

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



FEUP

**Compensação da Energia Reactiva na Rede de
Distribuição**

Carlos Miguel de Sousa Leite

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

Orientador: Prof. José Rui da Rocha Pinto Ferreira
Co-orientador: Eng. Pedro Terras Marques

Janeiro de 2011

© Carlos Miguel de Sousa Leite, 2011

A Dissertação intitulada

“Compensação de Energia Reactiva na Rede de Distribuição”

foi aprovada em provas realizadas em 24-02-2011

o júri

Presidente Professor Doutor Helder Filipe Duarte Leite
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de
Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Professor Doutor Custódio João Pais Elias
Professor Coordenador do Departamento de Engenharia Electrotécnica da Instituto
Superior de Engenharia do Porto

Professor Doutor José Rui da Rocha Pinto Ferreira
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de
Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projecto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extractos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são correctamente citados.

Autor - Carlos Miguel de Sousa Leite

Resumo

A preocupação em reduzir as emissões de gases que provocam efeito de estufa, e o aumento do preço dos combustíveis fósseis associados ao aumento do consumo de energia eléctrica têm justificado a introdução de fontes de energia renovável. A tecnologia da energia eólica é actualmente uma das principais fontes de energia renovável integrada na rede eléctrica. No entanto, a introdução de geração distribuída na rede pode provocar condições de funcionamento que anteriormente não se verificavam, criando novos desafios na gestão das redes eléctricas.

De forma a melhorar a eficiência energética, na rede de distribuição e de transporte tem-se vindo a alterar a legislação existente no que respeita, por exemplo, a energia reactiva a ser injectada por produtores em regime especial, assim como alterações significativas nos limites de consumo e de energia reactiva por parte de clientes e nas transacções entre operador da rede de distribuição e operador da rede de transporte.

O trabalho desenvolvido tem como objectivo permitir um melhor controlo da energia reactiva que circula na rede de distribuição, através da definição de horários para o parque de baterias de condensadores existente, bem como determinar a possibilidade de instalação de novas baterias de condensadores, nas subestações da EDP Distribuição - Energia, SA, ou até mesmo alterar a localização das existentes na rede de distribuição.

Nesta dissertação é apresentado um caso prático de definição de horários para baterias de condensadores instaladas em subestações afectas a um ponto injector, com a aplicação desenvolvida. São analisados os dados produzidos pela aplicação, assim como o impacto em termos de custos de facturação de energia reactiva e de redução de perdas na rede de distribuição.

Abstract

The concern for reducing emissions of gases that cause greenhouse effect and the rising prices of fossil fuel associated with increased consumption of electricity have justified the introduction of renewable energy sources. The wind power technology is currently a major source of renewable energy included in the grid. However, the introduction of distributed generation on the network can cause operating conditions that previously were absent, creating new challenges in the management of electricity networks.

In order to improve energy efficiency in the electricity network has been changing the existing legislation concerning the reactive power to be injected by the special regime, as well as the limits of consumption and injection of reactive power in the grid.

This work aims to allow a better control of reactive power that flows in the distribution network, by setting timetables for the capacitor banks, and to determine the possibility of introduction of new capacitor banks in substations of EDP Distribuição - Energia, SA, or change the location of the existing ones in the distribution network.

In this dissertation is also performed the definition of the times for the capacitor banks for a point of interconnection, with the developed application. The data produced by the application is analyzed, as well as the impact on costs of billing and reactive power loss reduction in distribution network.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador Prof. José Rui da Rocha Pinto Ferreira por toda ajuda e atenção dispensada na realização deste trabalho.

Quero prestar o meu agradecimento ao Eng. Pedro Terras Marques por sempre se mostrar disponível para esclarecer dúvidas e pelo apoio prestado ao longo desta dissertação.

Agradeço também aos Eng^{os} Carina, Zé Miguel, Tiago, Ricardo, Pascoal, Marta, por toda a transmissão de conhecimentos e prestabilidade que sempre demonstraram bem como por contribuírem para a minha evolução técnica. E ainda a todos os que na EDP que directa ou indirectamente contribuírem para a minha dissertação.

Agradeço ao Prof. Vladimiro Miranda pelo gosto pela programação que me inculuiu, que se traduziu numa grande importância para a realização da minha dissertação.

Aos meus pais e irmãos que sempre confiaram em mim, pelo apoio que sempre prestaram durante o meu percurso académico.

Estou especialmente agradecido à Margarida pela grande ajuda e disponibilidade que constantemente demonstrou.

Por fim, agradeço aos meus amigos que me ajudaram a chegar ao fim desta etapa.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xv
Abreviaturas e Símbolos	xvii
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 - Enquadramento	1
1.2 - Motivação	3
1.3 - Objectivos.....	4
1.4 - Estrutura da Dissertação.....	5
Capítulo 2	7
Estado da Arte.....	7
2.1 - Regulamentação	7
2.1.1 - Aplicação do Despacho n.º7253/2010 da ERSE	8
2.1.2 - Aplicação do Regulamento da Rede de Distribuição.....	9
2.2 - Períodos Tarifários e Preços Praticados	11
2.3 - Problemas Existentes.....	12
2.4 - Horários das Baterias de Condensadores	15
2.5 - Cuidados a Ter na Manobra de Baterias de Condensadores	16
2.6 - Compensação versus Perdas na Rede	17
Capítulo 3	19
Algoritmo Desenvolvido.....	19
3.1 - Introdução.....	19
3.2 - Formulação do Problema	20
3.3 - Funcionamento do Algoritmo	21
3.3.1 - Validar as Definições Básicas para o Período a Analisar	23
3.3.2 - Importar Dados da Telecontagem.....	23

3.3.3 - Verificar Possíveis Falhas de Dados, Calcular Facturação e Imprimir Gráficos	24
3.3.4 - Importar Dados do Scada com os Eventos das Baterias de Condensadores	27
3.3.5 - Actualizar Dados, Calcular Facturação e Imprimir Gráficos.....	28
3.3.6 - Define Horário Para as Bateria de Condensadores.....	28
3.3.7 - Calcular Factura e Imprimir Gráficos para o novo Horário das BC	30
3.3.8 - Apaga dados e Restaurar Valores para Situação Pré-Definição de Horários.....	30
3.3.9 - Apagar Todos os Dados.....	30
Capítulo 4	31
Análise de Resultados	31
4.1 - Introdução	31
4.2 - Análise do Mês de Setembro e de Dezembro Para o Cenário Actual.....	34
4.2.1 - Mês de Setembro.....	34
4.2.2 - Mês de Dezembro	39
4.2.3 - Análise, em termos comparativos, para o Mês de Setembro e Dezembro para o Cenário Actual.....	43
4.3 - Análise do Mês de Setembro e de Dezembro Para um Cenário Futuro	44
4.3.1 - Análise do Mês de Setembro	44
4.3.2 - Análise do Mês de Dezembro	50
4.3.3 - Comparação do Mês de Dezembro com o Mês de Setembro para um Cenário Futuro.....	56
Capítulo 5	57
Conclusões e Trabalhos Futuros.....	57
5.1 - Conclusões	57
5.2 - Trabalhos Futuros.....	58
Referências	59

Lista de figuras

Figura 1.1 - Contribuição anual da PRE para a satisfação do Consumo [%] e Entregas anuais à rede [GWh] [10].	2
Figura 1.2 - Peso da PRE na Potência Instalada do Sistema Eléctrico Nacional [%] [10]	3
Figura 2.1 - Trânsito de energia activa e reactiva de um ponto injectador com uma produção igual ao consumo	10
Figura 2.2 - Diagrama de cargas típico para um ponto injectador constituído apenas por consumos	13
Figura 2.3 - Diagrama de cargas para um ponto injectador constituído por PRE com produções pouco variáveis ao longo do dia e cargas.	13
Figura 2.4 - Diagrama de carga para um ponto injectador constituído por PRE com grande variação de produção ao longo de um dia e cargas.	14
Figura 3.1 - Diagrama geral de funcionamento do algoritmo desenvolvido	22
Figura 3.2 - Fluxograma para importação dos dados de telecontagem	23
Figura 3.3 - Diagrama de funcionamento da função “Verificar possíveis falhas de dados, calcula a facturação e imprime gráficos”	25
Figura 3.4 - Diagrama de funcionamento da função “Importa dados scada com os eventos das BC”	28
Figura 4.1 - Esquema de uma rede AT ligada a um ponto injectador	32
Figura 4.2 - Potencia activa, reactiva e tg φ para o mês de Setembro de 2010	34
Figura 4.3 - Energia diária para as HFV, no mês de Setembro de 2010	35
Figura 4.4 - Tg φ diária para as HFV, no mês de Setembro de 2010	35
Figura 4.5 - Energia diária para as HFV, no mês de Setembro de 2010, com as BC desligadas.....	36
Figura 4.6 - Tg φ diária para as HFV, no mês de Setembro de 2010, com as BC desligadas....	36
Figura 4.7 - Potência activa e reactiva para a semana nas HV, com as BC desligadas, para o mês de Setembro	38

Figura 4.8 - Potência activa e reactiva para os Sábados nas HV, com as BC desligadas, para o mês de Setembro	38
Figura 4.9 - Potência activa e reactiva para os Domingos, com as BC desligadas, para o mês de Setembro.....	38
Figura 4.10 - Potência activa, reactiva e tg ϕ nos dias de semana nas HFV, para o cenário actual, com o novo horário das BC, para o mês de Setembro.....	39
Figura 4.11 - Energia diária activa e reactiva, com o novo horário das BC, para o mês de Setembro de 2010.....	39
Figura 4.12 - Potência activa, reactiva e tg ϕ para o mês de Dezembro de 2010.....	40
Figura 4.13 - Energia activa e reactiva diária nas HFV, para o mês de Dezembro de 2010	40
Figura 4.14 - Energia activa e reactiva diária nas HV, para o mês de Dezembro de 2010.....	40
Figura 4.15 - Potência activa e reactiva para os sábados nas HV, no mês de Dezembro, com as BC desligadas.....	41
Figura 4.16 - Potência activa e reactiva para os Domingos, no mês de Dezembro com as BC desligadas	41
Figura 4.17 - Energia activa e reactiva diária com o novo horário das BC nas HFV, para o mês de Dezembro	43
Figura 4.18 - Energia activa e reactiva diária com o novo horário das BC nas HV, para o mês de Dezembro	43
Figura 4.19 - Energia activa, reactiva e tg ϕ para o mês de Setembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	44
Figura 4.20 - Energia activa e reactiva diária para as HFV no mês de Setembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	45
Figura 4.21 - Tg ϕ diária para as HFV no mês de Setembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	45
Figura 4.22 - Energia activa, reactiva e tg ϕ para o mês de Setembro, com BC desligadas, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	46
Figura 4.23 - Energia activa e reactiva diária para as HFV no mês de Setembro, com BC desligadas, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	46
Figura 4.24 - Energia activa e reactiva diária para as HV no mês de Setembro, com BC desligadas, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	46
Figura 4.25 - Energia activa, reactiva e tg ϕ para o mês de Setembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	48
Figura 4.26 - Energia activa, reactiva e tg ϕ durante a semana, nas HFV, para o mês de Setembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	48
Figura 4.27 - Energia activa e reactiva diária para as HFV no mês de Setembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	49

Figura 4.28 - Tg ϕ diária para as HFV no mês de Setembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	49
Figura 4.29 - Energia activa e reactiva diária para as HV no mês de Setembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento.....	50
Figura 4.30 - Energia activa, reactiva e tg ϕ para o mês de Dezembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	50
Figura 4.31 - Energia activa e reactiva diária para as HFV no mês de Dezembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	51
Figura 4.32 - Energia activa e reactiva nas HFV para a semana, no mês de Dezembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	51
Figura 4.33 - Energia activa e reactiva nas HFV para os sábados, no mês de Dezembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	52
Figura 4.34 - Energia activa, reactiva e tg ϕ para o mês de Dezembro, com BC desligadas, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	52
Figura 4.35 - Energia activa, reactiva e tg ϕ para o mês de Dezembro, com os novos horários das BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	54
Figura 4.36 - Energia activa, reactiva e tg ϕ nas HFV para a semana, no mês de Dezembro, com os novos horários das BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento.....	54
Figura 4.37 - Energia activa e reactiva diária para as HFV no mês de Dezembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento.....	55
Figura 4.38 - Tg ϕ diária para as HFV no mês de Dezembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento	55
Figura 4.39 - Energia activa e reactiva diária para as HV no mês de Dezembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento.....	56

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Quantidade de energia reactiva que os PRE devem fazer-se acompanhar com o fornecimento de energia activa [8].....	9
Tabela 2.2 - Ciclo semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental [17].....	11
Tabela 2.3 - Preços da tarifa de Uso da Rede de Transporte em MAT a aplicar às entregas do operador da rede de transporte ao operador de rede de distribuição em MT e AT para o ano de 2010 [14].....	12
Tabela 2.4 - Preços da tarifa de Uso da Rede de Transporte em MAT a aplicar às entregas do operador da rede de transporte ao operador de rede de distribuição em MT e AT para o ano de 2009 [15].....	12
Tabela 2.5 - Ciclo diário para todos os fornecimentos em Portugal Continental [17].....	15
Tabela 2.6 - Modos de funcionamento de um automatismo de controlo horário [18].....	15
Tabela 2.7 - Programas diários para um escalão de bateria de condensadores [18].....	16
Tabela 2.8 - Parâmetros da função “comando horário da bateria de condensadores” [18]....	17
Tabela 4.1 - Horários das BC, com o cenário actual, para o mês de Setembro.....	37
Tabela 4.2 - Horários das BC para o mês de Dezembro.....	42
Tabela 4.3 - Horário para as BC para o mês de Setembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento.....	47
Tabela 4.4 - Horário para as BC para o mês de Dezembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento.....	53

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas

AT	Alta Tensão
BC	Bateria de Condensadores
CP	Cheia e de Ponta
DEEC	Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
EDP	Energias de Portugal
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
GWh	Gigawatt-hora
HFV	Horas Fora de Vazio
HV	Horas de Vazio
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
kvar	kilovoltampere reactivo
kvarh	kilovoltampere reactivo - hora
kW	kilowatt
kWh	kilowatt-hora
MAT	Muito Alta Tensão
MT	Média Tensão
Mvar	Megavoltampere reactivo
MW	Megawatt
MWh	Megawatt-hora
ORD	Operador da Rede de Distribuição
ORT	Operador da Rede de Transporte
PRE	Produtores em Regime Especial
REN	Redes Energéticas Nacionais
$\text{tg } \varphi$	Relação entre a potência reactiva e a potência activa
TWh	Terawatt-hora
VS	Vazio e Super Vazio

Capítulo 1

Introdução

A presente Dissertação foi desenvolvida em Ambiente Empresarial, no âmbito do Mestrado integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores da Universidade do Porto

Neste capítulo será efectuada uma contextualização do trabalho, fazendo uma análise sobre a evolução da Produção em Regime Especial ligada a rede de distribuição e os seus impactos na rede. É apresentada a motivação para a realização deste trabalho assim como os objectivos a que se propõe. Por fim é feita uma descrição da estrutura da dissertação.

1.1 - Enquadramento

O consumo de electricidade tem vindo a aumentar ao longo dos anos, sendo necessário um investimento crescente nas redes eléctricas. De forma a satisfazer as necessidades dos consumidores é necessário gerir eficientemente as redes existentes, procurando investir criteriosamente e selectivamente na criação de novas infra-estruturas.

Desta forma a energia eléctrica tem vindo a aumentar a sua importância na sociedade. Esta importância implica o aumento da exigência por parte dos clientes no que diz respeito aos padrões de qualidade de serviço prestada pelas empresas fornecedoras de energia eléctrica quer ao nível de qualidade de energia eléctrica quer ao nível de continuidade [10].

Paralelamente nos últimos anos tem-se assistido a um grande aumento da potência instalada dos produtores em regime especial, fortemente subsidiados pelo estado por tarifas que promovem investimentos privados, na sua maioria parques eólicos, correspondendo a uma potência total superior a de 50% da energia produzida pelos PRE (Produtores em Regime Especial).

Esta proliferação de PRE tem sido impulsionada pelo aumento de consumo evidenciado nos últimos anos. Este tipo de energia tem vindo a criar novos desafios ao operador de rede,

uma vez que, devido o incremento na potência instalada, provoca a variação do sentido do trânsito de energia activa e de reactiva nas redes de distribuição, sendo necessário um controlo mais rigoroso dos trânsitos de forma a garantir uma boa qualidade de serviço.

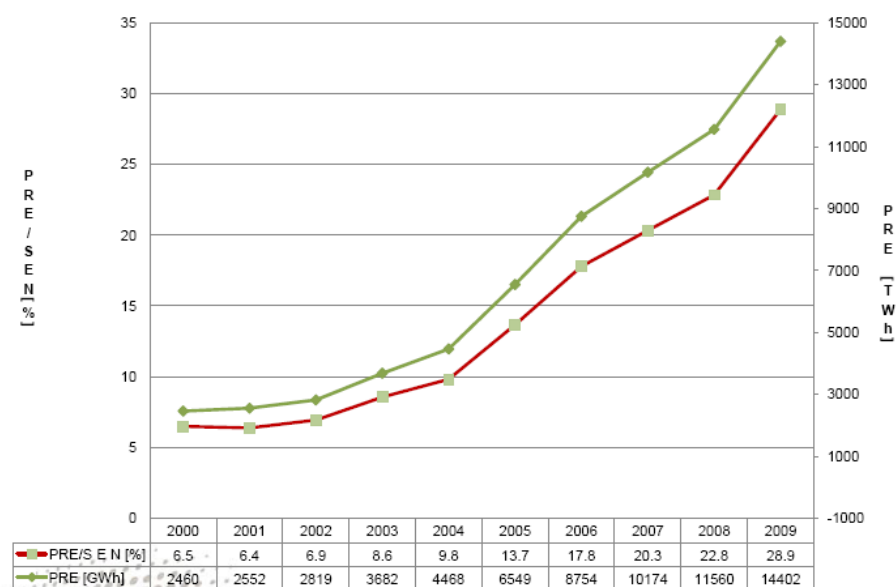


Figura 1.1 - Contribuição anual da PRE para a satisfação do Consumo [%] e Entregas anuais à rede [GWh] [10].

Os serviços energéticos são uma actividade regulada pela ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos). Esta entidade é responsável pela regulação dos sectores da electricidade e do gás natural, e tem como objectivo zelar pelos interesses dos consumidores bem como estimular uma utilização mais eficiente da energia.

De forma a melhorar a eficiência energética têm sido aprovados regulamentos, que pretendem um maior controlo da circulação de energia reactiva na rede eléctrica nacional, impondo maiores penalizações, de forma a atingir este objectivo.

Torna-se assim necessário adaptar a compensação da energia reactiva na rede de distribuição, de forma a diminuir as perdas resultantes da alteração da injeção desta, por parte dos PRE, e da não compensação feita pelos clientes, bem como evitar que sejam ultrapassados os limites de trânsito de energia reactiva, que se traduz em fortes penalizações.

Enquanto se mantiverem as tarifas subsidiadas para os PRE, é espectável que esta percentagem suba, complementado com a introdução generalizada de PRE na rede BT, que terá grande desenvolvimento durante esta década.

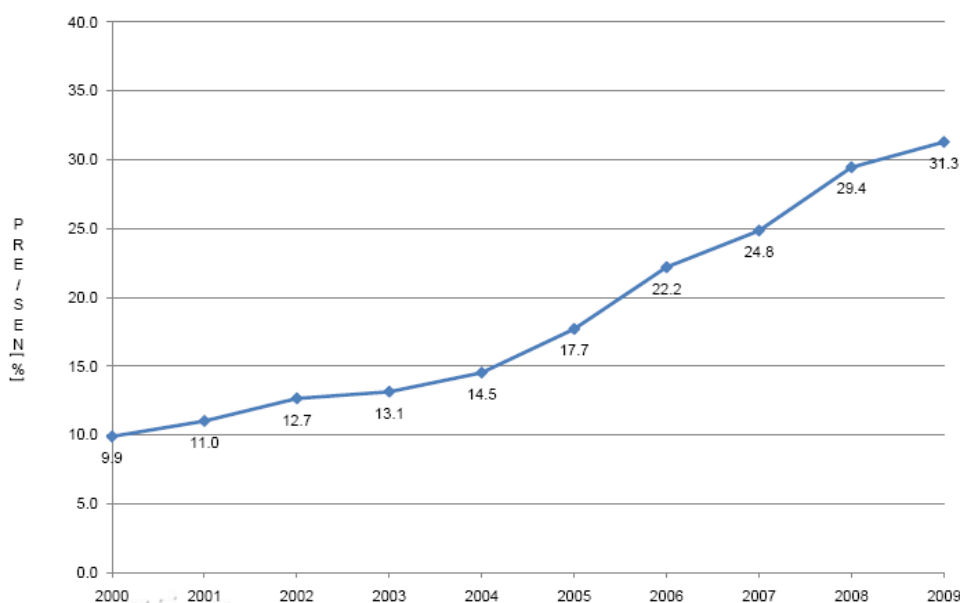


Figura 1.2 - Peso da PRE na Potência Instalada do Sistema Eléctrico Nacional [%] [10]

1.2 - Motivação

O consumo de energia a nível mundial tem vindo a aumentar, assim como a dependência energética em Portugal continental. O crescente aumento da procura de energia eléctrica aliado à escassez de recursos fósseis e à dificuldade, cada vez maior, de obter energia tem provocado o aumento do seu preço.

Como forma de obter mais energia e encontrar alternativas energias não renováveis, tem-se vindo a assistir a um aumento, quer da potência instalada quer da energia produzida, por parte das energias renováveis. Em Portugal, cerca de um quinto da potência consumida é de origem renovável. Esta realidade tem vindo a criar desafios cada vez maiores ao ORD no que diz respeito à gestão da rede. Grande parte dos PRE tem uma produção bastante variável e estão ligados na rede de AT e de MT, sendo o ORD (Operador da Rede de Distribuição) obrigado a absorver toda a potência produzida pelos PRE. As subestações da EDP Distribuição - Energia, SA estão ligadas à rede de transporte da qual obtêm a energia, juntamente com a energia obtida dos PRE, para alimentar as cargas. Em determinadas regiões do país a energia produzida pelos PRE é superior à energia consumida pelas cargas, pelo que o ORD tem de veicular esse excesso de energia na rede de transporte.

Com a entrada em vigor do novo regulamento da rede de distribuição e do despacho n.º 12605/2010 da ERSE são introduzidos novos escalões de facturação, assim como alterações nos valores de energia reactiva que os produtores terão de injectar na rede, nomeadamente os PRE. Torna-se assim necessário um controlo mais apertado do consumo de reactiva, pelo

que é necessário alterar horários das BC (Baterias de Condensadores) nas subestações da EDP Distribuição - Energia, SA, estabelecer programas de investimento para novas BC em subestações ou até promover um plano de rotação de baterias de condensadores entre zonas que têm excesso de capacidade de produção com outras zonas deficitárias [8][20].

O incumprimento dos novos limites vem agravar a facturação a que o ORD tem estado sujeito, uma vez que os limites são ainda mais reduzidos, quer no que refere aos intervalos da $\text{tg } \varphi$, que passa de 0,4 para 0,3, 0,4 e 0,5, quer no que refere ao período de integração, que passa de mensal para diário. Surge assim a necessidade de criar uma ferramenta que permita auxiliar nos estudos de rede de forma a reduzir o tempo de análise da mesma [20].

1.3 - Objectivos

Este trabalho surgiu com o objectivo de criar uma ferramenta simples e rápida de cálculo dos horários das BC e que ao mesmo tempo permita uma análise do comportamento da rede ao longo de um determinado período, promovendo a possibilidade de simulação de cenários alternativos. Dada a complexidade da rede de distribuição essa análise foi ganhando um número considerável de variáveis, tais como a existência de PRE nas redes AT e MT, a existência de escalões diferenciados de facturação e alteração do período de integração. Pretende-se minimizar a facturação da energia reactiva nos pontos injectores da REN, devido à circulação de energia reactiva da rede de distribuição para a rede de transporte, não comprometendo a qualidade de serviço da rede de distribuição.

Por outro lado, este trabalho pretende avaliar qual o impacto da entrada em vigor do novo regulamento das redes de transporte e das redes de distribuição e das novas regras de facturação da energia reactiva, na rede de distribuição e quais as medidas que devem ser tomadas.

Assim, os principais objectivos desta Dissertação são:

- Definição de horários das baterias de condensadores em subestações da EDP Distribuição - Energia, SA - Compensação local.
- Adequação desses estudos ao novo tarifário que prevê substanciais alterações (Despacho 7253/2010 de 26 de Abril).
- Facturação diária considerando três escalões de taxaço para a $\text{tg } \varphi$.
- Agregação da informação de potência activa e reactiva das linhas de interligação com a REN para diferentes cenários (situação actual e situação futura, dependendo de uma eventual alteração de horários de baterias de condensadores, instalação de novas baterias ou até alteração protocolar da componente de injeção de reactiva a que alguns PRE estão obrigados).

1.4 - Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é constituída por cinco capítulos, sendo que a descrição de cada um é apresentada de seguida.

O capítulo 1 é de natureza introdutória, onde se descreve a motivação que deu origem a este trabalho assim como os objectivos a que se propõem alcançar no desenvolvimento desta dissertação.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura relacionada com a nova regulamentação que está a ser implementada e os desafios provocados no controlo da rede eléctrica, derivados dessa alteração assim como as considerações que devem ser tomadas para o desenvolvimento desta dissertação.

No capítulo 3 é apresentado a metodologia desenvolvida no âmbito deste trabalho de dissertação. É apresentado o funcionamento do algoritmo desenvolvido, assim como as considerações que devem ser tidas em conta.

No capítulo 4 são analisados os resultados obtidos através da aplicação desenvolvida, para definição dos horários das baterias de condensadores, para os diferentes casos testados. É também analisado a capacidade da ferramenta desenvolvida em estudar cenários futuros, relativamente à alteração da energia reactiva injectada por parte dos PRE.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido, assim como é feita referência a como este trabalho pode ser futuramente desenvolvido.

Capítulo 2

Estado da Arte

Neste capítulo será apresentada a nova regulamentação que está a ser implementada, bem como as alterações que esta irá provocar na gestão das redes de distribuição. São também apresentados os períodos tarifários aplicados ao ORD, bem como os respectivos preços para efeito de facturação de energia reactiva.

Descrevem-se os desafios existentes na definição dos horários das BC, são descritas as funções de controlo horário que podem ser implementadas, assim como os cuidados a ter na manobra das BC.

Por fim, é efectuada uma análise entre as perdas na rede e a compensação da energia reactiva.

2.1 - Regulamentação

Os novos regulamentos (Regulamento da Rede de Distribuição e Despacho n.º7253/2010 da ERSE) traduzem-se em novas regras para a facturação de energia reactiva, introduzindo alterações nos limites no consumo de energia reactiva, dividido por diferentes escalões e diferentes penalizações. Estes regulamentos conduzem a regras para a injeção de energia reactiva por parte dos produtores, quer nos valores a ser injectados, quer no período pelo qual será analisada a potência activa e reactiva injectada, sendo aplicadas penalizações em caso de violação dos limites impostos.

A energia reactiva é objecto de facturação nas entregas dos operadores de rede de distribuição a clientes em MAT, AT, MT e BTE, bem como nas entregas do operador da rede de transporte ao operador da rede de distribuição [8].

Neste trabalho serão focadas essencialmente as alterações que terão impacto, directo ou indirecto, sobre o operador da rede de distribuição.

De seguida são abordados as alterações introduzidas pelos novos regulamentos.

2.1.1 - Aplicação do Despacho n.º7253/2010 da ERSE

Antes da aplicação do Despacho n.º7253/2010, a facturação da energia reactiva, para entregas do operador da rede de transporte ao operador da rede de distribuição em Portugal Continental, era feita mensalmente. Para horas de vazio e de super vazio, toda a energia reactiva injectada na rede de transporte era facturada pelo operador da rede de transporte.

Para as horas de ponta e de cheia existiam duas situações:

- Caso estivesse a ser consumida energia activa pela rede de distribuição e a energia reactiva ultrapassasse 40% da energia activa ($\text{tg}\varphi \geq 0,4$), era incrementado o valor da energia reactiva a ser facturado, com o valor dessa diferença, caso contrário era decrementado o valor da energia reactiva a ser facturado.
- Caso estivesse a ser injectada energia activa na rede de transporte, era necessário que a energia reactiva injectada fosse superior a 40% da energia activa ($\text{tg}\varphi \geq 0,4$), sendo decrementado o valor da energia reactiva a ser facturado, com o valor dessa diferença, caso contrário era incrementado o valor da energia reactiva a ser facturado.

O período de integração em vigor era mensal, sendo feito o balanço do consumo, e no caso de estes valores serem positivos era efectuada a facturação.

Esta realidade, não exigia um controlo do trânsito de reactiva muito rígido, permitindo que em alguns dias do mês os limites impostos fossem ultrapassados, podendo ser compensados nos dias seguintes. Deste modo assistia-se a um controlo pouco eficiente da energia reactiva.

Com a entrada em vigor do novo regulamento, em Janeiro de 2011 para entregas do ORT (Operador da Rede de Transporte) ao ORD em Portugal Continental, o período de integração passa a ser diário sendo espectável que o controlo do trânsito de energia reactiva venha a ser mais rigoroso de forma a evitar penalizações. Este factor aliado à alteração de um escalão de facturação para três escalões terá que se traduzir numa utilização mais eficiente das redes eléctricas, uma vez que isto exige uma compensação mais próxima das cargas, reduzindo assim a circulação de energia reactiva na rede eléctrica nacional. Caso contrário, o operador de rede sofrerá penalizações.

Os escalões existentes, para a facturação de energia reactiva, nas horas fora de vazio, correspondiam a $\text{tg}\varphi = 0,4$. O despacho n.º7253/2010 passa de um para três os escalões de facturação de energia reactiva, que são facturados com diferentes preços em função da $\text{tg}\varphi$ 0,3, 0,4 e 0,5 [19]. Estas alterações entrarão em vigor de forma faseada, sendo que em Janeiro de 2011 entrou em vigor o escalão para $\text{tg}\varphi \geq 0,5$, bem como a aplicação de factores

multiplicativos ao preço de referência. Estes factores multiplicativos são de um para $0,4 \leq \text{tg}\phi < 0,5$ e de 3 para $\text{tg}\phi \geq 0,5$. Em Janeiro de 2012 entrará em vigor o escalão para $\text{tg}\phi \geq 0,3$, assim como o período de integração diário para os clientes em MAT, AT e MT em Portugal Continental. Os factores multiplicativos serão de 0,33 para $0,3 \leq \text{tg}\phi < 0,4$, de 1 para $0,4 \leq \text{tg}\phi < 0,5$ e de 3 para $\text{tg}\phi \geq 0,5$ [11] [19] [20].

2.1.2 - Aplicação do Regulamento da Rede de Distribuição

Grande parte da produção dos PRE está ligada à rede de AT. O facto de estes produtores terem de injectar energia reactiva, que correspondia a pelo menos 40% da activa injectada, conduzia a alguns desafios ao operador de rede, isto porque, sendo estes PRE na sua maioria parques eólicos, têm uma grande variação de produção eléctrica, conduzindo a um transito de energia reactiva muito variável, o que dificulta a compensação da energia reactiva na rede de distribuição.

O Regulamento da Rede de Distribuição constitui um grande desafio para os PRE, no que diz respeito ao controlo da potência reactiva que estes devem fazer-se acompanhar com a injeção de potência activa para a rede de distribuição.

O novo Regulamento impõe que os produtores em regime especial, nas horas de vazio e nas horas de super vazio, quando estiverem a fornecer energia activa não podem injectar energia reactiva. Quanto às horas de cheia e horas de ponta apenas os produtores interligados à rede MT com potências de ligação igual ou inferior a 6MW terão de fazer acompanhar o fornecimento de energia activa com energia reactiva no valor de 30% da energia activa injectada. Os restantes produtores, ligados à rede de AT e MT, terão de ter uma $\text{tg}\phi = 0$ quando estiverem a injectar energia activa. Quando os produtores estão a consumir energia activa não serão obrigados a cumprir os limites mencionados anteriormente, sendo contabilizados como um consumidor [8].

Na tabela 2.1 apresenta-se um quadro resumo com as alterações efectuadas.

Tabela 2.1 - Quantidade de energia reactiva que os PRE devem fazer-se acompanhar com o fornecimento de energia activa [8]

Tensão nominal no ponto de ligação	tg Φ	
	Horas CP	Horas VS
AT.....	0	0
MT (P > 6 MW).....	0	0
MT (P ≤ 6 MW).....	0,3	0
BT.....	0	0

Estes valores serão analisados em intervalos de 60 minutos com uma tolerância de $\pm 5\%$. Caso se verifique um desvio de produção de energia reactiva, contabilizada em módulo, para o intervalo de sessenta minutos, este será pago ao ORD pelos produtores aos preços fixados no tarifário de energia reactiva para o nível de tensão no ponto da interligação [8].

Os PRE ligados à rede AT podem estar ligados às subestações da EDP Distribuição - Energia, SA ou ligados directamente aos painéis AT das subestações da REN, sendo todos eles agregados com o consumo do operador da rede de distribuição, salvo algumas excepções devido a contratos entre o ORT e o produtor. Esta realidade traz desvantagens para o operador da rede de distribuição, uma vez que poderá fazer com que este seja alvo de facturação de energia reactiva, por parte do operador da rede de transporte, mesmo que este tenha as suas subestações bem compensadas.

Tome-se por exemplo um ponto injectador da REN o qual está ligado a uma subestação da rede de distribuição em AT e a um parque eólico também ligado à AT, representado na figura 2.1. O que acontece é que no caso de a energia activa produzida pelo parque eólico ser próxima da energia activa consumida na subestação, mesmo que a $\text{tg } \varphi$ na subestação seja baixa, ao nível do ponto injectador traduzir-se-á numa $\text{tg } \varphi$ total elevada, pelo que será alvo de facturação. Este problema é difícil de contornar uma vez que tratando-se de parques eólicos, a potência injectada é muito variável, pelo que sendo as BC, na rede de distribuição de controlo horário, é impossível colmatar esta realidade.

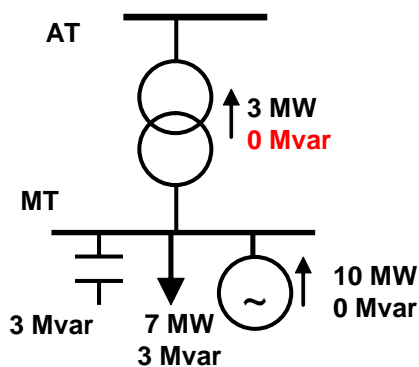


Figura 2.1 - Trânsito de energia activa e reactiva de um ponto injectador com uma produção igual ao consumo

2.2 - Períodos Tarifários e Preços Praticados

Existem vários períodos horários de entrega de energia eléctrica com ciclos semanais e ciclos diários.

O ciclo que é aplicado ao operador da rede de distribuição é o ciclo semanal, para Portugal Continental. Estes ciclos têm dois períodos, o período de Verão e o período de Inverno. No entanto, para a facturação da energia reactiva os horários apenas diferem para os sábados, uma vez que as horas de cheia e de ponta são agrupados em horas CP (cheia e Ponta), aqui tratadas por HFV (horas Fora de Vazio), e as horas de vazio e de super vazio agrupadas em horas VS, aqui tratadas por HV (Horas de Vazio) [8]

Para os clientes em MT com ciclo semanal e quatro períodos horários, bem como para os clientes em AT e em MAT com ciclo semanal, consideram-se os feriados nacionais como períodos tarifários idênticos ao Domingo [14].

A tabela 2.2 apresenta o ciclo semanal para entregas do operador da rede de transporte ao operador da rede de distribuição em Portugal Continental, para os diferentes dias da semana

Os preços da energia, aplicados em 2010 e em 2009, estão apresentados nas tabelas 2.3 e 2.4, respectivamente.

Tabela 2.2 - Ciclo semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental [17]

Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda-feira a sexta-feira		De segunda-feira a sexta-feira	
Ponta:	09.30/12.00 h 18.30/21.00 h	Ponta:	09.15/12.15 h
Cheias:	07.00/09.30 h 12.00/18.30 h 21.00/24.00 h	Cheias:	07.00/09.15 h 12.15/24.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Sábado		Sábado	
Cheias:	09.30/13.00 h 18.30/22.00 h	Cheias:	09.00/14.00 h 20.00/22.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.30 h 13.00/18.30 h 22.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.00 h 14.00/20.00 h 22.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Domingo		Domingo	
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h

Tabela 2.3 - Preços da tarifa de Uso da Rede de Transporte em MAT a aplicar às entregas do operador da rede de transporte ao operador de rede de distribuição em MT e AT para o ano de 2010 [14]

USO DA REDE DE TRANSPORTE EM MAT		PREÇOS
Potência (EUR/kW.mês)		
	Horas de ponta	1,471
	Contratada	0,163
Energia activa (EUR/kWh)		
Periodos I, IV	Horas de ponta	0,0008
	Horas chelas	0,0008
	Horas de vazio normal	0,0005
	Horas de super vazio	0,0005
Periodos II, III	Horas de ponta	0,0007
	Horas chelas	0,0008
	Horas de super vazio	0,0005
Energia reactiva (EUR/kvarh)		
	Fornecida	0,0168
	Recebida	0,0124

Tabela 2.4 - Preços da tarifa de Uso da Rede de Transporte em MAT a aplicar às entregas do operador da rede de transporte ao operador de rede de distribuição em MT e AT para o ano de 2009 [15]

TARIFA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM MAT		PREÇOS	
Termo tarifário fixo		(EUR/mês)	(EUR/dia)*
		73,88	2,4226
Potência		(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia)*
	Horas de ponta	4,384	0,1436
	Contratada	0,548	0,0179
Energia activa		(EUR/kWh)	
Periodos I, IV	Horas de ponta	0,0781	
	Horas chelas	0,0691	
	Horas de vazio normal	0,0382	
	Horas de super vazio	0,0366	
Periodos II, III	Horas de ponta	0,0786	
	Horas chelas	0,0616	
	Horas de super vazio	0,0379	
Energia reactiva		(EUR/kvarh)	
	Fornecida	0,0161	
	Recebida	0,0120	

2.3 - Problemas Existentes

Um dos problemas existentes prende-se com o facto de alguns dos escalões das BC existentes poderem estar desajustados face ao trânsito de energia reactiva verificado para o ponto onde a BC se encontra ligada. O mesmo sucede com a instalação de novos escalões uma vez que estes têm valores pré-definidos.

Um outro problema é o facto de o tipo de automatismo usado na gestão das BC ser de controlo horário, não permitindo um ajuste preciso no trânsito de energia reactiva, isto porque é necessário avaliar dados passados, para definir qual será o valor de energia reactiva a injectar pela BC. Esta realidade, em subestações nas quais estão ligados PRE, em particular parques eólicos, que têm uma maior irregularidade da potência injectada, pode provocar uma injeção de energia reactiva totalmente desajustada por parte da BC. Desta forma não é possível uma gestão eficiente da rede de distribuição, como seria pretendido.

Com a entrada em vigor do novo regulamento da rede de distribuição, que impõe novos valores de injeção de energia reactiva quando os PRE estiverem a fornecer energia activa, é

esta realidade atenuada melhorando a eficiência da rede, já que o consumo de reactiva nas subestações AT/MT, da rede de distribuição passam a ter diagramas de cargas mais lineares. Na figura 2.2 pode-se avaliar um diagrama diário típico de uma subestação da rede de distribuição AT/MT constituído essencialmente por cargas. Na figura 2.3 é ilustrada podemos ver o diagrama diário para um ponto injector ao qual estão ligados PRE cuja energia activa produzida é claramente superior a energia activa consumida.

Isto demonstra o que poderá acontecer quando a um ponto injector estão ligadas simultaneamente subestações cujo comportamento é o de uma carga tipo, e PRE cuja potência produzida é muito variável (Figura 2.4).

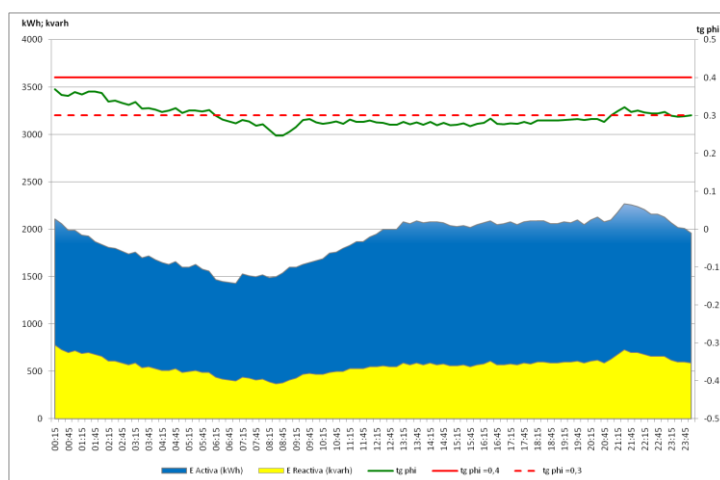


Figura 2.2 - Diagrama de cargas típico para um ponto injector constituído apenas por consumos

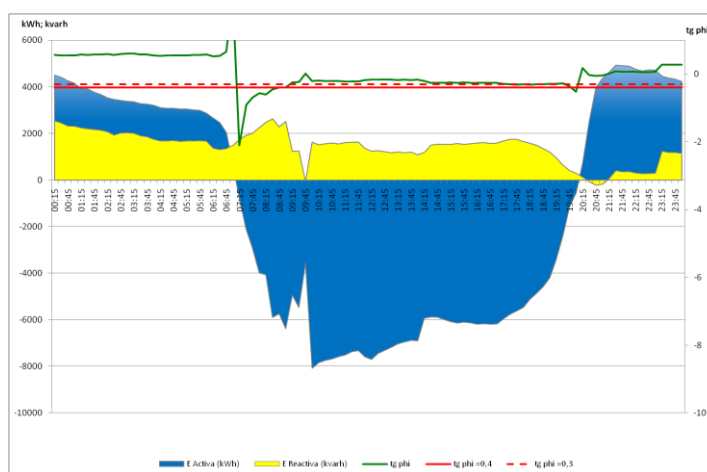


Figura 2.3 - Diagrama de cargas para um ponto injector constituído por PRE com produções pouco variáveis ao longo do dia e cargas.

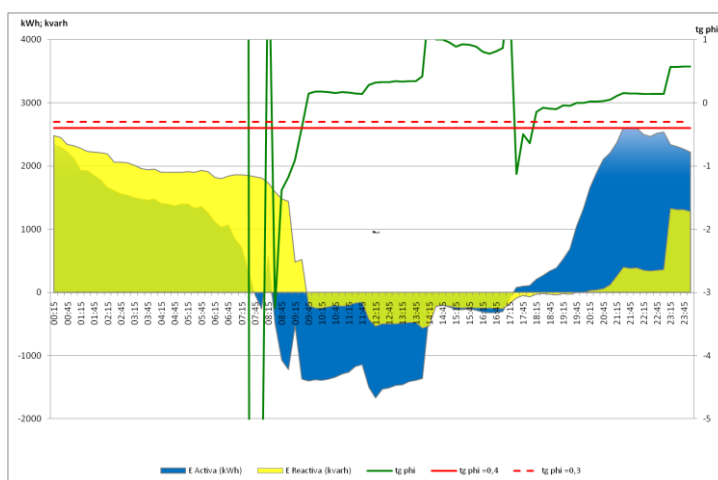


Figura 2.4 - Diagrama de carga para um ponto injector constituído por PRE com grande variação de produção ao longo de um dia e cargas.

A principal preocupação do operador da rede de distribuição, em termos de trânsito de energia reactiva, garantir que os trânsitos de energia activa e reactiva cumprem as normas vigentes de modo a não serem facturados no que respeita ao balanço energético por ponto injector da REN. Esta razão deve-se aos custos associados ao não cumprimento dos limites do trânsito de energia reactiva, impostos pela ERSE, superarem a redução de custos devido à diminuição das perdas na rede eléctrica. Pelo que por vezes se justifica a sobre compensação da energia reactiva numa determinada subestação, de forma a anular o excesso de consumo noutra ponto da rede.

Devido à alteração das regras de injeção de reactiva por parte dos PRE, torna-se mais difícil definir o horário a ser implementado, isto porque, será necessário desagregar a informação existente em PRE e cargas, de forma a ajustar a produção de reactiva ao novo regulamento, para assim ser possível analisar a situação futura, de forma a proceder aos ajustes necessários.

O facto do período das HFV aos sábados ser diferente para período de Verão e período de Inverno dificulta a definição dos horários das BC, uma vez que embora nas HFV se possa injectar energia reactiva na rede, na HV isso não é possível, pelo que é necessário restringir as HFV a um horário em que temos simultaneamente HFV quer no período de Verão, quer no período de Inverno. Esta situação não se verifica no caso de se pretender definir o horário apenas para uma semana ou um mês, desde que o tempo a analisar não englobe um período de Verão e de Inverno podendo ser implicar a definição de dois horários distintos: Verão e Inverno.

Alguns dos PRE têm um período tarifário diferente do contabilizado para o ORD, ou seja, enquanto para o ORD é aplicado um período tarifário relativo ao ciclo semanal, para alguns dos PRE é aplicado o ciclo diário, não sendo diferenciados os dias de úteis dos domingos, sábados ou feriados. Isto traduz-se numa maior dificuldade no controlo do trânsito de energia reactiva, por parte do ORD. A diferença dos ciclos horários pode ser observado com a

comparação da tabela 2.4 e a tabela 2.5. Como aos domingos os produtores poderão estar a injectar energia reactiva na rede, esta pode ser superior às necessidades das cargas pelo que será injectada na rede de transporte esse excesso de energia reactiva, traduzindo-se assim em penalizações para o ORD. No futuro os PRE passam todos para o ciclo semanal à semelhança do ORD.

Tabela 2.5 - Ciclo diário para todos os fornecimentos em Portugal Continental [17]

Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
Ponta:	09.30/11.30 h 19.00/21.00 h	Ponta:	10.30/12.30 h 20.00/22.00 h
Cheias:	08.00/09.30 h 11.30/19.00 h 21.00/22.00 h	Cheias:	09.00/10.30 h 12.30/20.00 h 22.00/23.00 h
Vazio normal:	22.00/02.00 h 06.00/08.00 h	Vazio normal:	23.00/02.00 h 06.00/09.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h

2.4 - Horários das Baterias de Condensadores

O facto de os períodos de tarifação para os sábados serem diferentes no período legal de Inverno e de Verão resulta em algumas complicações na definição nos horários das baterias de condensadores.

Existem vários tipos de automatismos para o controlo das BC, sendo que os usados pela EDP Distribuição - Energia, SA são automatismos de controlo do tipo horário, apresentados na tabela 2.6 [18].

Para os automatismos do tipo horário é definido um determinado horário que poderá ser semanal ou diário, e que será seguido até nova alteração. Estes automatismos têm um inconveniente que se prende com o facto de não diferenciarem os períodos de Verão dos períodos de Inverno, sendo necessário, caso se pretenda ajustar o automatismo ao novo período horário, definir um novo horário para o funcionamento da BC.

Tabela 2.6 - Modos de funcionamento de um automatismo de controlo horário [18]

Modo de funcionamento	Programas
1	Sem programa
2	Dia de semana
3	Dia de semana + sábado
4	Dia de semana + domingo
5	Dia de semana + sábado + domingo
6	Sábado
7	Sábado + domingo
8	Domingo

No passado foi utilizado um automatismo varimétrico que media o valor do trânsito de potência reactiva e se o valor de potência reactiva ultrapassasse um determinado valor num intervalo pré determinado a BC ligava ou desligava, dependendo de se ultrapassa o limite superior ou inferior. Este tipo de automatismos permite uma compensação eficaz dos trânsitos de energia reactiva, no entanto implica um elevado numero de manobras do disjuntor ao longo do dia. Este facto provoca um maior desgaste dos equipamentos, traduzindo-se em custos acrescidos de manutenção e substituição de equipamentos. Deste modo o ORD optou por utilizar apenas automatismos com funções horárias.

Como os feriados são considerados como Domingos em termos de facturação, é necessário serem introduzidos nos automatismos das BC os feriados de cada ano, para que seja aplicado o horário de funcionamento correcto para a BC.

2.5 - Cuidados a Ter na Manobra de Baterias de Condensadores

Cada escalão de BC está sujeito a uma sequência de programas diários, que será repetida semanalmente, conforme indicado na tabela 2.7. Poderão ser implementados até dois períodos horários diários.

Tabela 2.7 - Programas diários para um escalão de bateria de condensadores [18]

Programa	1º período do dia		2º período do dia	
	Ligar	Desligar	Ligar	Desligar
Dia de semana	HH:MM	HH:MM	HH:MM	HH:MM
Sábado	HH:MM	HH:MM	HH:MM	HH:MM
Domingo	HH:MM	HH:MM	HH:MM	HH:MM

Para executar as funções do automatismo é necessário ter em atenção as gamas de regulação dos automatismos assim como o tempo de descarga da BC, sendo que este já está definido. Na tabela 2.8 apresentam-se os parâmetros da função “comando horário da bateria de condensadores”. Deste modo, quando se definir um horário de funcionamento da bateria de condensadores tem de se ter em atenção os parâmetros da tabela 2.8. O período em que a BC liga e desliga deve estar compreendido entre as 00:00 e as 23:59, para cada dia. Tem ainda de se ter em atenção o tempo entre manobras que não poderá ser inferior a 30 minutos.

Estas restrições requerem alguns cuidados, isto porque não permite definir um horário em que a BC estaria sempre ligada durante os dias de semana e desligada aos sábados e domingos, sendo necessário tomar algumas medidas. É necessário que para cada dia a BC esteja desligada pelo menos meia hora de forma a garantir que esta não esteja ligada

durante sábados e domingos. Uma solução possível seria ligar às 1:00 e desligar às 23:59, para os dias de semana. Deste modo todas as restrições seriam respeitadas [18].

Tabela 2.8 - Parâmetros da função “comando horário da bateria de condensadores” [18]

Designação	Gama de regulação (HH.MM)	Precisão
Ordem ligar/desligar	00.00 – 23.59	1 min
Tempo descarga	00.00 – 00.15	1 min
Tolerância de manobra	00.00 – 00.30	1 min

2.6 - Compensação versus Perdas na Rede

Cada vez mais se procura melhorar a eficiência da rede eléctrica pelo que têm vindo a ser impostas normas cada vez mais exigentes no controlo do trânsito da energia reactiva, de forma a limitar o trânsito desta. Reduzindo esta componente, são reduzidas as perdas nas linhas, para a mesma quantidade de energia activa transportada. Para garantir cumprimento deste objectivo, são feitas penalizações quer aos consumidores quer ao ORD, caso estes violem os limites impostos, garantindo assim uma melhor compensação da energia reactiva.

Para o operador da rede de distribuição importa fazer um balanço entre os custos do investimento na colocação de baterias de condensadores ou alteração do local onde está situada a BC e a redução de custos obtida da compensação da energia reactiva assim como na redução de perdas na rede de distribuição. Uma correcta compensação da energia reactiva, em geral, traduz-se numa maior redução de perdas, desde que esta compensação seja feita nas subestações mais próximas dos pontos de consumo [1-5].

A compensação da energia reactiva na rede de distribuição é feita por escalões, sendo que no geral o valor de cada escalão corresponde a 100% ou a 50% da potência total da BC. Em termos de redução de perdas interessa compensar a energia reactiva de forma que a energia reactiva injectada na rede não ultrapasse 50% do valor do escalão. Isto porque a partir desse valor a energia reactiva injectada ultrapassa o valor consumido aumentando assim as perdas na rede. Nas HV esta situação não se aplica, isto porque, não é permitido injectar potência reactiva na rede de transporte, já que isto se traduz em penalizações por parte do ORD. Outro aspecto prende-se com o facto de a injeção de reactiva nas HV poder provocar uma maior dificuldade no controlo da tensão e reduzindo a qualidade de serviço [6-8].

Capítulo 3

Algoritmo Desenvolvido

Neste capítulo será apresentado o algoritmo desenvolvido e as possibilidades que o programa permite analisar, assim como o software escolhido.

É também apresentado o funcionamento do algoritmo em termos gerais, sendo posteriormente analisado o funcionamento de cada uma das funções, sendo descritos os passos necessários para o carregamento dos ficheiros assim como as considerações que devem ser tomadas.

3.1 - Introdução

O algoritmo desenvolvido tem quatro valias muito importantes:

- Determina o horário das BC que minimiza a facturação de energia reactiva por ponto injector permitindo fazer igualmente análises locais ao nível de subestação;
- Analisar a instalação de novas BC e determinar o seu impacto;
- Simular a rotação de baterias (entre zonas sobredimensionadas e subdimensionadas);
- Simular a variação de injeção de energia reactiva por parte dos PRE($\text{tg } \varphi=0$) ligados directamente aos barramentos REN, ou PRE ligados de outra forma, tendo em conta as novas regras de facturação

A ferramenta desenvolvida consegue utilizar e agregar informação proveniente do SCADA e da Telecontagem, de forma a permitir analisar diferentes cenários de trânsito de energia reactiva.

No desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados dados confidenciais da EDP Distribuição - Energia, SA.

A preferência pela aplicação, Microsoft Office Excel 2007, bem como a programação em VBA (Visual Basic for Applications), deve-se essencialmente à simplicidade do seu funcionamento, permitindo obter gráficos com alguma facilidade. Como se trata de uma ferramenta muito utilizada em Engenharia, permite que qualquer utilizador a utilize sem qualquer formação específica. Este factor é importante, porque por vezes são criadas ferramentas para facilitar o trabalho do utilizador, mas devido à sua complexidade, à dificuldade de interligação com outros softwares ou ao desconhecimento do software utilizado, estes acabam por ser excluídos e a sua utilização abandonada [16].

O programa necessita da realização de alguns passos intermédios, por parte do utilizador, tendo isto sido realizado propositadamente de forma a possibilitar a análise de diversas situações.

3.2 - Formulação do Problema

Para a análise da rede de distribuição são usados dados de telecontagem de diversos pontos da rede, nomeadamente das subestações AT/MT da EDP Distribuição - Energia, SA, das subestações MAT/AT da REN e dos PRE ligados à rede AT e ligados à rede MT. Os dados são armazenados com intervalos de 15 minutos, sendo todos eles de acesso restrito. Por norma, os dados são armazenados mensalmente, desde o dia 15 de um determinado mês até ao dia 14 do mês seguinte. No entanto, caso se pretenda dados mais recentes ou para um período específico, estes também podem ser obtidos através de pedido do utilizador.

No passado a rede eléctrica nacional era composta por várias empresas, pelo que cada uma delas tinha modos diferentes de operar a rede, utilizando diferentes equipamentos para o fornecimento da energia aos consumidores. Actualmente a EDP Distribuição - Energia, SA detém quase toda a rede de distribuição nacional. Com o passar dos anos, o que tem sido feito pela EDP Distribuição - Energia, SA, é a uniformização de todo o sistema. As diferenças colocaram alguns desafios na realização deste trabalho. Um desses desafios foi garantir que o programa conseguia ler correctamente os ficheiros existentes, a partir dos quais se obtêm a informação, uma vez que estes tinham diferentes formatações. Tornou-se assim necessário estudar as diversas possibilidades existentes.

Nos ficheiros utilizados, foi também verificado que existiam algumas falhas, como a repetição de parte da informação em diferentes ficheiros e a existência de períodos em que não eram registados os valores do trânsito de potência. Estas falhas de informação correspondem a períodos em que o total da potência activa e/ou potência reactiva se encontra a zero, devido a falhas no armazenamento da informação ou algum equipamento que se encontre fora de serviço.

3.3 - Funcionamento do Algoritmo

O algoritmo permite analisar o trânsito de energia, quer por ponto injectador da REN, quer por subestação da EDP Distribuição - Energia, SA podendo ser analisado um período que pode variar entre um dia e um ano. Para uma análise a nível de ponto injectador da REN, podem ser utilizados dados da telecontagem das subestações da EDP Distribuição - Energia, SA e dados retirados nos PRE, ou apenas dados obtidos nos painéis de saída das subestações da REN. Para uma análise a nível de subestações da EDP Distribuição - Energia, SA, podem ser utilizados dados apenas dessa subestação e os dados dos PRE interligados a essa subestação.

O ficheiro Excel, que contém o programa é constituído por 12 folhas de cálculo. Na primeira folha “Definicoes” são colocadas as definições básicas, assim como informação dos escalões das BC que se pretende analisar, e os diversos cenários de interligação de barramentos.

A segunda folha “Comandos” contém todos os comandos que podem ser efectuados no programa. Na terceira folha “Dados_TC” aparecem os dados importados da telecontagem, separados por transformador/painel de saída, organizados por data e sincronizados no tempo.

Existem seis folhas de cálculo, separadas por três cenários, nas quais aparecem a facturação correspondente, assim como o trânsito de potências verificados separadas por períodos. Os três cenários correspondem à situação actual (mantendo as BC e os horários actuais), a um cenário sem as BC e a um cenário com os horários definidos pelo algoritmo para as BC. O cenário sem BC permite ao utilizador analisar o trânsito de energia reactiva real. As folhas correspondentes são “Diagrama_C1”, “Analise_diaria_C1”, “Diagrama_C2”, “Analise_diaria_C2”, “Diagrama_C3” e “Analise_diaria_C3”.

A folha “Dados_Scada_BC” corresponde aos eventos das manobras dos disjuntores provenientes do scada. Por fim, aparecem as folhas “Importar_Dados_TC” e “Apagar”. A primeira corresponde ao local para onde são importados os dados dos ficheiros, em formato txt, que posteriormente são tratados e organizados na folha “Dados_TC”. Na segunda são impressos todos os cálculos efectuados, para posterior análise. As duas folhas não são de consulta, mas apenas de armazenamento da informação que será apresentada ao utilizador de forma organizada, nas folhas descritas anteriormente.

Seguidamente será apresentado o funcionamento geral do programa, sendo posteriormente analisadas cada uma das suas funcionalidades, assim como as considerações tidas em conta. Na figura 3.1 é apresentado o diagrama de funcionamento do algoritmo de forma genérica.

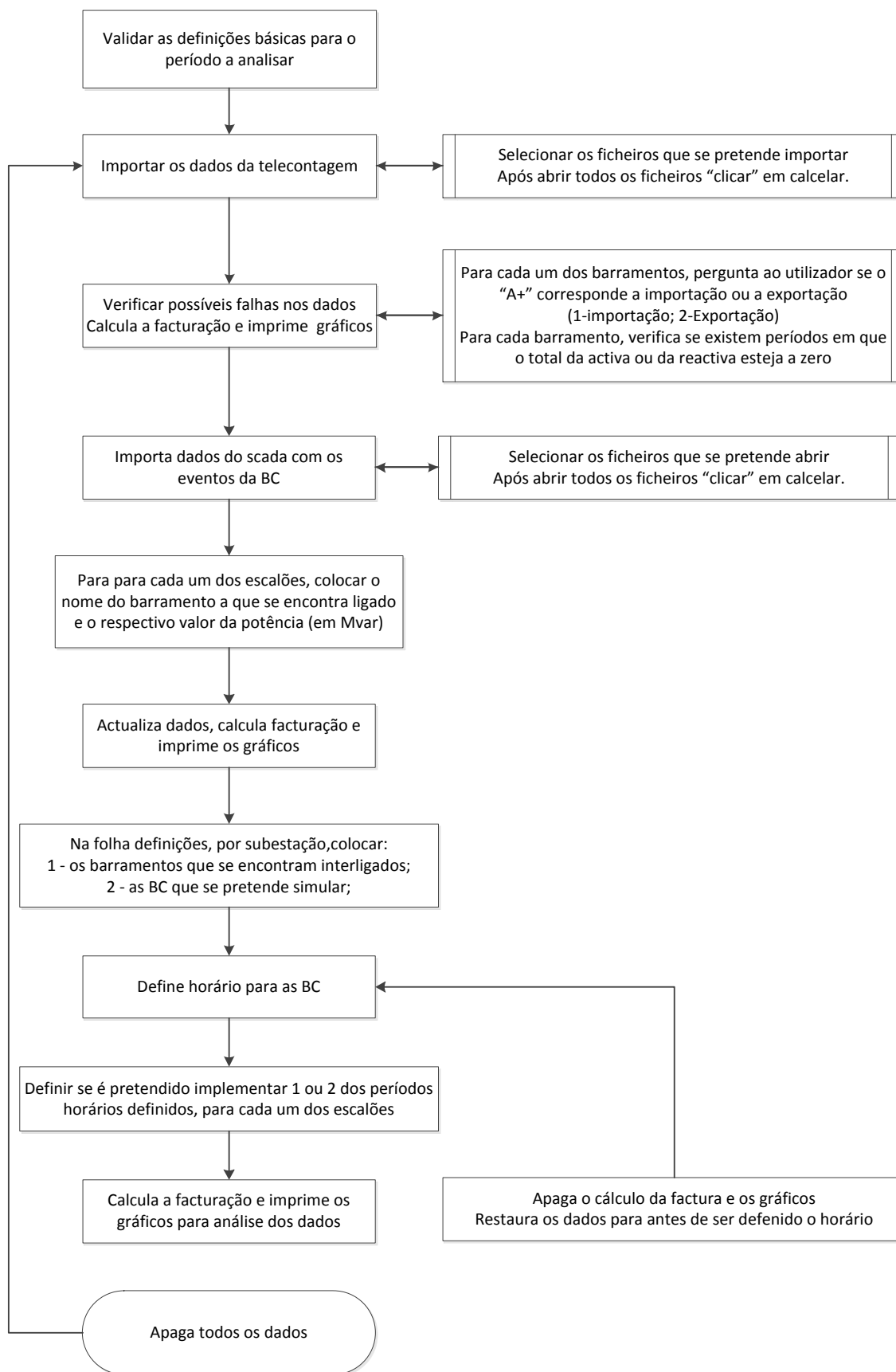


Figura 3.1 - Diagrama geral de funcionamento do algoritmo desenvolvido

3.3.1 - Validar as Definições Básicas para o Período a Analisar

É necessário verificar se as definições básicas estão correctas para o período que se pretende analisar, antes de iniciar o programa. Estas definições correspondem às variáveis que podem mudar de ano para ano. Deste modo, após serem validadas para o ano que será analisado, não será necessário efectuar qualquer alteração para a análise das diversas subestações, para o mesmo período.

As variáveis encontram-se na folha de cálculo “Definicoes”, sendo necessário validar, para o período que se pretende analisar:

- O preço da energia reactiva, fornecida e recebida, para o ano em questão e para o ano anterior;
- Os pesos para cada um dos escalões de facturação de energia reactiva;
- Os feriados existentes;
- O período legal de Verão e de Inverno (início e fim);
- A definição das horas de cheia e ponta para a semana e sábados;

3.3.2 - Importar Dados da Telecontagem

Para analisar o trânsito de potência são necessários os dados da telecontagem que são obtidos nas subestações da EDP Distribuição - Energia, SA, nas subestações da REN e nos PRE. Os dados são retirados com intervalos de 15 minutos, sendo guardados como potências ou energias. A informação, nas subestações da EDP Distribuição - Energia, SA, está agregada por transformador, no entanto esta pode aparecer num único ficheiro ou em ficheiros separados.

Após ser dada ordem de importar os dados, aparecerá uma janela através da qual se poderá importar os ficheiros com os dados que se pretende analisar. Os ficheiros estão em formato “.txt” sendo seleccionados um por um, tal como representado no fluxograma da figura 3.2.

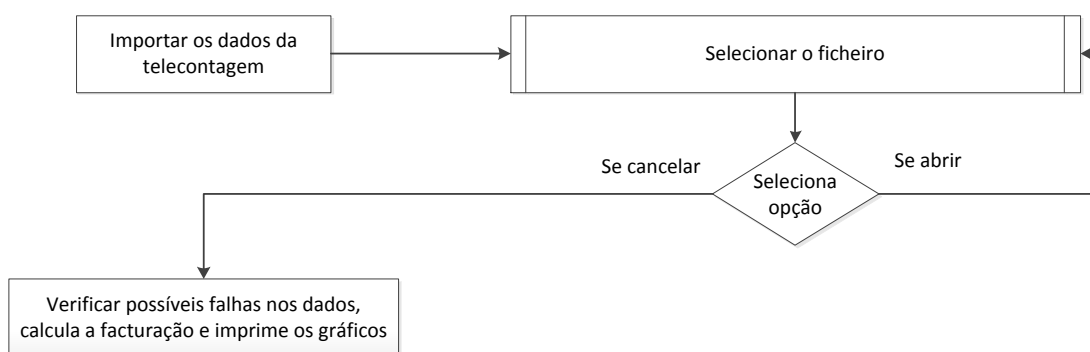


Figura 3.2 - Fluxograma para importação dos dados de telecontagem

A informação será organizada na folha “Dados_TC” de forma sincronizada, ou seja, o período a analisar para cada ponto corresponde exactamente aos mesmos dias e horas. Informação correspondente a períodos diferentes dos restantes é eliminada, assim como a informação repetida.

3.3.3 - Verificar Possíveis Falhas de Dados, Calcular Facturação e Imprimir Gráficos

A função tem como objectivo verificar possíveis falhas no armazenamento de dados, assim como conferir se a coluna do “A+” corresponde à injeção de potência ou a consumos (exportação e importação de energia, respectivamente), para cada um dos pontos de onde foram obtidos os dados. Por norma, o “A+” corresponde à energia activa que é consumida. No entanto existem ficheiros cujo “A+” corresponde à energia activa que é injectada na rede sendo que a energia reactiva que é consumida está representada na coluna correspondente ao “A-“. Deste modo é necessário identificar estas situações de forma a normalizar a apresentação dos dados. Na figura 3.3 é apresentado o diagrama de funcionamento desta função.

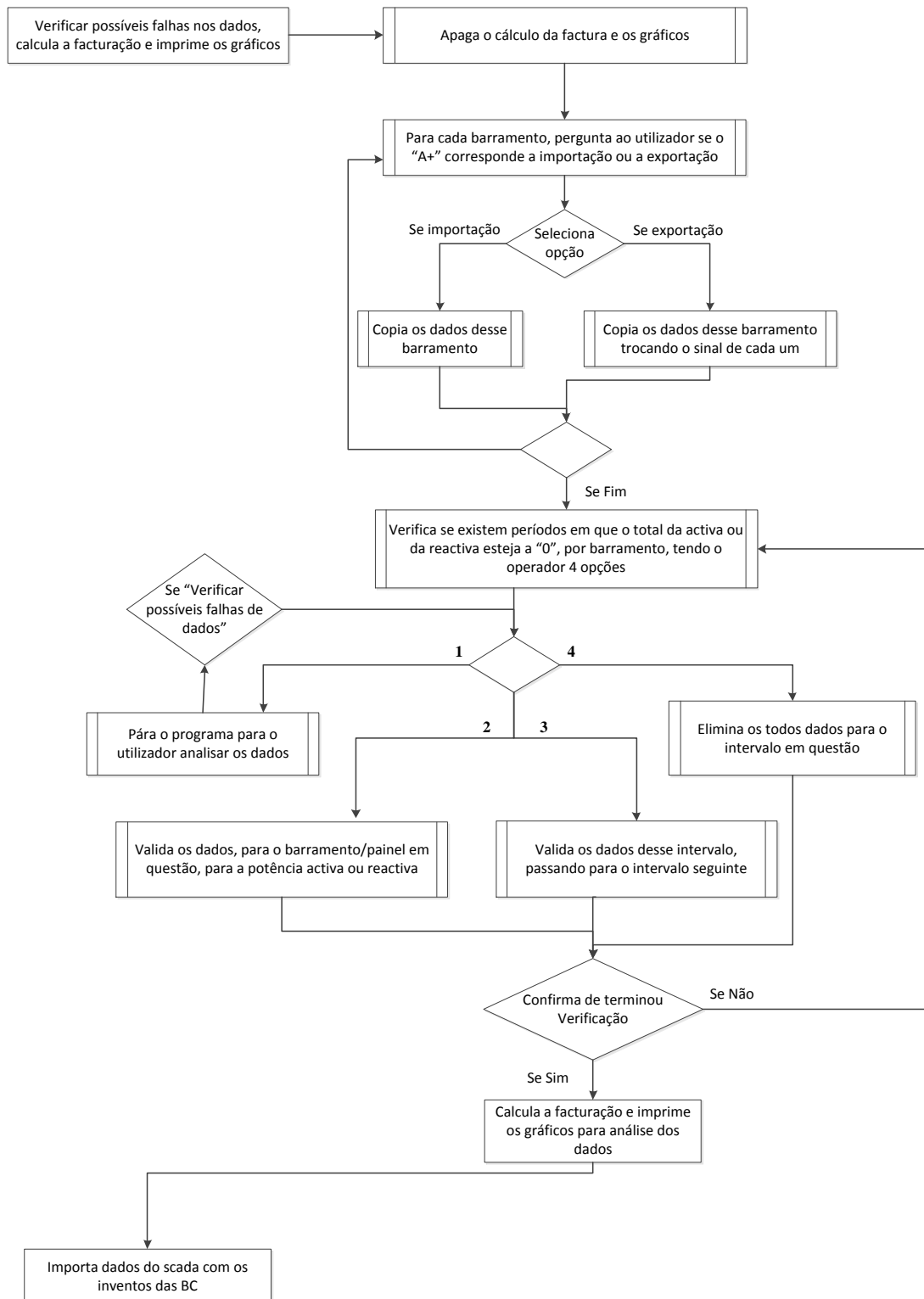


Figura 3.3 - Diagrama de funcionamento da função “Verificar possíveis falhas de dados, calcula a facturação e imprime gráficos”

Antes de verificar os dados, são apagados os gráficos assim como a facturação, que possam ter sido calculados anteriormente, garantindo assim em caso de alteração dos dados iniciais, que os dados calculados estão correctos. Deste modo é possível efectuar uma nova

análise, alterando a energia reactiva injectada pelos PRE ou alterando o período em análise, sem ser necessário apagar, quer os dados importados inicialmente, quer os restantes cenários analisados. A vantagem deste processo é evitar que os ficheiros tenham de ser importados várias vezes, pois esta é a função que demora mais tempo a ser executada (cerca de vinte vezes mais que qualquer uma das restantes).

A verificação da coluna do “A+” permite identificar situações em que os dados são armazenados de forma diferente dos restantes. Deste modo possibilita que numa subestação AT/MT do ORD à qual estão interligados PRE e cargas, não tendo os dados das cargas, estes possam ser obtidos através da diferença entre o trânsito de energia na subestação e no/nos PRE.

Para cada conjunto de dados é verificado se existem intervalos em que a potência activa ou reactiva é nula. Caso existam, pergunta-se ao utilizador o que pretende fazer, dando quatro hipóteses:

1. Parar o programa para o utilizador verificar os valores;
2. Validar os dados para todo o “barramento” em causa, para a energia activa ou reactiva;
3. Validar os dados apenas para o intervalo em questão;
4. Eliminar os dados para o intervalo em questão em todos os “barramentos”, garantindo assim que os dados ficam sincronizados;

Se o utilizador optar por verificar os dados, o programa pára nesse ponto. Após nova ordem para verificar possíveis falhas nos dados, o programa volta novamente ao ponto onde se encontrava anteriormente.

Em seguida, é calculada a facturação total para o período em análise, em termos de energia reactiva que é injectada nas HV e em termos de energia reactiva que ultrapasse os escalões impostos, para as HFV, sendo facturada de acordo com os preços de cada escalão. É possível também visualizar qual o comportamento do trânsito de energia total para o período analisado, apresentando-o em duas folhas de Excel. Numa das folhas o trânsito de energia está separado em vários gráficos, com o trânsito de energia para cada 15min, de forma a facilitar uma análise mais objectiva. Esta separação é feita por dias da semana, sábados e domingos, por HFV e HV. Noutra folha de cálculo, é analisado o trânsito de energia activa e reactiva em termos diários, separado em HFV e HV.

Isto possibilita verificar quais os dias em que a energia reactiva não está dentro dos limites comparando os dados em termos de valor absoluto e em termos de $\text{tg}\phi$.

O programa permite a análise de vários cenários de injeção de energia reactiva pelos PRE, sendo preciso que na Folha “Dados_TC” o utilizador altere as variáveis correspondentes ao trânsito de reactiva para o valor pretendido. Após essa alteração é necessário realizar novamente a operação “Verificar possíveis falhas de dados” para que sejam utilizados os

dados alterados pelo utilizador. Assim, facilita uma análise dos possíveis cenários futuros comparativamente à situação actual.

3.3.4 - Importar Dados do Scada com os Eventos das Baterias de Condensadores

Para se definir qual o horário a implementar nas BC, quer seja para as existentes, quer seja para novas, é necessário saber quando é que as BC existentes estiveram ligadas.

De forma a obter essa informação optou-se por importar os dados com as manobras dos disjuntores que permitem ligar e desligar os escalões das BC. Esta opção foi escolhida porque poucas BC possuíam telecontagem. Optando pelo acesso às manobras do disjuntor garante-se que se consegue introduzir no programa, os períodos em que as BC estiveram em funcionamento para todos os casos. O valor da injeção de energia reactiva pela BC, que será utilizado, será o valor da sua potência nominal, em que o erro cometido é pouco significativo.

Para importar os dados aparecerá uma janela na qual será necessário seleccionar os ficheiros um a um e clicar em abrir. Após ser dada ordem de abertura a todos os ficheiros clicar em cancelar. Para cada um dos ficheiros será perguntado se este é constituído por uma ou duas colunas. A figura 3.4 apresenta o diagrama correspondente.

No caso de se estar a analisar o trânsito de energia com dados de telecontagem das subestações, o nome a colocar será o que corresponde ao nome do transformador o qual está ligado ao mesmo barramento que a BC. Se estiver a ser analisado o trânsito de energia com os dados dos painéis de saída da REN, o nome a colocar será o que corresponde à saída que irá interligar com a subestação na qual a BC está ligada.

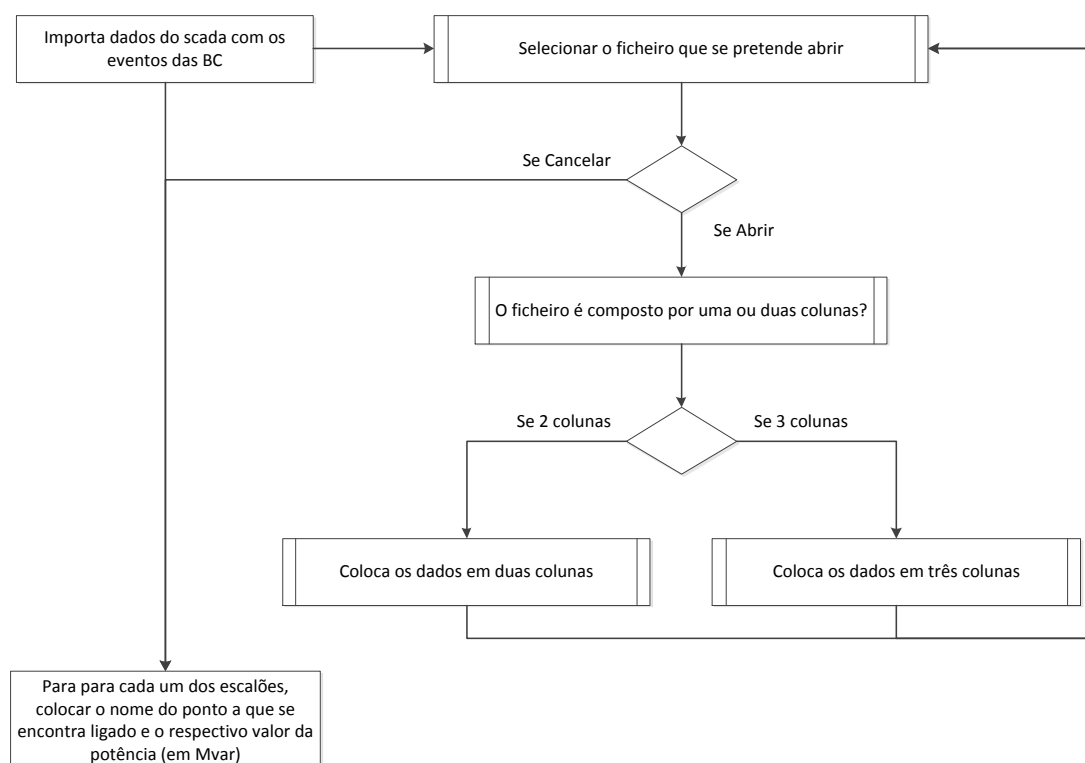


Figura 3.4 - Diagrama de funcionamento da função “Importa dados scada com os eventos das BC”

3.3.5 - Actualizar Dados, Calcular Facturação e Imprimir Gráficos

Inicialmente começa-se por apagar todos os cálculos da facturação e gráficos, que possam ter sido efectuados anteriormente, para esta situação.

A função, actualizar os dados do trânsito de potências, passa para cenário no qual não existe nenhuma BC em funcionamento na rede de distribuição, ou seja, adiciona aos dados o valor de energia reactiva que foi injectada pela BC existentes. Depois de actualizados os dados, são calculados a facturação e os gráficos, obtendo-se assim um cenário sem BC, o que permite visualizar qual o trânsito de energia reactiva real, verificando qual o impacto que a BC tem para o funcionamento actual, comparativamente com o cenário anterior.

3.3.6 - Define Horário Para as Bateria de Condensadores

Antes de ser calculado o horário para as BC é necessário definir as BC para as quais pretendemos definir um horário, na folha “Definicoes”. A análise pode ser feita com as BC existentes, com as novas BC que se pretende simular e alteração dos locais onde estão colocadas as BC. Desta forma é possível fazer uma análise custo-benefício de forma a verificar quais as possíveis vantagens duma alteração da localização das BC ou mesmo a colocação de novos escalões de BC.

Para definir as BC das quais se pretende obter um horário, é necessário ter em atenção se está a ser analisado o trânsito de energia com dados das subestações da EDP Distribuição - Energia, SA ou dados dos painéis de saída das subestações da REN.

Se a análise for feita com dados das subestações da EDP Distribuição - Energia, S.A., será necessário colocar o nome do transformador que está ligado ao mesmo barramento que o escalão da BC e o respectivo valor (em Mvar). Se os barramentos estiverem interligados ou se se pretender calcular o horário admitindo que estes estão interligados, deve ser colocado o nome dos transformadores ligados a estes, para que o programa os considere como se fossem um só. Cada conjunto de interligações deve ser colocado numa linha sendo que, na tabela do lado direito, na mesma linha, são colocadas as BC ligadas a essa agregação.

Se estiver a ser analisado os dados dos painéis de saída das subestações da REN, o nome do escalão da BC será o nome do painel de saída da subestação que irá alimentar essa BC. Neste caso também podem ser considerado que as saídas estão interligadas, ou seja, que essas duas ou mais saídas representam uma malha. Para isso coloca-se o nome das saídas que se pretende considerar como uma só, na tabela dos barramentos interligados. Cada linha corresponde a um conjunto de interligações, sendo colocado à frente as respectivas BC ligadas a essas saídas.

A tabela onde são colocadas as interligações, na folha “Definicoes”, está limitada a um número máximo de vinte interligações, que será o máximo, quer de barramentos interligados nas subestações, quer de saídas das subestações da REN interligadas a formar uma malha. No entanto é possível definir os horários considerando tudo interligado, ou seja, analisar a subestação no seu global não diferenciando os dados por saídas.

Outro facto que deve ser tido em conta, é a percentagem de energia reactiva que se admite injectar nas HFV, em relação à potência do escalão da BC, também definida na folha “Definicoes”. Considerando uma BC de 3,4 Mvar e uma percentagem de 50%, o que resulta é permitir que a energia reactiva injectada para o nível superior de tensão, por barramento ou conjunto de barramentos, seja no máximo 1,7 Mvarh (50% da potência do escalão da BC) nas HFV.

Após delimitadas as variáveis, pode-se definir o horário para as BC. O horário será definido para dias de semana, sábados e domingos, sendo proposto dois horários para cada período. No caso de se pretender implementar apenas um horário para cada período, pode ser escolhido para cada um deles o número de períodos horários a implementar. Isto permite que, para os casos em que o automatismo existente possibilite definir apenas um horário para cada período, seja simulado qual o comportamento da rede para essa situação, bem como o impacto da alteração do automatismo existente.

3.3.7 - Calcular Factura e Imprimir Gráficos para o novo Horário das BC

Após serem definidos os horários, a função calcula o novo trânsito de potências com o novo horário. De seguida é efectuado o cálculo da facturação para os horários propostos anteriormente, assim como são impressos os gráficos correspondentes ao novo cenário.

3.3.8 - Apaga dados e Restaurar Valores para Situação Pré-Definição de Horários

Esta função tem como objectivo apagar os dados resultantes do cálculo da facturação e os gráficos, para o horário determinado pelo programa, assim como restabelecer os dados existentes anteriormente a serem definidos os horários das BC. Isto possibilita que sejam testados vários cenários para as BC sem que seja necessário realizar novamente os passos anteriores. Esta função permite ainda avaliar quais seriam as alterações em termos de facturação e do trânsito de potências, com a alteração da injeção de energia reactiva permitida para as HFV, com a colocação de novas BC ou com a alteração da localização das existentes.

3.3.9 - Apagar Todos os Dados

A função permite apagar todos os dados que foram importados, todos os que foram calculados, assim como apaga os nomes onde estavam ligadas as BC, as respectiva potências e os barramentos interligados. As definições básicas não são apagadas, uma vez que são iguais em todos os ficheiros, para os mesmos períodos em análise.

Capítulo 4

Análise de Resultados

Neste capítulo serão analisados os resultados obtidos com o algoritmo desenvolvido. Será analisado um ponto injector ao qual está associado uma forte produção proveniente de PRE.

São ainda analisados os resultados obtidos através da aplicação desenvolvida, para definição de horários de baterias de condensadores, para os diferentes casos testados. É também analisada a capacidade da ferramenta desenvolvida em estudar cenários futuros, relativamente à alteração da energia reactiva injectada por parte dos PRE, bem como analisar a possibilidade de instalação de novas baterias de condensadores na rede de distribuição ou alteração da localização das existentes, tendo como objectivo o estabelecimento de um programa de rotação destes equipamentos.

4.1 - Introdução

Para analisar os resultados produzidos pela aplicação desenvolvida, será feito um estudo para um ponto injector, representado na figura 4.1. Este ponto injector é constituído por seis subestações AT/MT, uma central hídrica despachável, dez parques eólicos ligados à rede AT e com vinte e quatro PRE ligados à rede MT. Os PRE ligados à rede MT são constituídos por parques eólicos e centrais mini-hídricas. A rede que será analisada corresponde a um ponto injector real com as características descritas anteriormente. O facto de ter sido escolhido este ponto injector para análise, prende-se com o facto de se tratar de um dos pontos mais complexos na análise do trânsito de energia reactiva existentes na rede de distribuição.

Será feita uma análise correspondente à situação actual, ou seja, admitindo que a produção e o consumo, quer de energia reactiva, quer de energia activa, para a situação actual. Outra situação analisada corresponderá à condição em que os PRE, ligados a

rede AT e PRE ligados à rede MT com potência instalada superior a 6 MVA, terão uma $\text{tg } \varphi=0$, admitindo que o trânsito de energia activa se mantêm.

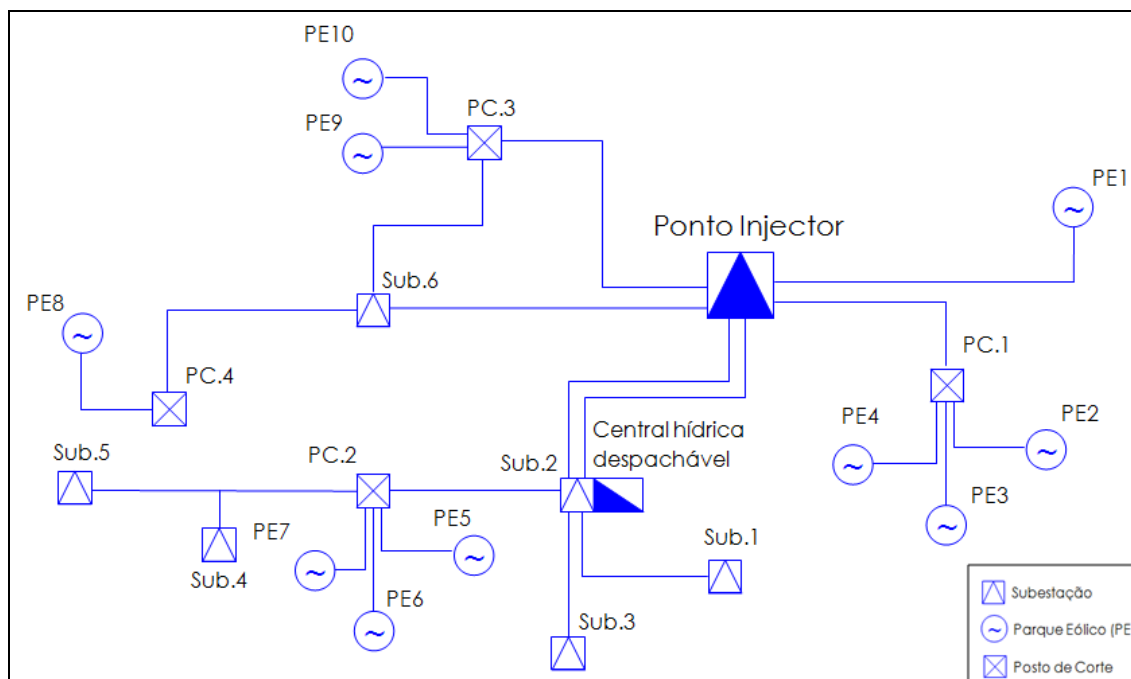


Figura 4.1 - Esquema de uma rede AT ligada a um ponto injector

Quando se pretende definir um horário para as BC, pode-se analisar todo o período para o qual se quer implementar o horário. Contudo, esta análise pode tornar-se um pouco complexa devido a quantidade de informação utilizada em simultâneo, que pode dificultar a interpretação dos resultados obtidos. O que é feito, de forma a simplificar a análise, é reduzir a análise a dois meses, normalmente um mês de verão e outro de inverno. Em termos de cargas, os meses de verão caracterizam-se como tendo um menor consumo de energia activa e maior consumo de energia reactiva, face aos meses de Inverno. Em termos de produção de energia eléctrica por parte dos PRE, os meses de Inverno caracterizam-se como tendo uma maior produção face aos meses de Verão.

A análise do trânsito de reactiva é feita ao nível do ponto injetor, isto porque é através do balanço diário do ponto injetor que a facturação é efectuada. Não tem interesse que as subestações do ORD estejam muito bem compensadas, se ao nível do ponto injetor estas tenham uma facturação elevada. Porém, tem interesse fazer uma análise individual para cada uma das subestações AT/MT, porque esta permite avaliar se as BC existentes são adequadas para essa subestação e se será necessário introduzir novas BC. Pode verificar-se que o ponto injetor está a ser bem compensado e no entanto, ser necessária uma alteração

da localização das BC. Para conhecer a melhor localização das BC, a análise terá de ser feita localmente em cada subestação do ORD.

O período para o qual se vai definir um horário para as BC, varia consoante se trate de um ponto injector com elevada produção por parte dos PRE ou em para o caso da produção dos PRE ser pouco significativo ou mesmo nula.

No caso de se tratar duma rede AT com pouca produção independente ou mesmo nula, pode ser feita uma análise para um ano ou apenas ser feita uma análise para um mês de Inverno e um mês de Verão, normalmente Julho e Dezembro. Ao analisar-se apenas dois meses, conseguimos igualmente bons resultantes, já que estes correspondem a dois cenários de consumo opostos. Os meses de Verão caracterizam-se como tendo um menor consumo de energia activa, face aos meses de Inverno, no entanto o consumo de energia reactiva é superior.

No caso de se tratar dum ponto injector de grande produção independente, a análise a ser feita terá de ser um pouco mais cuidada. Neste caso os períodos para o qual iremos definir um horário terão de ser feitos para um período menor que um ano, devido à grande variação da produção por parte dos PRE durante o ano.

Os pontos de interligação entre o ORT e o ORD que representam um maior desafio, em termos de definição dos horários das BC, são os que têm associados a si uma grande produção independente, face a energia consumida, devido à irregularidade do fluxo de energia entre o ORT e o ORD.

Os pontos injectores em que não existem PRE interligados a rede AT nem a rede MT, ou caso existam, esta é pouco significativa, são facilmente analisados visto que o trânsito de energia tem um comportamento quase linear ao longo do ano, para o qual facilmente pode ser definido um horário.

O exemplo que aqui será analisado corresponde a uma interligação entre o ORT e o ORD em que existe um grande número de PRE interligados à rede AT e à rede MT.

Este caso permite analisar qual o impacto da implementação do novo regulamento da rede de distribuição e o novo regulamento da ERSE (Despacho n.º 7253/2010) assim como demonstrar que, mesma para situações em que existe grande irregularidade no trânsito de energia, o software desenvolvido consegue obter uma boa resposta em termos de definição dos horários das BC e redução do transito da energia reactiva na rede de distribuição.

De forma a facilitar a interpretação dos resultados, o período que será analisado será o mês de Dezembro e o mês de Setembro. Estes dois meses, para o local em análise, correspondem a duas situações opostas em termos de trânsito de energia. O mês de Dezembro, classifica-se como sendo um mês com grande produção por parte dos PRE, em que está a ser injectada energia na rede de transporte durante mais de metade do mês, e o consumo de reactiva é baixo, face aos restantes meses do ano. O mês de Setembro classifica-se como sendo um mês com baixa produção, por parte dos PRE, e elevado consumo de

energia reactiva. O facto de terem sido escolhidos estes dois meses prende-se com o facto de estes serem os meses que melhor caracterizam o comportamento destes dois períodos.

Todos os dados analisados serão feitos aplicando os escalões em vigor a partir de Janeiro 2012 definidos no Despacho n.º 7253/2010.

4.2 - Análise do Mês de Setembro e de Dezembro Para o Cenário Actual

Os dados analisados correspondem aos meses de Setembro e Dezembro obtidos no ano de 2010. Estes dois meses serão analisados separadamente já que correspondem a cenários de trânsito de energia bastante diferentes. Para estudar estes dois meses foi necessário importar os dados referentes às subestações e PRE ligados a rede AT, que estão representados na figura 4.1.

4.2.1 - Mês de Setembro

Depois de importados os dados é feita uma análise da situação actual para o mês de Setembro. Quanto à facturação de energia reactiva indutiva esta é de 2249€ e a facturação de energia reactiva capacitiva é de 0€. A energia reactiva indutiva facturada corresponde à energia reactiva, que para as horas fora de vazio, ultrapassou os escalões, para um período de integração diário. A energia reactiva capacitiva facturada corresponde à energia reactiva que nas horas de vazio foi injectada na rede de transporte, sendo que toda a energia injectada é contabilizada para a facturação.

Na figura 4.2 verifica-se que para o mês de Setembro existiram poucos períodos em que foi injectada energia activa na rede de transporte.

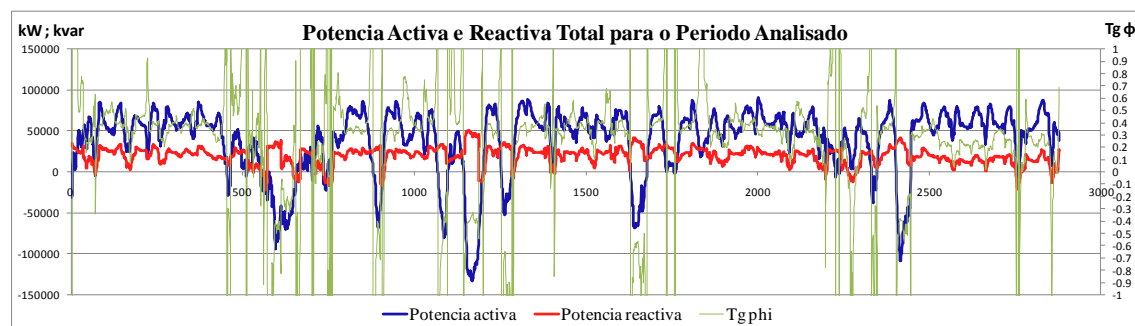


Figura 4.2 - Potencia activa, reactiva e tg ϕ para o mês de Setembro de 2010

A figura 4.3 e figura 4.4 permite verificar que, para as HFV, o trânsito de energia reactiva ultrapassa a $\text{tg } \varphi=0,3$ para mais de metade dos dias do mês de Setembro. Verifica-se que em termos diários apenas em um dos dias a energia injectada na RT foi superior à consumida.

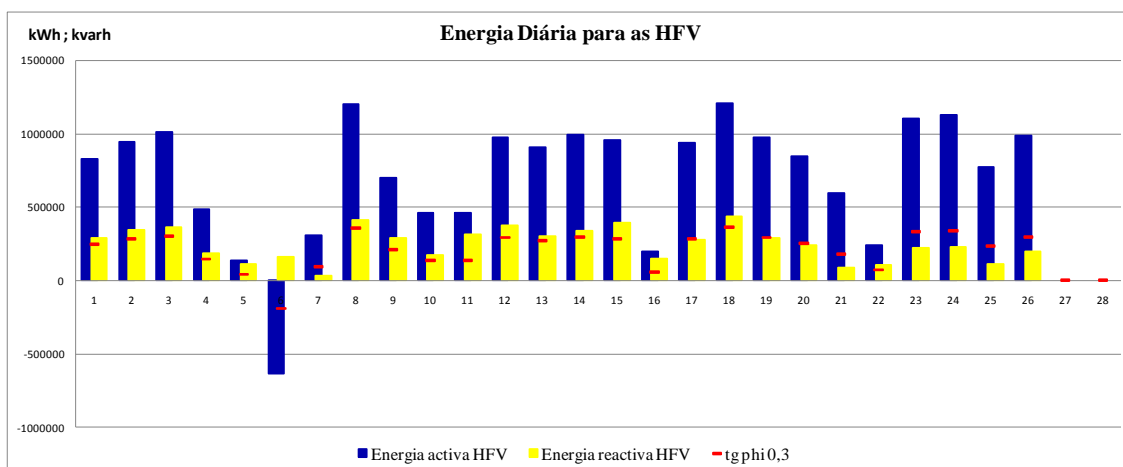


Figura 4.3 - Energia diária para as HFV, no mês de Setembro de 2010

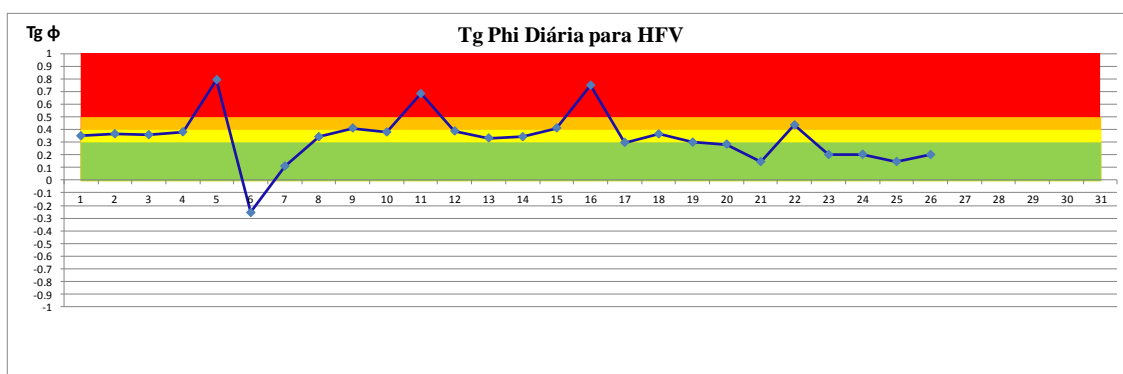


Figura 4.4 - Tg φ diária para as HFV, no mês de Setembro de 2010

Foi simulado um novo cenário em que todas as BC estão sempre desligadas do qual se obteve uma facturação de energia reactiva indutiva de 8428€. Na figura 4.5 e figura 4.6 pode-se verificar que, para esta situação, quase todos os dias do mês ultrapassam a $\text{tg } \varphi=0,3$. Este cenário permite analisar o trânsito real de energia reactiva na rede de distribuição.

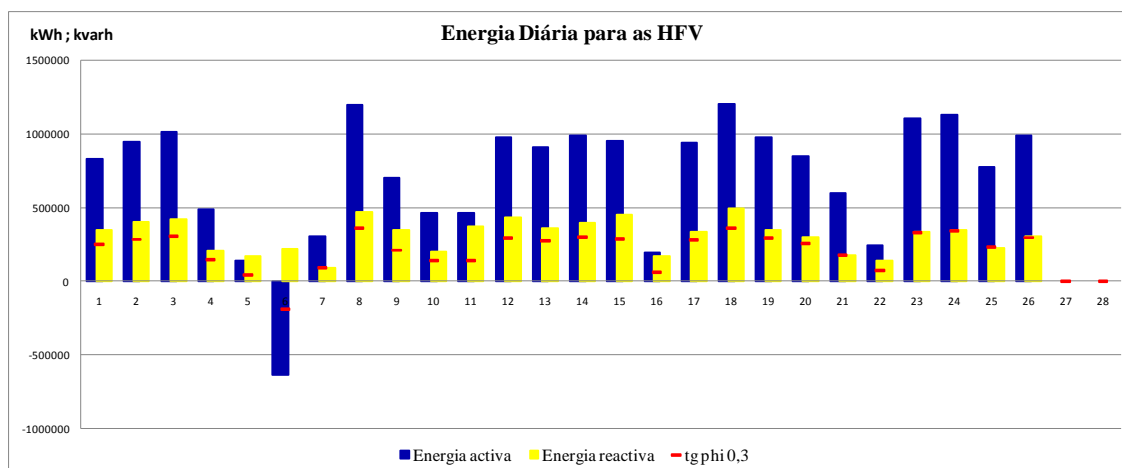


Figura 4.5 - Energia diária para as HFV, no mês de Setembro de 2010, com as BC desligadas

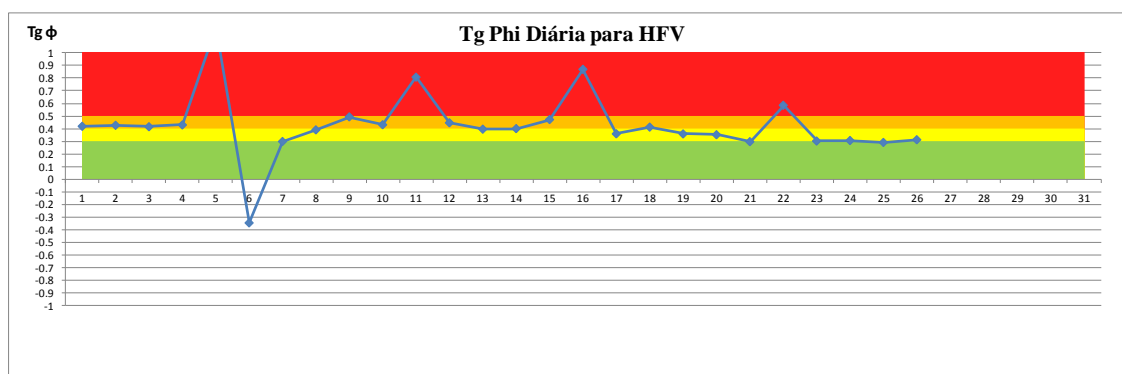


Figura 4.6 - Tg ϕ diária para as HFV, no mês de Setembro de 2010, com as BC desligadas

Seguidamente foi definido um novo horário para os escalões de BC existentes nas subestações do ORD, apresentado na tabela 4.1. Para estes horários a facturação, quer de energia reactiva indutiva, quer de energia reactiva capacitiva é de 0€.

Tabela 4.1 - Horários das BC, com o cenário actual, para o mês de Setembro

Sub.5					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	8:00	0:00	14:00	9:30	0:00	10:00
Desliga	23:59	7:14	23:59	12:59	6:59	15:59
Sub.5					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	13:45	9:00	20:00	-	-	-
Desliga	17:59	12:29	21:59	-	-	-
Sub.3					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	-	-	0:00	20:00	0:00	-
Desliga	-	-	7:29	23:59	8:59	-
Sub.2					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	-	-	20:00	-	0:00	-
Desliga	-	-	22:44	-	4:14	-
Sub.2					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	-	-	-	-	-	-
Desliga	-	-	-	-	-	-
Sub.6					8,1 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	7:00	-	9:30	0:00	11:30	0:00
Desliga	23:59	-	23:59	3:29	23:59	3:29
Sub.6					8,1 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	8:30	-	10:45	20:00	-	-
Desliga	23:44	-	12:59	21:59	-	-

Os horários foram definidos, considerando a Sub.2 e a Sub.3 como uma só e as restantes consideradas individualmente, tendo sido imposto que, em nenhuma das subestações seria injectado na rede AT mais de 45% da capacidade da BC, nas HFV. Para as HV nunca é injectada, na rede AT, energia reactiva como pode ser verificado nas figuras 4.7, 4.8 e 4.9.

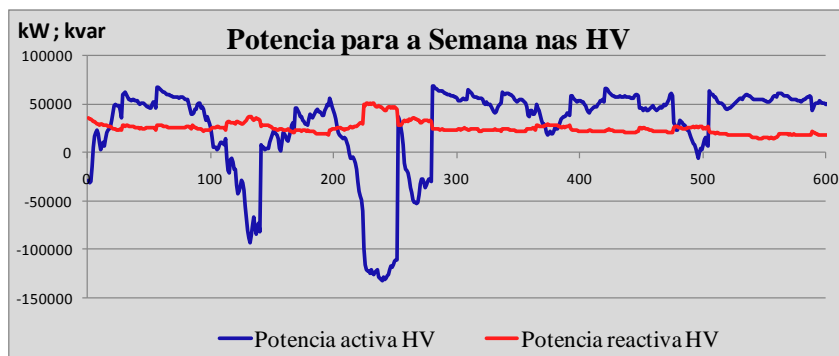


Figura 4.7 - Potência activa e reactiva para a semana nas HV, com as BC desligadas, para o mês de Setembro

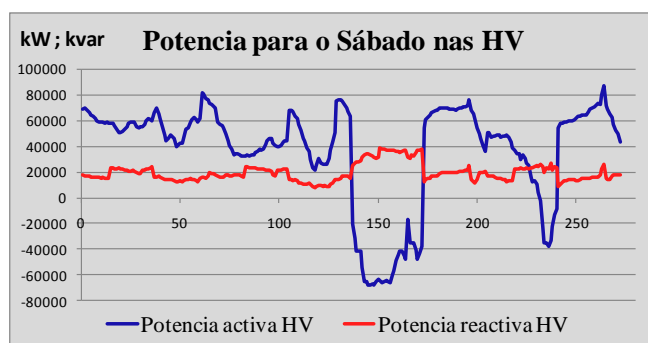


Figura 4.8 - Potência activa e reactiva para os Sábados nas HV, com as BC desligadas, para o mês de Setembro

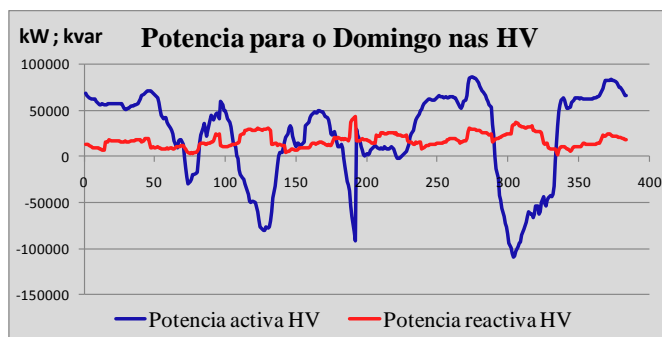


Figura 4.9 - Potência activa e reactiva para os Domingos, com as BC desligadas, para o mês de Setembro

Para as HFV, verifica-se que a energia reactiva é bem compensada, figura 4.10, uma vez que o trânsito de energia reactiva entre a rede de transporte e a rede de distribuição anda sempre em torno do 0. Na figura 4.11 pode-se verificar que no balanço diário se obtém um trânsito de energia reactiva próximo de 0.

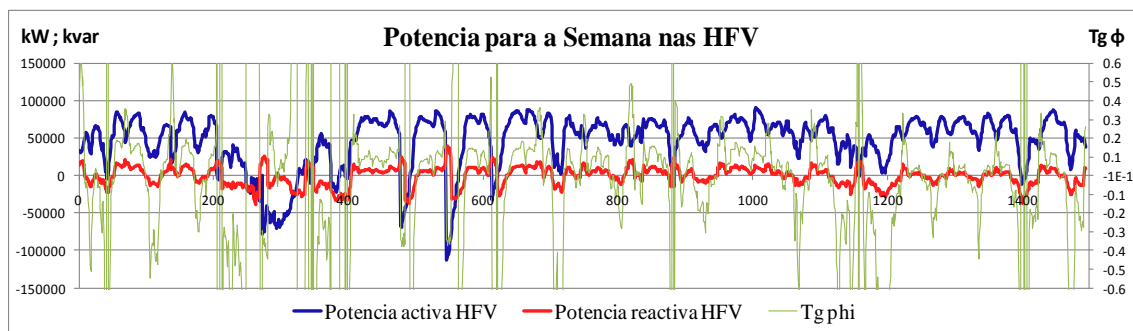


Figura 4.10 - Potência activa, reactiva e $\text{tg } \phi$ nos dias de semana nas HFV, para o cenário actual, com o novo horário das BC, para o mês de Setembro

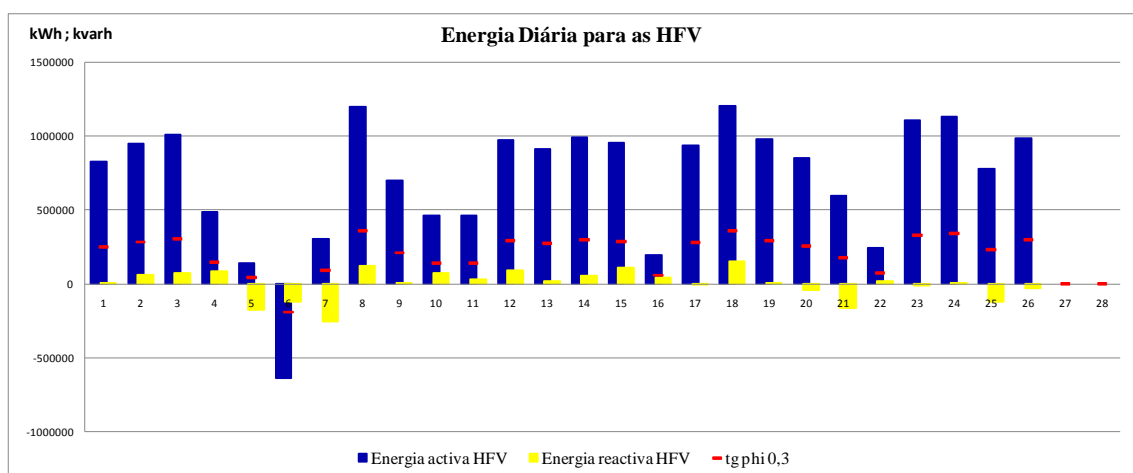


Figura 4.11 - Energia diária activa e reactiva, com o novo horário das BC, para o mês de Setembro de 2010.

4.2.2 - Mês de Dezembro

No mês de Dezembro tem-se uma facturação de energia reactiva indutiva de 223€ e uma facturação de energia reactiva capacitiva de 64,26€. O trânsito de energia reactiva para este mês é mais equilibrado face ao mês de Setembro, como pode ser visualizado na figura 4.12 e 4.13. Verifica-se que durante este período a maioria do fluxo de energia activa foi no sentido da rede de distribuição para a rede de transporte, como pode ser conferido na figura 4.12 e 4.13.

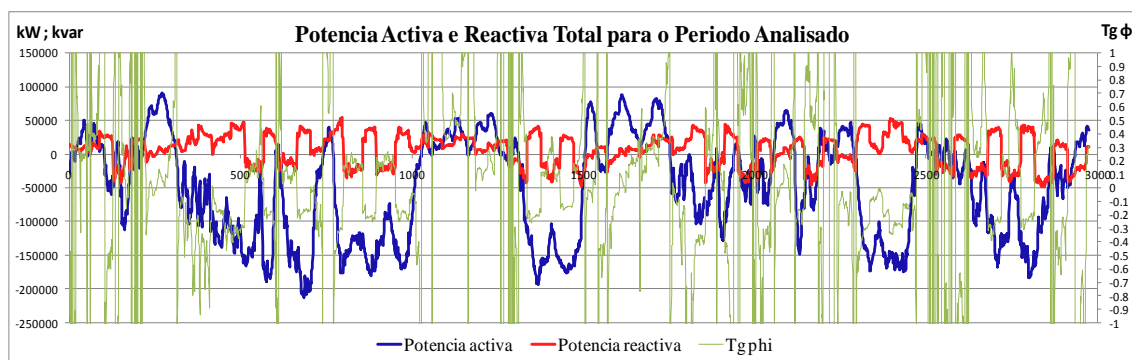


Figura 4.12 - Potência activa, reactiva e tg φ para o mês de Dezembro de 2010

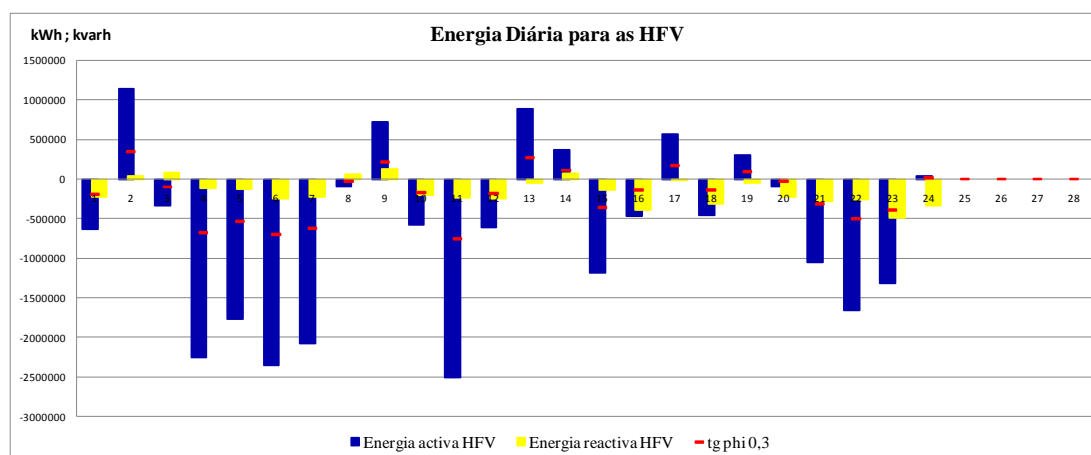


Figura 4.13 - Energia activa e reactiva diária nas HFV, para o mês de Dezembro de 2010

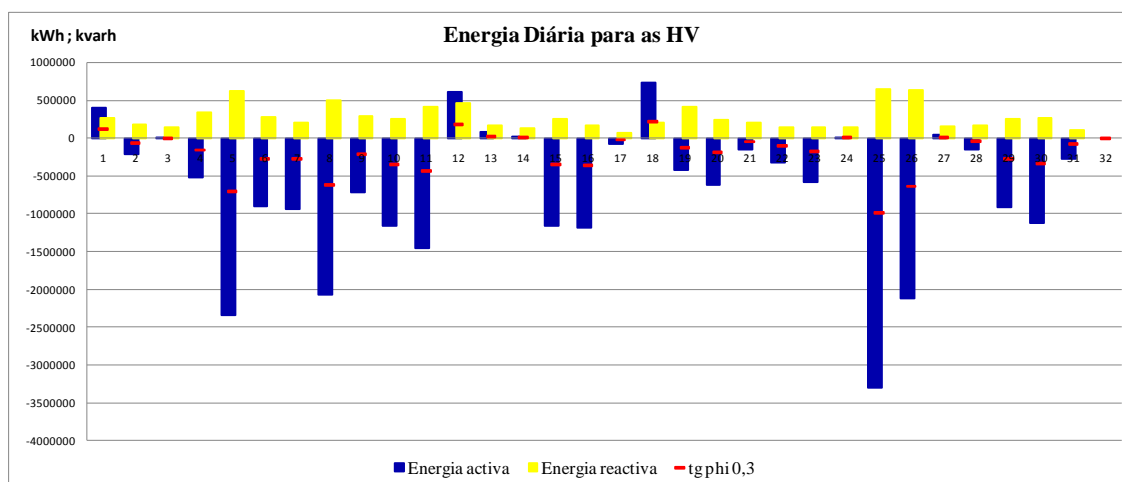


Figura 4.14 - Energia activa e reactiva diária nas HV, para o mês de Dezembro de 2010

Foi analisada a facturação, para o caso de todas as BC estarem desligadas, e verificou-se que a facturação de energia reactiva indutiva é de 476€ e a facturação de energia reactiva capacitiva é de 14€. Conclui-se que existe uma facturação, correspondente à energia reactiva injectada nas HV, que é provocada devido a estarem BC ligadas nas HV, já que com as BC desligadas ter-se-á uma facturação de energia reactiva capacitiva menor. Outro factor que

pode ser concluído, através da facturação, é que existe PRE que estão a injectar energia reactiva na rede, nas HV. O período em que está a ser injectada energia reactiva na rede de transporte é aos sábados e aos domingos, como pode ser verificado na figura 4.15 e 4.16. Isto acontece devido a que alguns dos PRE têm um período horário de facturação de ciclo diário, que é igual para todos os dias da semana, pelo que injectam energia reactiva aos domingos e sábados, nas HV. Esta situação será alterada com a aplicação do novo regulamento da rede distribuição.

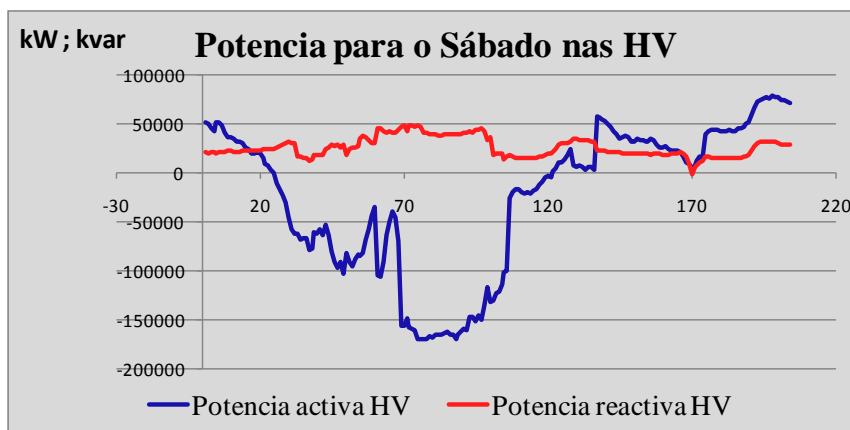


Figura 4.15 - Potência activa e reactiva para os sábados nas HV, no mês de Dezembro, com as BC desligadas

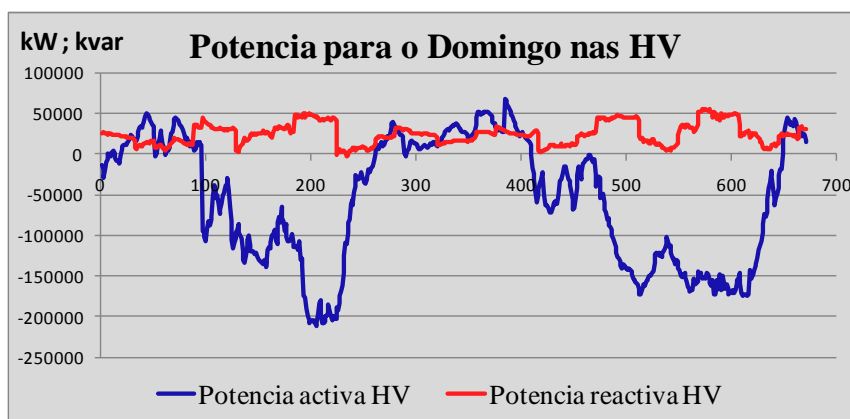


Figura 4.16 - Potência activa e reactiva para os Domingos, no mês de Dezembro com as BC desligadas

Foi definido um novo horário para as BC existentes, apresentado na tabela 4.2, do qual se obteve uma facturação de energia reactiva indutiva de 46€ e uma facturação de energia reactiva capacitiva de 14€. O novo horário consegue reduzir a factura da energia reactiva, quer indutiva, quer capacitiva, embora essa redução não seja muito grande, já que o trânsito de energia reactiva existente anteriormente era bastante equilibrado. Na figura 4.17 e 4.18, pode-se verificar que o trânsito de energia reactiva é mais reduzido face ao horário das BC existente anteriormente, figura 4.13 e 4.14.

Os horários foram definidos, considerando as subestações individualmente, tendo sido imposto que em nenhuma das subestações seria injectado na rede AT mais de 40% da capacidade da BC, nas HFV.

Tabela 4.2 - Horários das BC para o mês de Dezembro

Sub.5					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	0:00	22:00	8:30	0:00	0:00	10:00
Desliga	7:59	23:59	23:59	7:59	6:59	15:59
Sub.5					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	0:00	22:00	8:45	0:00	0:00	16:00
Desliga	7:59	23:59	23:59	8:14	7:59	23:59
Sub.3					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	0:00	22:00	11:00	0:00	0:00	17:00
Desliga	7:59	23:59	23:59	7:59	7:59	23:59
Sub.2					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	0:00	22:00	13:00	0:00	0:00	17:15
Desliga	7:59	23:59	23:59	7:59	7:59	19:59
Sub.2					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	0:00	6:29	0:00	16:15	0:00	-
Desliga	22:00	23:59	7:59	23:59	7:44	-
Sub.6					8,1 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	-	-	22:00	-	22:00	-
Desliga	-	-	23:59	-	23:59	-
Sub.6					8,1 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	-	-	-	-	-	-
Desliga	-	-	-	-	-	-

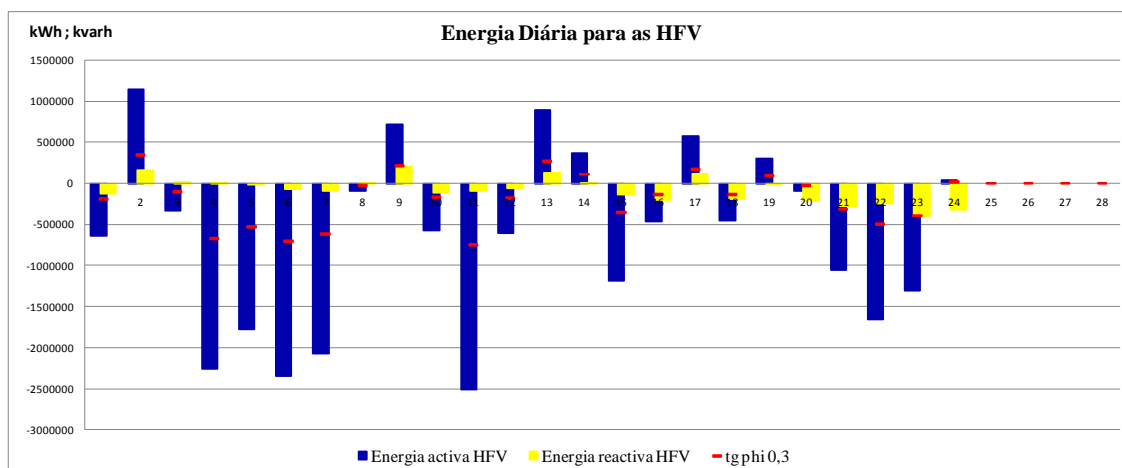


Figura 4.17 - Energia activa e reactiva diária com o novo horário das BC nas HFV, para o mês de Dezembro

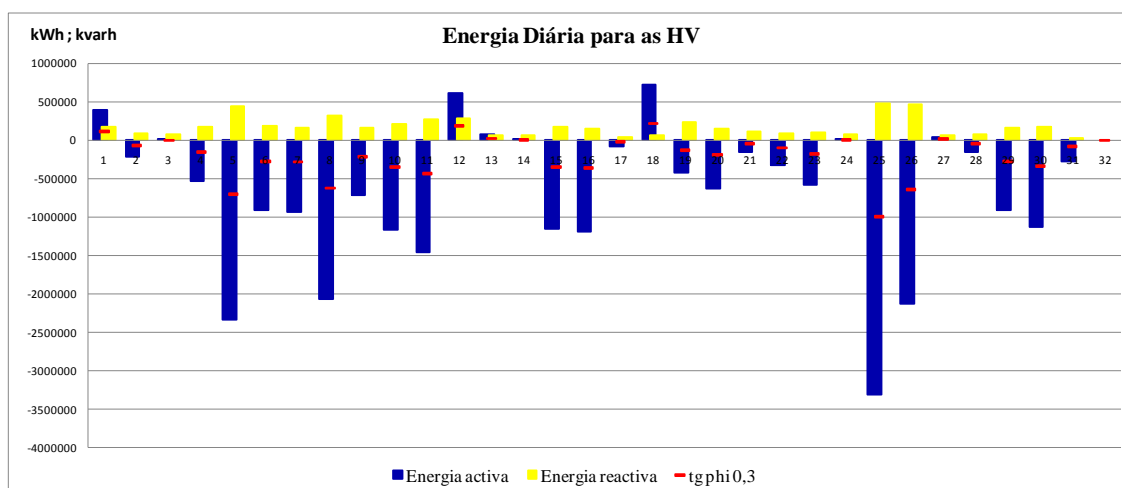


Figura 4.18 - Energia activa e reactiva diária com o novo horário das BC nas HV, para o mês de Dezembro

4.2.3 - Análise, em termos comparativos, para o Mês de Setembro e Dezembro para o Cenário Actual

Em termos de facturação verifica-se que, com esta aplicação, é possível reduzir facilmente esta componente. Verifica-se que a aplicação obtém uma boa solução para cenários com grande variação do trânsito de potência.

Em termos de horários, verifica-se que estes deverão ser diferentes para pelo menos dois períodos do ano, dado a grande diferença variação da produção por parte dos PRE.

4.3 - Análise do Mês de Setembro e de Dezembro Para um Cenário Futuro

Para analisar um possível cenário futuro foi necessário importar para a aplicação os dados referentes às subestações do ORD e os dados de todos os PRE, quer os ligados a rede AT quer os ligados a rede MT. Aos PRE ligados à rede AT, para os períodos em que estes estão a fornecer energia à rede, foi colocado a zero o valor da energia reactiva, de forma a se ter uma $\text{tg } \varphi=0$. Nas subestações do ORD as cargas estão agregadas com os PRE, no entanto existem dados da telecontagem dos PRE ligados à rede MT. Para definir o cenário futuro, foi subtraído, aos dados do trânsito de energia nas subestações do ORD, o excesso de energia reactiva produzida pelos PRE, quando estes estão a fornecer energia activa à rede. Este excesso corresponde, para os PRE com potência instalada superior a 6 MW, à energia reactiva injectada por esses PRE e para os PRE com potência instalada inferior a 6 MW, o excesso corresponde à diferença entre o valor efectivamente injectado e o valor correspondente a uma $\text{tg } \varphi=0,3$.

Embora os novos escalões apenas sejam todos aplicados em 2012 [9], importa fazer uma análise para esse cenário, de forma a prever futuras penalizações, e adaptando a rede durante este período de transição para o cenário futuro.

4.3.1 - Análise do Mês de Setembro

Foi calculada a facturação para o mês de Setembro, mantendo os horários das BC existentes, do qual se obteve uma facturação de energia reactiva capacitiva de 0€ e uma energia reactiva indutiva de 52901€.

Com a alteração da injeção de energia reactiva, por parte dos PRE, verifica-se que o trânsito de energia reactiva ao longo do mês tem um comportamento mais linear, como mostra a figura 4.19.

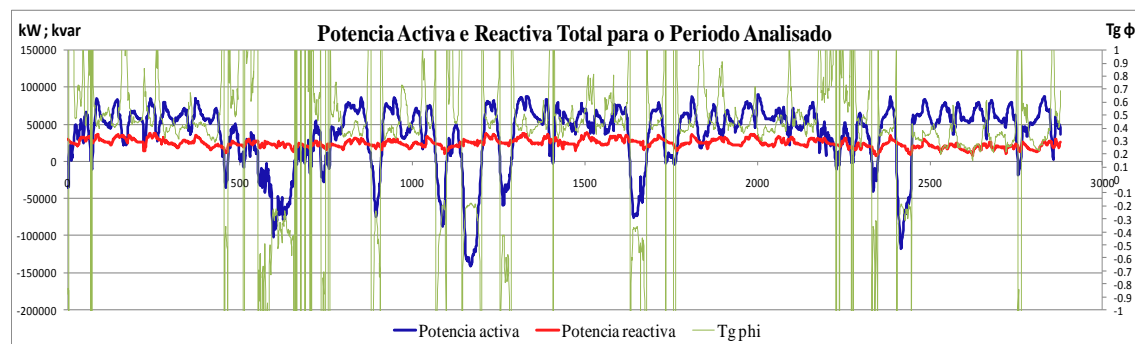


Figura 4.19 - Energia activa, reactiva e $\text{tg } \varphi$ para o mês de Setembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

Na figura 4.20 e 4.21 pode-se verificar que, mantendo os horários actuais, o ORD seria penalizado em quase todos os dias do mês de Setembro. Grande parte dos dias do mês de Setembro apresentam uma $\text{tg } \phi$ superior a 0,5, que se traduz em fortes penalizações, já que o preço da energia reactiva aplicado para o escalão de $\text{tg } \phi \geq 0,5$ é o triplo do preço base.

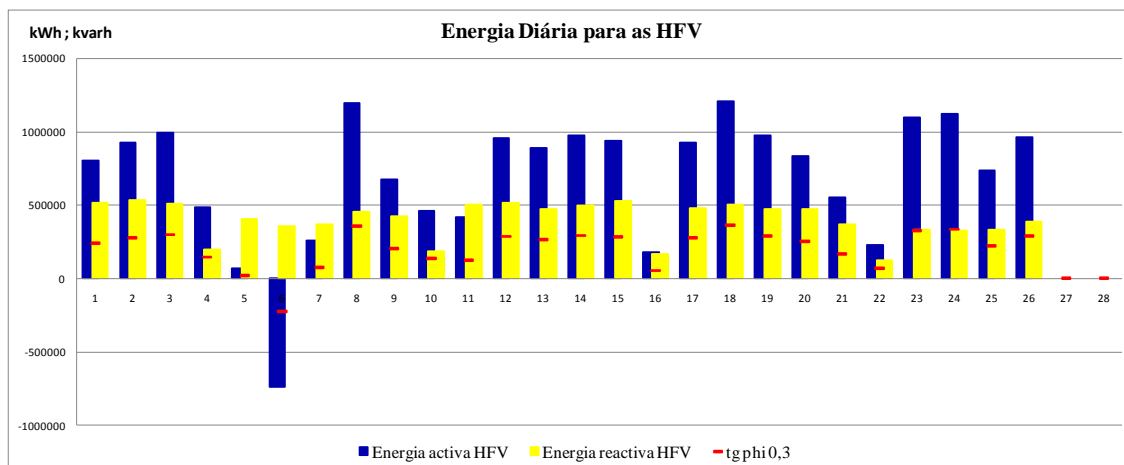


Figura 4.20 - Energia activa e reactiva diária para as HFV no mês de Setembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

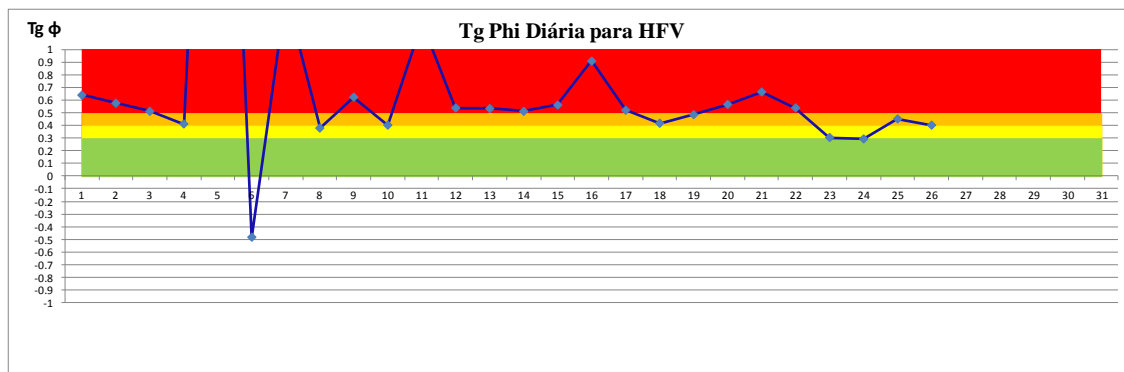


Figura 4.21 - Tg ϕ diária para as HFV no mês de Setembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

Com as BC desligadas a facturação de energia reactiva indutiva seria de 101078€. A simulação com BC desligadas, permite verificar qual é o consumo efectivo de energia reactiva para o período em análise. Este estudo é importante, porque ao se analisar a rede com as BC em funcionamento, pode ter-se uma imagem distorcida do trânsito de energia na rede de distribuição. As figuras 4.22, 4.23 e 4.24 permitem analisar o trânsito de energia ao longo do mês assim como o balanço diário, separado em HFV e HV.

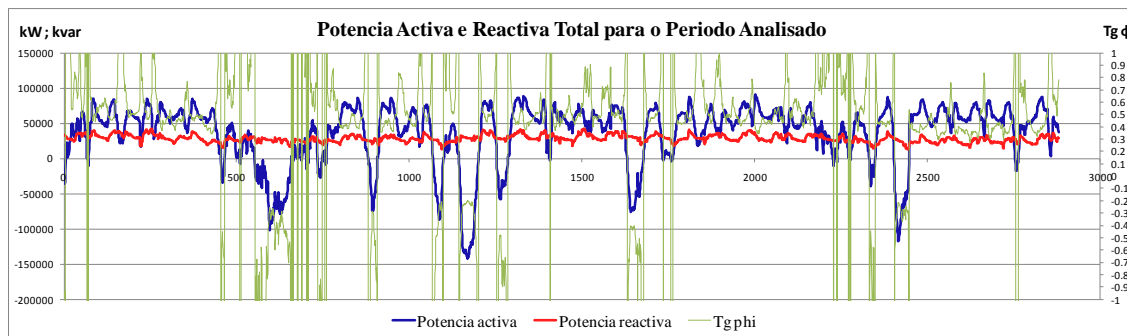


Figura 4.22 - Energia activa, reactiva e tg φ para o mês de Setembro, com BC desligadas, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

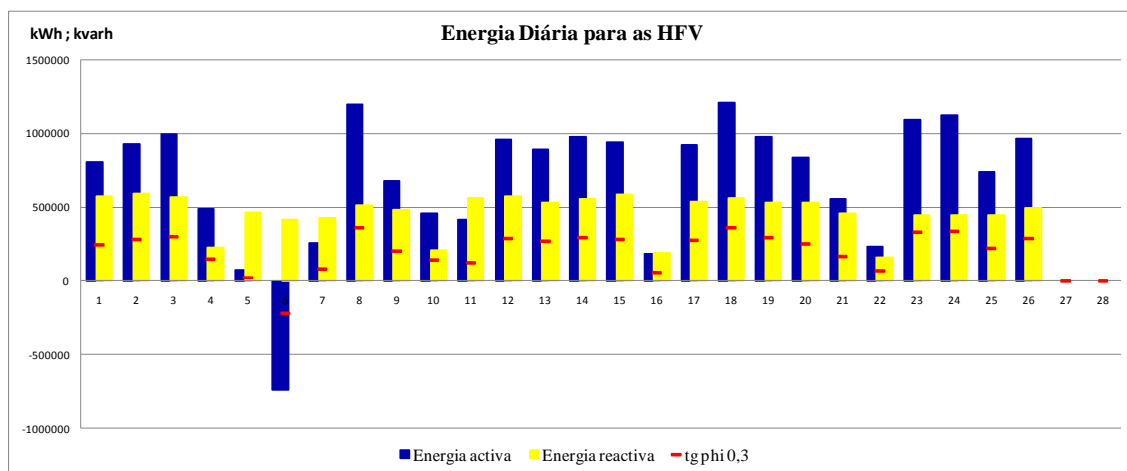


Figura 4.23 - Energia activa e reactiva diária para as HFV no mês de Setembro, com BC desligadas, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

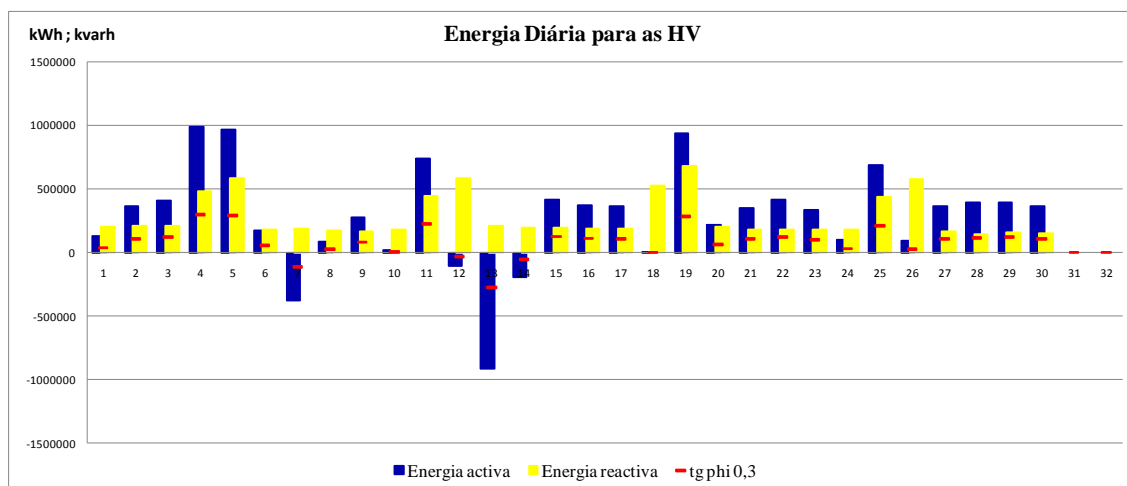


Figura 4.24 - Energia activa e reactiva diária para as HV no mês de Setembro, com BC desligadas, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

Foi definido um novo horário para as BC, apresentado na tabela 4.3, do qual se obteve uma facturação de energia reactiva indutiva de 0€, assim como para a facturação de energia reactiva capacitiva. Para definir este horário foram consideradas as subestações separadamente, permitindo que estas injectassem até 4,7 Mvar, nas HFV de forma a compensar outras subestações no qual não existem BC.

Tabela 4.3 - Horário para as BC para o mês de Setembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

Sub.5					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	0:00	-	14:00	9:30	0:00	10:00
Desliga	23:59	-	23:59	12:59	6:59	15:59
Sub.5					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	0:00	-	9:30	20:00	-	-
Desliga	23:59	-	12:59	21:59	-	-
Sub.3					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	10:30	7:00	20:00	-	-	-
Desliga	13:14	9:14	21:59	-	-	-
Sub.2					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	8:00	18:45	0:00	10:00	0:00	-
Desliga	16:44	22:29	3:14	12:44	6:59	-
Sub.2					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	7:00	18:45	9:30	20:00	-	-
Desliga	16:59	22:29	12:59	21:59	-	-
Sub.6					8,1 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	7:00	-	9:30	0:00	11:30	0:00
Desliga	23:59	-	23:59	3:29	23:59	3:29
Sub.6					8,1 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	7:00	-	9:30	20:00	-	-
Desliga	23:59	-	12:59	21:59	-	-

Conclui-se que as BC existentes permitem compensar todo o consumo de energia reactiva, sem ser necessário que estas estejam sempre ligadas, quer nas HFV quer nas HV. Todavia verifica-se que as BC estão mal distribuídas pelas subestações, sendo necessário alterar a localização das BC existentes ou instalar novas BC em subestações na qual estas não existam, de forma a se obter uma compensação mais eficiente e a otimizar o seu funcionamento.

Na figura 4.25 pode-se verificar que a energia reactiva consumida, ao nível do ponto injector é menor, face ao anterior horário, figura 4.19. Para as HFV, nas quais tem um maior interesse em reduzir o trânsito de energia reactiva na rede, verifica-se que o trânsito de energia reactiva entre o ORD e o ORT é quase nulo, como demonstra a figura 4.26 e 4.27.

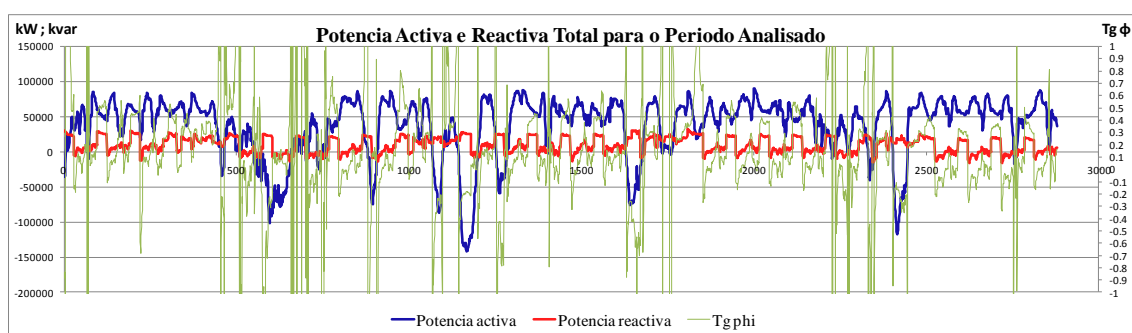


Figura 4.25 - Energia activa, reactiva e $\text{tg } \phi$ para o mês de Setembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

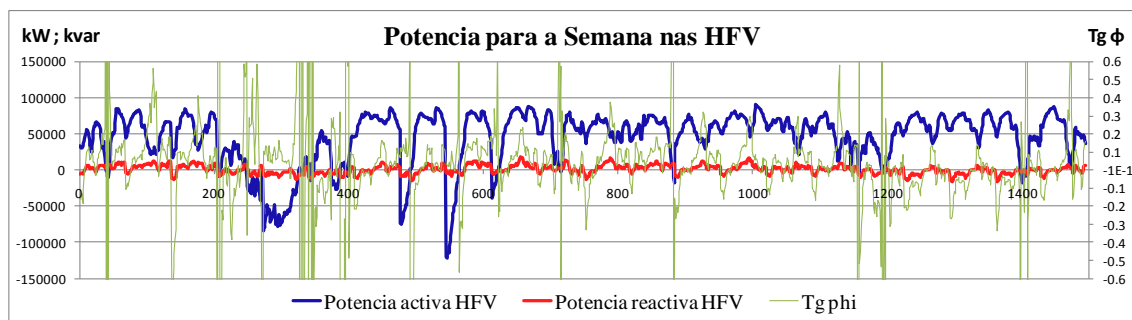


Figura 4.26 - Energia activa, reactiva e $\text{tg } \phi$ durante a semana, nas HFV, para o mês de Setembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

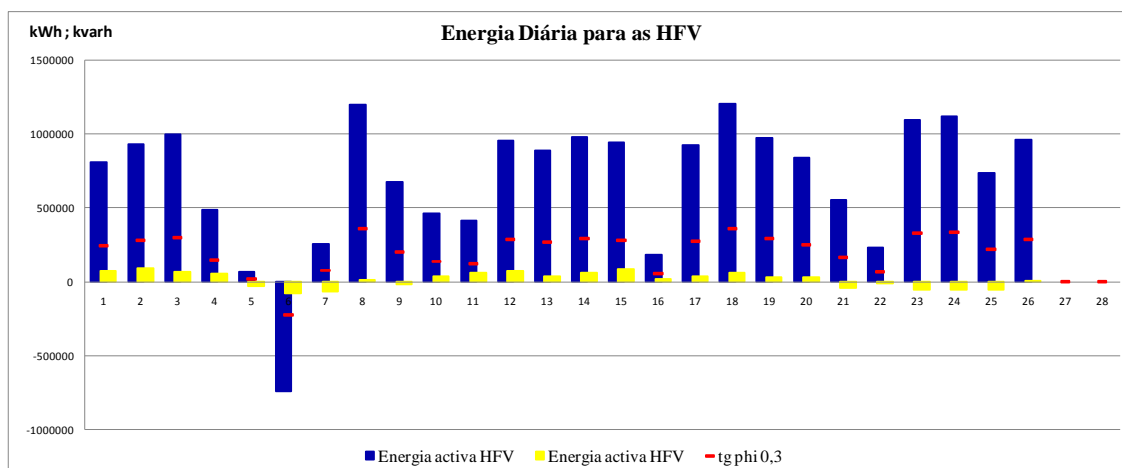


Figura 4.27 - Energia activa e reactiva diária para as HFV no mês de Setembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

Relativamente à $\text{tg } \phi$ diária nas HFV, figura 4.28, verifica-se que esta se encontra muito próxima de zero, pelo que em caso de alteração dos consumos de energia reactiva, existem folgas para que o ORD não seja facturado.

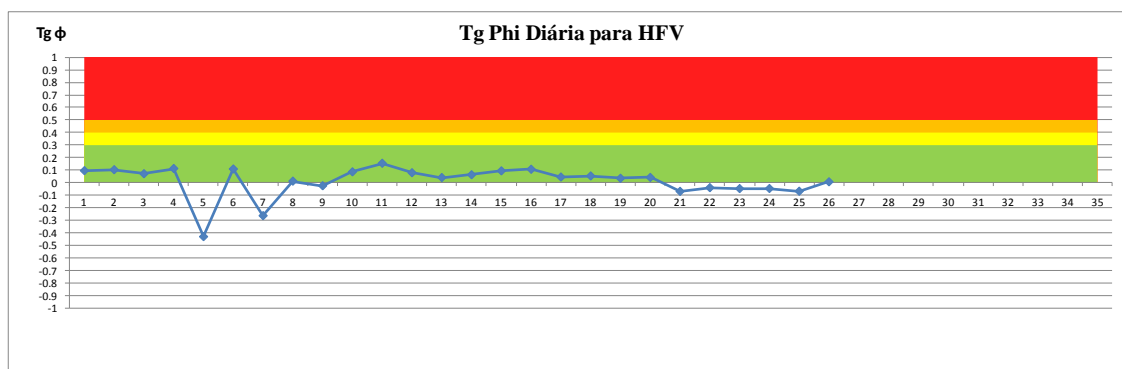


Figura 4.28 - $\text{Tg } \phi$ diária para as HFV no mês de Setembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

Para as HV, o trânsito de energia reactiva não tem uma compensação tão eficiente, como se pode verificar na figura 4.29, já que a análise é feita considerando as subestações individualmente, não deixando que em nenhuma delas seja injectada energia reactiva na rede AT. É importante que nas HV o trânsito de energia reactiva não seja invertido, uma vez que toda a energia reactiva injectada na rede de transporte será alvo de facturação. Por outro lado, ao garantir que em nenhuma das subestações do ORD é injectada energia reactiva na rede AT, assegura-se que a tensão se mantém mais estável em todos os pontos da rede de distribuição.

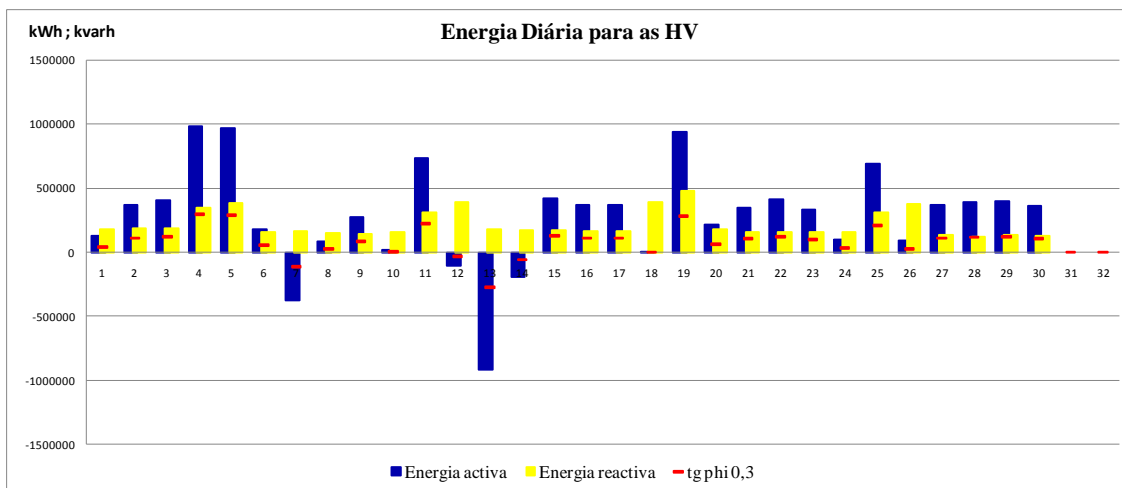


Figura 4.29 - Energia activa e reactiva diária para as HV no mês de Setembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

4.3.2 - Análise do Mês de Dezembro

Calculou-se a facturação para o mês de Dezembro, para um cenário com os PRE a aplicar o novo regulamento, da qual se obtém uma facturação de energia reactiva indutiva de 7339€ e uma facturação de energia reactiva capacitiva de 0€.

O consumo de energia reactiva durante este mês, com o horário das BC actual, tem um comportamento mais estável, face à situação actual, como representado na figura 4.30.

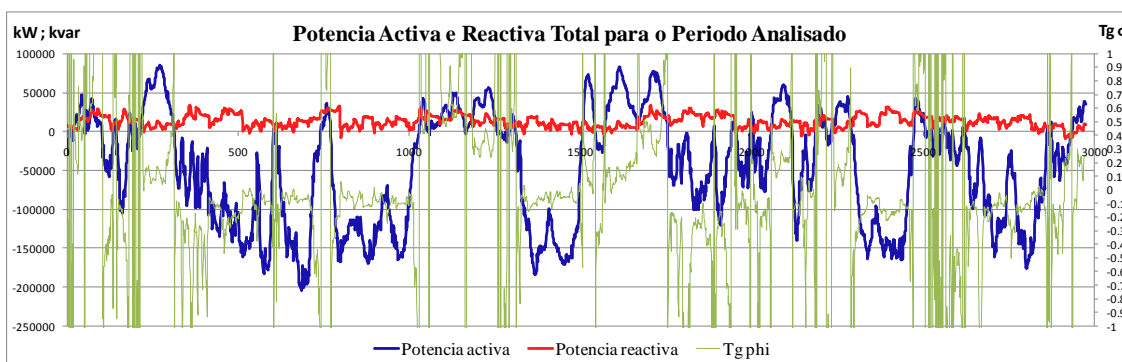


Figura 4.30 - Energia activa, reactiva e tg φ para o mês de Dezembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

Quanto ao trânsito de energia, embora se tenha uma facturação elevada para o mês em questão, este não apresenta, em termos diários, uma grande componente de energia reactiva consumida em relação ao trânsito de energia activa ocorrido, como se pode constatar na figura 4.31. É necessário ter algum cuidado na análise deste tipo de gráficos, quando se trata de pontos injectores em que se tem uma grande variação do trânsito de energia activa na

rede devido à produção dos PRE. Isto porque, para a facturação da energia reactiva, são separados os períodos em que está a ser injectada energia activa, dos que está a ser consumida energia activa, sendo apenas contabilizados para facturação os períodos em que existe um fluxo de energia activa da rede de transporte para a rede de distribuição. Na figura 4.31, o que é feito é o total diário do transito de energia no ponto de interligação do ORT com o ORD, não sendo separada a componente a ser facturada das restantes.

Nestas situações deve-se verificar o trânsito de energia activa e reactiva, para as HFV, assim como a $\text{tg } \phi$ correspondente, para cada intervalo de 15min, representado nas figuras 4.32 e 4.33.

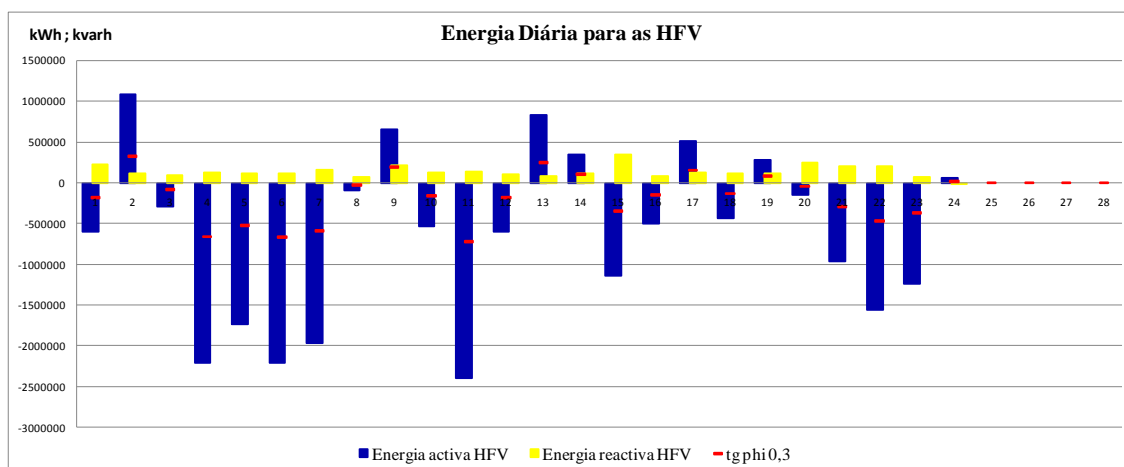


Figura 4.31 - Energia activa e reactiva diária para as HFV no mês de Dezembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

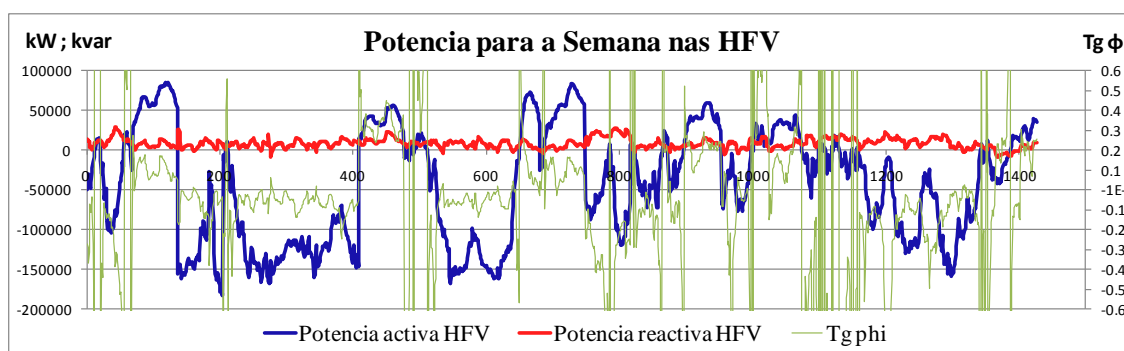


Figura 4.32 - Energia activa e reactiva nas HFV para a semana, no mês de Dezembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

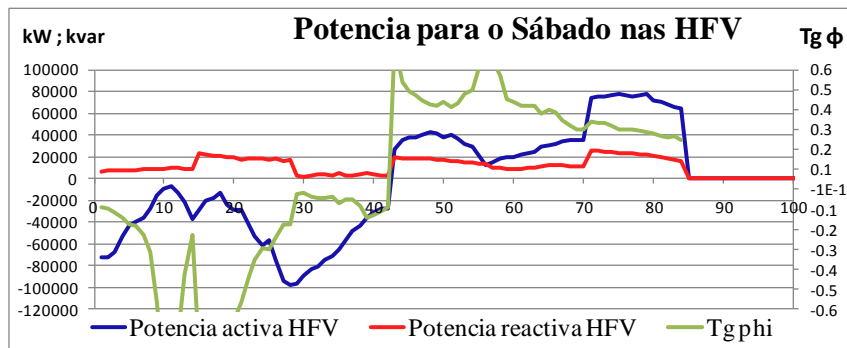


Figura 4.33 - Energia activa e reactiva nas HFV para os sábados, no mês de Dezembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

Retirando a energia reactiva fornecida pelas BC, verifica-se que o trânsito de energia reactiva na rede de distribuição é relativamente estável para o período em análise, como pode ser verificado na figura 4.34.

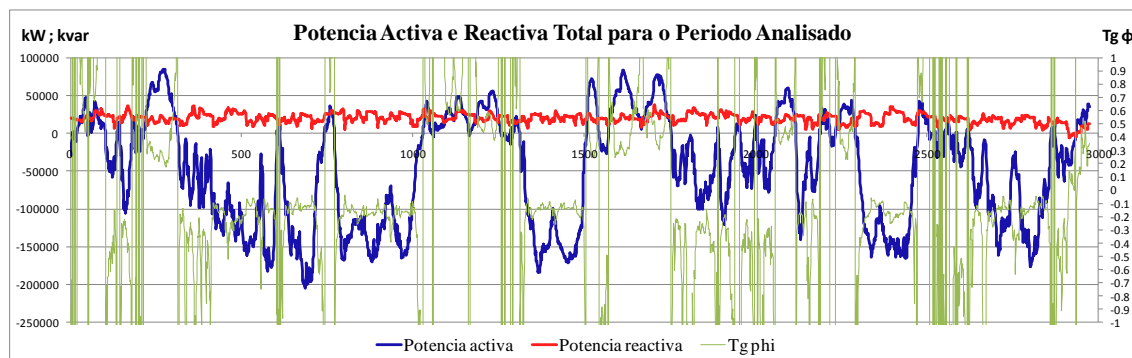


Figura 4.34 - Energia activa, reactiva e $\text{tg } \phi$ para o mês de Dezembro, com BC desligadas, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

Depois de definido um novo horário para as BC existentes, foi obtida uma facturação da energia reactiva indutiva de 0€ e uma facturação de energia reactiva capacitiva de 0€.

Para definir estes horários foi necessário permitir que, para cada uma das subestações que tinham BC, pudesse ser injectada na rede AT o equivalente à potencia da BC, do qual se obteve os horários apresentados na tabela 4.4. Conclui-se assim que, para este período, as BC existentes são suficientes para compensar toda a energia reactiva consumida pelas cargas, não sendo necessário que as BC estejam sempre ligadas. No entanto estas não se encontram localizadas nos locais ideais, sendo conveniente a alteração da localização de algumas das BC. Isto porque, é necessário permitir que seja injectada energia reactiva, na rede AT, para compensar a energia reactiva em défice noutras subestações da rede de distribuição.

Tabela 4.4 - Horário para as BC para o mês de Dezembro, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

Sub.5					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	7:00	0:15	0:00	-	15:00	0:30
Desliga	23:59	2:59	23:59	-	23:59	7:59
Sub.5					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	7:00	-	9:30	20:00	-	-
Desliga	23:59	-	12:59	21:59	-	-
Sub.3					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	15:30	21:45	20:00	-	-	-
Desliga	20:14	23:59	23:59	-	-	-
Sub.2					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	22:00	-	20:15	-	22:00	-
Desliga	23:59	-	23:59	-	23:59	-
Sub.2					3,4 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	-	-	9:30	20:00	-	-
Desliga	-	-	12:59	21:59	-	-
Sub.6					8,1 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	7:00	-	9:30	20:00	-	-
Desliga	23:59	-	12:59	21:59	-	-
Sub.6					8,1 Mvar	
	Semana		Sábado		Domingo	
Liga	22:00	-	20:00	-	-	-
Desliga	23:59	-	21:59	-	-	-

Para o mês de Dezembro a aplicação desenvolvida consegue definir um horário que permite uma boa compensação da energia reactiva neste período, representado na figura 4.35. Para as HFV, nos dias de semana, verifica-se que o trânsito de energia reactiva é quase zero, como mostra a figura 4.36, para o período em análise.

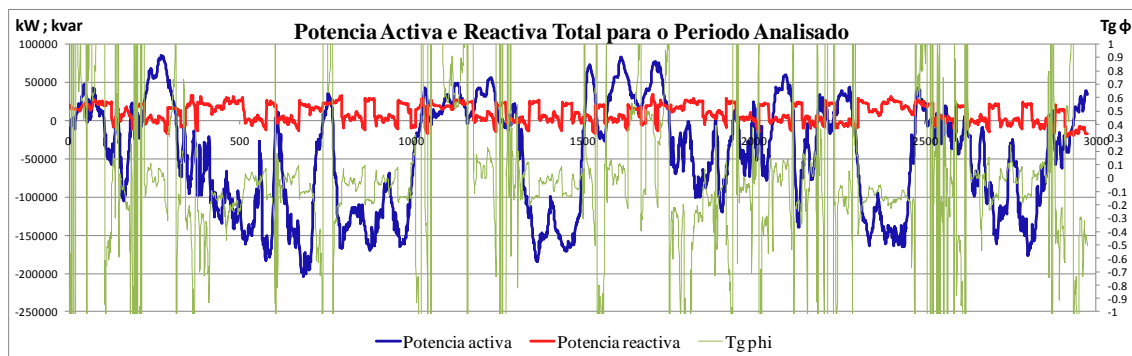


Figura 4.35 - Energia activa, reactiva e $\text{tg } \phi$ para o mês de Dezembro, com os novos horários das BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

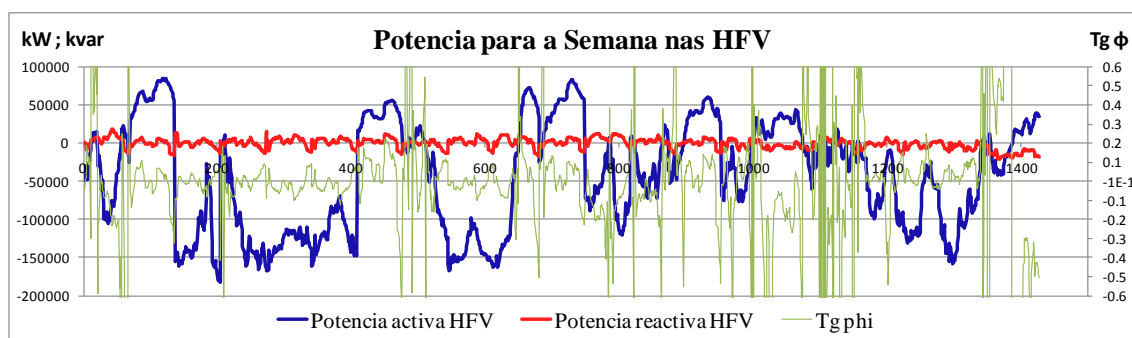


Figura 4.36 - Energia activa, reactiva e $\text{tg } \phi$ nas HFV para a semana, no mês de Dezembro, com os novos horários das BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

Em termos de análise diária, o trânsito de energia reactiva entre a rede de transporte e a rede de distribuição, encontra-se muito próximo do ideal, para as HFV, ou seja, é praticamente nulo para quase todo o período em análise, como pode ser verificado na figura 4.37 e 4.38.

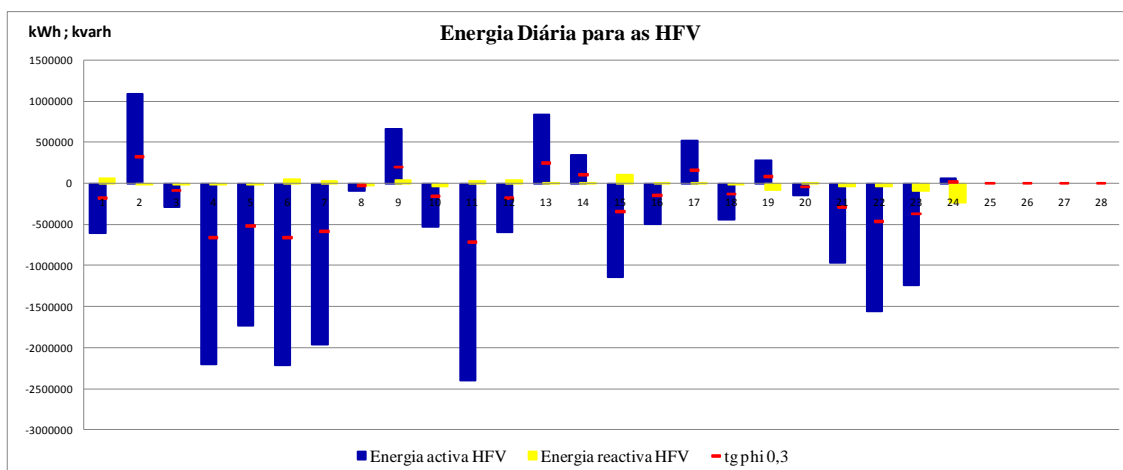


Figura 4.37 - Energia activa e reactiva diária para as HFV no mês de Dezembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

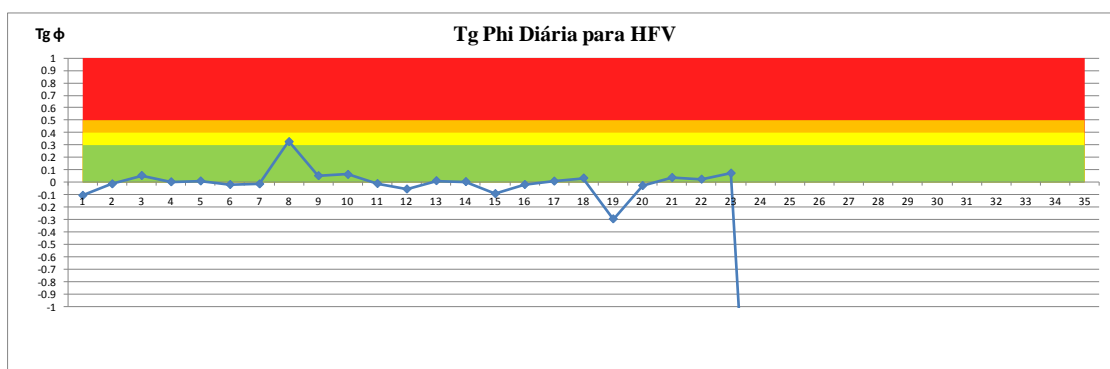


Figura 4.38 - Tg ϕ diária para as HFV no mês de Dezembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

Para as HV o trânsito de energia reactiva não é tão reduzido, como nas HFV, isto porque nas HV não pode ser injectada energia reactiva na rede de transporte, caso contrário o ORD será penalizado. O facto de existir esta folga permite garantir que mesmo que o consumo de energia reactiva baixe, a facturação de energia reactiva capacitiva continua a ser nula.

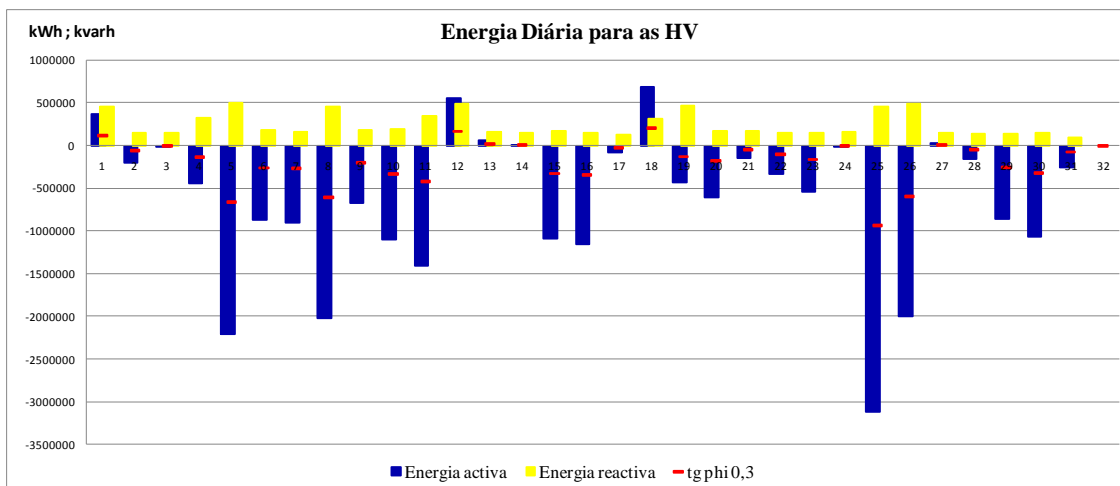


Figura 4.39 - Energia activa e reactiva diária para as HV no mês de Dezembro, com novo horário para as BC, considerando os PRE enquadrados no novo regulamento

4.3.3 - Comparação do Mês de Dezembro com o Mês de Setembro para um Cenário Futuro

Comparando os horários definidos para os dois períodos, que são opostos em termos de trânsito de energia, conclui-se que não existem grandes diferenças entre eles, pelo que estes podem ser aplicados a meses com um comportamento idêntico aos analisados.

Os horários definidos têm bastantes folgas, no que respeita aos limites do trânsito de energia reactiva, o que garante que em caso de alteração dos consumos, a energia reactiva continua a ser bem compensada.

Para os dois meses analisados verifica-se que a localização das BC não é a melhor, uma vez que é necessário permitir que seja injectado energia reactiva na rede de distribuição, para garantir a compensação de outras subestações.

Dado que a alocação das BC não é a que permite uma gestão das BC mais eficiente, é de ter em consideração a hipótese de o ORD negociar com alguns dos PRE, para que estes continuem a injectar energia reactiva, em vez de passarem para $\text{tg } \varphi=0$, já que permite que o ORD não necessite alterar a localização das existentes ou nem que tenha de investir em novas BC.

Deste modo demonstra-se a necessidade de definir novos horários, à medida que os PRE passam para o novo regulamento, assim como se justifica a alteração da localização das BC existentes.

Capítulo 5

Conclusões e Trabalhos Futuros

5.1 - Conclusões

A aplicação dos novos regulamentos tem como objectivo a gestão de forma mais eficiente a rede eléctrica, no entanto, em alguns casos, com a passagem dos PRE para $\text{tg}\varphi=0$, podemos diminuir a eficiência da rede, em vez de aumentar.

Para cada um dos pontos injectores, poderá ser necessário definir períodos horários diferentes, dependendo se a esse ponto injector esta alocada uma produção independente, muito ou pouco significativa, face aos consumo existentes.

Com a ferramenta desenvolvida é possível definir horários para as BC com folgas adequadas, o que garante que em caso de alteração dos consumos, a energia reactiva continua a ser bem compensada.

A aplicação desenvolvida consegue ainda uma redução no tempo de análise das subestações bastante significativa, permitindo que num curto espaço de tempo sejam testados vários cenários. Os vários cenários podem ser, a alteração da configuração da rede, alteração da localização das BC existentes, análise de uma possível implementação de novas BC e a fim de permitir a análise da variação da injeção de energia reactiva por parte dos PRE. Esta análise é possível uma vez que a ferramenta desenvolvida consegue utilizar informação proveniente do SCADA e da Telecontagem e junta-la permitindo assim analisar os diferentes cenários de trânsito de energia reactiva.

Existe um período de transição, em que os produtores irão passar para o novo regulamento, esta alteração deverá ser comunicada ao ORD, para que este possa fazer as alterações necessárias na rede, de forma a garantir que não será penalizado, pelo ORT,

devido à violação dos limites impostos, garantindo uma compensação eficiente da rede de distribuição.

A ferramenta permite analisar, facilmente vários cenários futuros, para que o ORD possa negociar com os produtores a possibilidade de estes passarem ou não para uma $\text{tg } \varphi=0$, caso isto se justifique. Se existir um défice de energia reactiva, na rede de distribuição, é possível que este seja colmatado através da injeção de energia reactiva na rede, sem que seja necessário que o ORD faça um investimento em BC.

Consegue-se definir horários para as BC com bastantes folgas, o que garante que em caso de alteração dos consumos, a energia reactiva continua a ser bem compensada.

5.2 - Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros, os possíveis desenvolvimentos que se podem realizar em relação a esta dissertação, passam por melhorar a ferramenta que foi criada. Estas melhorias passam por permitir que o programa seja capaz de:

- Definir a localização ideal, quer das BC existentes, quer para a instalação de novas BC, tendo em conta os escalões pré-definidos que possam vir a ser implementados na rede de distribuição;
- Calcular a redução de custos, em termos de perdas nas linhas AT;
- Definir horários para as BC, através da integração, de forma automática, da previsão da produção de energia eólica, para possibilitar uma melhor compensação da energia reactiva;
- Definir horários para as BC com base em valores médios e mínimos de trânsito de energia reactiva.

O desenvolvimento destes trabalhos, possibilita a criação de uma ferramenta capaz de definir, horários para as BC, quer com dados medidos quer com valores de previsão de produções, garantindo assim uma compensação mais eficiente da energia reactiva na rede de distribuição. Estes trabalhos permitirão ao utilizador obter uma análise mais abrangente em termos de custo-benefício, de um possível investimento na rede de transporte.

Referências

- [1] "IEEE Standard Letter Symbols for Units of Measurement (SI Units, Customary Inch-Pound Units, and Certain Other Units)," IEEE Std 260.1-2004 (Revision of IEEE Std 260.1-1993), pp. 0_1-23, 2004.
- [2] Mady, IB; , "Optimal sizing of capacitor banks and distributed generation in distorted distribution networks by genetic algorithms," Electricity Distribution - Part 1, 2009. CIRED 2009. 20th International Conference and Exhibition on , vol., no., pp.1-4, 8-11 June 2009
- [3] Jin-Cheng Wang; Hsiao-Dong Chiang; Karen Nan Miu; Darling, G.; , "Capacitor placement and real time control in large-scale unbalanced distribution systems: loss reduction formula, problem formulation, solution methodology and mathematical justification," Transmission and Distribution Conference, 1996. Proceedings., 1996 IEEE , vol., no., pp.236-241, 15-20 Sep 1996
- [4] Viawan, F.A.; Karlsson, D.; , "Voltage and Reactive Power Control in Systems With Synchronous Machine-Based Distributed Generation," Power Delivery, IEEE Transactions on , vol.23, no.2, pp.1079-1087, April 2008
- [5] Bansal, R.C.; , "Automatic Reactive-Power Control of Isolated Wind–Diesel Hybrid Power Systems," Industrial Electronics, IEEE Transactions on , vol.53, no.4, pp.1116-1126, June 2006
- [6] Vournas, C.D.; Sakellaridis, N.G.; Kabouris, J.; , "Investigation of capacitor switching strategies in HV/MV substations," Power Engineering Society General Meeting, 2006. IEEE , vol., no., pp.7 pp., 0-0 0
- [7] Smith, L.M.; , "A practical approach in substation capacitor bank applications to calculating, limiting, and reducing the effects of transient currents ," Rural Electric

- Power Conference, 1994. Papers Presented at the 38th Annual Conference , vol., no., pp.C3/1-C3/4, 24-26 Apr 1994
- [8] MINISTÉRIO DA ECONOMIA, DA INOVAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO “Portaria n.º 596/2010”, Regulamento da Rede de Distribuição, Julho de 2010
- [9] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “DESPACHO N.º 3/2010”, Abril de 2010
- [10] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “INFORMAÇÃO SOBRE PRODUÇÃO EM REGIME ESPECIAL (PRE)”, Novembro de 2010
- [11] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “Nota informativa sobre as novas regras de facturação da energia reactiva”, Abril de 2010
- [12] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “ESTRUTURA TARIFÁRIA DO SECTOR ELÉCTRICO EM 2009”, Dezembro de 2008
- [13] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “REGULAMENTO TARIFÁRIO DO SECTOR ELÉCTRICO”, Dezembro de 2009
- [14] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “TARIFAS E PREÇOS PARA A ENERGIA ELÉCTRICA E OUTROS SERVIÇOS EM 2010”, Dezembro de 2009
- [15] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “DESPACHO N.º 22/2008”, 2008
- [16] Loureiro, Henrique, “Visual Basic 2008: curso completo”,. Lisboa: FCA - Editora de Informática, Lda, cop. 2008. ISBN: 978-972-722-294-0
- [17] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, Informação sobre os períodos horários, (disponível em <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/periodoshorarios/Paginas/default.aspx>)
- [18] EDP - Energia de Portugal, “INSTALAÇÕES AT E MT. SUBESTAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO - Função de automatismo: comando horário de baterias de condensadores”, Fevereiro de 2007
- [19] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “Despacho n.º 12605/2010”, Agosto de 2010
- [20] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “Despacho n.º 7253/2010”, Abril de 2010