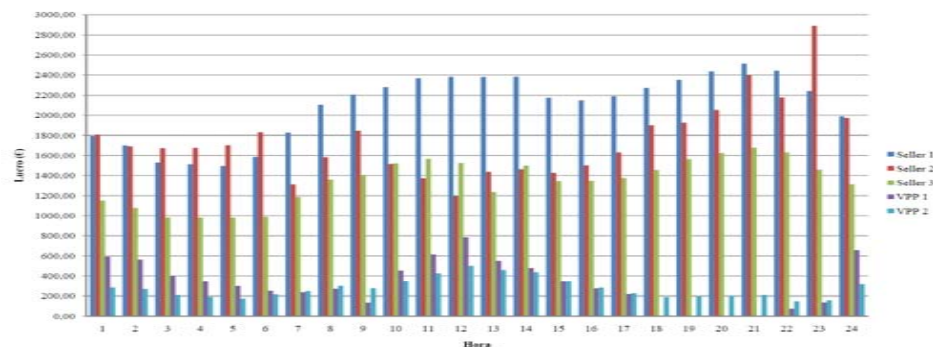


Gráfico A. 25: Lucro de cada Seller em cada período do dia para a Estratégia 4 aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 2).

## Anexo XIII

Estratégia 5				Estratégia 5				Estratégia 5				Estratégia 5				Estratégia 5			
Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)	
HORA	Preço de Mercado	Seller1	Sim_1.1	HORA	Preço de Mercado	Seller2	Sim_1.2	HORA	Preço de Mercado	Seller3	Sim_1.3	HORA	Preço de Mercado	VPP1	Sim_1.4	HORA	Preço de Mercado	VPP2	Sim_1.5
1	59.82	55.70	6.89	1	55.70	55.70	0.01	1	57.48	55.70	3.10	1	59.82	55.70	6.89	1	59.82	55.70	6.89
2	56.70	52.22	7.91	2	52.22	52.22	0.01	2	53.80	52.22	2.95	2	56.70	52.22	7.91	2	56.70	52.22	7.91
3	51.01	47.00	7.86	3	47.00	47.00	0.00	3	49.00	47.00	4.08	3	51.01	47.00	7.86	3	51.01	47.00	7.86
4	50.42	46.38	8.02	4	46.38	46.38	0.01	4	49.00	46.38	5.36	4	50.42	46.38	8.02	4	50.42	46.38	8.02
5	49.83	45.73	8.22	5	45.73	45.73	0.01	5	49.00	45.73	6.67	5	49.83	45.73	8.22	5	49.83	45.73	8.22
6	52.81	48.48	8.20	6	48.48	48.48	0.00	6	49.34	48.48	1.74	6	52.81	48.48	8.20	6	52.81	48.48	8.20
7	60.92	59.64	2.10	7	59.64	59.64	0.00	7	59.64	59.64	0.00	7	60.92	59.64	2.10	7	60.92	59.64	2.10
8	70.18	72.35	3.09	8	72.35	72.35	0.00	8	70.18	72.35	3.09	8	70.18	72.35	3.09	8	70.18	72.35	3.09
9	73.58	78.37	6.51	9	75.25	78.37	4.15	9	73.58	78.37	6.51	9	73.58	78.37	6.51	9	73.58	78.37	6.51
10	76.05	78.14	2.75	10	78.14	78.14	0.00	10	76.05	78.14	2.75	10	76.05	78.14	2.75	10	76.05	78.14	2.75
11	78.98	79.06	0.10	11	79.06	79.06	0.00	11	78.98	79.06	0.10	11	78.98	79.06	0.10	11	78.98	79.06	0.10
12	79.46	80.03	0.72	12	80.03	80.03	0.00	12	79.46	80.03	0.72	12	79.46	80.03	0.72	12	79.46	80.03	0.72
13	80.35	80.35	0.00	13	79.42	80.35	1.17	13	79.42	80.35	1.17	13	80.35	80.35	0.00	13	80.35	80.35	0.00
14	79.52	77.82	2.14	14	77.82	77.82	0.00	14	77.82	77.82	0.00	14	79.52	77.82	2.14	14	79.52	77.82	2.14
15	72.46	69.42	4.20	15	69.42	69.42	0.01	15	69.42	69.42	0.01	15	72.46	69.42	4.20	15	72.46	69.42	4.20
16	71.57	68.18	4.73	16	68.18	68.18	0.01	16	68.18	68.18	0.01	16	71.57	68.18	4.73	16	71.57	68.18	4.73
17	73.01	69.38	4.97	17	69.38	69.38	0.01	17	69.38	69.38	0.01	17	73.01	69.38	4.97	17	73.01	69.38	4.97
18	75.79	72.57	4.25	18	72.57	72.57	0.00	18	72.84	72.57	0.37	18	75.79	72.57	4.25	18	75.79	72.57	4.25
19	78.46	78.06	0.51	19	78.06	78.06	0.00	19	78.72	78.06	0.84	19	78.46	78.06	0.51	19	78.46	78.06	0.51
20	81.24	84.91	4.52	20	83.48	84.91	1.71	20	81.24	84.91	4.52	20	81.24	84.91	4.52	20	81.24	84.91	4.52
21	83.84	87.89	4.84	21	87.89	87.89	0.00	21	83.84	87.89	4.84	21	83.84	87.89	4.84	21	83.84	87.89	4.84
22	81.50	80.03	1.80	22	80.03	80.03	0.00	22	81.50	80.03	1.80	22	81.50	80.03	1.80	22	81.50	80.03	1.80
23	74.68	71.79	3.88	23	71.79	71.79	0.01	23	73.04	71.79	1.72	23	74.68	71.79	3.88	23	74.68	71.79	3.88
24	66.29	64.74	2.33	24	64.74	64.74	0.00	24	65.86	64.74	1.69	24	66.29	64.74	2.33	24	66.29	64.74	2.33

Tabela A. 23: Preço ofertado pelos cinco Sellers, preço de mercado e erros médios associados à Estratégia 5, (Caso de estudo 2).

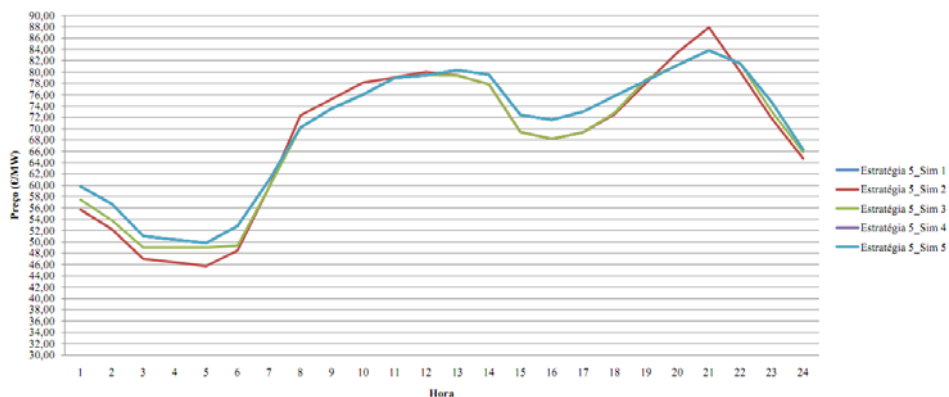


Gráfico A. 26: Evolução dos preços de mercado em cada simulação, (Caso de estudo 2).

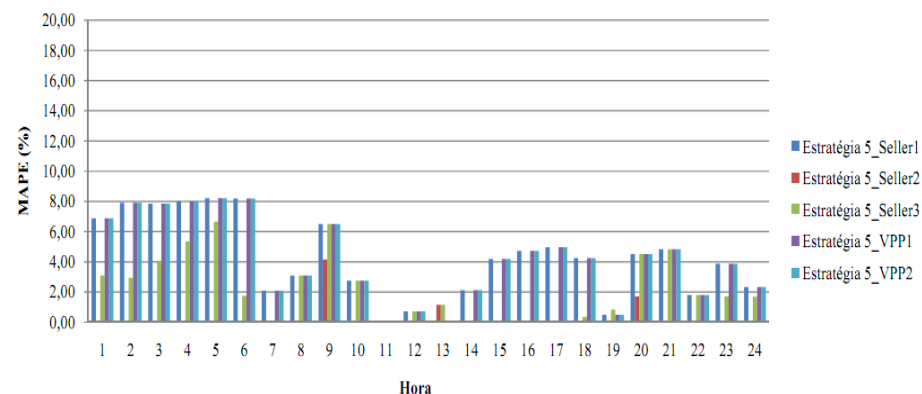


Gráfico A. 27: Erro médio de cada Seller em cada simulação, para cada período do dia utilizando a Estratégia 5, (Caso de estudo 2).

Estratégia 5 aplicada a cada um dos 5 Sellers																				
HORA	Seller 1				Seller 2				Seller 3				VPP 1				VPP 2			
	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	300,00	300,00	100,00	1794,60	584,00	213,00	36,47	1186,41	200,00	200,00	100,00	1149,52	99,00	99,00	100,00	592,22	48,00	48,00	100,00	287,14
2	300,00	300,00	100,00	1701,00	584,00	253,00	43,32	1321,17	200,00	200,00	100,00	1076,04	99,00	99,00	100,00	561,33	48,00	48,00	100,00	272,16
3	300,00	300,00	100,00	1530,30	584,00	281,00	48,12	1320,70	200,00	200,00	100,00	980,00	78,00	78,00	100,00	397,88	41,00	41,00	100,00	209,14
4	300,00	300,00	100,00	1512,60	584,00	293,00	50,17	1358,93	200,00	200,00	100,00	980,00	69,00	69,00	100,00	347,90	38,00	38,00	100,00	191,60
5	300,00	300,00	100,00	1494,90	584,00	455,00	77,91	2080,72	200,00	200,00	100,00	980,00	60,00	60,00	100,00	298,98	35,00	35,00	100,00	174,41
6	300,00	300,00	100,00	1584,30	584,00	121,00	20,72	586,61	200,00	121,00	60,50	596,99	48,00	48,00	100,00	253,49	41,00	41,00	100,00	216,52
7	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	40,00	6,85	238,56	200,00	0,00	0,00	0,00	39,00	0,00	0,00	0,00	41,00	0,00	0,00	0,00
8	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00	39,00	0,00	0,00	0,00	43,00	0,00	0,00	0,00
9	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	14,00	2,40	105,35	200,00	0,00	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	38,00	0,00	0,00	0,00
10	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	54,00	9,25	421,96	200,00	0,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	0,00	46,00	0,00	0,00	0,00
11	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	28,00	4,79	221,37	200,00	0,00	0,00	0,00	78,00	0,00	0,00	0,00	54,00	0,00	0,00	0,00
12	300,00	298,00	99,33	2367,91	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00	99,00	97,00	97,98	770,76	63,00	61,00	96,83	484,71
13	300,00	300,00	100,00	2410,50	584,00	33,00	5,65	262,08	200,00	33,00	16,50	262,08	69,00	69,00	100,00	554,42	58,00	58,00	100,00	466,03
14	300,00	300,00	100,00	2385,60	584,00	45,00	7,71	350,19	200,00	45,00	22,50	350,19	60,00	60,00	100,00	477,12	55,00	55,00	100,00	437,36
15	300,00	300,00	100,00	2173,80	584,00	64,00	10,96	444,29	200,00	64,00	32,00	444,29	48,00	48,00	100,00	347,81	48,00	48,00	100,00	347,81
16	300,00	300,00	100,00	2147,10	584,00	81,00	13,87	552,26	200,00	81,00	40,50	552,26	39,00	39,00	100,00	279,12	40,00	40,00	100,00	286,28
17	300,00	300,00	100,00	2190,30	584,00	249,00	42,64	1727,56	200,00	200,00	100,00	1387,60	30,00	30,00	100,00	219,03	31,00	31,00	100,00	226,33
18	300,00	300,00	100,00	2273,70	584,00	285,00	48,80	2068,25	200,00	200,00	100,00	1456,76	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	189,48
19	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00
20	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	45,00	7,71	375,66	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00
21	300,00	300,00	100,00	2515,20	584,00	335,00	57,36	2944,32	200,00	200,00	100,00	1676,80	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	209,60
22	300,00	300,00	100,00	2445,00	584,00	333,00	57,02	2665,00	200,00	200,00	100,00	1630,00	9,00	9,00	100,00	73,35	18,00	18,00	100,00	146,70
23	300,00	300,00	100,00	2240,40	584,00	321,00	54,97	2304,46	200,00	200,00	100,00	1460,84	18,00	18,00	100,00	134,42	21,00	21,00	100,00	156,83
24	300,00	300,00	100,00	1988,70	584,00	213,00	36,47	1378,96	200,00	200,00	100,00	1317,17	99,00	99,00	100,00	656,27	48,00	48,00	100,00	318,19
Total	7200,00	5098,00	70,81	34755,91	14016,00	3756,00	26,80	23914,78	4800,00	2544,00	53,00	16300,54	1158,00	922,00	79,62	5964,10	955,00	681,00	71,31	4620,27

Tabela A. 24: Energia vendida e lucro de cada agente para cada um dos 24 períodos recorrendo à Estratégia 5, aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 2).

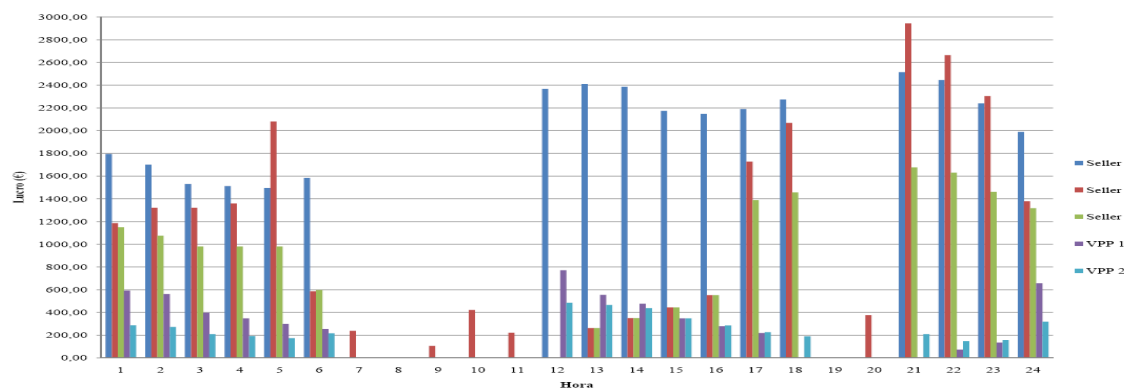


Gráfico A. 28: Lucro de cada Seller em cada período do dia para a Estratégia 5 aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 2).

### Anexo XIV Caso de estudo 3

Estratégia 1				Estratégia 1				Estratégia 1				Estratégia 1				Estratégia 1			
Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)	
HORA	Preço de Mercado	Seller1	Sim_1.1	HORA	Preço de Mercado	Seller2	Sim_1.2	HORA	Preço de Mercado	Seller3	Sim_1.3	HORA	Preço de Mercado	VPP1	Sim_1.4	HORA	Preço de Mercado	VPP2	Sim_1.5
1	59.82	60.72	1.50	1	56.22	60.72	8.00	1	57.48	60.72	5.64	1	59.82	60.72	1.50	1	59.82	60.72	1.50
2	56.70	58.06	2.39	2	53.56	58.06	8.40	2	53.80	58.06	7.91	2	56.70	58.06	2.39	2	56.70	58.06	2.39
3	51.01	51.84	1.62	3	47.34	51.84	9.50	3	49.00	51.84	5.79	3	51.01	51.84	1.62	3	51.01	51.84	1.62
4	50.42	52.58	4.28	4	48.08	52.58	9.35	4	49.00	52.58	7.30	4	50.42	52.58	4.28	4	50.42	52.58	4.28
5	49.83	51.67	3.70	5	47.17	51.67	9.55	5	49.00	51.67	5.46	5	49.83	51.67	3.70	5	49.83	51.67	3.70
6	52.81	55.43	4.96	6	50.93	55.43	8.83	6	50.93	55.43	8.83	6	52.81	55.43	4.96	6	52.81	55.43	4.96
7	60.92	63.33	3.96	7	58.83	63.33	7.65	7	59.39	63.33	6.63	7	60.92	63.33	3.96	7	60.92	63.33	3.96
8	70.18	76.31	8.73	8	71.81	76.31	6.26	8	70.18	76.31	8.73	8	70.18	76.31	8.73	8	70.18	76.31	8.73
9	73.58	78.18	6.25	9	73.68	78.18	6.10	9	73.58	78.18	6.25	9	73.58	78.18	6.25	9	73.58	78.18	6.25
10	76.05	77.48	1.89	10	72.98	77.48	6.17	10	76.05	77.48	1.89	10	76.05	77.48	1.89	10	76.05	77.48	1.89
11	78.98	78.60	0.48	11	74.10	78.60	6.07	11	78.22	78.60	0.49	11	78.98	78.60	0.48	11	78.98	78.60	0.48
12	79.46	78.50	1.20	12	74.00	78.50	6.09	12	78.72	78.50	0.28	12	79.46	78.50	1.20	12	79.46	78.50	1.20
13	80.35	79.32	1.28	13	74.82	79.32	6.02	13	79.42	79.32	0.12	13	80.35	79.32	1.28	13	79.42	79.32	0.12
14	79.52	76.24	4.13	14	71.74	76.24	6.27	14	77.04	76.24	1.05	14	79.52	76.24	4.13	14	79.52	76.24	4.13
15	72.46	68.25	5.81	15	63.75	68.25	7.06	15	68.39	68.25	0.20	15	72.46	68.25	5.81	15	72.46	68.25	5.81
16	71.57	67.19	6.13	16	62.69	67.19	7.17	16	67.41	67.19	0.33	16	71.57	67.19	6.13	16	71.57	67.19	6.13
17	73.01	69.41	4.94	17	64.91	69.41	6.93	17	68.83	69.41	0.84	17	73.01	69.41	4.94	17	73.01	69.41	4.94
18	75.79	72.52	4.31	18	68.02	72.52	6.62	18	72.84	72.52	0.43	18	75.79	72.52	4.31	18	75.79	72.52	4.31
19	78.46	73.56	6.25	19	69.06	73.56	6.51	19	78.07	73.56	5.78	19	78.46	73.56	6.25	19	78.46	73.56	6.25
20	81.24	78.18	3.77	20	73.68	78.18	6.11	20	81.24	78.18	3.77	20	81.24	78.18	3.77	20	81.24	78.18	3.77
21	83.84	86.86	3.60	21	82.36	86.86	5.46	21	83.84	86.86	3.60	21	83.84	86.86	3.60	21	83.84	86.86	3.60
22	81.50	84.32	3.46	22	79.82	84.32	5.63	22	81.50	84.32	3.46	22	81.50	84.32	3.46	22	81.50	84.32	3.46
23	74.68	74.06	0.83	23	69.56	74.06	6.47	23	73.04	74.06	1.39	23	74.68	74.06	0.83	23	74.68	74.06	0.83
24	66.29	65.05	1.88	24	60.55	65.05	7.42	24	65.86	65.05	1.23	24	66.29	65.05	1.88	24	66.29	65.05	1.88

Tabela A. 25: Preço ofertado pelos cinco Sellers, preço de mercado e erros médios associados à Estratégia 1(-0,5), (Caso de estudo 3).

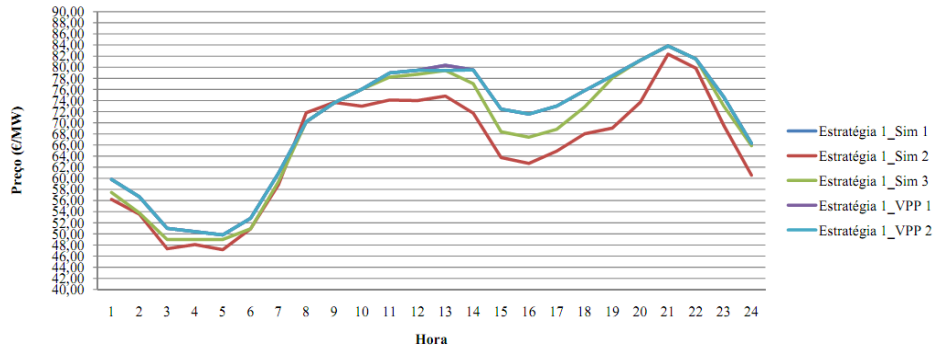


Gráfico A. 29: Evolução dos preços de mercado em cada simulação, (Caso de estudo 3).

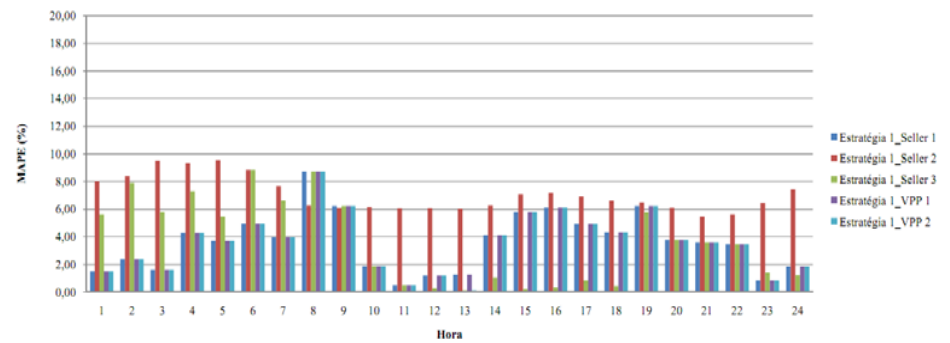


Gráfico A. 30: Erro médio de cada Seller em cada simulação, para cada período do dia utilizando a Estratégia 1 (-0,5), (Caso de estudo 3).

Estratégia 1 (-0,5) aplicada a cada um dos 5 Sellers																				
HORA	Seller 1				Seller 2				Seller 3				VPP 1				VPP 2			
	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	300,00	300,00	100,00	1794,60	584,00	213,00	36,47	1197,49	200,00	200,00	100,00	1149,52	99,00	99,00	100,00	592,22	48,00	48,00	100,00	287,14
2	300,00	300,00	100,00	1701,00	584,00	253,00	43,32	1355,07	200,00	200,00	100,00	1076,04	99,00	99,00	100,00	561,33	48,00	48,00	100,00	272,16
3	300,00	300,00	100,00	1530,30	584,00	281,00	48,12	1330,25	200,00	200,00	100,00	980,00	78,00	78,00	100,00	397,88	41,00	41,00	100,00	209,14
4	300,00	300,00	100,00	1512,60	584,00	293,00	50,17	1408,74	200,00	200,00	100,00	980,00	69,00	69,00	100,00	347,90	38,00	38,00	100,00	191,60
5	300,00	300,00	100,00	1494,90	584,00	115,00	19,69	542,46	200,00	115,00	57,50	563,50	60,00	60,00	100,00	298,98	35,00	35,00	100,00	174,41
6	300,00	300,00	100,00	1584,30	584,00	312,00	53,42	1589,02	200,00	200,00	100,00	1018,60	48,00	48,00	100,00	253,49	41,00	41,00	100,00	216,52
7	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	231,00	39,55	1358,97	200,00	0,00	0,00	0,00	39,00	0,00	0,00	0,00	41,00	0,00	0,00	0,00
8	300,00	0,00	0,00	0,00	584,00	231,00	39,55	1658,81	200,00	0,00	0,00	0,00	39,00	0,00	0,00	0,00	43,00	0,00	0,00	0,00
9	300,00	300,00	100,00	2207,40	584,00	342,00	58,56	2519,86	200,00	200,00	100,00	1471,60	18,00	18,00	100,00	132,44	38,00	38,00	100,00	279,60
10	300,00	300,00	100,00	2281,50	584,00	300,00	51,37	2189,40	200,00	200,00	100,00	1521,00	60,00	60,00	100,00	456,30	46,00	46,00	100,00	349,83
11	300,00	300,00	100,00	2369,40	584,00	282,00	48,29	2089,62	200,00	200,00	100,00	1564,36	78,00	78,00	100,00	616,04	54,00	54,00	100,00	426,49
12	300,00	300,00	100,00	2383,80	584,00	261,00	44,69	1931,40	200,00	200,00	100,00	1574,48	99,00	99,00	100,00	786,65	63,00	63,00	100,00	500,60
13	300,00	300,00	100,00	2410,50	584,00	291,00	49,83	2177,26	200,00	200,00	100,00	1588,36	69,00	69,00	100,00	554,42	58,00	58,00	100,00	460,62
14	300,00	300,00	100,00	2385,60	584,00	300,00	51,37	2152,20	200,00	200,00	100,00	1540,88	60,00	60,00	100,00	477,12	55,00	55,00	100,00	437,36
15	300,00	300,00	100,00	2173,80	584,00	312,00	53,42	1989,00	200,00	200,00	100,00	1367,84	48,00	48,00	100,00	347,81	48,00	48,00	100,00	347,81
16	300,00	300,00	100,00	2147,10	584,00	321,00	54,97	2012,35	200,00	200,00	100,00	1348,12	39,00	39,00	100,00	279,12	40,00	40,00	100,00	286,28
17	300,00	300,00	100,00	2190,30	584,00	330,00	56,51	2142,03	200,00	200,00	100,00	1376,64	30,00	30,00	100,00	219,03	31,00	31,00	100,00	226,33
18	300,00	300,00	100,00	2273,70	584,00	360,00	61,64	2448,72	200,00	200,00	100,00	1456,76	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	189,48
19	300,00	300,00	100,00	2353,80	584,00	360,00	61,64	2486,16	200,00	200,00	100,00	1561,44	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	196,15
20	300,00	300,00	100,00	2437,20	584,00	270,00	46,23	1989,36	200,00	200,00	100,00	1624,80	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	203,10
21	300,00	300,00	100,00	2515,20	584,00	360,00	61,64	2964,96	200,00	200,00	100,00	1676,80	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	209,60
22	300,00	300,00	100,00	2445,00	584,00	351,00	60,10	2801,68	200,00	200,00	100,00	1630,00	9,00	9,00	100,00	73,35	18,00	18,00	100,00	146,70
23	300,00	300,00	100,00	2240,40	584,00	342,00	58,56	2378,95	200,00	200,00	100,00	1460,84	18,00	18,00	100,00	134,42	21,00	21,00	100,00	156,83
24	300,00	300,00	100,00	1988,70	584,00	213,00	36,47	1289,72	200,00	200,00	100,00	1317,16	99,00	99,00	100,00	656,27	48,00	48,00	100,00	318,19
Total	7200,00	6600,00	91,67	46421,10	14016,00	6924,00	49,40	46003,47	4800,00	4315,00	89,90	29848,74	1158,00	1080,00	93,26	7184,78	955,00	871,00	91,20	6085,93

Tabela A. 26: Energia vendida e lucro de cada agente para cada um dos 24 períodos recorrendo à Estratégia 1(-0,5), aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 3).

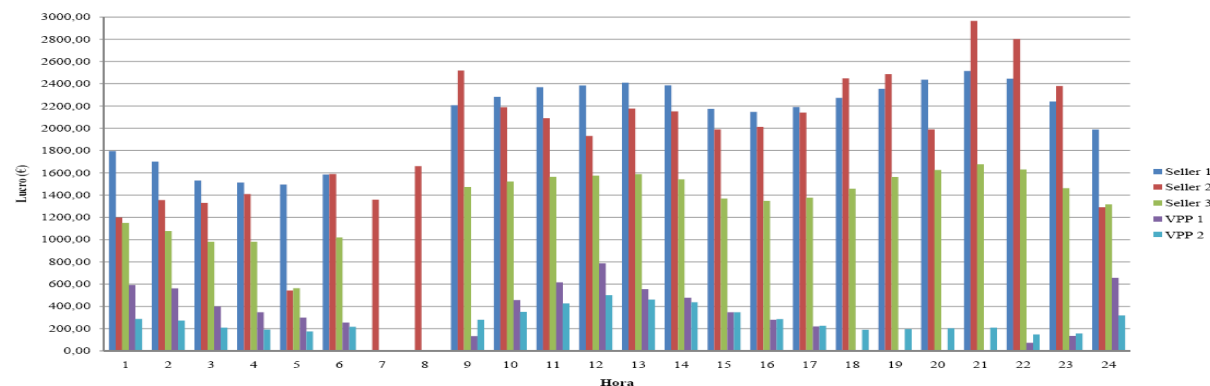


Gráfico A. 31: : Lucro de cada Seller em cada período do dia para a Estratégia 1(-0,5) aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 3).

# Anexo XV

Estratégia 2				Estratégia 2				Estratégia 2				Estratégia 2				Estratégia 2			
Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)	
HORA	Preço de Mercado	Seller1	Sim_1.1	HORA	Preço de Mercado	Seller2	Sim_1.2	HORA	Preço de Mercado	Seller3	Sim_1.3	HORA	Preço de Mercado	VPP1	Sim_1.4	HORA	Preço de Mercado	VPP2	Sim_1.5
1	59.82	57.04	4.64	1	52.54	57.04	8.57	1	57.48	57.04	0.75	1	59.82	57.04	4.64	1	59.82	57.04	4.64
2	56.70	53.41	5.79	2	48.91	53.41	9.21	2	53.80	53.41	0.72	2	56.70	53.41	5.79	2	56.70	53.41	5.79
3	51.01	47.26	7.36	3	42.76	47.26	10.51	3	49.00	47.26	3.56	3	51.01	47.26	7.36	3	51.01	47.26	7.36
4	50.42	46.97	6.84	4	42.47	46.97	10.60	4	49.00	46.97	4.14	4	50.42	46.97	6.84	4	50.42	46.97	6.84
5	49.83	46.39	6.89	5	41.89	46.39	10.75	5	49.00	46.39	5.32	5	49.83	46.39	6.89	5	49.83	46.39	6.89
6	52.91	49.98	5.54	6	45.48	49.98	9.89	6	49.34	49.98	1.30	6	52.91	49.98	5.54	6	52.81	49.98	5.36
7	60.92	60.69	0.38	7	56.19	60.69	8.01	7	59.38	60.69	2.20	7	60.92	60.69	0.38	7	60.92	60.69	0.38
8	70.18	73.35	4.52	8	68.85	73.35	6.54	8	68.85	73.35	6.54	8	70.18	73.35	4.52	8	70.18	73.35	4.52
9	73.58	77.90	5.88	9	73.40	77.90	6.14	9	73.40	77.90	6.14	9	73.58	77.90	5.88	9	73.58	77.90	5.88
10	76.05	77.49	1.89	10	72.99	77.49	6.16	10	76.05	77.49	1.89	10	76.05	77.49	1.89	10	76.05	77.49	1.89
11	78.98	78.45	0.68	11	73.95	78.45	6.08	11	78.22	78.45	0.29	11	78.98	78.45	0.68	11	78.98	78.45	0.68
12	79.46	78.69	0.97	12	74.19	78.69	6.06	12	77.06	78.69	2.11	12	79.46	78.69	0.97	12	79.46	78.69	0.97
13	79.42	79.26	0.19	13	74.76	79.26	6.02	13	74.76	79.26	6.02	13	79.42	79.26	0.19	13	79.42	79.26	0.19
14	79.52	76.61	3.66	14	72.11	76.61	6.24	14	74.88	76.61	2.31	14	79.52	76.61	3.66	14	79.52	76.61	3.66
15	72.46	68.97	4.81	15	64.47	68.97	6.98	15	67.21	68.97	2.62	15	72.46	68.97	4.81	15	72.46	68.97	4.81
16	71.57	68.04	4.93	16	63.54	68.04	7.09	16	67.41	68.04	0.94	16	71.57	68.04	4.93	16	71.57	68.04	4.93
17	73.01	69.57	4.72	17	65.07	69.57	6.91	17	68.83	69.57	1.07	17	73.01	69.57	4.72	17	73.01	69.57	4.72
18	75.79	72.93	3.77	18	68.43	72.93	6.57	18	72.84	72.93	0.13	18	75.79	72.93	3.77	18	75.79	72.93	3.77
19	78.46	77.16	1.65	19	72.66	77.16	6.20	19	78.07	77.16	1.16	19	78.46	77.16	1.65	19	78.46	77.16	1.65
20	81.24	82.86	1.99	20	78.36	82.86	5.74	20	81.24	82.86	1.99	20	81.24	82.86	1.99	20	81.24	82.86	1.99
21	83.84	87.60	4.49	21	83.10	87.60	5.42	21	83.84	87.60	4.49	21	83.84	87.60	4.49	21	83.84	87.60	4.49
22	81.50	81.10	0.49	22	76.60	81.10	5.87	22	81.50	81.10	0.49	22	81.50	81.10	0.49	22	81.50	81.10	0.49
23	74.68	72.47	2.96	23	67.97	72.47	6.62	23	73.04	72.47	0.79	23	74.68	72.47	2.96	23	74.68	72.47	2.96
24	66.29	65.14	1.74	24	60.64	65.14	7.42	24	65.86	65.14	1.09	24	66.29	65.14	1.74	24	66.29	65.14	1.74

Tabela A. 27: Preço ofertado pelos cinco Sellers, preço de mercado e erros médios associados à Estratégia 2(-0,5), (Caso de estudo 3).

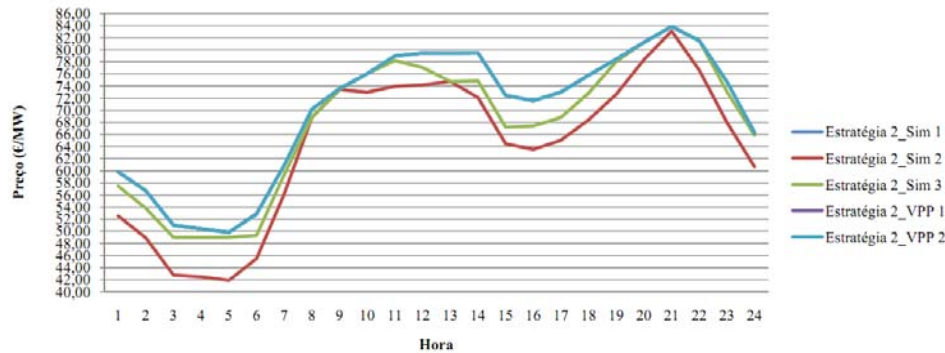


Gráfico A. 32: Evolução dos preços de mercado em cada simulação, (Caso de estudo 3).

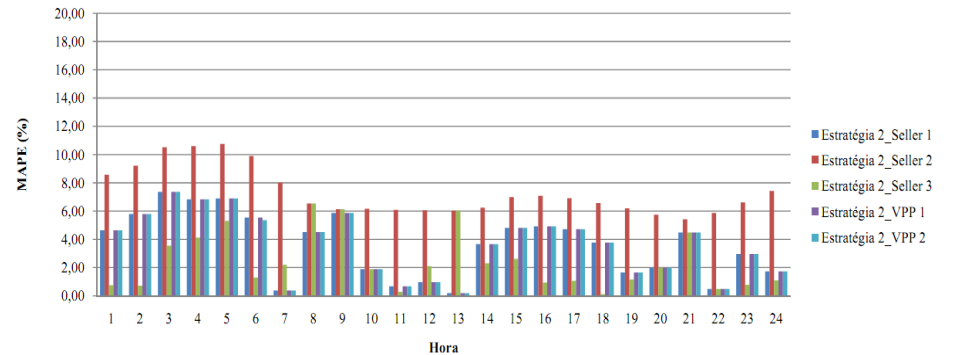


Gráfico A. 33: Erro médio de cada Seller em cada simulação, para cada período do dia utilizando a Estratégia 2 (-0,5), (Caso de estudo 3).

Estratégia 2 (-0,5) aplicada a cada um dos 5 Sellers																				
HORA	Seller 1				Seller 2				Seller 3				VPP 1				VPP 2			
	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	300,00	300,00	100,00	1794,60	584,00	403,00	69,01	2117,36	200,00	200,00	100,00	1149,52	99,00	99,00	100,00	592,22	48,00	48,00	100,00	287,14
2	300,00	300,00	100,00	1701,00	584,00	403,00	69,01	1971,07	200,00	200,00	100,00	1076,04	99,00	99,00	100,00	561,33	48,00	48,00	100,00	272,16
3	300,00	300,00	100,00	1530,30	584,00	431,00	73,80	1842,96	200,00	200,00	100,00	980,00	78,00	78,00	100,00	397,88	41,00	41,00	100,00	209,14
4	300,00	300,00	100,00	1512,60	584,00	443,00	75,86	1881,42	200,00	200,00	100,00	980,00	69,00	69,00	100,00	347,90	38,00	38,00	100,00	191,60
5	300,00	300,00	100,00	1494,90	584,00	455,00	77,91	1906,00	200,00	200,00	100,00	980,00	60,00	60,00	100,00	298,98	35,00	35,00	100,00	174,41
6	300,00	300,00	100,00	1587,30	584,00	271,00	46,40	1232,51	200,00	200,00	100,00	986,76	48,00	48,00	100,00	253,97	41,00	41,00	100,00	216,52
7	300,00	300,00	100,00	1827,60	584,00	190,00	32,53	1067,61	200,00	190,00	95,00	1128,22	39,00	39,00	100,00	237,59	41,00	41,00	100,00	249,77
8	300,00	300,00	100,00	2105,40	584,00	188,00	32,19	1294,38	200,00	188,00	94,00	1294,38	39,00	39,00	100,00	273,70	43,00	43,00	100,00	301,77
9	300,00	300,00	100,00	2207,40	584,00	304,00	52,05	2231,36	200,00	200,00	100,00	1468,00	18,00	18,00	100,00	132,44	38,00	38,00	100,00	279,60
10	300,00	300,00	100,00	2281,50	584,00	254,00	43,49	1853,95	200,00	200,00	100,00	1521,00	60,00	60,00	100,00	456,30	46,00	46,00	100,00	349,83
11	300,00	300,00	100,00	2369,40	584,00	228,00	39,04	1686,06	200,00	200,00	100,00	1564,36	78,00	78,00	100,00	616,04	54,00	54,00	100,00	426,49
12	300,00	300,00	100,00	2383,80	584,00	198,00	33,90	1468,96	200,00	198,00	99,00	1525,79	99,00	99,00	100,00	786,65	63,00	63,00	100,00	500,60
13	300,00	300,00	100,00	2382,54	584,00	233,00	39,90	1741,91	200,00	200,00	100,00	1495,20	69,00	69,00	100,00	547,98	58,00	58,00	100,00	460,62
14	300,00	300,00	100,00	2385,60	584,00	245,00	41,95	1766,70	200,00	200,00	100,00	1497,60	60,00	60,00	100,00	477,12	55,00	55,00	100,00	437,36
15	300,00	300,00	100,00	2173,80	584,00	264,00	45,21	1702,01	200,00	200,00	100,00	1344,20	48,00	48,00	100,00	347,81	48,00	48,00	100,00	347,81
16	300,00	300,00	100,00	2147,10	584,00	281,00	48,12	1785,47	200,00	200,00	100,00	1348,12	39,00	39,00	100,00	279,12	40,00	40,00	100,00	286,28
17	300,00	300,00	100,00	2190,30	584,00	299,00	51,20	1945,59	200,00	200,00	100,00	1376,64	30,00	30,00	100,00	219,03	31,00	31,00	100,00	226,33
18	300,00	300,00	100,00	2273,70	584,00	335,00	57,36	2292,41	200,00	200,00	100,00	1456,76	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	189,48
19	300,00	300,00	100,00	2353,80	584,00	335,00	57,36	2434,11	200,00	200,00	100,00	1561,44	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	196,15
20	300,00	300,00	100,00	2437,20	584,00	245,00	41,95	1919,82	200,00	200,00	100,00	1624,80	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	203,10
21	300,00	300,00	100,00	2515,20	584,00	335,00	57,36	2783,85	200,00	200,00	100,00	1676,80	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	209,60
22	300,00	300,00	100,00	2445,00	584,00	333,00	57,02	2550,78	200,00	200,00	100,00	1630,00	9,00	9,00	100,00	73,35	18,00	18,00	100,00	146,70
23	300,00	300,00	100,00	2240,40	584,00	321,00	54,97	2181,84	200,00	200,00	100,00	1460,84	18,00	18,00	100,00	134,42	21,00	21,00	100,00	156,83
24	300,00	300,00	100,00	1988,70	584,00	213,00	36,47	1291,63	200,00	200,00	100,00	1317,16	99,00	99,00	100,00	656,27	48,00	48,00	100,00	318,19
Total	7200,00	7200,00	100,00	50329,14	14016,00	7207,00	51,42	44949,75	4800,00	4576,00	95,33	31294,11	1158,00	1158,00	100,00	7690,11	955,00	955,00	100,00	6637,48

Tabela A. 28: Energia vendida e lucro de cada agente para cada um dos 24 períodos recorrendo à Estratégia 2(-0,5), aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 3).

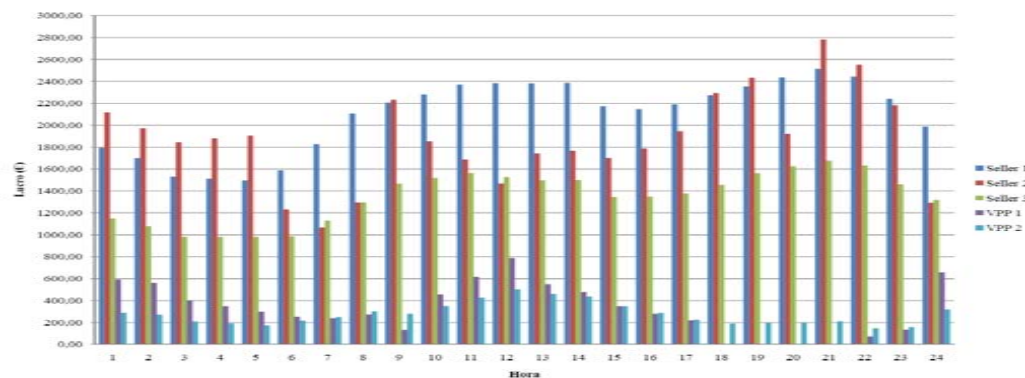


Gráfico A. 34: Lucro de cada Seller em cada período do dia para a Estratégia 2(-0,5) aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 3)

# Anexo XVI

Estratégia 3				Estratégia 3				Estratégia 3				Estratégia 3				Estratégia 3			
Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)	
HORA	Preço de Mercado	Seller1	Sim. 1.1	HORA	Preço de Mercado	Seller2	Sim. 1.2	HORA	Preço de Mercado	Seller3	Sim. 1.3	HORA	Preço de Mercado	VPP1	Sim. 1.4	HORA	Preço de Mercado	VPP2	Sim. 1.5
1	59.82	55.20	7.73	1	55.70	55.20	0.91	1	57.48	55.20	3.97	1	59.82	55.20	7.73	1	59.82	55.20	7.73
2	56.70	51.72	8.79	2	47.22	51.72	9.52	2	53.80	51.72	3.88	2	56.70	51.72	8.79	2	56.70	51.72	8.79
3	51.01	46.50	8.84	3	42.00	46.50	10.71	3	49.00	46.50	5.10	3	51.01	46.50	8.84	3	51.01	46.50	8.84
4	50.42	45.88	9.01	4	41.38	45.88	10.86	4	49.00	45.88	6.38	4	50.42	45.88	9.01	4	50.42	45.88	9.01
5	49.83	45.23	9.23	5	40.73	45.23	11.06	5	49.00	45.23	7.69	5	49.83	45.23	9.23	5	49.83	45.23	9.23
6	52.81	47.98	9.15	6	43.48	47.98	10.34	6	49.33	47.98	2.74	6	52.81	47.98	9.15	6	52.91	47.98	9.32
7	60.92	59.14	2.92	7	54.64	59.14	8.24	7	59.39	59.14	0.42	7	60.92	59.14	2.92	7	60.92	59.14	2.92
8	70.18	71.85	2.38	8	67.35	71.85	6.68	8	58.07	71.85	23.73	8	70.18	71.85	2.38	8	70.18	71.85	2.38
9	73.58	77.87	5.83	9	73.37	77.87	6.14	9	73.37	77.87	6.14	9	73.58	77.87	5.83	9	73.58	77.87	5.83
10	76.05	77.64	2.09	10	73.14	77.64	6.15	10	76.05	77.64	2.09	10	76.05	77.64	2.09	10	76.05	77.64	2.09
11	78.98	78.56	0.53	11	74.06	78.56	6.08	11	78.22	78.56	0.44	11	78.98	78.56	0.53	11	78.98	78.56	0.53
12	79.46	79.53	0.09	12	75.03	79.53	6.00	12	77.06	79.53	3.21	12	79.46	79.53	0.09	12	79.46	79.53	0.09
13	79.42	79.85	0.54	13	75.35	79.85	5.97	13	75.35	79.85	5.97	13	79.42	79.85	0.54	13	79.42	79.85	0.54
14	79.52	77.32	2.77	14	72.82	77.32	6.18	14	74.88	77.32	3.26	14	79.52	77.32	2.77	14	79.52	77.32	2.77
15	72.46	68.92	4.89	15	64.42	68.92	6.98	15	67.21	68.92	2.54	15	72.46	68.92	4.89	15	72.46	68.92	4.89
16	71.57	67.68	5.43	16	63.18	67.68	7.13	16	67.41	67.68	0.41	16	71.57	67.68	5.43	16	71.57	67.68	5.43
17	73.01	68.88	5.65	17	64.38	68.88	7.00	17	68.83	68.88	0.08	17	73.01	68.88	5.65	17	73.01	68.88	5.65
18	75.79	72.07	4.91	18	67.57	72.07	6.66	18	72.84	72.07	1.06	18	75.79	72.07	4.91	18	75.79	72.07	4.91
19	78.40	77.56	1.07	19	73.06	77.56	6.16	19	78.07	77.56	0.65	19	78.46	77.56	1.14	19	78.46	77.56	1.14
20	81.24	84.41	3.90	20	79.91	84.41	5.63	20	81.24	84.41	3.90	20	81.24	84.41	3.90	20	81.24	84.41	3.90
21	83.84	87.39	4.24	21	82.89	87.39	5.43	21	83.84	87.39	4.24	21	83.84	87.39	4.24	21	83.84	87.39	4.24
22	81.50	79.53	2.42	22	75.03	79.53	6.00	22	81.50	79.53	2.42	22	81.50	79.53	2.42	22	81.50	79.53	2.42
23	74.68	71.29	4.55	23	66.79	71.29	6.73	23	73.04	71.29	2.41	23	74.68	71.29	4.55	23	74.68	71.29	4.55
24	66.29	64.24	3.09	24	59.74	64.24	7.54	24	65.86	64.24	2.45	24	66.29	64.24	3.09	24	66.29	64.24	3.09

Tabela A. 29: Preço ofertado pelos cinco Sellers, preço de mercado e erros médios associados à Estratégia 3 (-0,5), (Caso de estudo 3).

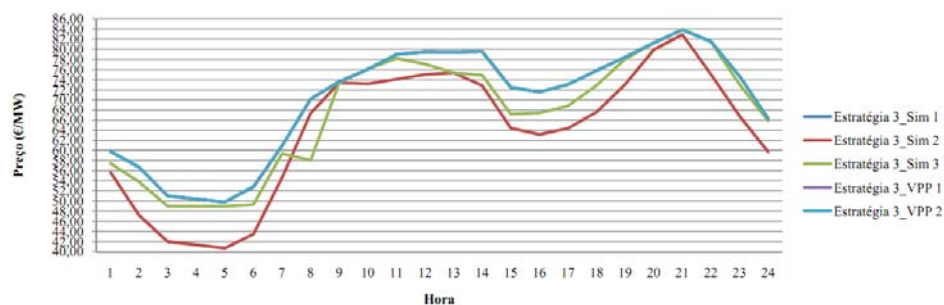


Gráfico A. 35: Evolução dos preços de mercado em cada simulação, (Caso de estudo 3).

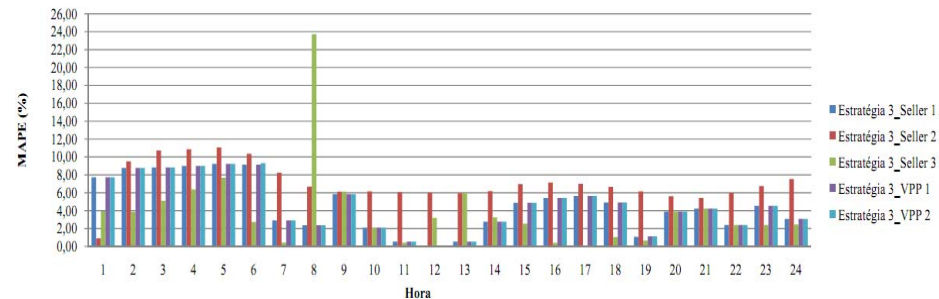


Gráfico A. 36: Erro médio de cada Seller em cada simulação, para cada período do dia utilizando a Estratégia 3 (-0,5), (Caso de estudo 3).

Estratégia 3 (-0,5) aplicada a cada um dos 5 Sellers																				
HORA	Seller 1				Seller 2				Seller 3				VPP 1				VPP 2			
	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	300,00	300,00	100,00	1794,60	584,00	403,00	69,01	2244,71	200,00	200,00	100,00	1149,52	99,00	99,00	100,00	592,22	48,00	48,00	100,00	287,14
2	300,00	300,00	100,00	1701,00	584,00	403,00	69,01	1902,97	200,00	200,00	100,00	1076,04	99,00	99,00	100,00	561,33	48,00	48,00	100,00	272,16
3	300,00	300,00	100,00	1530,30	584,00	431,00	73,80	1810,20	200,00	200,00	100,00	980,00	79,00	79,00	100,00	402,98	41,00	41,00	100,00	209,14
4	300,00	300,00	100,00	1512,60	584,00	443,00	75,86	1833,13	200,00	200,00	100,00	980,00	69,00	69,00	100,00	347,90	38,00	38,00	100,00	191,60
5	300,00	300,00	100,00	1494,90	584,00	455,00	77,91	1853,22	200,00	200,00	100,00	980,00	60,00	60,00	100,00	298,98	35,00	35,00	100,00	174,41
6	300,00	300,00	100,00	1584,30	584,00	271,00	46,40	1178,31	200,00	200,00	100,00	986,60	48,00	48,00	100,00	253,49	41,00	41,00	100,00	216,93
7	300,00	300,00	100,00	1827,60	584,00	280,00	47,95	1529,92	200,00	200,00	100,00	1187,84	39,00	39,00	100,00	237,59	41,00	41,00	100,00	249,77
8	300,00	300,00	100,00	2105,40	584,00	188,00	32,19	1266,18	200,00	188,00	94,00	1091,72	39,00	39,00	100,00	273,70	43,00	43,00	100,00	301,77
9	300,00	300,00	100,00	2207,40	584,00	304,00	52,05	2230,45	200,00	200,00	100,00	1467,40	18,00	18,00	100,00	132,44	38,00	38,00	100,00	279,60
10	300,00	300,00	100,00	2281,50	584,00	254,00	43,49	1857,76	200,00	200,00	100,00	1521,00	60,00	60,00	100,00	456,30	46,00	46,00	100,00	349,83
11	300,00	300,00	100,00	2369,40	584,00	228,00	39,04	1688,57	200,00	200,00	100,00	1564,36	78,00	78,00	100,00	616,04	54,00	54,00	100,00	426,49
12	300,00	300,00	100,00	2383,80	584,00	198,00	33,90	1485,59	200,00	198,00	99,00	1525,79	99,00	99,00	100,00	786,65	63,00	63,00	100,00	500,60
13	300,00	300,00	100,00	2382,54	584,00	233,00	39,90	1755,66	200,00	200,00	100,00	1507,00	69,00	69,00	100,00	547,98	58,00	58,00	100,00	460,62
14	300,00	300,00	100,00	2385,60	584,00	245,00	41,95	1784,09	200,00	200,00	100,00	1497,60	60,00	60,00	100,00	477,12	55,00	55,00	100,00	437,36
15	300,00	300,00	100,00	2173,80	584,00	264,00	45,21	1700,69	200,00	200,00	100,00	1344,20	48,00	48,00	100,00	347,81	48,00	48,00	100,00	347,81
16	300,00	300,00	100,00	2147,10	584,00	281,00	48,12	1775,36	200,00	200,00	100,00	1348,12	39,00	39,00	100,00	279,12	40,00	40,00	100,00	286,28
17	300,00	300,00	100,00	2190,30	584,00	299,00	51,20	1924,96	200,00	200,00	100,00	1376,64	30,00	30,00	100,00	219,03	31,00	31,00	100,00	226,33
18	300,00	300,00	100,00	2273,70	584,00	335,00	57,36	2263,60	200,00	200,00	100,00	1456,76	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	189,48
19	300,00	300,00	100,00	2352,00	584,00	245,00	41,95	1789,97	200,00	200,00	100,00	1561,44	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	196,15
20	300,00	300,00	100,00	2437,20	584,00	245,00	41,95	1957,80	200,00	200,00	100,00	1624,80	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	203,10
21	300,00	300,00	100,00	2515,20	584,00	335,00	57,36	2776,82	200,00	200,00	100,00	1676,80	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	209,60
22	300,00	300,00	100,00	2445,00	584,00	333,00	57,02	2498,50	200,00	200,00	100,00	1630,00	9,00	9,00	100,00	73,35	18,00	18,00	100,00	146,70
23	300,00	300,00	100,00	2240,40	584,00	321,00	54,97	2143,96	200,00	200,00	100,00	1460,84	18,00	18,00	100,00	134,42	21,00	21,00	100,00	156,83
24	300,00	300,00	100,00	1988,70	584,00	213,00	36,47	1272,46	200,00	200,00	100,00	1317,16	99,00	99,00	100,00	656,27	48,00	48,00	100,00	318,19
Total	7200,00	7200,00	100,00	50324,34	14016,00	7207,00	51,42	44524,85	4800,00	4786,00	99,71	32311,62	1159,00	1159,00	100,00	7694,74	955,00	955,00	100,00	6637,89

Tabela A. 30: Energia vendida e lucro de cada agente para cada um dos 24 períodos recorrendo à Estratégia 3(-0,5), aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 3).

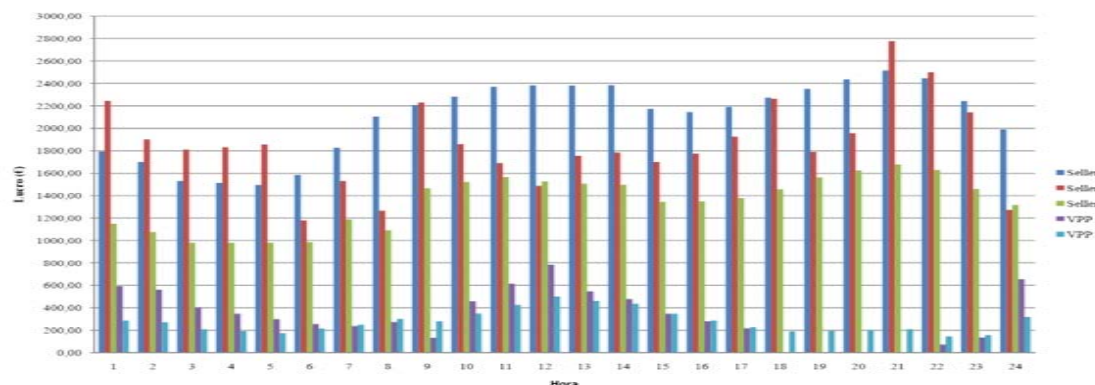


Gráfico A. 37: Lucro de cada Seller em cada período do dia para a Estratégia 3(-0,5) aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 3).

## Anexo XVII

Estratégia 4				Estratégia 4				Estratégia 4				Estratégia 4				Estratégia 4			
Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)	
HORA	Preço de Mercado	Seller1	Sim_1.1	HORA	Preço de Mercado	Seller2	Sim_1.2	HORA	Preço de Mercado	Seller3	Sim_1.3	HORA	Preço de Mercado	VPP1	Sim_1.4	HORA	Preço de Mercado	VPP2	Sim_1.5
1	59.82	44.31	25.92	1	39.81	44.31	11.31	1	57.48	44.31	22.90	1	59.82	44.31	25.92	1	59.82	44.31	25.92
2	56.70	41.47	26.86	2	36.97	41.47	12.18	2	53.80	41.47	22.92	2	56.70	41.47	26.86	2	56.70	41.47	26.86
3	51.01	38.30	24.91	3	33.80	38.30	13.32	3	49.00	38.30	21.83	3	51.01	38.30	24.91	3	51.01	38.30	24.91
4	50.42	37.33	25.97	4	32.83	37.33	13.70	4	49.00	37.33	23.82	4	50.42	37.33	25.97	4	50.42	37.33	25.97
5	49.83	36.94	25.88	5	32.44	36.94	13.86	5	49.00	36.94	24.62	5	59.83	36.94	38.27	5	49.83	36.94	25.88
6	52.81	39.20	25.76	6	34.70	39.20	12.98	6	49.34	39.20	20.54	6	52.91	39.20	25.90	6	52.81	39.20	25.76
7	60.92	46.30	23.99	7	41.80	46.30	10.77	7	59.39	46.30	22.04	7	60.92	46.30	23.99	7	60.92	46.30	23.99
8	70.18	56.41	19.62	8	51.91	56.41	8.67	8	68.07	56.41	17.13	8	70.18	56.41	19.62	8	70.18	56.41	19.62
9	73.58	60.25	18.11	9	55.75	60.25	8.08	9	70.25	60.25	14.23	9	73.58	60.25	18.11	9	73.58	60.25	18.11
10	76.05	59.17	22.19	10	54.67	59.17	8.23	10	76.05	59.17	22.19	10	76.05	59.17	22.19	10	76.05	59.17	22.19
11	78.98	59.82	24.26	11	55.32	59.82	8.14	11	78.22	59.82	23.52	11	78.98	59.82	24.26	11	78.98	59.82	24.26
12	79.46	59.93	24.58	12	55.43	59.93	8.11	12	77.06	59.93	22.23	12	79.46	59.93	24.58	12	79.46	59.93	24.58
13	79.42	61.24	22.89	13	56.74	61.24	7.93	13	56.74	61.24	7.93	13	79.42	61.24	22.89	13	79.42	61.24	22.89
14	79.52	59.24	25.51	14	54.74	59.24	8.22	14	74.88	59.24	20.89	14	79.52	59.24	25.51	14	79.52	59.24	25.51
15	72.46	53.56	26.08	15	49.06	53.56	9.18	15	67.21	53.56	20.31	15	72.46	53.56	26.08	15	72.46	53.56	26.08
16	71.57	52.93	26.04	16	48.43	52.93	9.30	16	67.41	52.93	21.47	16	71.57	52.93	26.04	16	71.57	52.93	26.04
17	73.01	54.00	26.03	17	49.50	54.00	9.10	17	68.83	54.00	21.54	17	73.01	54.00	26.03	17	73.01	54.00	26.03
18	75.79	56.20	25.85	18	51.70	56.20	8.70	18	72.07	56.20	22.02	18	75.79	56.20	25.85	18	75.79	56.20	25.85
19	78.46	57.02	27.33	19	52.52	57.02	8.56	19	78.07	57.02	26.97	19	78.46	57.02	27.33	19	78.46	57.02	27.33
20	81.24	60.79	25.18	20	56.29	60.79	7.99	20	81.24	60.79	25.18	20	81.24	60.79	25.18	20	81.24	60.79	25.18
21	83.84	71.10	15.19	21	66.60	71.10	6.76	21	83.84	71.10	15.19	21	83.84	71.10	15.19	21	83.84	71.10	15.19
22	81.50	64.89	20.39	22	60.39	64.89	7.44	22	81.50	64.89	20.39	22	81.50	64.89	20.39	22	81.50	64.89	20.39
23	74.68	56.03	24.98	23	51.53	56.03	8.72	23	73.04	56.03	23.30	23	74.68	56.03	24.98	23	74.68	56.03	24.98
24	66.29	48.42	26.96	24	43.92	48.42	10.24	24	65.86	48.42	26.48	24	66.29	48.42	26.96	24	66.29	48.42	26.96

Tabela A. 31: Preço ofertado pelos cinco Sellers, preço de mercado e erros médios associados à Estratégia 4(-0,5), (Caso de estudo 3).

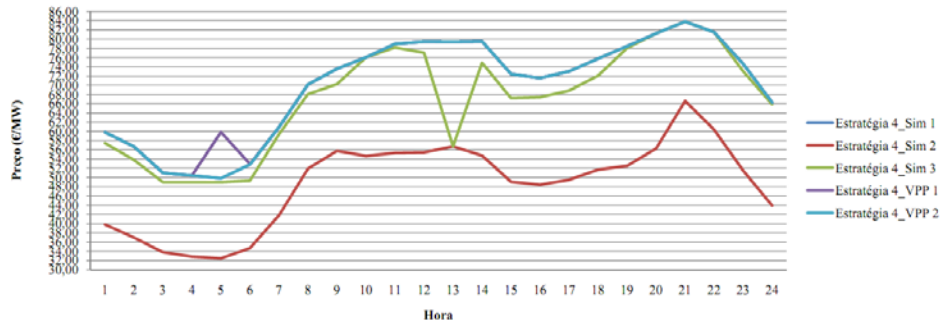


Gráfico A. 38: Evolução dos preços de mercado em cada simulação, (Caso de estudo 3).

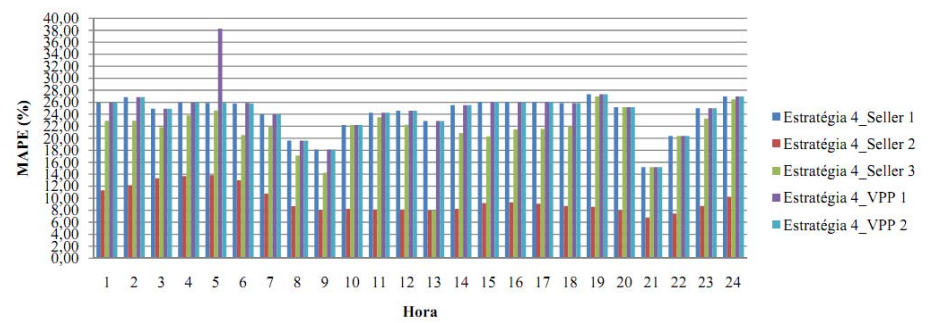


Gráfico A. 39: Erro médio de cada Seller em cada simulação, para cada período do dia utilizando a Estratégia 4 (-0,5), (Caso de estudo 3).

Estratégia 4 (-0,5) aplicada a cada um dos 5 Sellers																				
HORA	Seller 1				Seller 2				Seller 3				VPP 1				VPP 2			
	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	300,00	300,00	100,00	1794,60	584,00	403,00	69,01	1604,34	200,00	200,00	100,00	1149,52	99,00	99,00	100,00	592,22	48,00	48,00	100,00	287,14
2	300,00	300,00	100,00	1701,00	584,00	502,00	85,96	1855,89	200,00	200,00	100,00	1076,04	99,00	99,00	100,00	561,33	48,00	48,00	100,00	272,16
3	300,00	300,00	100,00	1530,30	584,00	509,00	87,16	1720,42	200,00	200,00	100,00	980,00	78,00	78,00	100,00	397,88	41,00	41,00	100,00	209,14
4	300,00	300,00	100,00	1512,60	584,00	512,00	87,67	1680,90	200,00	200,00	100,00	980,00	69,00	69,00	100,00	347,90	38,00	38,00	100,00	191,60
5	300,00	300,00	100,00	1494,90	584,00	515,00	88,18	1670,66	200,00	200,00	100,00	980,00	60,00	60,00	100,00	358,98	35,00	35,00	100,00	174,41
6	300,00	300,00	100,00	1584,30	584,00	461,00	78,94	1599,67	200,00	200,00	100,00	986,76	48,00	48,00	100,00	253,97	41,00	41,00	100,00	216,52
7	300,00	300,00	100,00	1827,60	584,00	280,00	47,95	1170,40	200,00	200,00	100,00	1187,84	39,00	39,00	100,00	237,59	41,00	41,00	100,00	249,77
8	300,00	300,00	100,00	2105,40	584,00	287,00	49,14	1489,82	200,00	200,00	100,00	1361,40	39,00	39,00	100,00	273,70	43,00	43,00	100,00	301,77
9	300,00	300,00	100,00	2207,40	584,00	304,00	52,05	1694,80	200,00	200,00	100,00	1405,00	18,00	18,00	100,00	132,44	38,00	38,00	100,00	279,60
10	300,00	300,00	100,00	2281,50	584,00	254,00	43,49	1388,62	200,00	200,00	100,00	1521,00	60,00	60,00	100,00	456,30	46,00	46,00	100,00	349,83
11	300,00	300,00	100,00	2369,40	584,00	228,00	39,04	1261,30	200,00	200,00	100,00	1564,36	78,00	78,00	100,00	616,04	54,00	54,00	100,00	426,49
12	300,00	300,00	100,00	2383,80	584,00	198,00	33,90	1097,51	200,00	198,00	99,00	1525,79	99,00	99,00	100,00	786,65	63,00	63,00	100,00	500,60
13	300,00	300,00	100,00	2382,54	584,00	233,00	39,90	1322,04	200,00	200,00	100,00	1134,80	69,00	69,00	100,00	547,98	58,00	58,00	100,00	460,62
14	300,00	300,00	100,00	2385,60	584,00	245,00	41,95	1341,13	200,00	200,00	100,00	1497,60	60,00	60,00	100,00	477,12	55,00	55,00	100,00	437,36
15	300,00	300,00	100,00	2173,80	584,00	454,00	77,74	2227,32	200,00	200,00	100,00	1344,20	48,00	48,00	100,00	347,81	48,00	48,00	100,00	347,81
16	300,00	300,00	100,00	2147,10	584,00	281,00	48,12	1360,88	200,00	200,00	100,00	1348,12	39,00	39,00	100,00	279,12	40,00	40,00	100,00	286,28
17	300,00	300,00	100,00	2190,30	584,00	299,00	51,20	1480,05	200,00	200,00	100,00	1376,64	30,00	30,00	100,00	219,03	31,00	31,00	100,00	226,33
18	300,00	300,00	100,00	2273,70	584,00	335,00	57,36	1731,95	200,00	200,00	100,00	1441,44	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	189,48
19	300,00	300,00	100,00	2353,80	584,00	335,00	57,36	1759,42	200,00	200,00	100,00	1561,44	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	196,15
20	300,00	300,00	100,00	2437,20	584,00	335,00	57,36	1885,72	200,00	200,00	100,00	1624,80	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	203,10
21	300,00	300,00	100,00	2515,20	584,00	335,00	57,36	2231,10	200,00	200,00	100,00	1676,80	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	209,60
22	300,00	300,00	100,00	2445,00	584,00	333,00	57,02	2010,99	200,00	200,00	100,00	1630,00	9,00	9,00	100,00	73,35	18,00	18,00	100,00	146,70
23	300,00	300,00	100,00	2240,40	584,00	584,00	100,00	3009,35	200,00	200,00	100,00	1460,84	18,00	18,00	100,00	134,42	21,00	21,00	100,00	156,83
24	300,00	300,00	100,00	1988,70	584,00	403,00	69,01	1769,98	200,00	200,00	100,00	1317,16	99,00	99,00	100,00	656,27	48,00	48,00	100,00	318,19
Total	7200,00	7200,00	100,00	50326,14	14016,00	8625,00	61,54	40364,26	4800,00	4798,00	99,96	32131,55	1158,00	1158,00	100,00	7750,11	955,00	955,00	100,00	6637,48

Tabela A. 32: Energia vendida e lucro de cada agente para cada um dos 24 períodos recorrendo à Estratégia 4(-0,5), aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 3).

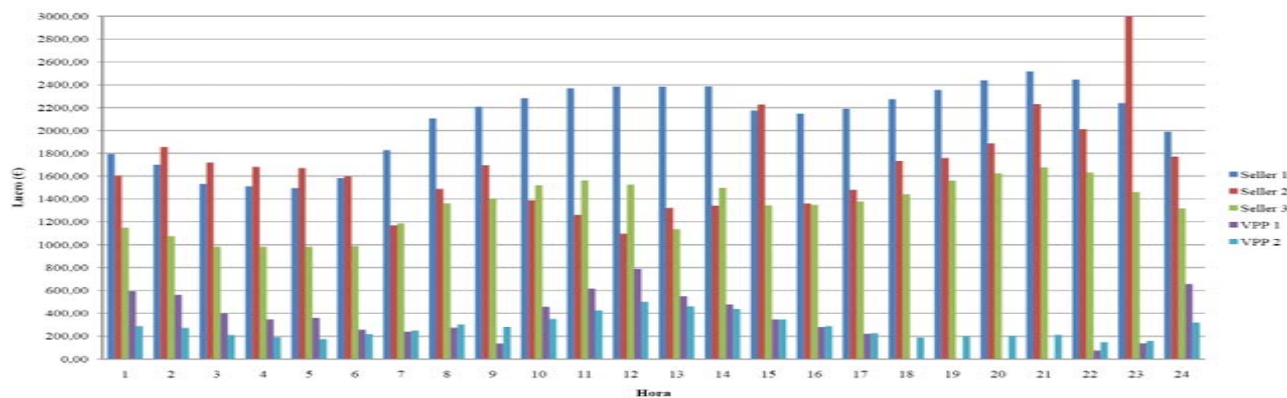


Gráfico A. 40: Lucro de cada Seller em cada período do dia para a Estratégia 4(-0,5) aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 3).

## Anexo XVIII

Estratégia 5				Estratégia 5				Estratégia 5				Estratégia 5				Estratégia 5			
Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)		Preço Proposto (€/MWh)		Erro MAPE (%)	
HORA	Preço de Mercado	Seller1	Sim 1.1	HORA	Preço de Mercado	Seller2	Sim 1.2	HORA	Preço de Mercado	Seller3	Sim 1.3	HORA	Preço de Mercado	VPP1	Sim 1.4	HORA	Preço de Mercado	VPP2	Sim 1.5
1	59.82	55.20	7.73	1	50.70	55.20	8.87	1	57.48	55.20	3.97	1	59.82	55.20	7.73	1	59.82	55.20	7.73
2	56.70	51.72	8.79	2	47.22	51.72	9.52	2	53.80	51.72	3.88	2	56.70	51.72	8.79	2	56.70	51.72	8.79
3	51.01	46.50	8.84	3	42.00	46.50	10.71	3	49.00	46.50	5.10	3	51.01	46.50	8.84	3	51.01	46.50	8.84
4	50.42	45.88	9.01	4	41.38	45.88	10.86	4	49.00	45.88	6.38	4	50.42	45.88	9.01	4	50.42	45.88	9.01
5	49.83	45.23	9.23	5	40.73	45.23	11.06	5	49.00	45.23	7.69	5	49.83	45.23	9.23	5	49.83	45.23	9.23
6	52.81	47.98	9.15	6	43.48	47.98	10.34	6	49.34	47.98	2.76	6	52.81	47.98	9.15	6	52.81	47.98	9.15
7	60.92	59.14	2.92	7	54.64	59.14	8.24	7	59.39	59.14	0.42	7	60.92	59.14	2.92	7	60.92	59.14	2.92
8	70.18	71.85	2.38	8	67.35	71.85	6.68	8	68.07	71.85	5.56	8	70.18	71.85	2.38	8	70.18	71.85	2.38
9	73.58	77.87	5.83	9	73.37	77.87	6.14	9	73.37	77.87	6.14	9	73.58	77.87	5.83	9	73.58	77.87	5.83
10	76.05	77.64	2.09	10	73.14	77.64	6.15	10	76.05	77.64	2.09	10	76.05	77.64	2.09	10	76.05	77.64	2.09
11	78.98	78.56	0.53	11	74.06	78.56	6.08	11	78.22	78.56	0.44	11	78.98	78.56	0.53	11	78.98	78.56	0.53
12	79.46	79.53	0.09	12	75.03	79.53	6.00	12	77.06	79.53	3.21	12	79.46	79.53	0.09	12	79.46	79.53	0.09
13	79.42	79.85	0.54	13	75.35	79.85	5.97	13	75.35	79.85	5.97	13	79.42	79.85	0.54	13	79.42	79.85	0.54
14	79.52	77.32	2.77	14	72.82	77.32	6.18	14	74.88	77.32	3.26	14	79.52	77.32	2.77	14	79.52	77.32	2.77
15	72.46	68.92	4.89	15	64.42	68.92	6.98	15	67.21	68.92	2.54	15	72.46	68.92	4.89	15	72.46	68.92	4.89
16	71.57	67.68	5.43	16	63.18	67.68	7.13	16	67.41	67.68	0.41	16	71.57	67.68	5.43	16	71.57	67.68	5.43
17	73.01	68.88	5.65	17	64.38	68.88	7.00	17	68.83	68.88	0.08	17	73.01	68.88	5.65	17	73.01	68.88	5.65
18	75.79	72.07	4.91	18	67.57	72.07	6.66	18	72.84	72.07	1.06	18	75.79	72.07	4.91	18	75.79	72.07	4.91
19	78.46	77.56	1.14	19	73.06	77.56	6.16	19	78.07	77.56	0.65	19	78.46	77.56	1.14	19	78.46	77.56	1.14
20	81.24	84.41	3.90	20	79.91	84.41	5.63	20	81.24	84.41	3.90	20	81.24	84.41	3.90	20	81.24	84.41	3.90
21	83.84	87.39	4.24	21	82.89	87.39	5.43	21	83.84	87.39	4.24	21	83.84	87.39	4.24	21	83.84	87.39	4.24
22	81.50	79.53	2.42	22	75.03	79.53	6.00	22	81.50	79.53	2.42	22	81.50	79.53	2.42	22	81.50	79.53	2.42
23	74.68	71.29	4.55	23	66.79	71.29	6.73	23	73.04	71.29	2.41	23	74.68	71.29	4.55	23	74.68	71.29	4.55
24	66.29	64.24	3.09	24	59.74	64.24	7.54	24	65.59	64.24	2.05	24	66.29	64.24	3.09	24	66.29	64.24	3.09

Tabela A. 33: Preço ofertado pelos cinco Sellers, preço de mercado e erros médios associados à Estratégia 5(-0,5), (Caso de estudo 3).

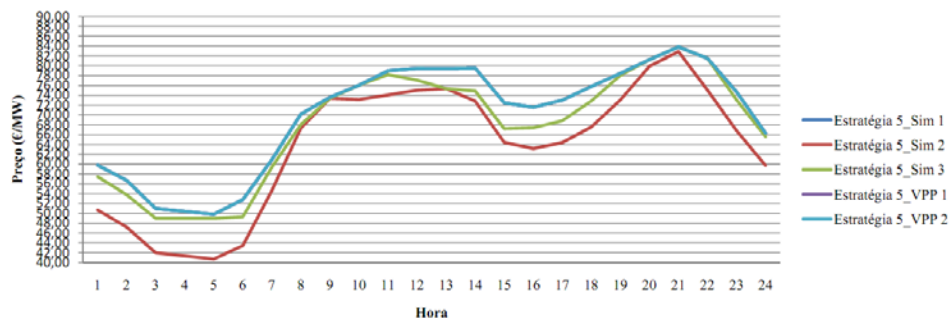


Gráfico A. 41: Evolução dos preços de mercado em cada simulação, (Caso de estudo 3).

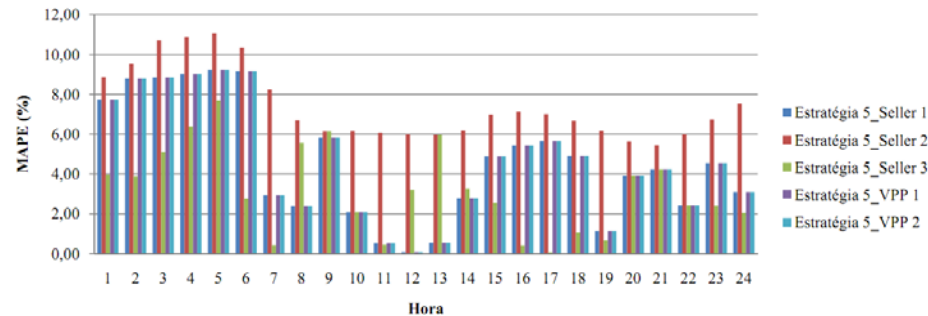


Gráfico A. 42: Erro médio de cada Seller em cada simulação, para cada período do dia utilizando a Estratégia 5 (-0,5), (Caso de estudo 3).

Estratégia 5 (-0,5) aplicada a cada um dos 5 Sellers																				
HORA	Seller 1				Seller 2				Seller 3				VPP 1				VPP 2			
	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro	Capacidade (MWh)	Vendida (MWh)	Energia vendida (%)	Lucro
1	300,00	300,00	100,00	1794,60	584,00	403,00	69,01	2043,21	200,00	200,00	100,00	1149,52	99,00	99,00	100,00	592,22	48,00	48,00	100,00	287,14
2	300,00	300,00	100,00	1701,00	584,00	403,00	69,01	1902,97	200,00	200,00	100,00	1076,04	99,00	99,00	100,00	561,33	48,00	48,00	100,00	272,16
3	300,00	300,00	100,00	1530,33	584,00	431,00	73,80	1810,20	200,00	200,00	100,00	980,00	78,00	78,00	100,00	397,88	41,00	41,00	100,00	209,14
4	300,00	300,00	100,00	1512,60	584,00	443,00	75,86	1833,13	200,00	200,00	100,00	980,00	69,00	69,00	100,00	347,90	38,00	38,00	100,00	191,60
5	300,00	300,00	100,00	1494,90	584,00	455,00	77,91	1853,22	200,00	200,00	100,00	980,00	60,00	60,00	100,00	298,98	35,00	35,00	100,00	174,41
6	300,00	300,00	100,00	1584,30	584,00	271,00	46,40	1178,31	200,00	200,00	100,00	986,76	48,00	48,00	100,00	253,49	41,00	41,00	100,00	216,52
7	300,00	300,00	100,00	1827,60	584,00	280,00	47,95	1529,92	200,00	200,00	100,00	1187,84	39,00	39,00	100,00	237,59	41,00	41,00	100,00	249,77
8	300,00	300,00	100,00	2105,40	584,00	188,00	32,19	1266,18	200,00	188,00	94,00	1279,72	39,00	39,00	100,00	273,70	43,00	43,00	100,00	301,77
9	300,00	300,00	100,00	2207,40	584,00	304,00	52,05	2230,45	200,00	200,00	100,00	1467,40	18,00	18,00	100,00	132,44	38,00	38,00	100,00	279,60
10	300,00	300,00	100,00	2281,50	584,00	254,00	43,49	1857,76	200,00	200,00	100,00	1521,00	60,00	60,00	100,00	456,30	46,00	46,00	100,00	349,83
11	300,00	300,00	100,00	2369,40	584,00	228,00	39,04	1688,57	200,00	200,00	100,00	1564,36	78,00	78,00	100,00	616,04	54,00	54,00	100,00	426,49
12	300,00	300,00	100,00	2383,80	584,00	198,00	33,90	1485,59	200,00	198,00	99,00	1525,79	99,00	99,00	100,00	786,65	63,00	63,00	100,00	500,60
13	300,00	300,00	100,00	2382,54	584,00	233,00	39,90	1755,66	200,00	200,00	100,00	1507,00	69,00	69,00	100,00	547,98	58,00	58,00	100,00	460,62
14	300,00	300,00	100,00	2385,60	584,00	245,00	41,95	1784,09	200,00	200,00	100,00	1497,60	60,00	60,00	100,00	477,12	55,00	55,00	100,00	437,36
15	300,00	300,00	100,00	2173,80	584,00	264,00	45,21	1700,69	200,00	200,00	100,00	1344,20	48,00	48,00	100,00	347,81	48,00	48,00	100,00	347,81
16	300,00	300,00	100,00	2147,10	584,00	281,00	48,12	1775,36	200,00	200,00	100,00	1348,12	39,00	39,00	100,00	279,12	40,00	40,00	100,00	286,28
17	300,00	300,00	100,00	2190,30	584,00	299,00	51,20	1924,96	200,00	200,00	100,00	1376,64	30,00	30,00	100,00	219,03	31,00	31,00	100,00	226,33
18	300,00	300,00	100,00	2273,70	584,00	335,00	57,36	2263,60	200,00	200,00	100,00	1456,76	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	189,48
19	300,00	300,00	100,00	2353,80	584,00	245,00	41,95	1789,97	200,00	200,00	100,00	1561,44	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	196,15
20	300,00	300,00	100,00	2437,20	584,00	245,00	41,95	1957,80	200,00	200,00	100,00	1624,80	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	203,10
21	300,00	300,00	100,00	2515,20	584,00	335,00	57,36	2776,82	200,00	200,00	100,00	1676,80	0,00	0,00	0	0,00	25,00	25,00	100,00	209,60
22	300,00	300,00	100,00	2445,00	584,00	333,00	57,02	2498,50	200,00	200,00	100,00	1630,00	9,00	9,00	100,00	73,35	18,00	18,00	100,00	146,70
23	300,00	300,00	100,00	2240,40	584,00	321,00	54,97	2143,96	200,00	200,00	100,00	1460,84	18,00	18,00	100,00	134,42	21,00	21,00	100,00	156,83
24	300,00	300,00	100,00	1988,70	584,00	213,00	36,47	1272,46	200,00	200,00	100,00	1311,70	99,00	99,00	100,00	656,27	48,00	48,00	100,00	318,19
Total	7200,00	7200,00	100,00	50326,17	14016,00	7207,00	51,42	44323,35	4800,00	4786,00	99,71	32494,32	1158,00	1158,00	100,00	7689,63	955,00	955,00	100,00	6637,48

Tabela A. 34: Energia vendida e lucro de cada agente para cada um dos 24 períodos recorrendo à Estratégia 5(-0,5), aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 3).

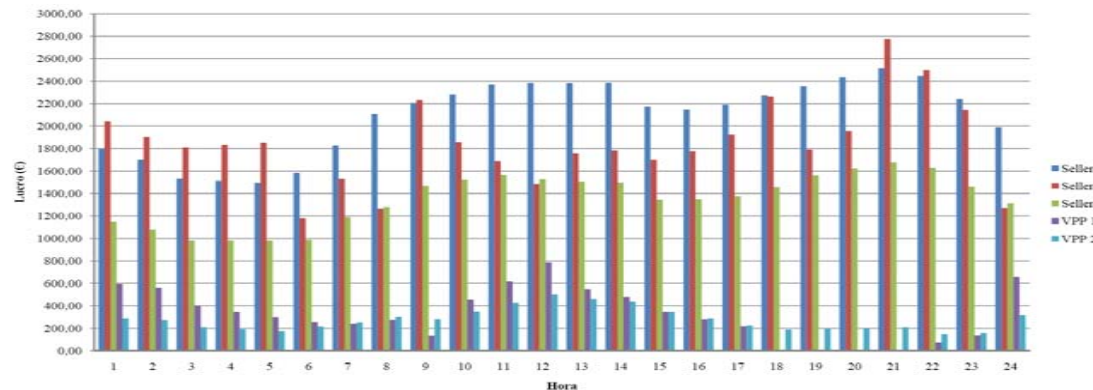


Gráfico A. 43: Lucro de cada Seller em cada período do dia para a Estratégia 5(-0,5) aplicada a cada um dos cinco Sellers, (Caso de estudo 3).