



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Bárbara Daniela Pereira Rodrigues

Auditoria Energética a Empresa Têxtil

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrónica Industrial e
Computadores

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Manuel João Sepúlveda Mesquita de Freitas

Engenheiro Luís Pereira

Junho de 2017

DECLARAÇÃO

Nome: Bárbara Daniela Pereira Rodrigues

Endereço eletrónico: a65323@alunos.uminho.pt Telefone: 914369612

Bilhete de Identidade/Cartão do Cidadão: 14370128

Título da dissertação: Auditoria Energética a Empresa Têxtil

Orientadores:

Professor Doutor Manuel João Sepúlveda Mesquita de Freitas

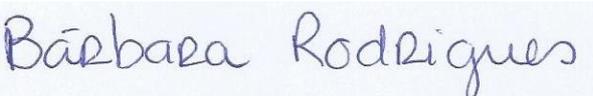
Engenheiro Luís Pereira

Ano de conclusão: 2017

Mestrado em Engenharia Eletrónica Industrial e Computadores

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, 21/06/2017

Assinatura: 

***“There is no demand for women engineers, as such, as there are for women doctors;
but there’s always a demand for anyone who can do a good piece of work”***

Edith Clarke

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores Professor Doutor Manuel João Sepúlveda e Engenheiro Luís Pereira por todo o tempo despendido, ajuda prestada, conhecimentos transmitidos e pela oportunidade de trabalhar com ambos.

À Leuk Solutions Unipessoal, Lda, pelo bom ambiente e simpatia, em especial ao senhor Manuel Pereira, por me ter acompanhado, ajudado e pelos conhecimentos transmitidos.

À Araújo e Irmãos, Lda, em particular ao senhor Fernando Araújo, por ter dado oportunidade de fazer esta dissertação na empresa, pela disponibilidade e por nunca ter posto qualquer entrave à realização deste projeto e ao senhor Manuel, por me ter acompanhado durante as visitas às instalações

À Alexandra, à Ana, ao Ângelo, ao António, ao Bruno, ao Carlos, à Cristiana, ao Francisco, ao Gil, ao João, ao José, ao José Carlos, à Juliana, ao Luís, ao Pedro, ao Rui, à Sofia, à Sónia e ao Tiago, por toda a amizade, ajuda, paciência e motivação.

À minha família por estar sempre presente, por todo o crédito e apoio.

À dona Alzira, ao senhor Rodrigues e ao senhor Torcato, por tudo.

RESUMO

Cada vez mais há uma crescente preocupação por parte dos consumidores em eliminar, reduzir ou conter custos, associada ao aumento da eficiência energética e à proteção do meio ambiente. Sendo visivelmente necessária uma abordagem mais personalizada e verificando a existência de oportunidades de atuação no mercado elétrico, a empresa *Leuk Solutions Unip. Lda.*, disposta a colmatar estes problemas, decidiu dar início a um projeto de realização de auditorias energéticas. Estas são um conjunto de estudos das condições de utilização de energia numa determinada instalação.

A força motivacional deste projeto surge da importância que a eficiência energética e as formas de energia alternativa tem para um desenvolvimento sustentável, ou seja, atender às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras fazerem o mesmo. Atualmente, o setor industrial, de forma global, é onde se verifica o maior consumo de energia elétrica, sendo maioritariamente produzida a partir de combustíveis fósseis, prejudiciais ao meio ambiente. As poupanças neste setor surgem como uma das alternativas mais atrativas e viáveis para ir de encontro à otimização do consumo de energia e à redução das emissões de gases de efeito de estufa.

A presente dissertação, executada sob a alçada da *Leuk Solutions Unip. Lda.*, teve como finalidade a elaboração de uma auditoria energética a uma empresa inserida na indústria têxtil, a Araújo e Irmão, Lda.

Efetuaram-se visitas à Araújo e Irmãos, Lda, para uma análise das instalações e dos equipamentos existentes, sendo também pedida documentação relativa aos consumos da empresa e à utilização de fontes de energia renovável. Foram realizadas medições com um equipamento de análise de problemas de qualidade de energia elétrica. O conjunto de informações recolhido foi posteriormente analisado e estudado, resultando num conjunto de sugestões e medidas para futura implementação na empresa. É também importante referir que o principal objetivo destas sugestões visa melhorar o desempenho energético e económico da Araújo e Irmãos, Lda, sem afetar o processo produtivo.

Foram também analisadas algumas soluções já implementadas pela empresa antes da elaboração desta dissertação, como por exemplo o sistema solar fotovoltaico e o banco de condensadores. Em ambas as soluções foi possível detetar problemas de qualidade de energia. Sugeriram-se alterações/otimizações relativamente à instalação elétrica, à energia reativa, à utilização de alguns equipamentos e à iluminação.

Palavras-Chave: auditoria energética, eficiência energética, qualidade de energia.

ABSTRACT

Consumers are increasingly concerned about eliminating, reducing or containing costs, opting to an increased energy efficiency and environmental protection. A personalized approach is clearly needed and the existence of opportunities in the electric market is evident. Looking further these problems Leuk Solutions Unip. Lda. company decided to start a project aimed at conducting energy audits. These are a set of studies of the conditions of use of energy in each installation.

The present work, executed under the authority of Leuk Solutions Unip. Lda., had as purpose the elaboration of an energy audit to a textile industry company, Araújo e Irmãos, Lda.

The motivational strength for this project emerges from the importance that energy efficiency and alternative forms of energy have for a sustainable development, i.e. knowing the needs of the present without compromising the ability of future generations to do the same. Globally, industry is where the highest consumption of electric energy is, mostly produced from fossil fuels, which is harmful to the environment. Savings in this sector have emerged as one of the most attractive and viable alternatives meeting an optimization of energy consumption and the reduction of greenhouse gas emissions.

Visits were made to Araújo and Irmãos, Lda, for analysis of the existing facilities and equipment. Documentation was also requested regarding the company's consumption and its alternative energy sources. Measurements were carried out with a power quality analyzer. The set of collected information was studied and analyzed, resulting in a group of measures to improve the energy and economic performance of Araújo e Irmãos, Lda, without affecting the productive process of it.

Some already implemented solutions by the company before this project, such as the solar photovoltaic system and the capacitor bank, were analyzed. Power quality problems were founded. Changes and optimizations were suggested regarding the electrical installation, the reactive energy, the use of some equipment's and the lighting.

Keywords: energy audit, energy efficiency, power quality

ÍNDICE

Agradecimentos.....	viii
Resumo.....	x
Abstract.....	xii
Índice.....	xiv
Lista de Figuras.....	xvi
Lista de Tabelas.....	xviii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xx
Nomenclaturas.....	xxii
1 Introdução.....	25
1.1 Enquadramento.....	25
1.2 Motivação.....	28
1.3 Objetivos.....	29
1.4 Estrutura da Dissertação.....	29
2 Auditoria Energética.....	31
2.1 Definição de Auditoria Energética.....	31
2.2 Objetivos de uma Auditoria Energética.....	31
2.3 Tipos de Auditoria.....	32
2.4 Metodologia.....	33
2.4.1 Planeamento e Recolha de Informação.....	33
2.4.2 Trabalho de Campo.....	34
2.4.3 Tratamento de Dados.....	34
2.4.4 Relatório Final.....	35
3 Caso de Estudo: A Empresa Araújo e Irmãos, Lda.....	37
3.1 A Empresa Leuk Solutions, Lda.....	37
3.2 A Empresa a Auditar Araújo e Irmãos, Lda.....	37
3.2.1 Caracterização do Edifício.....	38
3.2.2 Processo Produtivo.....	39
3.2.3 Consumo Energético.....	42
3.2.4 Iluminação.....	60

3.2.5	Painéis Solares	60
4.	Resultados da Auditoria e Análise	63
4.1	Edifício	63
4.2	Consumo Energético	66
4.3	Iluminação	89
4.4	Painéis Solares.....	90
5.	Conclusões e Trabalho Futuro	93
	Referências Bibliográficas	97
	Anexo I : Proposta da Zeben – Sistemas Eletrónicos, Lda	103
	Anexo II: Proposta da Circutor SA.....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução do Consumo de Energia Elétrica de 1994 a 2015, em TWh [2]	26
Figura 2 - Consumo de Energia Elétrica por Setor, em 2015 [2]	27
Figura 3 - Vista Aérea da Empresa Araújo e Irmãos, Lda [33]	38
Figura 4 - Processo Produtivo da Empresa Araújo e Irmãos, Lda.	39
Figura 5 - Consumo de Energia Ativa de 2013 em Percentagem.....	47
Figura 6 - Consumo de Energia Ativa de 2014 em Percentagem.....	48
Figura 7 - Consumo de Energia Ativa de 2015 em Percentagem.....	49
Figura 8 - Consumo de Energia Ativa de 2016 em Percentagem.....	50
Figura 9 - Banco de Condensadores da Araújo e Irmão, Lda.....	51
Figura 10 – Regulador Automático de Fator de Potência.....	52
Figura 11 - PQA824 [22]	54
Figura 12 - Pinças Flexíveis de Corrente [37].....	54
Figura 13 - Cabos e Crocodilos [37]	54
Figura 15 - Medições Prévias das Tensões no PT	55
Figura 14 - Medições Prévias das Correntes no PT	55
Figura 16 - Medição Prévia das Potências no PT	56
Figura 17 - Medição Prévia da Corrente Fundamental no PT.....	57
Figura 18 - Medição Prévia dos Harmónicos de 3 ^a , 5 ^a e 7 ^a Ordens no PT	57
Figura 19 – Medição Prévia dos Harmónicos de 9 ^a , 11 ^a e 13 ^a ordens no PT	58
Figura 20 - Medição Prévia da Taxa de Distorção Harmónica da Tensão no PT	59
Figura 21 - Medição Prévia da Taxa de Distorção Harmónica da Corrente no PT	59
Figura 22 - Possíveis Ligações do Sistema Solar Fotovoltaico.....	61
Figura 23 - Inversores CC/CA	62
Figura 24 - Sistema solar fotovoltaico da Araújo e Irmãos, Lda [37]	62
Figura 25 - Representação esquemática dos quadros elétricos no edifício	64
Figura 26 - Ligação entre quadros elétricos da Araújo e Irmão, Lda	65
Figura 27 - Representação do PCC e da IL [55].....	68
Figura 28 - Ligação do PQA824 ao PT.....	72
Figura 30 - Tensões medidas no PT	74
Figura 29 - Formas de Onda Instantâneas da tensão no PT	74

Figura 31 – Correntes medidas no PT.....	76
Figura 32 - Formas de onda instantâneas das correntes.....	76
Figura 33 - Faturação em Percentagem	77
Figura 34 - Potências medidas no PT	79
Figura 35 - Medição das Tensões no QP6	82
Figura 36 - Formas de Onda Instantâneas da Tensão no QP6.....	83
Figura 37 - Medição das Correntes no QP6	84
Figura 38 - Formas de Onda Instantânea das Correntes no QP6.....	85
Figura 39 - Potências Ativa, Aparente e Reativa Medidas no QP6	86
Figura 40 - Mostrador de um dos inversores CC/CA.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Faixas de Tensão Elétrica [30]	43
Tabela 2 - Ciclo Horário Semanal [33].....	44
Tabela 3 - Períodos Sazonais [34]	45
Tabela 4 - Exemplo de Tarifas de Acessos às Redes em MT de Energia Ativa	45
Tabela 5 - Escalões de Energia Reativa [34]	46
Tabela 6 - Exemplo de Tarifas de Acesso às Redes em MT de Energia Reativa	46
Tabela 7 - Consumo de Energia Ativa de 2013	47
Tabela 8 - Consumo de Energia Ativa de 2014.....	48
Tabela 9 – Consumo de Energia Ativa de 2015.....	49
Tabela 10 - Consumo de Energia Ativa de 2016	50
Tabela 11 - Energia Reativa Consumida e Fornecida de 2013 e 2016	51
Tabela 12 - Principais Equipamentos	53
Tabela 13 - Comparação Entre os Tipos de Lâmpadas [44] [45].....	60
Tabela 14 - Ligações entre quadros elétricos.....	65
Tabela 15 – Quadros sujeitos a medições	66
Tabela 16 - Limites da Corrente de Distorção para Sistemas de Distribuição Gerais para MT [43][58].	69
Tabela 17 - Características do Transformador de Distribuição do PT	70
Tabela 18 - Corrente de Distorção Harmónica em Percentagem Relativa ao Caso em Estudo.....	71
Tabela 19 - Taxa de Distorção Harmónica Total da Tensão [43] [57]	71
Tabela 20 - Horas de medição no PT	72
Tabela 21 - Taxa de Distorção Harmónica Máxima da Tensão no PT.....	79
Tabela 22 - Taxa de Distorção Harmónica da Corrente no PT	80
Tabela 23 - Harmónicos de Corrente Individuais no PT.....	80
Tabela 24 - Horas de medição no QP6.....	81
Tabela 25 - Taxa de Distorção Harmónica Máxima da Tensão no PT.....	87
Tabela 26 - Taxa de Distorção Harmónica da Corrente no PT	87
Tabela 27 - Harmónicos Individuais de Corrente no QP6	87
Tabela 28 - Propostas de Filtros Ativos Paralelos	88

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

- AT – Alta Tensão
- BT – Baixa Tensão
- CA – Corrente Alternada
- CAV – Contribuição Audiovisual
- CC – Corrente Contínua
- CEE – Comunidade Económica Europeia
- CRI – Corte e Reposição da Instalação
- EDP – Energias De Portugal
- EMAS – *Eco-Management and Audit Scheme* (Sistema de Gestão e Auditoria Ambiental)
- ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais
- UE – União Europeia
- EUA – Estados Unidos da América
- EUR – Euro
- IEC – Imposto Especial de Consumo de Eletricidade
- IEE – Índice de Eficiência Energética
- ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional para Normalização)
- LED – *Light Emitting Diode* (Díodo Emissor de Luz)
- MAT – Muito Alta Tensão
- MT – Média Tensão
- PF – *Power Factor* (Fator de Potência)
- PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
- PNAER – Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
- PORDATA – Base de Dados de Portugal Contemporâneo
- PQA – *Power Quality Analyser* (Analisador de Qualidade de Energia)
- PT – Posto de Transformação
- QG – Quadro Geral
- QP – Quadro Parcial
- RCCTE – Regulamento das Características do Comportamento Térmicos dos Edifícios
- THD – *Total Harmonic Distortion* (Taxa de Distorção Harmónica)

NOMENCLATURAS

Símbolo	Significado	Unidade
HXXi	Harmónico de Ordem XX de corrente	A, %
HXXv	Harmónico de Ordem XX de tensão	A, %
I1	Corrente na Fase 1	A
I2	Corrente na Fase 2	A
I3	Corrente na Fase 3	A
In	Corrente no Neutro	A
Pt	Potência Ativa Total	W
Qt	Potência Reativa Total	VAr
St	Potência Aparente Total	VA
THDi	Taxa de Distorção Harmónica da Corrente	%
THDv	Taxa de Distorção Harmónica da Tensão	%
V1	Tensão na Fase 1	V
V2	Tensão na Fase 2	V
V3	Tensão na Fase 3	V

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente necessidade de reduzir consumos energéticos e a poluição ambiental, a indústria viu-se obrigada a investir numa maior eficiência de produção e consumo. A diminuição dos consumos tem que ser feita de forma equilibrada, de forma a não comprometer fatores económicos e tecnológicos.

Torna-se imperativo que exista, em cada empresa, uma gestão energética, de maneira a gerir e otimizar o consumo de energia. Com o objetivo de auxiliar os consumidores nesta tarefa, surgiram as auditorias energéticas, tema desta dissertação.

Neste capítulo faz-se um enquadramento deste tema, apresenta-se a motivação, tal como os seus objetivos. No final especifica-se a organização do presente documento.

1.1 Enquadramento

A crescente preocupação com a racionalização dos recursos energéticos na União Europeia (UE) remonta à década de 70, com a publicação de legislação neste âmbito. A crise energética de 1973 foi um marco na história do planeta, pois desencadeou um aumento acelerado e incontido no preço do petróleo (cerca de 400% em 5 meses), pelo facto de existir um défice de oferta para a procura existente. Provocou uma longa recessão nos Estados Unidos da América e Europa, destabilizando a economia mundial [1].

O desenvolvimento económico prevalecente nas últimas décadas, caracterizou-se pela utilização intensiva de energia produzida a partir de recursos fósseis. Como se pode verificar na **Figura 1**, o consumo energético aumentou drasticamente, em Portugal, ao longo dos últimos 20 anos [2]. A má utilização da energia conduz a um desperdício das fontes de energia primária, implicando um consumo desnecessário e evitável de combustíveis. O consumo descontrolado provoca impactos no meio ambiente, tais como alterações climáticas. Estas são conhecidas como uma das grandes ameaças ao ambiente e à qualidade de vida das populações.

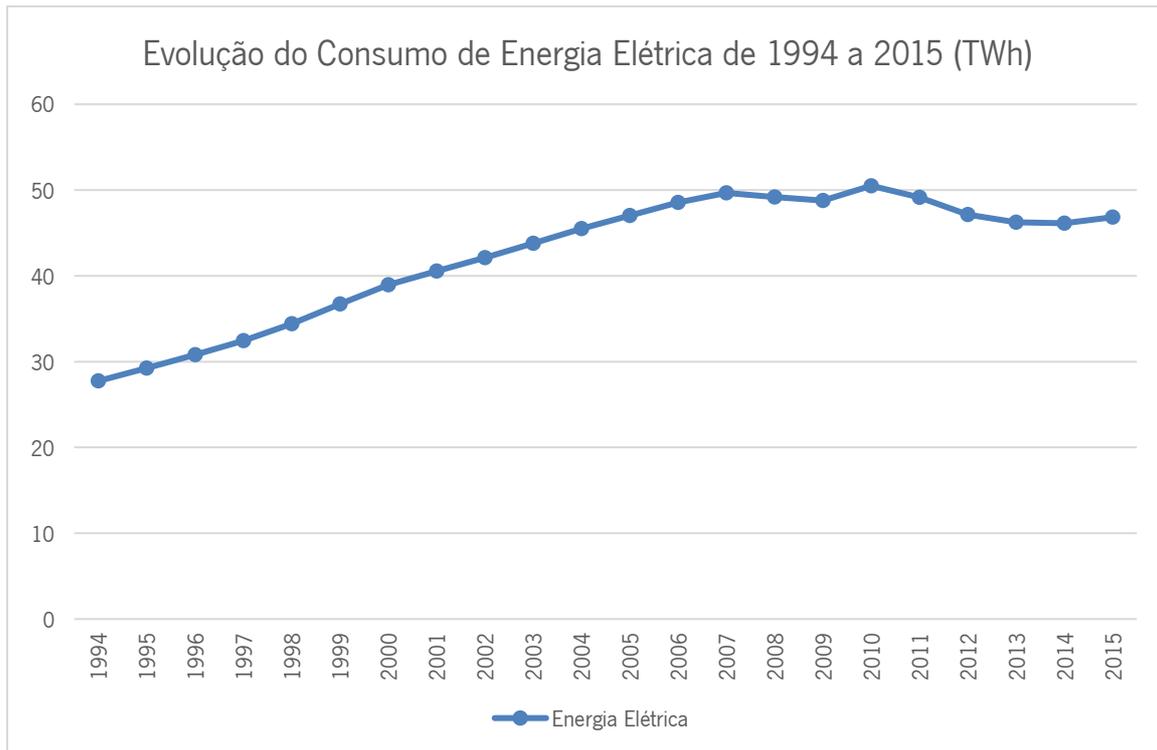


Figura 1 - Evolução do Consumo de Energia Elétrica de 1994 a 2015, em TWh [2]

No cenário competitivo que se vive atualmente no setor industrial, a sustentabilidade surge como fator primordial para a permanência de uma empresa no mercado. Esta define-se pela capacidade que um ser humano, ou um conjunto dos mesmos, tem de viver num determinado ambiente sem o prejudicar, adequando as tecnologias para um uso moderado e, se possível, renovável. Diretamente ligada à sustentabilidade, coloca-se a eficiência energética, dado que esta é a atividade que procura otimizar o uso das fontes de energia [3].

A EU tem vindo a fazer esforços de modo a reduzir o consumo de energia, as emissões de gases de efeito de estufa, aumentar as fontes de energia renováveis e a eficiência energética. Neste sentido, houve a preocupação de criar legislação que tivesse em atenção as necessidades do planeta. O primeiro registo remonta a 28 de julho de 1982 (Portugal só se tornou membro da EU em 1 de janeiro de 1986), consistindo numa recomendação do Conselho, relativa ao incentivo de investimentos no domínio da utilização racional da energia [4]. Hoje em dia, existem objetivos estabelecidos para 2020, 2030 e 2050, sendo que, como resultado final, se deverá obter em 2030:

- 27% da energia da EU obtida a partir de fontes renováveis;
- 27% - 30% de aumento de eficiência energética;

- 15% de interligação elétrica (eletricidade produzida na EU pode ser transferida para outros países da EU).

Em 2050 espera-se que a redução de emissão dos gases de efeito de estufa se situe entre 80% e 95%. Estas percentagens são relativas aos valores registados em 1990 [5].

A nível nacional, o primeiro decreto-lei que estabeleceu normas sobre gestão energética, é o n.º58/82, datado de 26 de fevereiro de 1982 [6]. Atualmente, são de referir o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (ECO.AP 2020), concebido em 2011, o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE 2016) [7] e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER 2020), ambos criados em 2013 [8]. Foi formulado também um fundo de apoio monetário, para incentivar os consumidores à aplicação destes planos [9].

A indústria assume-se como a maior consumidora de energia elétrica comparativamente aos restantes setores, como indica a **Figura 2**, representando um dos seus maiores custos. Aliando isto ao incentivo trazido pela legislação, com uma maior compreensão do impacto humano sobre as mudanças climáticas e à permanente vontade de diminuir e conter custos, sem negligenciar o processo produtivo (tanto em qualidade, como em quantidade), verifica-se a necessidade de intervir nas instalações. Entra-se assim no campo das auditorias energéticas, sendo estas uma ferramenta estratégica para que se possa elaborar um planeamento energético numa empresa [10].

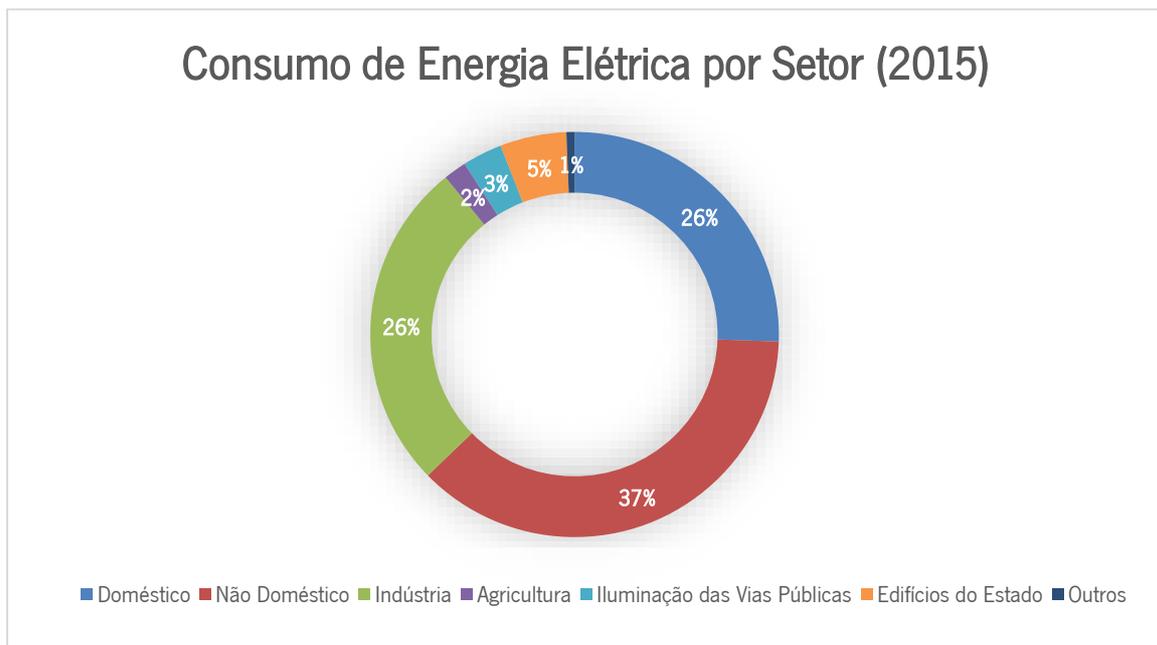


Figura 2 - Consumo de Energia Elétrica por Setor, em 2015 [2]

As auditorias surgiram no final dos anos 70 (altura também da crise energética iniciada em 1973) nos Estados Unidos da América (EUA), onde as indústrias as adotaram como método de gestão para identificar antecipadamente os problemas causados nas suas operações. Na Europa, em 1985, a Holanda foi o primeiro país onde as empresas passaram a adotar as auditorias na gestão ambiental. Em 1992, no Reino Unido, foi criada a primeira legislação que incluía o recurso a auditorias, dando-se algo semelhante também em França [11]. Em 1995, a Comunidade Económica Europeia (CEE) integrou o Sistema de Gestão e Auditoria Ambiental (EMAS), uma iniciativa voluntária, que tinha como objetivo melhorar a performance ambiental das empresas [12].

Internacionalmente, a normalização das auditorias ocorreu no âmbito da Organização Internacional de Normalização (ISO). A ISO foi criada em 1947 em Genebra, na Suíça, e tem como propósito aprovar normas internacionais em todos os campos técnicos, como normas técnicas, classificações de países, normas de procedimentos e processos [13].

1.2 Motivação

A preocupação com questões ambientais tem vindo a aumentar ao longo dos anos. A emissão de gases de efeito de estufa, o consumo excessivo de energia e, conseqüentemente, a elevada dependência dos combustíveis fósseis, são temas cada vez mais debatidos.

A energia elétrica representa um dos maiores custos da indústria [2]. Unindo a crescente preocupação com os gastos económicos e os cuidados que ambiente necessita, torna-se imperativo que exista um compromisso da mesma com a eficiência energética. Para além de passar uma imagem positiva, este constitui uma oportunidade para aumentar a produtividade e a competitividade, modernizar as instalações, aceder a linhas de financiamento e, obviamente, reduzir o valor da fatura.

A eficiência energética constituiu, hoje, um dos fatores essenciais para um controlo de despesas. Sendo a redução e otimização de custos cada vez mais importante, verifica-se que existe a necessidade de intervir nas instalações. Surge então, o tema desta dissertação, as auditorias energéticas. Para implementar as medidas adequadas na instalação é indispensável uma análise detalhada das condições de utilização de energia na mesma. O serviço de auditoria energética contribui para uma maior consciência de todos os fatores que influenciam o consumo energético.

Apesar da importância do projeto dos edifícios e de auditorias energéticas, atingir os níveis de eficiência energética desejados vai muito além disso. É fundamental uma mudança de comportamento, adequação de práticas e constante procura de soluções.

1.3 Objetivos

Esta dissertação visa a execução de uma auditoria energética de uma empresa inserida na indústria têxtil, de forma a fazer o levantamento e análise detalhada dos consumos da instalação. Os principais objetivos são:

- Fazer uma análise e medição dos consumos de eletricidade pelos principais equipamentos e iluminação;
- Recolha de toda a documentação disponível e relevante;
- Estudo e tratamento dos dados recolhidos;
- Propor medidas para melhoria da eficiência energética com características técnicas e economicamente viáveis;
- Sugestão de alterações tarifárias, se aplicável, e de utilização eficiente do imóvel;
- Estudo do potencial de instalação de energias renováveis e da troca de equipamentos de iluminação.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos, iniciando-se com uma introdução ao tema, fazendo um enquadramento, falando da motivação e dos objetivos da mesma.

No capítulo dois, é dada uma definição de auditoria energética, bem como são especificados os seus objetivos, os seus tipos e explicada a metodologia normalmente adotada para a realização deste processo.

O capítulo seguinte baseia-se no caso de estudo, a empresa Araújo e Irmãos, Lda. Começa por se fazer uma pequena apresentação da mesma, caracterizando o edifício, apresentando o esquema elétrico, explicando o processo produtivo e falando dos consumos energéticos, dos principais equipamentos e da iluminação. Neste capítulo é ainda abordada a utilização, por parte da empresa, de fontes de energia renovável, nomeadamente painéis solares fotovoltaicos.

No capítulo quatro são apresentados os resultados da auditoria, a sua análise, bem como as medidas propostas, de forma a reduzir os consumos e por consequência o valor da fatura.

O último e quinto capítulo trata as conclusões e sugestões de trabalho futuro no seguimento desta dissertação.

2 AUDITORIA ENERGÉTICA

A gestão energética na indústria é fundamental para uma utilização racional dos combustíveis e da energia elétrica [10]. Contudo tem que se firmar em elementos reais, de modo a ser o mais eficaz possível.

Para implementar as medidas adequadas numa instalação, é imprescindível o controlo rigoroso dos consumos de energia. Para que isto aconteça é necessário ter uma contabilidade energética que contenha toda a informação, que permita conhecer no tempo os consumos e a sua relação com a produção e serviço da instalação em questão [10].

Este é o campo das auditorias energéticas, sendo estas um método estratégico para que se possa fazer um planeamento energético numa empresa [10].

Neste capítulo é dada uma definição do que são auditorias energéticas, bem como os seus objetivos, os vários tipos de auditorias existentes e é especificada a metodologia normalmente utilizada para as realizar.

2.1 Definição de Auditoria Energética

A auditoria energética é o estudo e exame detalhado das condições de utilização de energia na instalação. Permite contabilizar os consumos de energia, ou seja, conhecer onde, quando e como esta é usada e quais as anomalias existentes na sua utilização [10].

O seu principal propósito é identificar oportunidades de melhoria do desempenho energético da instalação, reduzindo a fatura sem afetar o processo produtivo. Procura que haja uma maior rentabilidade da energia, conseguida através de um uso mais apropriado da mesma.

A auditoria é uma ferramenta de apoio ao empresário ou gestor de energia na seleção tecnológica mais adequada para possíveis investimentos, de modo a obter uma utilização racional de energia.

2.2 Objetivos de uma Auditoria Energética

Sendo o processo mais importante e específico para a determinação da situação energética duma qualquer instalação, a auditoria energética tem como principais objetivos [14] [15]:

- Determinar e quantificar a energia utilizada (energias ativa e reativa);
- Analisar as condições de utilização de energia nas instalações;

- Estabelecer a estrutura de consumo de energia;
- Determinar os consumos por processo, operação ou equipamento;
- Identificar as possibilidades de melhoria dos rendimentos energéticos;
- Analisar técnica e economicamente as soluções encontradas;
- Propor a substituição de equipamentos por outros mais eficientes;
- Estabelecer metas de consumo de energia sem alterações do processo;
- Recomendar a alteração de fontes energéticas, para energias renováveis, caso se aplique;
- Propor, se inexistente, um sistema organizado de gestão de energia na empresa.

2.3 Tipos de Auditoria

Existem dois tipos de auditorias, as simples e as completas. As primeiras têm como finalidade fazer um diagnóstico da situação energética de uma instalação, consistindo numa simples observação visual para identificar falhas e na recolha de dados suscetíveis de fornecer informação sobre os consumos específicos de energia. Utilizam normalmente como informação relativa aos consumos existentes e à faturação dos diferentes tipos de energia [14] [16].

Para os edifícios não industriais, uma auditoria simples permite estabelecer o consumo específico ou o Índice de Eficiência Energética (IEE), que pode ser comparado com valores limites pré-estabelecidos de consumos padrão. Pode ainda ser complementada utilizando curvas de consumo características aplicadas ao consumo global e medição pontual de condições interiores. No caso do setor industrial a informação relativa aos consumos existentes é complementada com os dados referentes ao processo (processo de fabrico, linhas de produção). Isto inclui as características do equipamento principal e horas de funcionamento [16].

Dentro das auditorias simples, existem as auditorias sintéticas, que consistem na síntese dos consumos e encargos energéticos por vetores de energia, e as auditorias genéricas ou deambulatórias, que visam a visita e análise das condições de funcionamento dos principais equipamentos ou processos de forma resumida, podendo haver algumas medições [17].

As auditorias completas consistem no levantamento aprofundado da situação energética, analisando-se as quantidades de energia utilizadas em cada uma das operações do processo de fabrico. Permitem a monitorização do sistema, sendo que o número e o tipo de medições são variáveis e devem

basear-se num conhecimento prévio do tipo de edifício ou indústria em análise e dos seus equipamentos. As medições podem ser do interior e do exterior, desagregadas por consumos dos equipamentos, grupos dos mesmos ou setores da empresa [14] [16].

Uma das principais funções deste tipo de auditoria é apoiar o empresário ou gestor de energia na seleção tecnológica mais adequada.

Nas auditorias completas encontram-se as auditorias analíticas, que são uma análise exaustiva dos consumos por tipo de equipamento ou processo existentes nas instalações, e as auditorias tecnológicas, baseando-se numa alteração nas instalações dos sistemas ou processos produtivos com vista à redução do consumo de energia [17].

A escolha da auditoria mais indicada vai depender do tipo e da dimensão do edifício, das energias envolvidas, dos equipamentos, da profundidade da análise pretendida e dos custos que esta intervenção vai acarretar.

A auditoria simples poderá ser suficiente para que a legislação seja cumprida, contudo não será suficiente para se determinar as melhores soluções técnicas e económicas. Os motivos que levam à sua escolha são os custos reduzidos, a curta duração e a obtenção de uma resposta rápida. Já na auditoria completa os custos são mais elevados, tal como o tempo que demora a ser terminada, contudo o nível de informação obtida é superior, o que faz com que seja mais precisa.

2.4 Metodologia

Para a execução de uma auditoria é necessário que haja organização e um planeamento de como o processo irá decorrer. É imprescindível estabelecer a sequência de ações que permitam obter o conhecimento necessário da instalação analisada, com o intuito de detetar, quantificar e corrigir as perdas de energia existentes.

Existem quatro etapas relevantes na auditoria: o planeamento, o trabalho de campo, o tratamento de dados e a elaboração do relatório final [18].

2.4.1 Planeamento e Recolha de Informação

Esta é a fase de preparação da auditoria, sendo de grande importância e constituindo um elemento decisivo para a qualidade do trabalho a desenvolver [18].

No planeamento e recolha de informação procede-se a uma visita prévia às instalações, onde é efetuado um questionário de modo a adquirir informações que possam ser úteis ao auditor (por exemplo o processo produtivo) e recolher os dados históricos da empresa, nomeadamente faturas energéticas (se possível de 3 anos). É feita a análise do processo produtivo implementado na instalação de maneira a dotar o auditor de conhecimentos mínimos que lhe permitam entender a interligação entre os gastos energéticos e os processos, possibilitando a deteção de potenciais economias de energia numa eventual reorganização do processo produtivo.

É nesta etapa que se definem os objetivos da auditoria energética.

2.4.2 Trabalho de Campo

O trabalho de campo consiste na análise das condições de utilização da energia na instalação a auditar. Procede-se à recolha de toda a informação energética possível e útil, começando por fazer medições, instalando um equipamento de registo em funcionamento, de forma a monitorizar e armazenar todos os dados necessários aos cálculos das várias perdas energéticas. Estas consistem nos diferentes problemas de qualidade de energia.

Seguidamente efetua-se a análise de todas as operações e equipamentos mais consumidores de energia e recolhem-se todos os elementos necessários para a elaboração de um balanço global da instalação [18].

A eficácia da auditoria está fortemente dependente do trabalho de campo.

2.4.3 Tratamento de Dados

O tratamento de dados consiste na organização e análise rigorosa de toda a informação recolhida nas duas primeiras fases, de modo a encontrar as melhores soluções e medidas para aumentar a eficiência energética da empresa [18].

No final desta fase deverão estar disponíveis alguns elementos fundamentais, tais como os consumos de energia final e global da instalação e consumos de energia por equipamentos significativos. Também deverão ser apresentadas soluções tecnológicas energéticas e de processos, bem como a sua análise técnica e económica de custo e benefício, com a perspetiva de serem implementadas e com o intuito de aumentarem a eficiência do sistema. Poderão ainda ser apresentadas soluções organizacionais para a implementação de um sistema permanente de gestão de energia.

Esta etapa é considerada a mais importante das quatro, dado que trata a informação recolhida nas duas primeiras e sem ela, seria impossível realizar a quarta fase da auditoria energética.

2.4.4 Relatório Final

O relatório final é a apresentação organizada e coerente de todos os elementos recolhidos e analisados [10].

Deverá conter os objetivos e enquadramento da auditoria, a identificação da instalação, a contabilidade energética, as medições e levantamento de dados efetuados, os resultados obtidos e a formulação de recomendações [10].

Este relatório deverá ser entregue ao gestor da empresa e ao gestor de energia da empresa auditada.

3 CASO DE ESTUDO: A EMPRESA ARAÚJO E IRMÃOS, LDA

Por sugestão da Leuk Solutions, Lda, surgiu a oportunidade de fazer uma auditoria energética à empresa têxtil Araújo e Irmãos, Lda. Apesar de já ter um grande investimento no que diz respeito a eficiência energética, dispôs-se a tentar melhorar ainda mais.

Neste capítulo faz-se a apresentação da empresa e do seu processo produtivo. É também realizada uma análise de todas as informações recolhidas durante as visitas às instalações, onde foi efetuada a auditoria energética.

3.1 A Empresa Leuk Solutions, Lda

A empresa Leuk foi formada em 2012 e trabalha maioritariamente na importação e distribuição de artigos de iluminação de elevada eficiência energética. Tem desenvolvido alguns produtos, estando no arranque de uma nova fase: a produção e fabricação de artigos de iluminação. Até ao momento, têm três artigos produzidos pelos próprios e mais três em fase de desenvolvimento.

Localizada na zona de Barcelos [19], esta empresa surge na altura em que a palavra “crise” justifica eliminar, reduzir e conter as despesas nas empresas, habitações e instituições.

Apoio técnico, assessoria técnica e auditoria energética são conceitos que surgem bastante desfasados do comércio de equipamentos que visam a economia e eficiência energética.

Dispostos a ajudar a colmatar estas lacunas no mercado elétrico, querem dar início à componente de auditorias energéticas como projeto inicial.

3.2 A Empresa a Auditar Araújo e Irmãos, Lda

Localizada em Barcelos, a empresa Araújo e Irmãos, Lda é uma empresa que trabalha no ramo têxtil, fundada em 1978 [20].

Tem os serviços de tecelagem, confeção, estamparia, lavandaria e tingimento (à peça), conseguindo transformar matéria-prima de base em vestuário.

Unindo a contenção de custos a uma preocupação ambiental, esta empresa possui uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), para tratamento e reutilização de resíduos, e tira partido das energias renováveis, tendo painéis solares fotovoltaicos incorporados na instalação.

Mais recentemente, em 2014, decidiram investir em eficiência energética, tendo já compensado a energia reativa com bancos de condensadores e substituído quase toda a sua iluminação por LED. Aceitaram ainda que fosse feita uma auditoria às suas instalações (presente nesta dissertação).

3.2.1 Caracterização do Edifício

O edifício localiza-se na zona industrial da Cidade de Barcelos, na área climática I2V1, está 12 quilómetros da costa e a 38 metros de altitude [21].

O espaço em análise é uma empresa têxtil em Gilmonde e é constituída por dois pisos. No rés-do-chão encontram-se todos os setores que estão relacionados com o negócio propriamente dito: os armazéns, a tecelagem, a tinturaria, o corte, a confeção, a estamparia, a lavandaria, zonas de cargas e descargas e ainda sala dos compressores, das caldeiras e das bombas de água. Já no segundo piso localiza-se a área reservada a contacto com clientes: a receção, os escritórios e as salas de reunião. Pode ser também encontrado o bar/refeitório para os trabalhadores.

No exterior do edifício existem alguns espaços verdes, a portaria, os parques de estacionamento, uma zona reservada a painéis solares fotovoltaicos (cobertura) e uma ETAR. O edifício está isolado, não sendo confinante a outras instalações. Na *Figura 3* está representada a vista aérea da empresa [22].



Figura 3 - Vista Aérea da Empresa Araújo e Irmãos, Lda [33]

3.2.2 Processo Produtivo

Numa indústria são usados equipamentos altamente especializados. Isto obriga o auditor a aprender como funcionam os aparelhos presentes na empresa e de que maneira é realizado o processo produtivo.

O processo produtivo é a combinação de fatores de produção que proporciona a obtenção do produto final [23]. Esta parte da dissertação servirá para dar conhecimento sobre este mesmo processo, realizado na empresa a auditar, de forma a facilitar uma posterior análise do trabalho prático.

A empresa Araújo e Irmãos está dividida em oito setores: tecelagem, tinturaria, corte, confeção, estamparia, bordados, lavandaria e acabamentos. A sua ordem está representada na **Figura 4**, passando a descrever-se cada um deles de seguida.

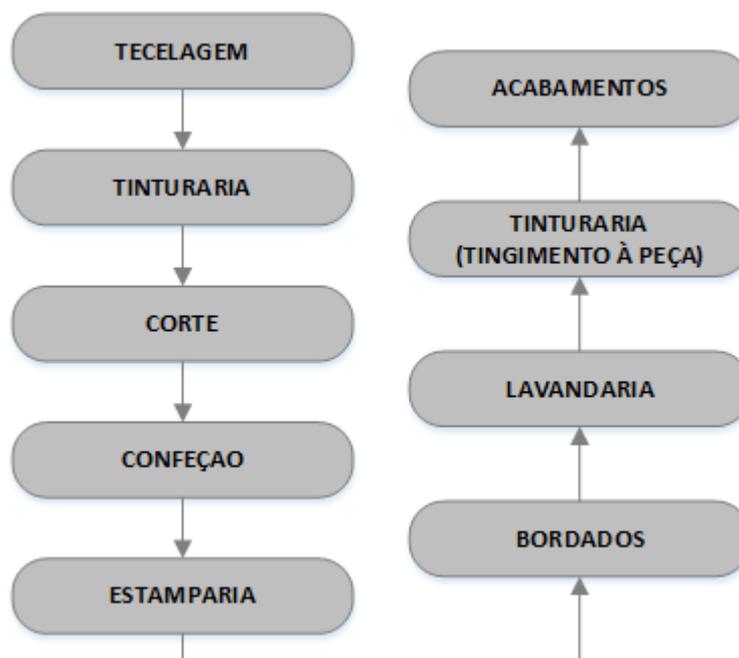


Figura 4 - Processo Produtivo da Empresa Araújo e Irmãos, Lda.

Tecelagem

Este é o processo de cruzamento ortogonal de dois sistemas de fios de modo a produzir um tecido. Ao sistema de fios posicionado na direção do comprimento do tecido dá-se o nome de teia e ao introduzido na largura do mesmo, designa-se de trama. A tecelagem realiza-se em máquinas denominadas por teares [24]

Após o fabrico do tecido, este pode ser classificado consoante o número de teias e tramas utilizadas. Existem assim tecidos simples, onde apenas são usadas uma teia e uma trama, e tecidos múltiplos, cujo número de teias e/ou tramas passa para dois.

Existem três componentes que caracterizam os tecidos: fios de teia, feios de trama e estrutura. São através deles que se definem a aparência, o toque, a capacidade de moldagem e a flexibilidade.

Tinturaria

A tinturaria tem como objetivo conferir ao substrato têxtil uma cor uniforme em toda a sua extensão. De maneira a criar este efeito são usados corantes, havendo de diferentes tipos e sendo escolhidos consoante a cor, afinidade com as fibras a que se destina e solidez dos agentes presentes no ambiente a que o artigo irá ser submetido após o tingimento. O tingimento pode ser feito a um tecido ou uma peça de vestuário já costurada, sendo este processo denominado de tingimento em peça [24].

O tingimento divide-se nas seguintes principais etapas: uniformização e difusão do corante no banho, absorção superficial da fibra e difusão e fixação do corante na fibra [24]. Nestas etapas existe uma grande agitação mecânica e elevadas temperaturas.

O ciclo na tinturaria é cumprido de acordo com o tipo de tecido, a cor pretendida e o tipo de corantes utilizados. Importa referir que este período e o método de preparação do mesmo são determinados em laboratório, tendo em conta o pedido do cliente.

Corte

Esta fase compreende o corte do tecido em vários elementos, que constituem a peça de vestuário. Antes do corte existe uma preparação, onde se elaboram planos para o mesmo, sendo estes esquemas com a largura da matéria-prima a cortar, onde são dispostos moldes que compõem as peças de roupa [25].

Com o plano de corte definem-se as características do colchão, que consiste na sobreposição de folhas de tecido, que será determinado pelo tamanho da mesa de estender e pelo comprimento do melhor encaixe possível nos moldes: número de folhas e comprimento [25].

Passando ao corte, este tem a fase de estendimento, que, recorrendo a carros de estender, se procede à sobreposição de folhas de tecido sobre uma mesa. Estas são depois prensadas a vácuo, de modo a que haja o mínimo de falhas possível. Seguidamente a serra cortará a matéria-prima em elementos que constituem a peça de vestuário [25].

Confeção

Para a confeção torna-se necessário haver uma preparação prévia. Nesta existe a separação dos diversos componentes que constituem a peça nas várias cores ou nos diferentes materiais que constituem o colchão, a sua identificação através de etiquetas e posterior agrupamento em lotes.

Se for necessário, ainda existe a termocolagem. Esta consiste na colagem de entreteia/termocolante no avesso de determinados componentes da peça com a finalidade de dar consistência ao material [25].

A confeção consiste na montagem da peça de vestuário pela junção dos vários componentes através de costuras. Com esta operação transformam-se os componentes bidimensionais numa peça tridimensional. Nesta fase são usadas máquinas adequadas, corretamente afinadas e com acessórios próprios [25].

Estamparia

Estampar é o processo que cobre total ou parcialmente a superfície do tecido, decorando com desenhos e obtendo texturas e efeitos variados. Estas decorações são feitas através de corantes munidos de produtos auxiliares, previamente determinados em laboratório [26].

Existem vários modos de estampagem: de quadro, cilindro, localizada, corrida e de falso corrido. Na empresa em questão é usada a estampagem de quadro, também conhecida como *silk-screen*, é um processo de impressão no qual a tinta vaza através da tela preparada [27].

Já existem máquinas automáticas, que acomodam vários quadros, que são acionados mecânica ou pneumaticamente, como é o caso do equipamento possuído pela Araújo e Irmãos. Dado o grande volume de produção, justifica-se o elevado investimento neste tipo de máquinas.

Bordados

Os bordados são uma forma de criar e gravar figuras, desenhos, marcas, impressões e ornamentos em produtos feitos de tecido. Para este fim são utilizadas máquinas específicas para a sua confeção, elaboração e personalização.

Embora faça parte do processo produtivo da Araújo e Irmãos, os bordados são feitos externamente à empresa e, por isso, não serão mais especificados ou mencionados nesta dissertação.

Lavandaria

Após o fabrico dos tecidos e das peças propriamente ditas, estes podem ainda não se encontrar prontos para o seu uso. De modo a valorizar a sua aparência, gerar efeitos que não são possíveis na sua produção, melhorar a sua utilidade e ainda aumentar a sua durabilidade é necessário recorrer ao tratamento de lavagem [28].

Na lavandaria são usados dois processos tradicionais, sendo eles a lavagem e a secagem. A primeira consiste na limpeza que utiliza água, juntamente com produtos de higienização da linha líquida. Já a segunda é a operação de remoção da humidade das roupas ou dos tecidos. A água é retirada mecanicamente por meio de centrifugadoras e/ou vaporização térmica, com uso de secadoras [29].

Acabamentos

Os acabamentos têm como objetivo conferir ao tecido/peça os requisitos pretendidos pelo cliente, tanto do ponto de vista estético como funcional.

Os procedimentos utilizados visam eliminar substâncias estranhas ao tecido, desenvolver as características em termos de toque e aspeto e conferir uma boa resistência à matéria-prima, quer para a fase de confeção como para o seu uso [24].

3.2.3 Consumo Energético

Neste tópico será realizada uma análise energética global da instalação. Esta permitirá fazer um levantamento geral da energia elétrica consumida e dará uma orientação quanto aos procedimentos a adotar na realização da auditoria.

Foram pedidas faturas energéticas de eletricidade dos últimos três anos, ou seja, de julho de 2013 a agosto do presente ano.

Seguidamente será apresentada uma pequena explicação para se proceder à leitura das faturas.

Leitura de Faturas

Existem várias faixas de tensão elétrica, sendo elas a Baixa Tensão(BT), Média Tensão(MT), Alta Tensão(AT) e Muito Alta Tensão(MAT) [30]. As suas gamas de valores podem ser vistas **Tabela 1**.

Tabela 1 - Faixas de Tensão Elétrica [30]

Valores das Faixas de Tensão Elétrica
$BT \leq 1000 \text{ V}$
$1 \text{ kV} \leq MT < 50 \text{ kV}$
$50 \text{ kV} \leq AT < 230 \text{ kV}$
$230 \text{ kV} \leq MAT < 750 \text{ kV}$

Nesta dissertação tudo será especificado para a MT, dado que é a recebida pela empresa a auditar.

Quando se observa uma fatura é possível obter informação imediata sobre a tarifa do contrato, ciclo semanal e as potências requisitada, instalada e contratada. A tarifa do contrato corresponde à faixa de tensão elétrica instalada, neste caso Média Tensão (MT), e o ciclo semanal diz respeito ao tipo de horário escolhido pela Araújo e Irmãos, tendo a empresa optado pelo ciclo semanal com feriados.

A potência requisitada define-se pelo valor da potência que a rede a montante deve ter capacidade de alimentar e para a qual a ligação deve ser construída. Esta potência não pode ser inferior a 75% da soma da potência nominal dos transformadores [31]. A potência instalada é o somatório das potências nominais dos transformadores instalados no posto de transformação. Finalmente, a potência contratada define o valor instantâneo máximo de potência elétrica que uma instalação de consumo pode receber [32]. Esta não deverá ser superior à potência requisitada, nem inferior a metade da potência instalada, após a conversão de kW para kVA (considerando que 1 kVA corresponde a 0,93 kW, valor estipulado pela Iberdrola) [33]. Quanto maior for o seu valor, maior é a potência transmitida num dado momento e mais aparelhos elétricos podem ser usados simultaneamente.

Voltando à leitura da fatura, podem ser encontrados os valores de energia ativa. Esta é aquela que produz trabalho, ou seja, é a energia que é transferida entre fonte e a carga, para que esta possa funcionar corretamente. A sua unidade de medida é o Wh. Para a energia ativa, existe um ciclo semanal opcional para MT em Portugal Continental, constituído por quatro períodos horários: horas de ponta, cheias, vazio normal e de super vazio. As horas de ponta correspondem ao espaço de tempo de maior trabalho e onde se aplica o preço de energia mais elevado. As horas cheias dizem respeito a um período de atividade mais reduzida que o anterior e apresentam um custo energético intermédio. As horas em vazio normal e de super vazio dizem respeito ao momento mais reduzido, ou até mesmo nulo, de funcionamento, sendo aqui o preço de energia o mais baixo.

Para demonstrar o que acabou de ser descrito apresenta-se a **Tabela 2**, que indica a organização horária do ciclo semanal.

Tabela 2 - Ciclo Horário Semanal [33]

Dias	Inverno	Verão	
Segunda a Sexta	Horas de Ponta		
	9:30/12:00 18:30/21:00	9:15/12:15	
	Horas Cheias		
	7:00/9:30 12:00/18:30 21:00/24:00	7:00/9:15 12:15/24:00	
	Horas de Vazio Normal		
	00:00/02:00 06:00/07:00	00:00/02:00 06:00/07:00	
	Horas de Super Vazio		
	02:00/06:00	02:00/06:00	
	Sábado	Horas Cheias	
		09:30/13:00 18:30/22:00	09:00/14:00 20:00/22:00
Horas de Vazio Normal			
00:00/02:00 06:00/09:30 13:00/18:30 22:00/24:00		00:00/02:00 06:00/09:00 14:00/20:00 22:00/24:00	
Super Vazio			
02:00/06:00		02:00/06:00	
Domingo		Horas de Vazio Normal	
		00:00/02:00 06:00/24:00	00:00/02:00 06:00/24:00
	Horas de Super Vazio		
	02:00/06:00	02:00/06:00	

O preço da energia também varia consoante períodos sazonais, ou seja, podem ser considerados quatro: I, de janeiro a março, II, de abril a junho, III, de julho a setembro e por último o IV, de outubro a dezembro [34]. Esta informação está organizada na **Tabela 3**

Tabela 3 - Períodos Sazonais [34]

Período	Início	Fim
I	1 de janeiro	31 de março
II	1 de abril	31 de junho
III	1 de julho	31 de setembro
IV	1 de outubro	31 de dezembro

De modo à melhor compreensão de tudo o que foi descrito, é apresentado um exemplo das tarifas de energia ativa na **Tabela 4**, neste caso do ano de 2015.

Tabela 4 - Exemplo de Tarifas de Acessos às Redes em MT de Energia Ativa

Tarifas de Acesso às Redes em MT do Ano de 2015							
Energia Ativa (EUR/kWh)							
Períodos I e IV				Períodos II e III			
Ponta	Cheias	Vazio Normal	Super Vazio	Ponta	Cheias	Vazio Normal	Super Vazio
0,0432	0,0374	0,0206	0,0198	0,0429	0,0371	0,0205	0,02

A energia reativa aparece logo de seguida. A energia reativa existe nos sistemas elétricos em corrente alternada e quando a corrente consumida pelas cargas não está em fase com a tensão de alimentação. Este fenómeno acontece devido a algumas cargas que existem na indústria serem indutivas/capacitivas (e.g. motor de indução). A unidade de medida é o VAR (volt-ampere reativo). O consumo deste tipo de energia não é desejado pela concessionária de energia elétrica, nem pela indústria que a consome, logo há necessidade de compensá-la.

Nesta parte, a fatura de energia elétrica divide-se por quatro secções: os escalões 1, 2 e 3 e a energia reativa fornecida no vazio. Os escalões são definidos em função do quociente da energia reativa

indutiva e da energia ativa medidas no mesmo período. O escalão é determinado por $\tan \varphi$, e consoante o seu valor é aplicado um fator multiplicativo, como se pode ver na **Tabela 5** [35].

Tabela 5 - Escalões de Energia Reativa [34]

Escalões	Descrição	Fator Multiplicativo
1	$0,3 \leq \tan \varphi < 0,4$	0,33
2	$0,4 \leq \tan \varphi < 0,5$	1
3	$\tan \varphi \geq 0,5$	3

De modo a obter uma melhor compreensão do que foi descrito, na **Tabela 6** podem ser observadas as tarifas de acesso à rede para a energia reativa, neste caso do ano de 2015.

Tabela 6 - Exemplo de Tarifas de Acesso às Redes em MT de Energia Reativa

Tarifas de Acesso às Redes em MT do Ano de 2015			
Energia Reativa			
Fornecida	Recebida		
	Escalão I	Escalão II	Escalão III
0,0208	0,0091	0,0277	0,0831

Por último, são apresentados o Imposto sobre Consumo de Eletricidade (IEC), presente nas faturas desde 2012, sendo o seu valor 0,001 €/kWh e a contribuição áudio - visual (CAV), que é uma taxa que se destina a financiar o serviço público de radiodifusão e televisão, cujo valor é atualizado à taxa anual de inflação, através da Lei do Orçamento de Estado.

Energia Ativa

Feita uma breve explicação dos elementos que constituem a fatura, passar-se-á agora ao caso em estudo. Como já foi referido, foram pedidas faturas de eletricidade relativas a três anos, mais especificamente, de julho de 2013 a agosto de 2016, à Araújo e Irmãos, Lda, com o objetivo de analisar o consumo de energia e os gastos com a mesma.

De seguida serão apresentadas as tabelas de faturação da energia ativa (**Tabela 7, Tabela 8, Tabela 9 e Tabela 10**) e o respetivo gráfico com repartição por períodos horários (**Figura 5, Figura 6, Figura 7 e Figura 8**), baseadas nos dados das faturas. Todas elas têm um período de faturação de um

mês, por exemplo, de 23 de janeiro a 22 de fevereiro e assim sucessivamente. Para facilitar a organização dos dados, considera-se a fatura do mês em que se contabilizam mais dias; utilizando o exemplo anterior, esta fatura seria de fevereiro.

Tabela 7 - Consumo de Energia Ativa de 2013

Mês	Energia Ativa em 2013 (kWh)				Total (kWh)
	Vazio Normal	Super Vazio	Ponta	Cheia	
Julho	4969	4709	6152	21722	37552
Agosto	4424	3906	4393	15517	28240
Setembro	2895	2554	2563	9880	17892
Outubro	5428	5113	5565	19678	35784
Novembro	5216	5155	7398	19338	37107
Dezembro	6880	6037	8094	21016	42027
Total	29812	27474	34165	107151	198602

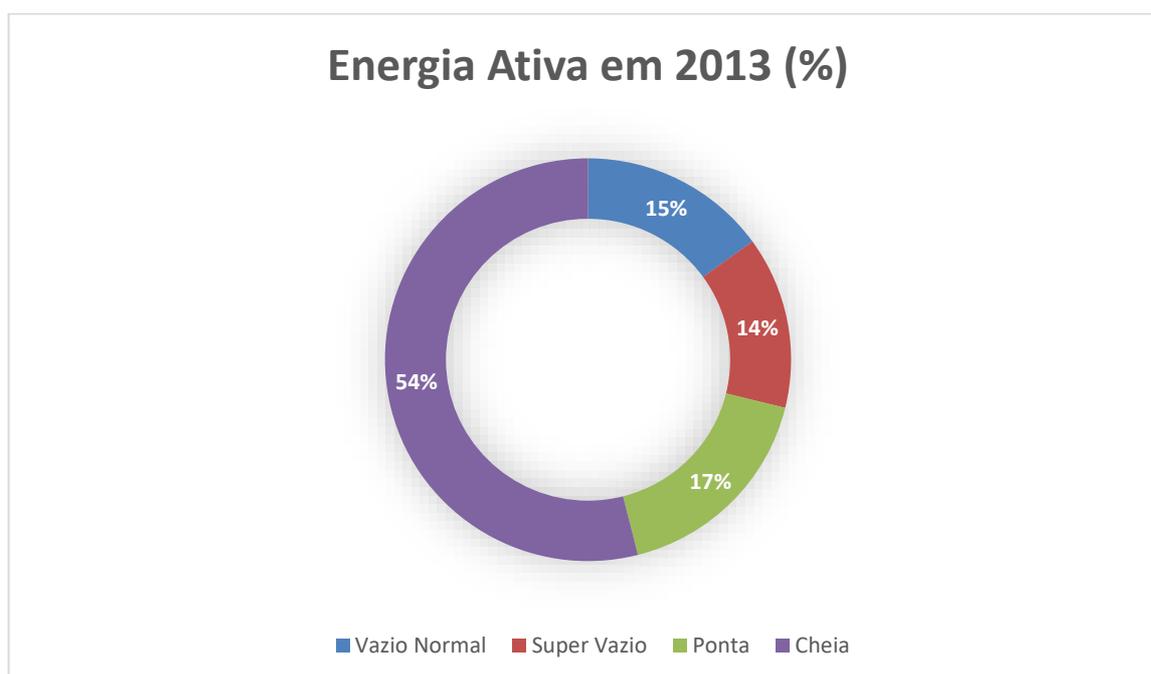


Figura 5 - Consumo de Energia Ativa de 2013 em Percentagem

Até fevereiro de 2014 a fornecedora de energia elétrica era a multinacional espanhola Iberdrola, após este momento, ou seja, a partir de março de 2014, passou a ser a EDP (Energias de Portugal). Por

este motivo aparece duas vezes o mês de fevereiro na **Tabela 8**, referente ao ano de 2014. Marcado com a cor azul está o mês da mudança.

Tabela 8 - Consumo de Energia Ativa de 2014

Mês	Energia Ativa em 2014 (kWh)				Total (kWh)
	Vazio Normal	Super Vazio	Ponta	Cheia	
Janeiro	5701	4619	7021	17724	35065
Fevereiro	5864	5266	8117	20503	39750
Fevereiro	1391	1254	1817	4499	8961
Março	3458,81	3235,59	4652,51	12076,38	23423,29
Abril	4896,78	4583,64	5871,36	18042,64	33394,12
Maio	3708,15	3454,1	5048,03	16838,34	29048,62
Junho	4301,14	3769	5183,51	18133,21	31386,86
Julho	4020,33	3868,48	5829,81	20000,86	33719,48
Agosto	3743,07	3313,58	3934,02	13769,09	24759,76
Setembro	2454,41	2198,58	2502,2	8927,33	16082,52
Outubro	4687,92	4320,88	5043,82	18732,85	32785,47
Novembro	5005,3	4538,67	6962,48	18378,3	34884,75
Dezembro	4209,55	3636,25	6690,78	16355,75	30892,33
Total	53441,46	48057,77	68673,52	203980,8	374153,2

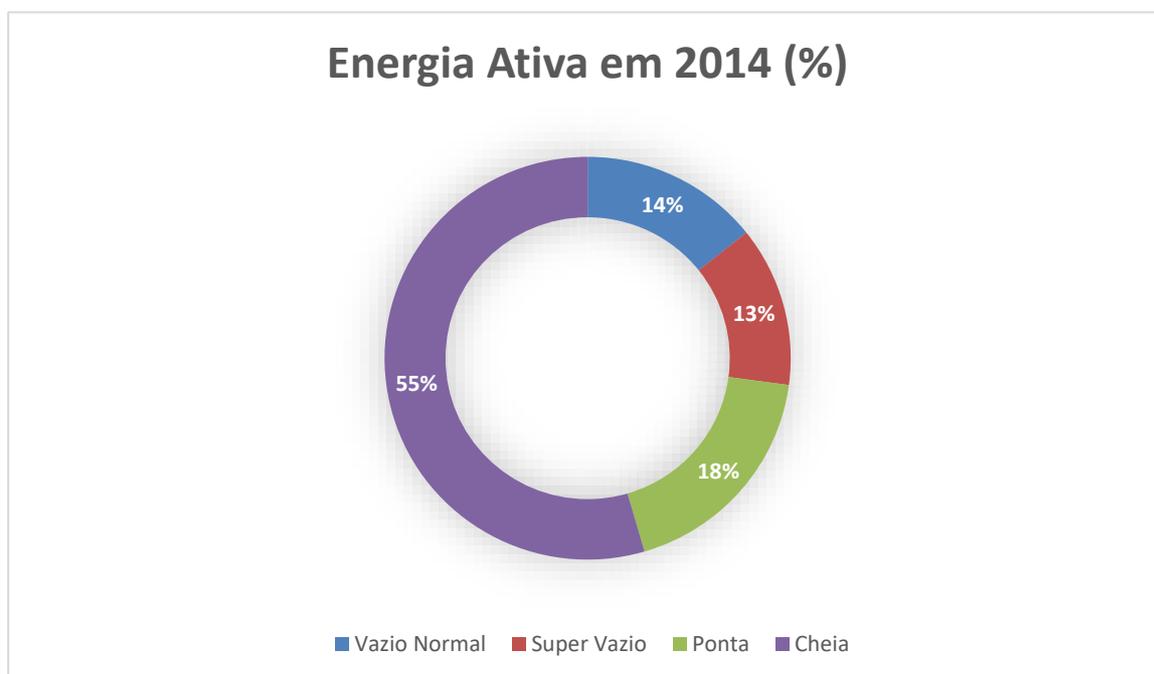


Figura 6 - Consumo de Energia Ativa de 2014 em Percentagem

Na **Tabela 9** aparece duas vezes o mês de dezembro, pois no primeiro a data de faturação foi a normal (de 23 de novembro a 22 de dezembro), já na segunda apenas foram contabilizados os últimos 9 dias do mês, ou seja, até 31 de dezembro de 2015. No ano anterior isto não aconteceu.

Tabela 9 – Consumo de Energia Ativa de 2015

Mês	Energia Ativa em 2015 (kWh)				Total (kWh)
	Vazio Normal	Super Vazio	Ponta	Cheia	
Janeiro	4036,36	3091,37	6867,51	16350,56	30345,8
Fevereiro	4783,62	3365,62	8241,31	19562,3	35952,85
Março	4308,82	3949,34	6926,9	17272,52	32457,58
Abril	4392,19	4064,25	5968,32	18303,6	32728,36
Mai	4562,4	4042,64	5415,26	18591,92	32612,22
Junho	5710,88	4726,93	5147,42	18771,2	34356,43
Julho	4444,69	3825,44	5664,06	19551,57	33485,76
Agosto	4158,44	3711,94	4306,97	14759,35	26936,7
Setembro	2972,7	2651,07	3222,25	11175,71	20021,73
Outubro	5135,48	4951,53	6324,72	21387,4	37799,13
Novembro	5908,24	4961,06	7954,9	20755,38	39579,58
Dezembro	5937,24	4834,55	8938,26	22160,03	41870,08
Dezembro	1221,26	1111,4	1829,68	4497,62	8659,96
Total	57572,32	49287,14	76807,56	223139,16	406806,18

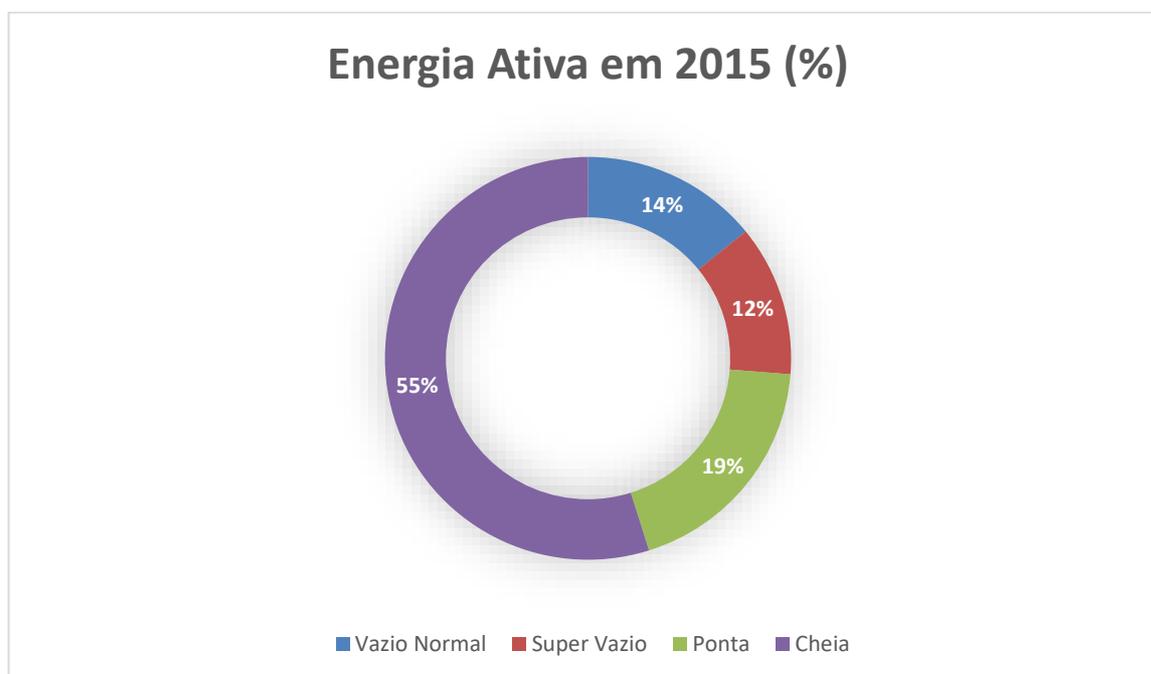


Figura 7 - Consumo de Energia Ativa de 2015 em Percentagem

Na tabela 10 e na **Figura 8** pode-se ver o consumo de energia ativa em kWh e percentagem, respetivamente, do ano de 2016 (apenas até agosto).

Tabela 10 - Consumo de Energia Ativa de 2016

Mês	Energia Ativa (kWh)				Total (kWh)
	Vazio Normal	Super Vazio	Ponta	Cheia	
Janeiro	3438,68	2827,73	6564,75	15910,78	28741,94
Fevereiro	5319,96	4093,27	8756,25	21249,98	39419,46
Março	5305,6	4487,63	8707,38	21359,62	39860,23
Abril	4703,39	4276,44	6702,65	20830,28	36512,76
Maió	4698,53	3724,33	5033,32	17470,83	30927,01
Junho	4481,76	3777,99	5857,24	19892,44	34009,43
Julho	4301,61	4041,71	6198,03	20666,06	35207,41
Agosto	4274,09	3232,5	4466,08	15329,1	27301,77
Total	36523,62	30461,6	52285,7	152709,1	271980

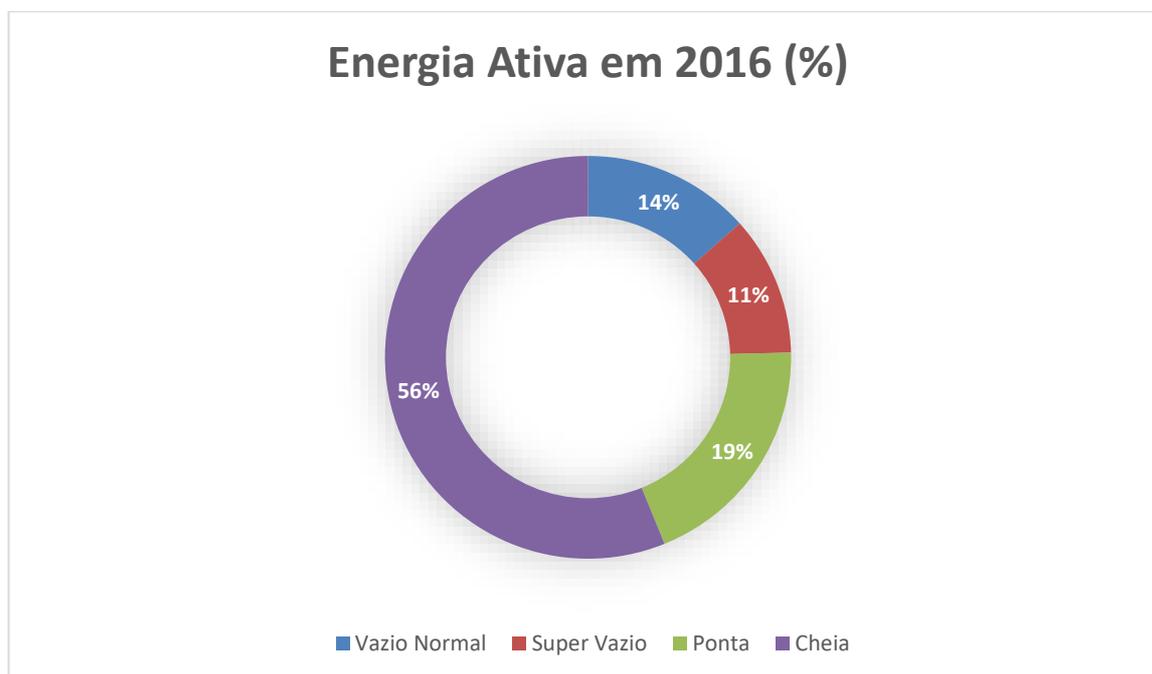


Figura 8 - Consumo de Energia Ativa de 2016 em Percentagem

Energia Reativa

Apesar de não produzir trabalho, a energia reativa contribui para o aumento das correntes nas linhas elétricas, provocando perdas nos transformadores e redes de transporte e distribuição.

A energia consumida diz respeito à energia reativa indutiva e a fornecida, à energia reativa capacitiva. Na **Tabela 11** pode ver-se a energia reativa nos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016.

Tabela 11 - Energia Reativa Consumida e Fornecida de 2013 e 2016

Energia Reativa (kVARh)				
Ano	Escalão I	Escalão II	Escalão III	Fornecida
2013 (Jul - Dez)	94	60	39	3909
2014 (Jan - Dez)	163,43	122,42	83,31	6852
2015 (Jan - Dez)	219,83	37,48	0	7486
2016 (Jan - Ago)	72,83	6,53	3,16	5982

Estes valores são bastante baixos em relação às restantes parcelas faturadas, não havendo necessidade de os considerar relevantes. Isto deve-se ao facto de já existirem bancos de condensadores na instalação, como se pode ver na **Figura 9**.



Figura 9 - Banco de Condensadores da Araújo e Irmão, Lda.

O banco de condensadores está ligado a um Regulador Automático de Fator de Potência (PFR), **Figura 10**, que garante o controlo constante da potência reativa absorvida pela carga e conecta/desconecta o banco consoante o que é necessário para manter o $\cos \varphi$ no valor definido. Estes comandos são dados apenas para variações de potência que excedam o *threshold* mínimo escolhido [36].



Figura 10 – Regulador Automático de Fator de Potência

Neste caso, o fator de potência está regulado para permanecer numa faixa entre 0,95 indutivo e 0,95 capacitivo.

Principais Equipamentos

Com ajuda de um funcionário da Araújo e Irmãos, Lda, precedeu-se ao levantamento dos principais equipamentos responsáveis por um grande consumo de energia.

Pretendeu-se perceber quais os equipamentos que merecem maior atenção, no que diz respeito à quantidade de energia consumida e a possíveis problemas de qualidade de energia, de forma a considerar os melhores candidatos a uma fase de análise por medição.

Na **Tabela 12** é possível visualizar os principais equipamentos consumidores de energia organizados por setor. Esta é composta pelo tipo de equipamento, acompanhado com o fabricante e modelo, a sua potência a que quantidade existente na empresa.

Tabela 12 - Principais Equipamentos

Setor	Equipamento/Ano	Potência (kW)	Quantidade
Confeção	Máquina Estender Autex Linea Plus	2,1	3
	Prensa Hashima HP450JS	4,7	2
Corte	Máquina de Corte de Amostras Lectra Systemes ProSpin	2,2 - 5,5	1
	Máquina Corte a Vácuo Lectra Systemes 7000 V2	22,7 - 28,2	1
Estamparia	Estampadora ROQDRY 20400ECO 2XL	20,4	1
	Estampadora ROQDRY	10,8	5
	Estampadora ROQDRY	13,5	1
	Estampadora ROQDRY Evolution 14400XL	14,4	1
Lavandaria	Centrifugadora Tupesa Ecodyer 150	15	1
	Máquina de Lavar Tupesa TC-150	5,5	3
	Máquina de Secar Fagor SR/G-13	0,5	1
	Máquina de Secar Grandimpianti ERG/75H	0,92	1
Sala dos Compressores	Compressor Boge C30F	22	1
	Compressor Boge S29-2	22	1
	Desumidificador Friulair Dryers ACT40/AC	0,79	1
Tecelagem	Tear Monarch	4	9
Tinturaria	Pimatex MTP-50	17,3	1
	Majen B/C 00025	15	1
	Estufa ROQTUNNEL	5,6	1
Tinturaria/ Lavandaria	Variador de Velocidade Delta Electronics, Inc VFD075E43A	7,5	8

Medições Prévias

Efetuar-se medições prévias, de modo a que se pudessem detetar os problemas que merecem mais atenção.

As medições foram realizadas com o PQA824, **Figura 11**, da *HT Instruments* [37]. Foram utilizadas pinças flexíveis de corrente, cabos e crocodilos da *HT Instruments*, **Figura 12** e **Figura 13** [37]. Todos estes elementos pertencem à *Leuk Solutions Unipessoal, Lda*. A colocação do PQA824 nos respetivos locais de medição foi efetuada por um funcionário da mesma.

Os dados gravados são depois passados para o computador e podem ser visualizados e analisados usando o programa *TopView* [38].



Figura 11 - PQA824 [22]



Figura 12 - Pinças Flexíveis de Corrente [37]



Figura 13 - Cabos e Crocodilos [37]

Foram efetuadas medições prévias, no PT, de modo a ter uma visão mais geral dos problemas que podem existir na empresa. Estas deveriam ter duração de 24 horas, contudo apenas foi possível efetuá-las durante 21 horas.

Nas **Figura 15** e **Figura 14** é possível ver as medições das correntes e tensões, respetivamente.

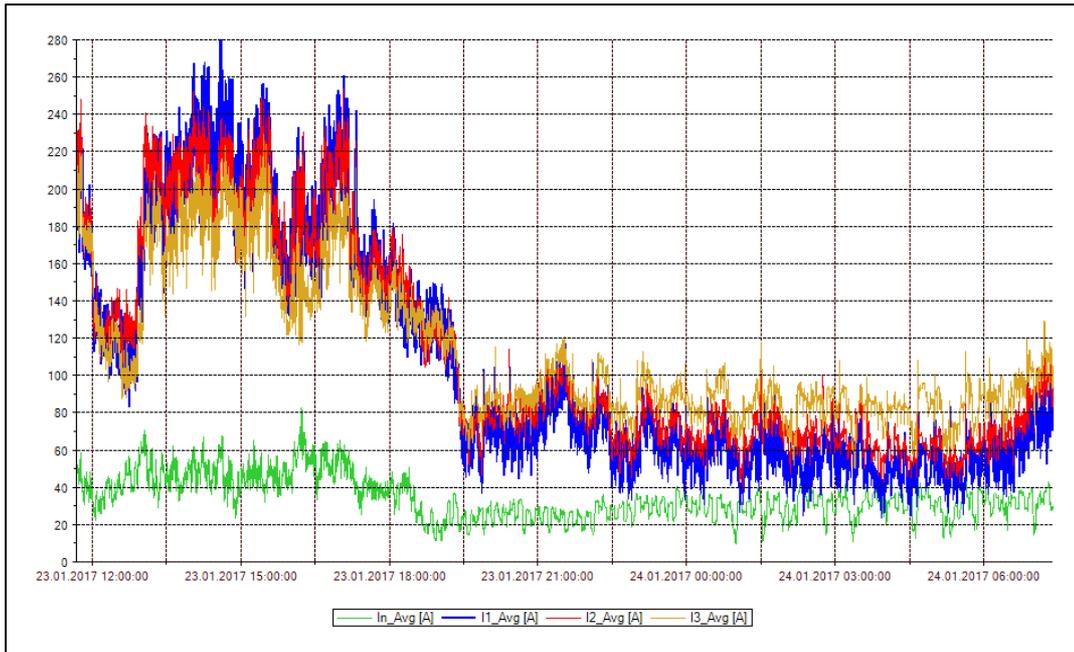


Figura 15 - Medições Prévias das Correntes no PT

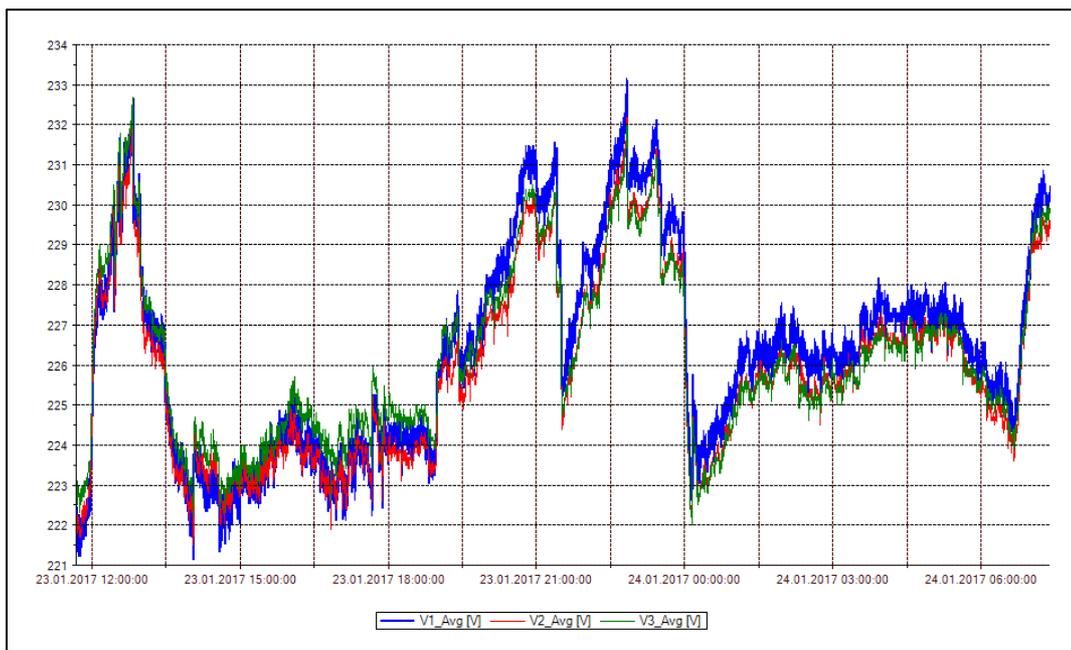


Figura 14 - Medições Prévias das Tensões no PT

Da análise dos valores apresentados no gráfico das correntes, conclui-se que o valor da corrente é maior durante as horas de trabalho, como seria de esperar, havendo uma pequena redução na hora de almoço. É possível verificar que a corrente de neutro é elevada, devendo-se isto ao facto de existir uma grande quantidade de harmónicos no sistema e desequilíbrios nas correntes.

Na **Figura 16** é possível observar as potências ativa, reativa e aparente.

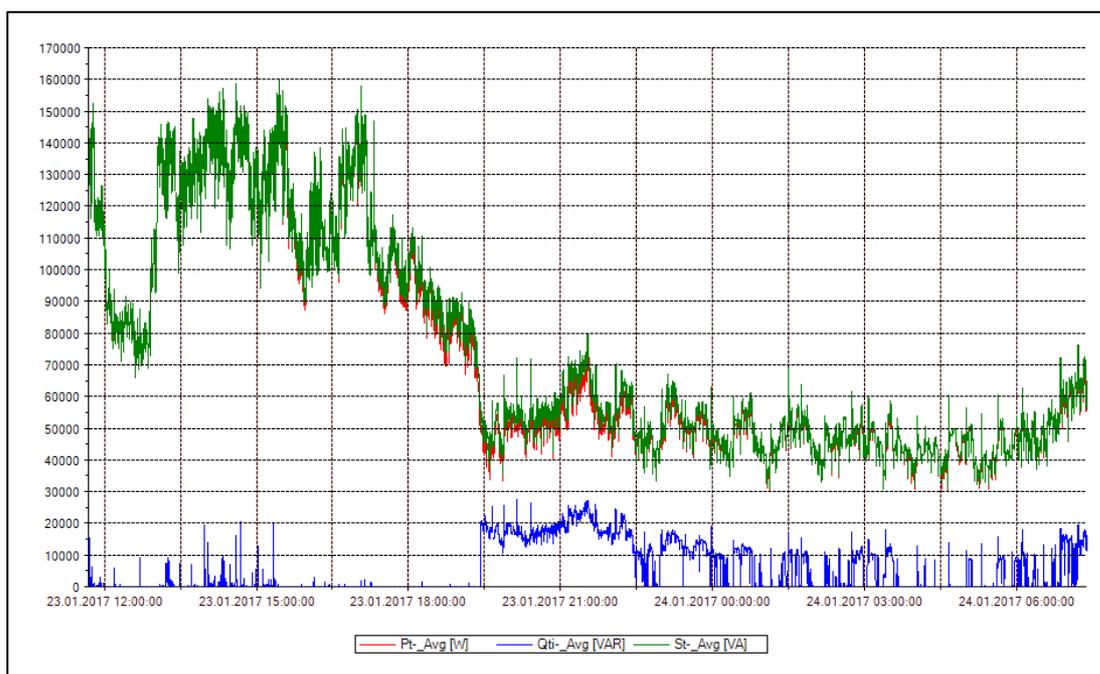


Figura 16 - Medição Prévia das Potências no PT

As potências ativa e aparente são praticamente iguais, tendo o seu auge nas horas de trabalho e diminuindo quando a maior parte da fábrica para de laborar, ao fim da tarde.

Como já foi dito anteriormente, agora demonstrado pelo gráfico, a energia reativa pode ter um baixo valor, contudo é de notar que esta aumenta no final do período de laboração.

Foram detetados harmónicos de corrente nas medições efetuadas. De um modo geral, estes causam problemas como aumento das perdas (aquecimento), saturação, ressonâncias e redução da vida útil dos transformadores; aquecimento, ruído audível e redução da vida útil das máquinas elétricas rotativas; aumento das perdas nos condutores elétricos; mau funcionamento ou falhas de operação em equipamentos eletrónicos ligados à rede elétrica, tais como computadores [39].

Existem harmónicos de sequências positiva, negativa e zero. Os primeiros e os segundos costumam causar problemas de sobreaquecimento, diminuindo o rendimento, sendo que os harmónicos de sequência negativa originam campos magnéticos girantes contrários ao sentido de rotação dos motores, causando vibrações, tornando mais difícil o funcionamento e limitando a sua vida média [40] [41]. Os de sequência zero, múltiplos ímpares de três, somam-se no neutro (em vez de se anularem), criando assim uma situação de sobreaquecimento do condutor de neutro [41].

Nenhum destes fenómenos foi identificado, não invalidando a sua existência, com exceção da existência de corrente no neutro, como se observou na **Figura 15**.

Nas Figura 17, Figura 19 e Figura 18 pode ser visto o harmônico da fundamental e os harmônicos e ordem 3, 5, 7, 9, 11 e 13, da fase 1, respetivamente. Estes são aquela cuja ordem, imperativamente, deve ser eliminada.

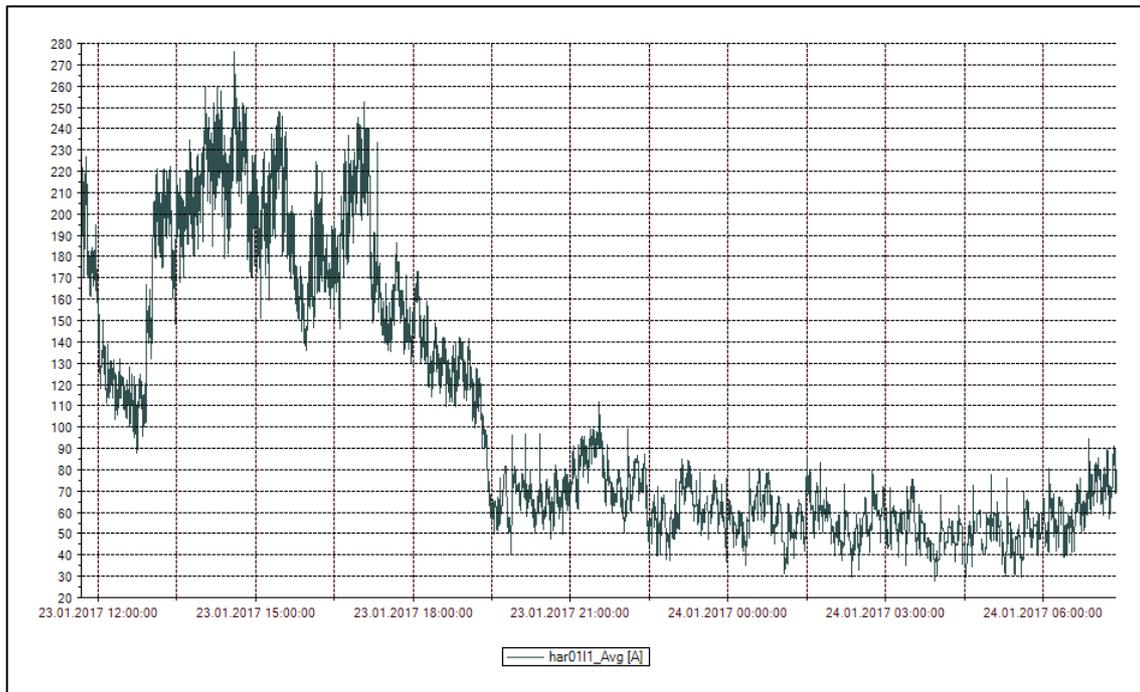


Figura 17 - Medição Prévia da Corrente Fundamental no PT

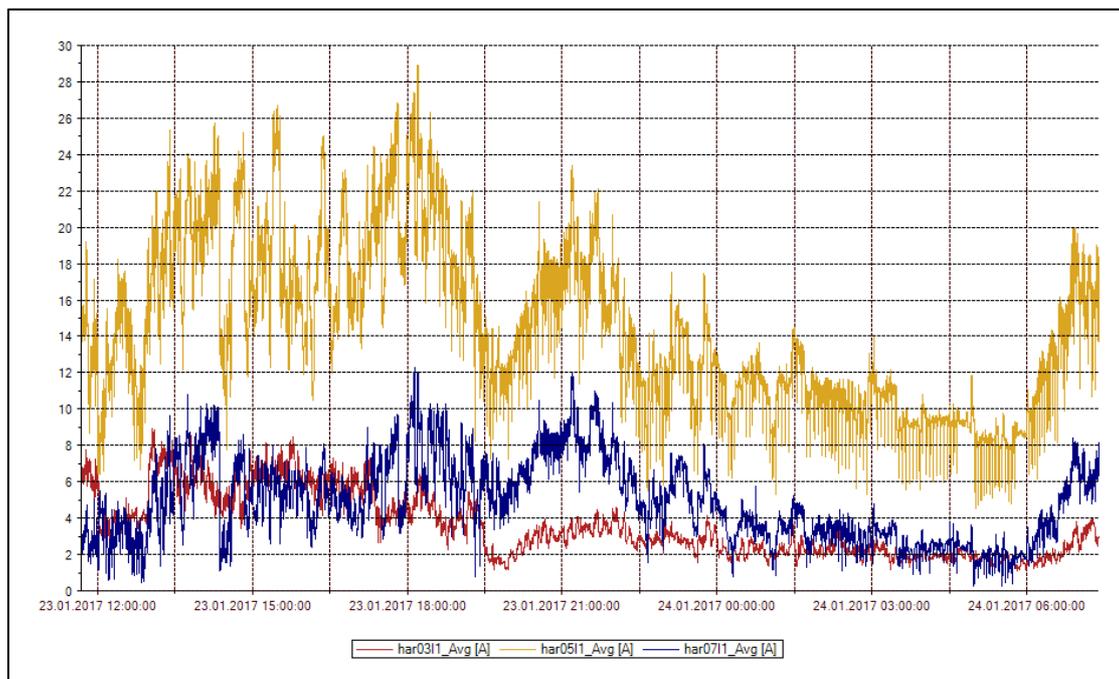


Figura 18 - Medição Prévia dos Harmônicos de 3ª, 5ª e 7ª Ordens no PT

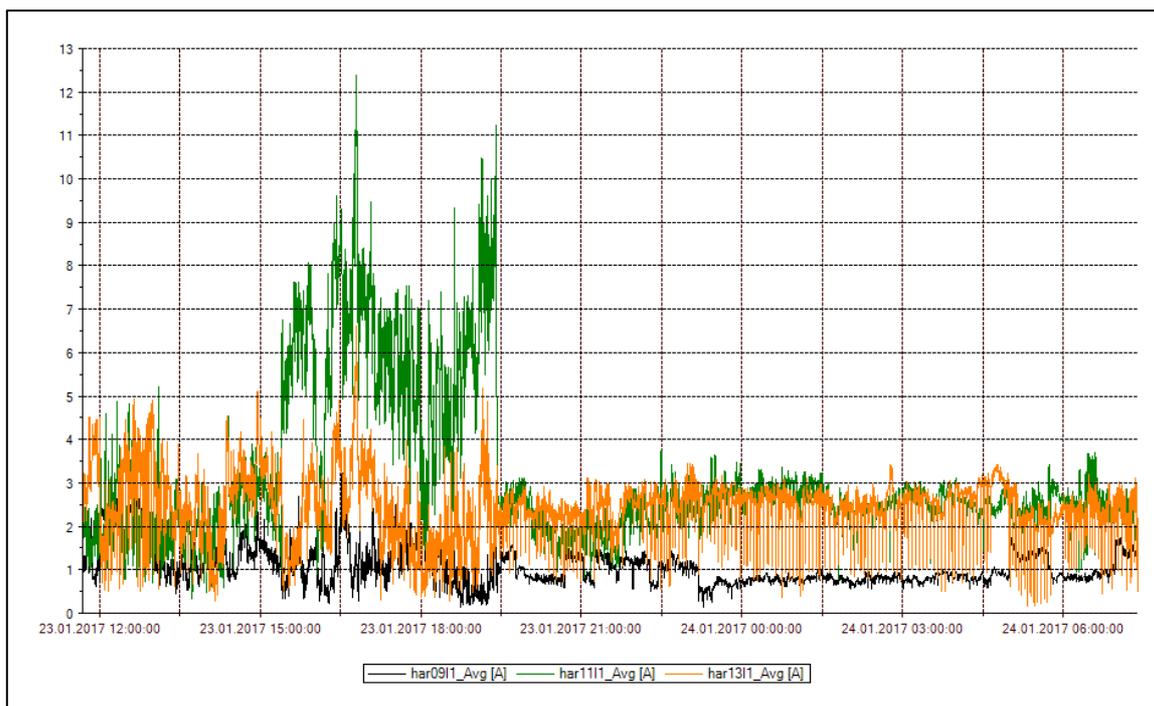


Figura 19 – Medição Prévia dos Harmônicos de 9ª, 11ª e 13ª ordens no PT

Analisando os gráficos e comparando com os valores estabelecidos para os harmônicos, conclui-se que a maioria deles está acima do estabelecido como normal. Esta anomalia provoca sobreaquecimento, baixo rendimento e faz com que haja o aparecimento de corrente no neutro, mesmo quando as cargas estão equilibradas.

A Taxa de Distorção Harmônica (THD) permite avaliar qual a deformação da tensão ou corrente, num único número. Esta é geralmente apresentada em percentagem [42][43].

A THDi, presente na corrente, é considerada normal se for inferior a 8%. Se se situar entre os 10% e os 50% revela poluição harmônica significativa, existindo o risco de aquecimento, implicando sobredimensionamento dos cabos e das fontes. Se o valor da THD for superior a 50% significa uma poluição harmônica considerável, havendo a grande possibilidade de os equipamentos deixarem de funcionar, sendo necessário corrigir o problema com urgência [42][43].

A THDv, presente na tensão, é considerada normal se for inferior a 5%. Se o seu valor se situar entre os 5% e os 8 %, existe uma poluição harmônica considerável, contudo se este ultrapassar os 8% há grande probabilidade de os aparelhos deixarem de funcionar, sendo precisa uma intervenção urgente, de modo a reduzir este valor [42][43].

Nas **Figura 20** e **Figura 21** é possível ver a THD da tensão e da corrente, respetivamente.

No primeiro gráfico existe uma taxa de distorção harmónica, mas nada preocupante, dado que o normal para a tensão é abaixo dos 5%, algo que se verifica. No segundo gráfico, relativo à corrente, existe uma THD considerável, muito acima do valor considerado normal. Conclui-se que a distorção harmónica na corrente é demasiado elevada, o que leva a crer uma presença de harmónicos acentuada, como já foi possível verificar anteriormente.

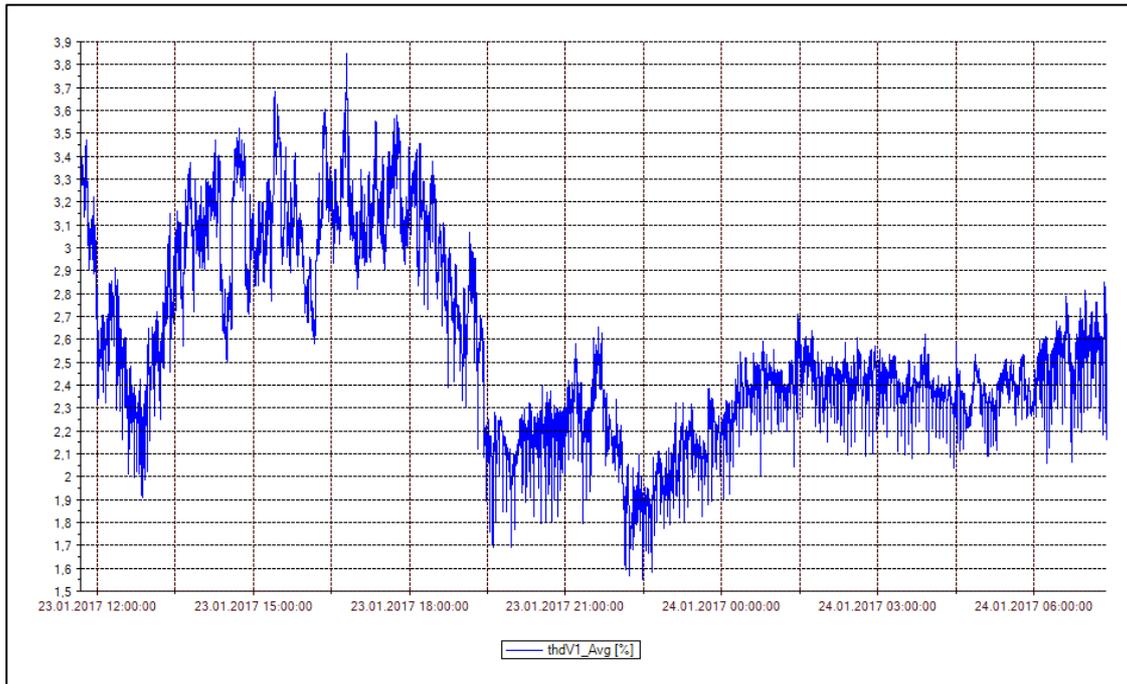


Figura 20 - Medição Prévia da Taxa de Distorção Harmónica da Tensão no PT

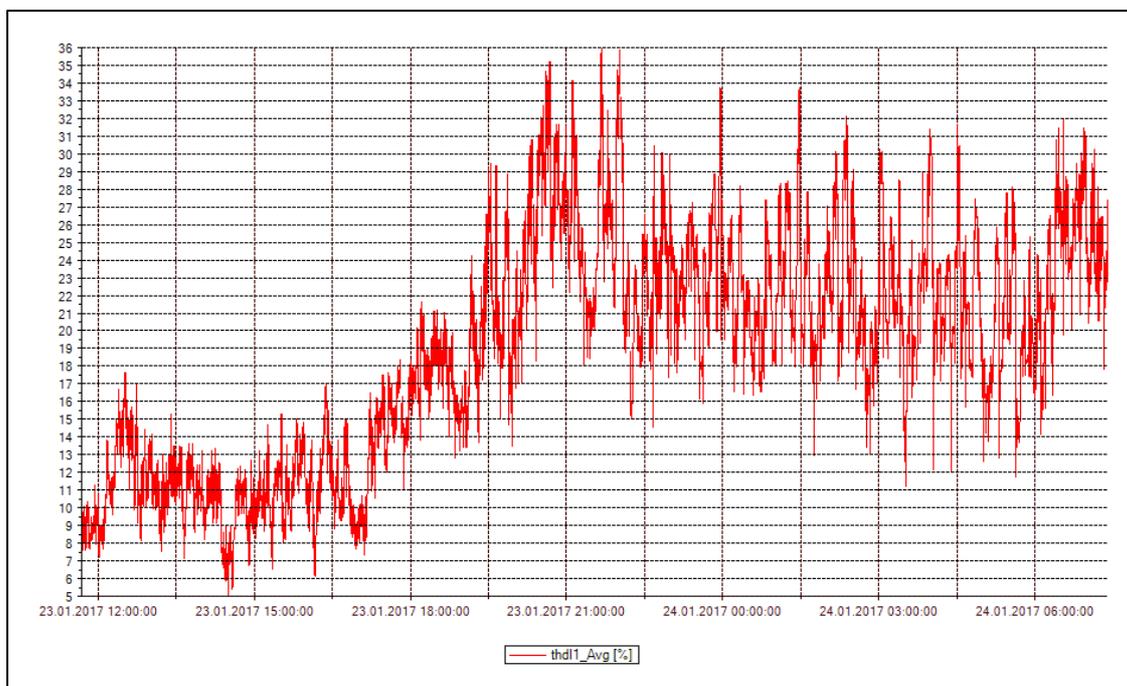


Figura 21 - Medição Prévia da Taxa de Distorção Harmónica da Corrente no PT

Nenhum destes problemas tinha sido reportado pela Araújo e Irmãos, Lda, sendo que estas foram as primeiras medições alguma vez efetuadas na instalação.

3.2.4 Iluminação

Existem quatro tipos de lâmpadas: incandescentes, halogéneas, fluorescentes e LED. As primeiras transformam energia elétrica em luminosa e térmica por efeito Joule. O seu rendimento é mínimo, apenas o equivalente entre 5% e 10% da energia elétrica é convertida em luz, sendo a restante transformada em calor. Têm uma duração de aproximadamente mil horas. A maioria destas lâmpadas já foram retiradas do mercado entre 2009 e 2012. As halogéneas têm um funcionamento semelhante ao das anteriores, no entanto apresentam a vantagem de serem entre 20% e 60% mais eficientes que as incandescentes [44].

As fluorescentes são bem mais eficientes que as incandescentes, emitindo grande parte da energia eletromagnética em forma de luz e não em forma de calor. Chegam a ter vida útil acima das dez mil horas. Por fim, as lâmpadas LED, compostas por díodos emissores de luz, não contêm substâncias tóxicas como o mercúrio (presente nas lâmpadas fluorescentes) e podem durar até quarenta mil horas. O seu preço é o mais elevado das quatro, contudo a relação custo-benefício é muito boa [44].

Na **Tabela 13** é feita uma comparação entre a potência, a vida útil e o preço dos quatro tipos de lâmpadas descritas nos parágrafos anteriores, para o mesmo fluxo luminoso [44] [45].

Tabela 13 - Comparação Entre os Tipos de Lâmpadas [44] [45]

	Incandescente	Halogénea	Fluorescente	LED
Potência (W)	60	35	14	7
Vida Útil (horas)	1000	5000	10000	40000
Preço (€)	1,15	1,50	2,50	3,15

Na Araújo e Irmãos, Lda a iluminação é praticamente toda LED. Esta mudança foi feita ao longo dos últimos 3 anos, sendo que parte da instalação foi realizada pela Leuk.

3.2.5 Painéis Solares

As energias renováveis são cada vez mais uma opção no que implica redução de custos. Estas são aquelas que provêm de recursos naturais que se renovam constantemente, de um modo sustentável [46]. O seu impacto ambiental é mínimo, comparativamente ao provocado pelas fontes de energia com origem nos combustíveis fósseis.

Em Portugal, o crescimento da utilização de energias renováveis tem sido notável. Apesar da eletricidade produzida advir, maioritariamente, por produção das energias hídrica e eólica [47], o país encontra-se numa área privilegiada para a utilização de energia solar. Está numa das zonas de radiação máxima da Europa. Recebem entre 2000 a 3000 horas de sol por ano [48].

Para converter esta energia proveniente da luz solar em energia elétrica, é necessário recorrer a sistemas solares fotovoltaicos. Estes são projetados para alimentar cargas de corrente contínua (CC) ou de corrente alternada (CA) (**Figura 22**). Podem ser ligados à rede elétrica ou isolados da mesma, funcionando em autoconsumo [49]. De modo a que o primeiro caso se verifique, a ligação à rede, é necessário um inversor. Este inverte a energia elétrica gerada pelos painéis, de CC, para CA. Garante também a segurança do sistema e expõe os dados de geração de energia para o monitoramento do desempenho do seu sistema [50].

Em modo de autoconsumo, o sistema solar fotovoltaico produz energia utilizada para próprio benefício. Em Portugal, o autoconsumo foi regulamentado a 20 de outubro de 2014 [51] e a 23 de janeiro de 2015 [52] [53], até estas datas, a energia produzida tinha que ser injetada e vendida à rede, obrigatoriamente [54].

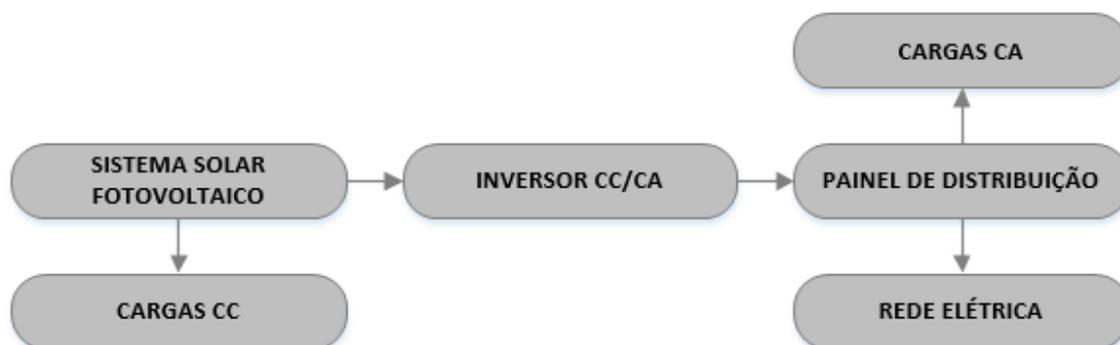


Figura 22 - Possíveis Ligações do Sistema Solar Fotovoltaico

A Araújo e Irmãos, Lda, dispõe de uma instalação de minigeração através de painéis solares fotovoltaicos, com potência de ligação à rede de 60 kW. São cerca de 9 geradores fotovoltaicos, cada um com 54 painéis *Avancis Smart* de 125 W. Para cada gerador existe um inversor, que, como foi dito, permite fazer ligação à rede elétrica. Este apresenta mensagens para o utilizador, indicando a quantidade de energia gerada no próprio dia, o modo de operação, a potência CA gerada, a tensão de entrada do painel, a energia total produzida até ao momento, desde que se encontra em atividade e as horas totais

que esteve em funcionamento [55]. Na **Figura 23** é possível observar quatro dos nove inversores existentes na Araújo e Irmãos, Lda.



Figura 23 - Inversores CC/CA

O sistema solar fotovoltaico está instalado na cobertura das instalações da Araújo e Irmãos, Lda, como se pode ver na **Figura 24**, a amarelo.



Figura 24 - Sistema solar fotovoltaico da Araújo e Irmãos, Lda [37]

4. RESULTADOS DA AUDITORIA E ANÁLISE

Após a recolha dos dados, torna-se necessário efetuar a sua análise, bem como tirar resultados da mesma. Estes visam melhorar a eficiência energética das instalações e reduzir os custos com energia, sem prejudicar o processo produtivo da Araújo e Irmãos, Lda.

Neste capítulo é feito um estudo daquilo que foi abordado no capítulo anterior. São mostradas as possíveis alterações que se poderão efetuar, tendo sempre em conta a viabilidade económica das mesmas.

4.1 Edifício

A Araújo e Irmãos, Lda, tem 38 anos e foi-se expandindo aos poucos, sendo que a instalação elétrica foi sendo montada à medida deste crescimento. Existem no total, 20 quadros elétricos, sendo 2 gerais (QG), alimentados pelo posto de transformação, e os restantes parciais (QP). Na **Figura 25** é visível uma representação dos quadros elétricos no edifício, apenas para rés-do-chão. No primeiro andar é onde ficam os escritórios, a receção e o refeitório. Apenas existem três quadros parciais, o QP12, QP13 e QP14. Na **Figura 26** é apresentado o esquema da ligação entre quadros elétricos. O sentido da seta indica “alimenta o”, por exemplo, o posto de transformação alimenta o quadro geral 1.

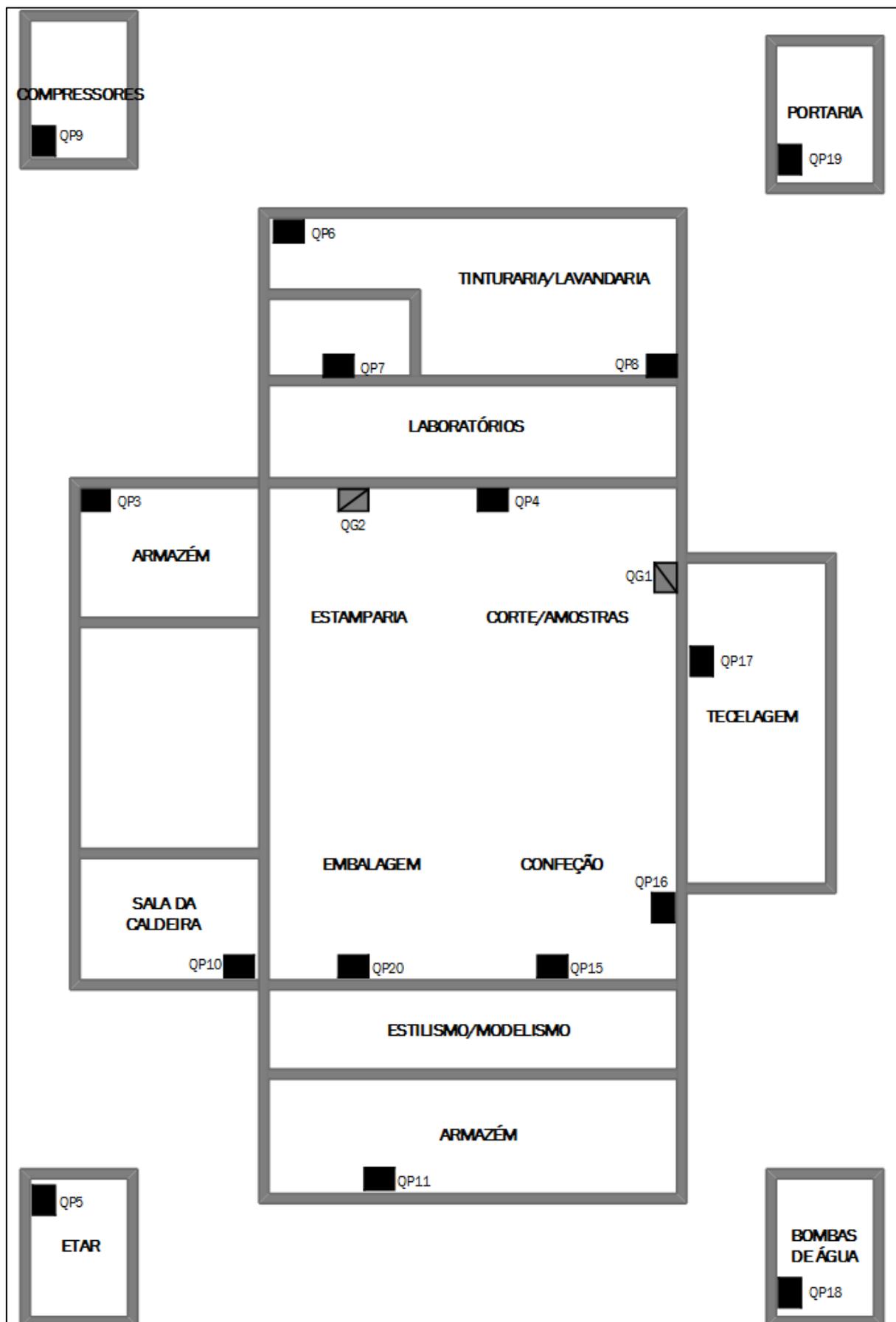


Figura 25 - Representação esquemática dos quadros elétricos no edifício

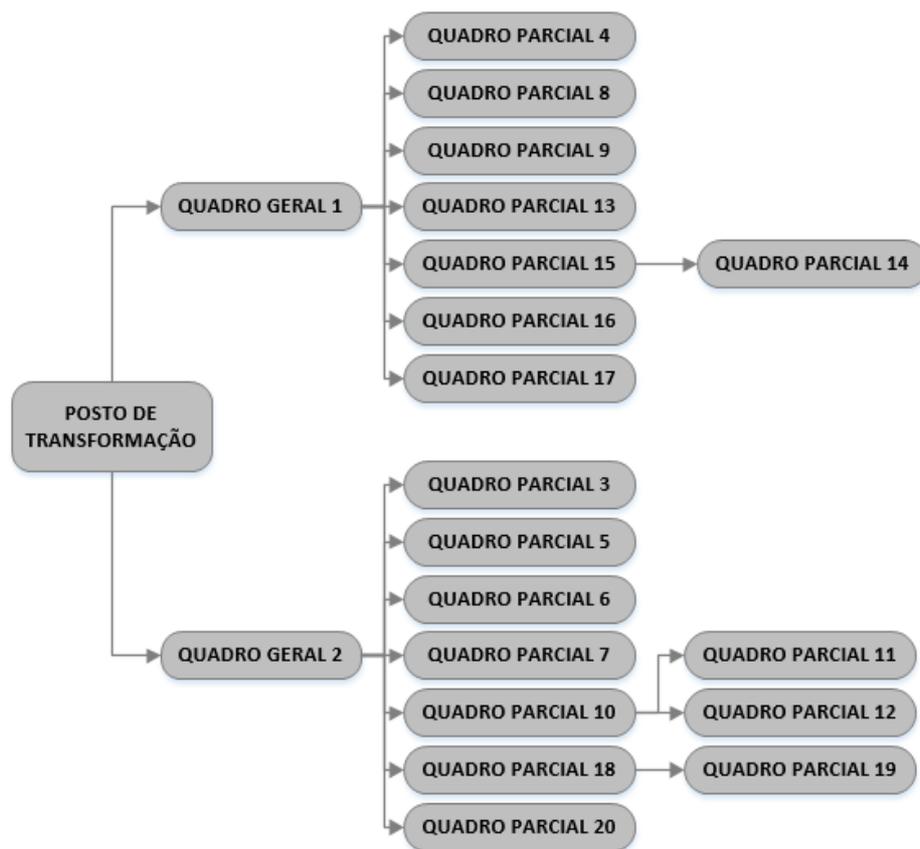


Figura 26 - Ligação entre quadros elétricos da Araújo e Irmão, Lda

Como é perceptível, as ligações entre os quadros não são as recomendáveis, dado que há quadros parciais a alimentar os seus semelhantes. Na **Tabela 14** pode ser visto o que alimenta cada um dos quadros, de forma mais específica.

Tabela 14 - Ligações entre quadros elétricos

Quadro	Alimenta
QG1	QP4, QP8, QP9, QP13, QP15, QP16, QP17
QG2	QP3, QP5, QP6, QP7, QP10, QP18, QP20, estampanaria e laboratórios
QP3	Iluminação
QP4	Iluminação e extratores de ar
QP5	ETAR
QP6	Tinturaria, lavandaria e iluminação exterior
QP7	Lavandaria
QP8	Iluminação
QP9	Compressores
QP10	QP11, QP12 e sala das caldeiras

QP11	Iluminação e portas com fecho automático
QP12	Escritórios
QP13	Escritórios
QP14	Refeitório
QP15	QP14, Modelismo, estilismo, confeção, corte e amostras (canais das máquinas)
QP16	Corte
QP17	Tecelagem
QP18	QP19 e Bombas de água
QP19	Portaria
QP20	Iluminação

Todos os quadros gerais devem ser alimentados pelo PT, tal como acontece, contudo, todos os parciais deveriam estar ligados aos gerais. Existem parciais a alimentar os seus semelhantes. Deve existir, no mínimo, um quadro geral por piso e por edifício, no caso analisado apenas existem dois quadros gerais, sendo ambos no mesmo andar [56].

Muitos quadros emparelhados causam problemas como sobreaquecimento e faz com que os valores de corrente e tensão não sejam os que deveriam, que provoca o mau funcionamento dos equipamentos, diminuindo o seu tempo de vida útil.

4.2 Consumo Energético

Em resultado do estudo feito às faturas, instalação e aos seus equipamentos, definiram-se alguns pontos de medição, para uma deteção de problemas mais eficaz. Estes foram escolhidos tendo em conta a quantidade de equipamentos e o regime de funcionamento dos mesmos. Destes, apenas foi possível realizar as medições em um deles. Na **Tabela 15** é possível visualizar os quadros elétricos escolhidos para o efeito. Além destes, também se decidiu efetuar medições diretamente no posto de transformação (PT).

Tabela 15 – Quadros sujeitos a medições

Setor	Quadro Elétrico
Corte	QP16
Estamparia	QG2
Lavandaria/Tinturaria	QP6
Tecelagem	QP17

No caso do QP16, situado no setor do Corte, este é desligado todos os dias no fim do dia (17h30min) e só é ligado na manhã seguinte, quando a empresa começa o período de laboração (8h30min), ou seja, o período de medição seria insuficiente. Além disso, os cabos eram de difícil acesso, não sendo possível colocar as pinças flexíveis de corrente e os cabos e crocodilos de tensão.

No QG2, onde estão ligados os equipamentos do setor da Estamparia, que representam o maior consumo da instalação, não nos foi permitido efetuar medições. Isto deve-se ao facto de os quadros gerais desta empresa serem antigos e, ao abri-los, o fornecimento de energia aos aparelhos ligados ao mesmo seria interrompido. O procedimento não seria viável para a empresa, nem permitido pela mesma.

Inicialmente, escolheu-se o QP17 pela grande quantidade de teares que a empresa possui, contudo veio a saber-se que apenas dois deles se encontram em funcionamento e só durante algumas horas, acabando por se optar por não realizar a medição.

Posto isto, foi possível efetuar medições no PT e no QP6.

Antes de prosseguir com as medições, era necessário definir o que se ia medir. Na recolha de dados para análise do comportamento da instalação, em termos de qualidade de energia, é necessário fazer a leitura dos seguintes parâmetros:

- Tensão nas fases (V1, V2 e V3);
- Corrente nas fases e no neutro (I1, I2, I3 e In);
- Potências ativa total (Pt), reativa total (Qt) e aparente total (St);
- Fator de potencia (PF);
- Taxa de distorção harmónica (THDv e THDi);
- Harmónicos de tensão e corrente (HXXv e HXXi).

Em cada um destes itens, é necessário saber o que avaliar. No caso das tensões e correntes procurou-se casos de distorção, valores anormalmente baixos ou elevados e interrupções no fornecimento de energia. Relativamente às potências houve necessidade de analisar com mais cuidado a potência reativa, vendo se esta acompanhava o consumo das potências ativa e aparente e se existiam, mais uma vez, medições anormais. No fator de potência indagou-se pela variação de valores que este toma ao longo do dia, estando ou não a fábrica em período de laboração.

As taxas de distorção harmónica da corrente e tensão, bem como os harmónicos individuais de cada um deste parâmetros, foram casos que mereceram mais atenção, tendo sido necessário recorrer

à norma IEEE Standard 519-2014 [43][57]. Para a melhor compreensão da mesma, atente-se às seguintes definições:

- **Ponto de Acoplamento Comum (PCC - *Point of Common Coupling*)**: Ponto de medição, onde, tanto o consumidor como a operadora, conseguem aceder para medição direta dos índices harmónicos significativos. É tomado como o sítio no sistema mais perto do utilizador, onde a operadora pode oferecer o serviço a outros consumidores. Normalmente, para instalações industriais, o PCC, situa-se o lado primário do transformador [57] [58]. Pode ver-se a sua representação na **Figura 27** [57].

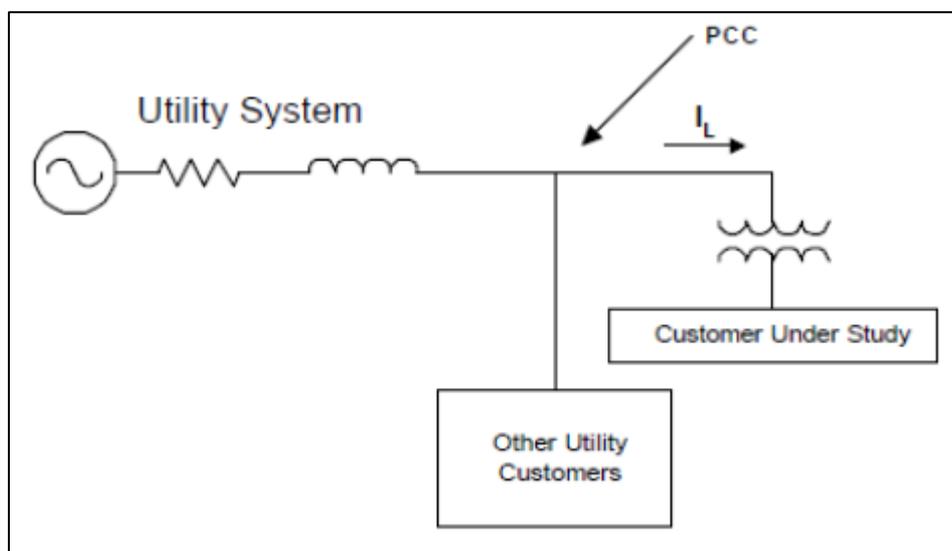


Figura 27 - Representação do PCC e da I_L [55]

- **Corrente Máxima Pedida pela Instalação (I_L – *Maximum Demand Load Current*)**: corresponde ao valor máximo da componente fundamental da corrente pedida pela instalação, tendo em conta que as cargas não funcionam todas ao mesmo tempo. Pode ser difícil ou praticamente impossível de medir. Sugere-se que o seu valor seja obtido através da soma das correntes correspondentes durante 12 meses, divididas por 12, ou seja, fazendo a média das mesmas [57] [58]. Pode ver-se a sua representação na **Figura 27**.
- **Corrente Máxima de Carga (I_{FL} – *Full Load Current*)**: consiste na corrente que tem uma instalação, quando todas as cargas estão ligadas em simultâneo. Pode ser calculada através da equação 1.

$$I_{FL} = \frac{S_N}{U_N \sqrt{3}} \quad (1)$$

- **Corrente de Curto-Circuito (I_{sc} – *Short Circuit Current*):** é a corrente máxima que pode existir num sistema elétrico em particular, sob condições de curto-circuito. Pode ser calculada através da divisão da corrente máxima de carga por a impedância de curto-circuito (Z_{sc}), como se vê na equação 2 [59].

$$I_{SC} = \frac{I_{FL}}{Z_{SC}(\%)} \quad (2)$$

- **Taxa de Distorção de Demanda (TDD – *Total Demand Distortion*):** é a relação da raiz quadrada da soma do quadrado das correntes harmónicas com a corrente máxima da carga, como se pode ver na equação 3.

$$TDD = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + I_5^2 + \dots}}{I_L} \quad (3)$$

Segundo a IEEE STD 519-2014, a TDD máxima para um sistema é calculada através da relação entre a corrente de curto-circuito (I_{sc}) e a corrente máxima da carga (I_L). Contudo, quando a TDD é máxima, esta tem o mesmo valor que a THD. Observando a **Tabela 16**, é possível ver os limites da corrente de distorção e da TDD, em percentagem, para sistemas de distribuição gerais para média tensão [58].

Tabela 16 - Limites da Corrente de Distorção para Sistemas de Distribuição Gerais para MT [43] [58].

Corrente de Distorção Harmónica em Percentagem de I_L						
Ordem Individual dos Harmónicos						
I_{sc}/I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20<50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50<100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100<1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
>1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Esta relação é extremamente difícil de calcular, devido ao facto da I_L consistir numa média de valores da corrente fundamental, durante 12 meses. Não possuindo esta ampla gama de valores, decidiu-

se efetuar um cálculo aproximado, utilizando a corrente máxima da carga, de modo a ser possível fazer uma análise através da **Tabela 16**. Não será a maneira mais aconselhável de o fazer, contudo irá permitir ter uma ideia do problema existente.

Para efetuar este cálculo, as características do transformador presente no PT, estão presentes na **Tabela 17**.

Tabela 17 - Características do Transformador de Distribuição do PT

Transformador de Distribuição - Efacec			
Tipo	T84.095		
Ano	1986		
Normas	C.E.I. 78 - 1976		
Montagem	Exterior		
Potência Nominal	250 kVA		
Frequência	50 Hz		
Número de Fases	3		
Impedância de Curto-Circuito	4 %		
Tensões Nominal	Comutador	Primário	Secundário
	1	15 750 V	400 V
	2	15 000 V	400 V
	3	14 250 V	400 V
Correntes Nominais	-	9,62 A	360,80 A

Posto isto, utilizando a equação 1, calculou-se que:

$$I_{FL} = \frac{250\,000}{400\sqrt{3}} = 360,84 \text{ A (3)}$$

Seguidamente, utilizando a equação 2:

$$I_{SC} = \frac{360,84}{0,04} = 9021,00 \text{ A (4)}$$

Fazendo a relação entre estes valores, de modo a obter um valor de acordo com a tabela 16, tem-se que:

$$\frac{I_{SC}}{I_{FL}} = \frac{9021}{360,84} = 25 \text{ (5)}$$

Observando a **Tabela 18**, correspondente a uma parte da **Tabela 17**, podem ver-se os parâmetros que correspondem ao valor obtido através da equação 5.

Tabela 18 - Corrente de Distorção Harmónica em Percentagem Relativa ao Caso em Estudo

Corrente de Distorção Harmónica em Percentagem de IL						
Ordem Individual dos Harmónicos						
Isc/IL	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
20<50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0

Tendo já os valores máximos para os harmónicos individuais, conclui-se que o valor máximo para a THDi será 8%, o mesmo valor de TDD. Quando TDD assume um valor máximo, esta e a THD possuem a mesma importância.

Sendo assim, a THDi máxima diminui, bem como a margem dos valores dos harmónicos individuais. Esperam-se, assim, resultados mais rigorosos.

Para a Taxa de Distorção Harmónica da Tensão, existe uma tabela apenas dedicada à mesma. O valor máximo da THDv depende do nível de tensão do sistema no PCC. Podem ver-se estes valores na **Tabela 19** [57].

Tabela 19 - Taxa de Distorção Harmónica Total da Tensão [43] [57]

Tensão de Barramento no PCC (kV)	Harmónicos individuais (%)	Taxa de Distorção Harmónica Total (%)
$V \leq 1$	5,0	8,0
$1 < V \leq 69$	3,0	5,0
$69 < V \leq 161$	1,5	2,5
$161 < V$	1,0	1,5

A linha azul corresponde aos valores que correspondem à instalação em questão, logo o valor máximo para a Taxa de Distorção Harmónica Total da Tensão é 5 %.

Foi possível efetuar as medições no PT, o PQA824 esteve ligado ao mesmo de 8 de março a 17 de março. Devido à falta de memória do aparelho, só se conseguiram medir 6 dias, sendo apenas 4 deles seguidos. Podem ver-se as horas de medição, a azul, na **Tabela 20**.

Tabela 20 - Horas de medição no PT

Dia/ Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
08/03																								
09/03																								
10/03																								
11/03																								
12/03																								
13/03																								
14/03																								
15/03																								
16/03																								
17/03																								
18/03																								
19/03																								

Como já foi dito anteriormente, utilizaram-se pinças flexíveis de corrente, cabos e crocodilos para a tensão, tudo da *HT Instruments*. Pode ver-se a sua colocação na **Figura 28**.

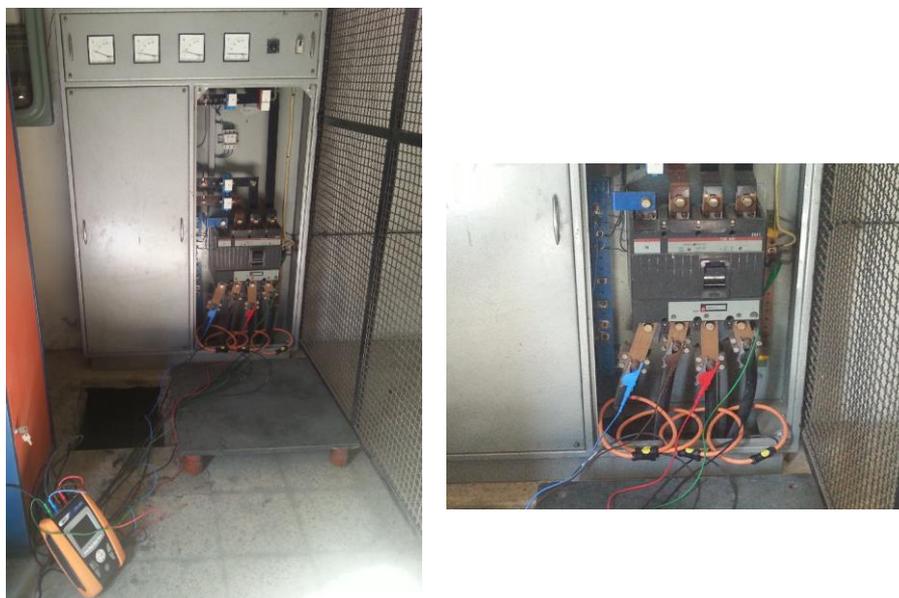
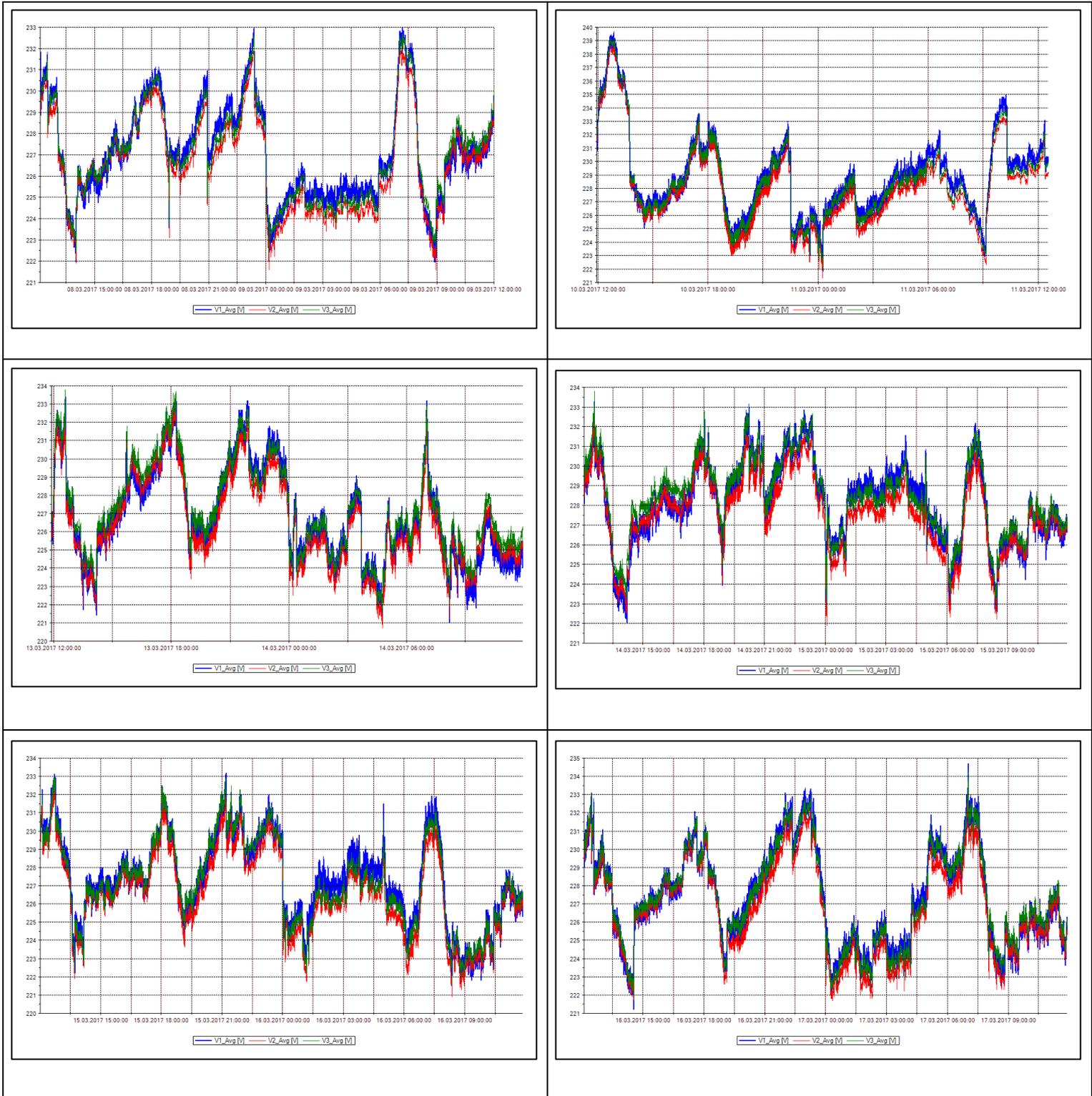


Figura 28 - Ligação do PQA824 ao PT

Foram usadas luvas e um tapete de borracha isolante, de modo a haver proteção contra os elevados valores de tensão e corrente presentes no local.

Na **Figura 30** é possível ver as tensões medidas no PT, durante os 7 dias. Já na **Figura 29** é possível observar as tensões em modo *scope*, que corresponde a um dos seus valores instantâneos. Isto permite visualizar a forma de onda com mais proximidade e detetar problemas de forma mais minuciosa, sendo o grande problema ser apenas uma imagem de um instante, ou seja, não se conseguiu avaliar todo o sistema.



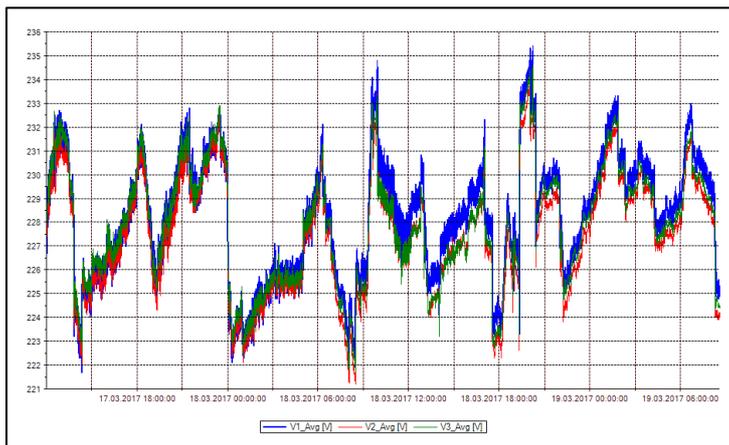


Figura 30 - Tensões medidas no PT

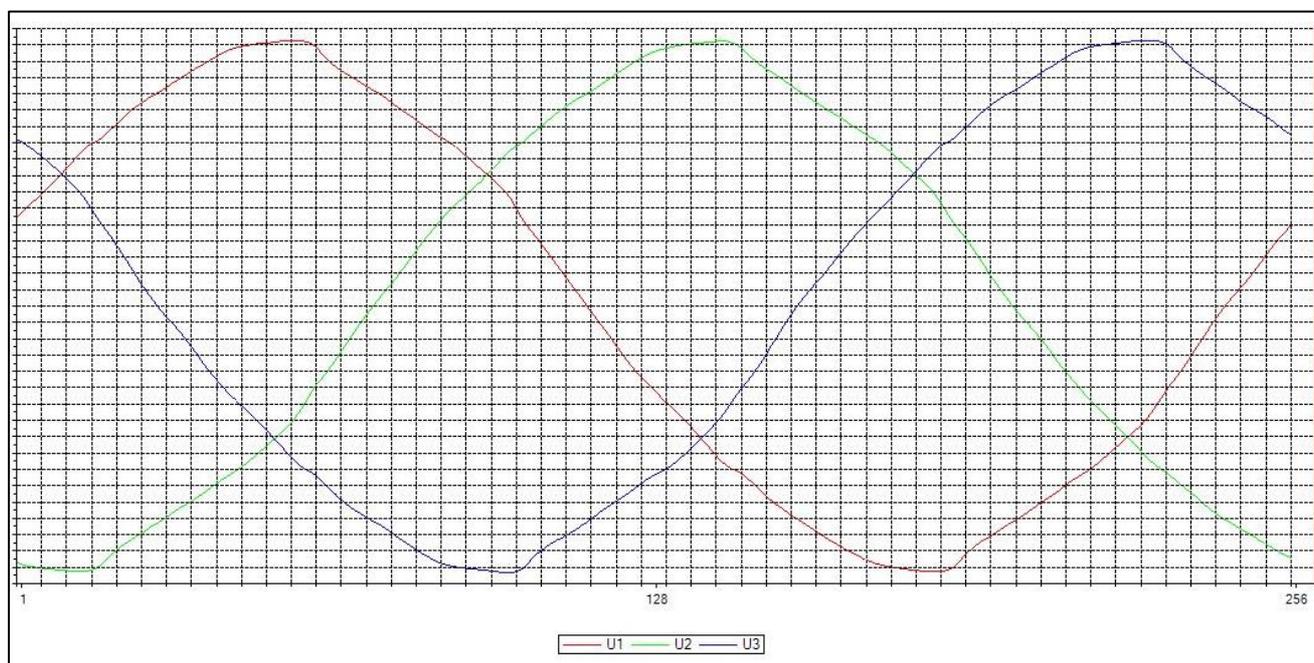
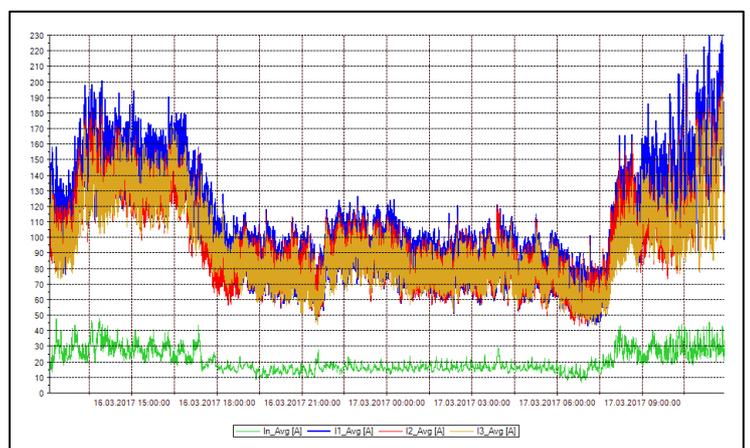
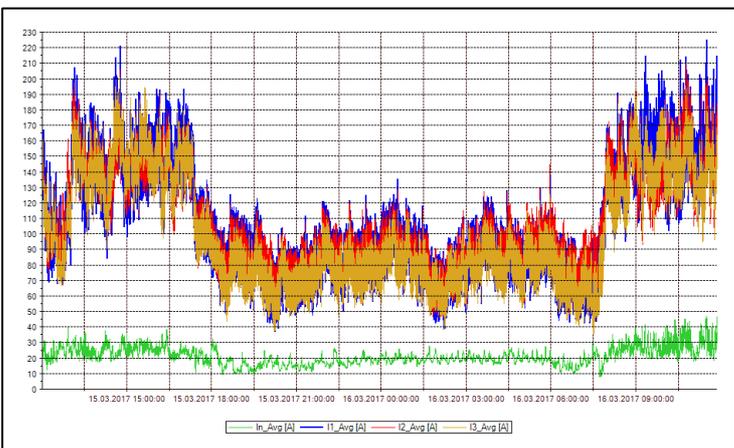
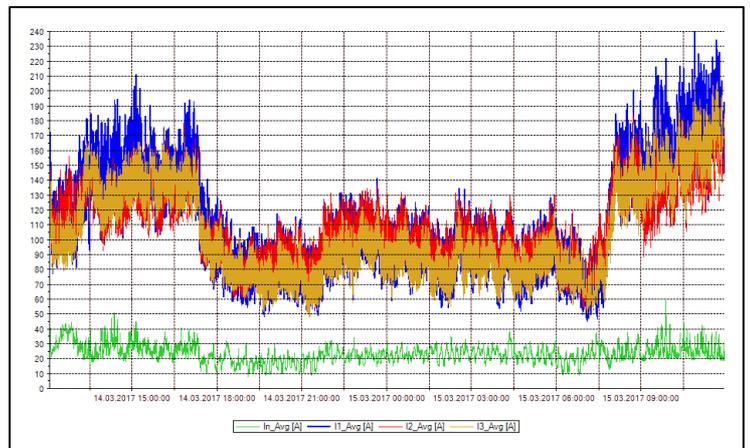
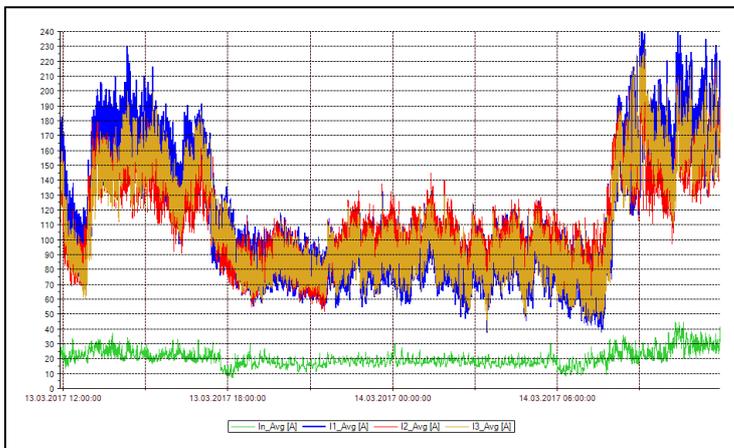
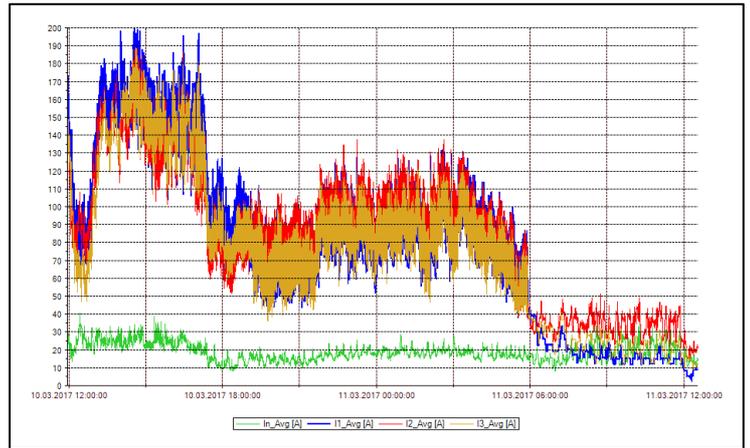
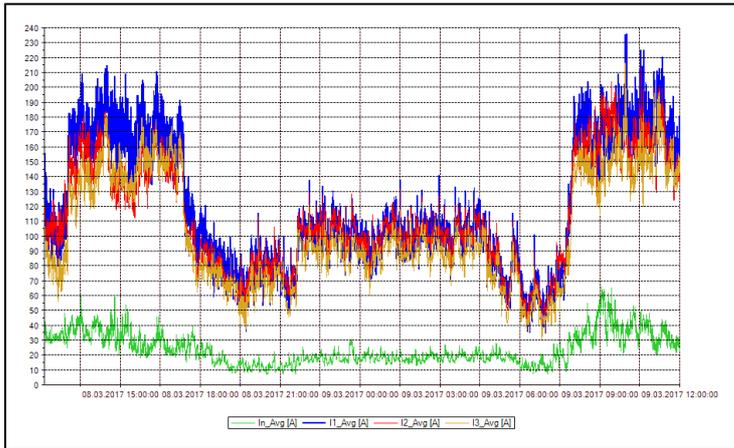


Figura 29 - Formas de Onda Instantâneas da tensão no PT

Através da visualização destas imagens, pode-se concluir que existe uma distorção mínima na tensão.

Seguidamente, na **Figura 31** é possível observar as correntes medidas no posto de transformação.



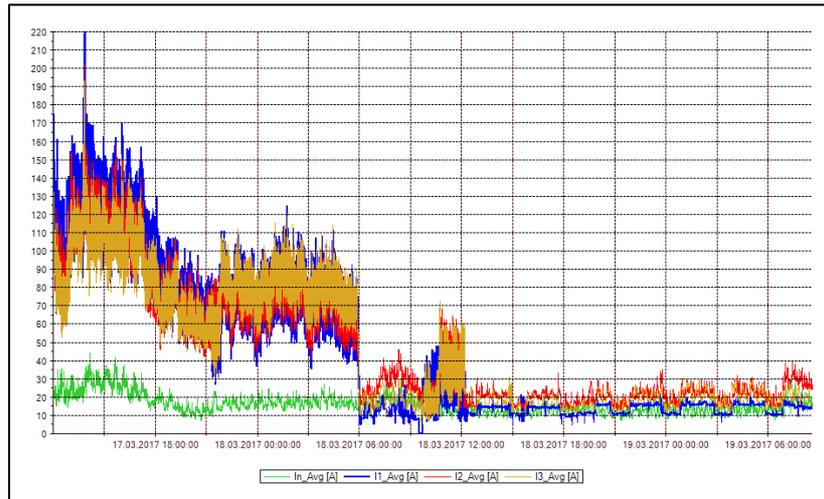


Figura 31 – Correntes medidas no PT

Ao observar as correntes, conclui-se que existe distorção e ainda uma corrente de neutro elevada, correspondendo a cerca de 24,6 % da corrente medida no posto de transformação, nas restantes fases. Estes valores são causados por harmónicos, como se irá demonstrar mais à frente, neste documento.

Verifica-se que os consumos mais elevados se registam das 8h30min às 18h, havendo uma pequena diminuição na hora de almoço. A partir de sábado, das 6h existe uma quebra de consumos de corrente, pelo facto de a fábrica parar de trabalhar, retomando só na segunda-feira.

Na Figura 32, é possível visualizar as correntes em modo *scope*, numa gravação instantânea dos seus valores.

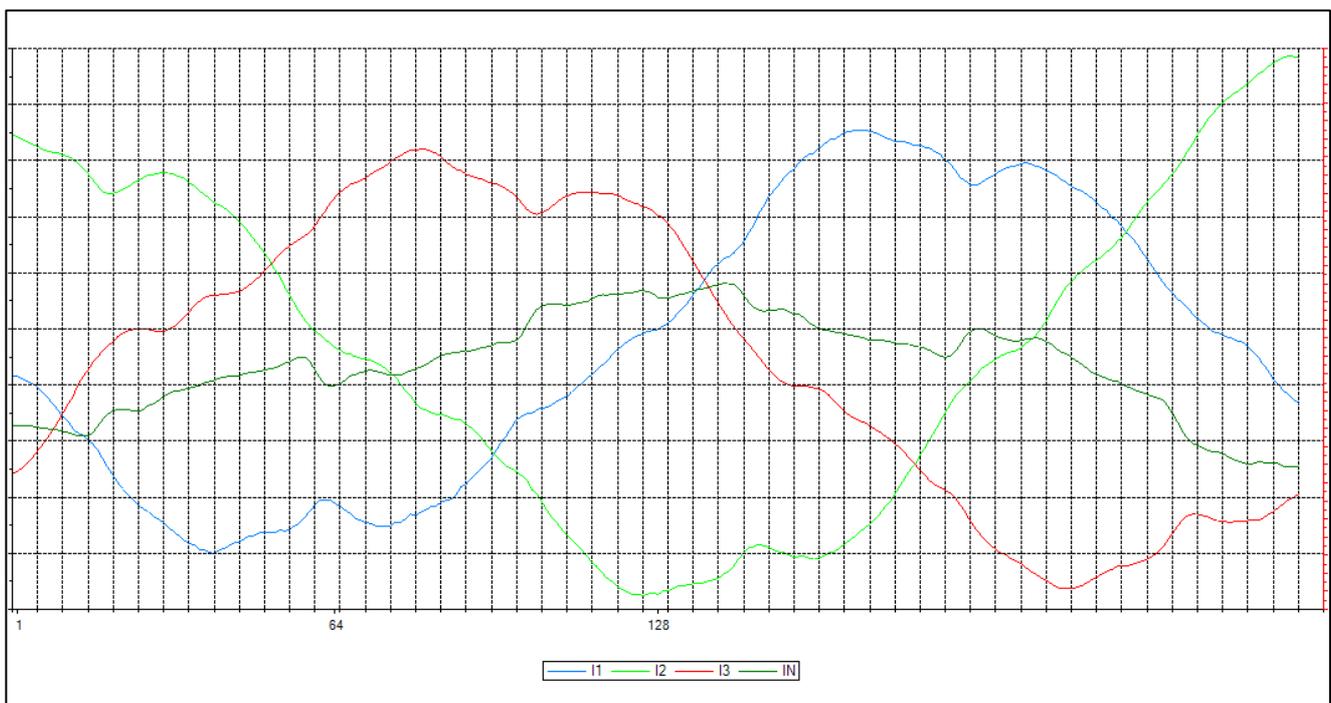


Figura 32 - Formas de onda instantâneas das correntes

Como já foi dito e pode ser confirmado, visualizando com mais cuidado na **Figura 32**, as correntes estão distorcidas e a corrente no neutro é elevada.

Resolveu-se analisar as várias parcelas faturadas anualmente e compará-las. O maior consumo corresponde, como se esperava, à energia ativa, assumindo quase sempre 50% do valor da fatura. As redes de potência são a segunda parcela mais elevada, representando quase 30% dos gastos. Seguem-se as redes de energia situando por volta dos 18%. Com quase 0,9%, tem-se o Imposto sobre Consumo de Energia Elétrica. A energia reativa, um dos itens que merece mais atenção numa análise destas, apenas compreende valores entre os 0,3% e 0,4%, sendo um valor muito reduzido dada a dimensão da empresa e o valor final da fatura. Por fim, o restante da fatura representa a Contribuição Audiovisual e, no ano de 2013, pagou-se o Corte e Reposição da Instalação, que correspondeu à mudança de operadora de energia, da Iberdrola para a EDP.

Esta comparação pode ser visualizada na **Figura 33**.

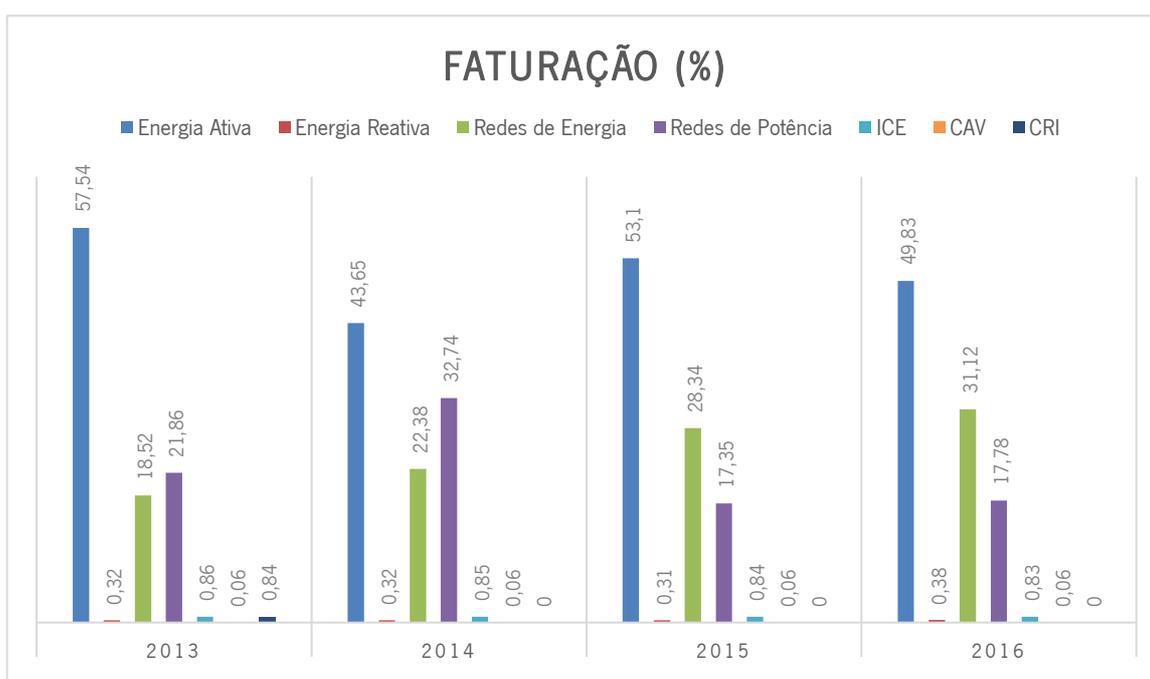
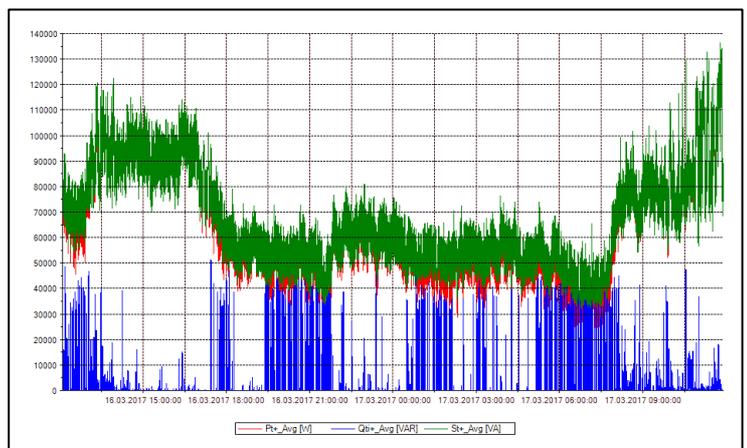
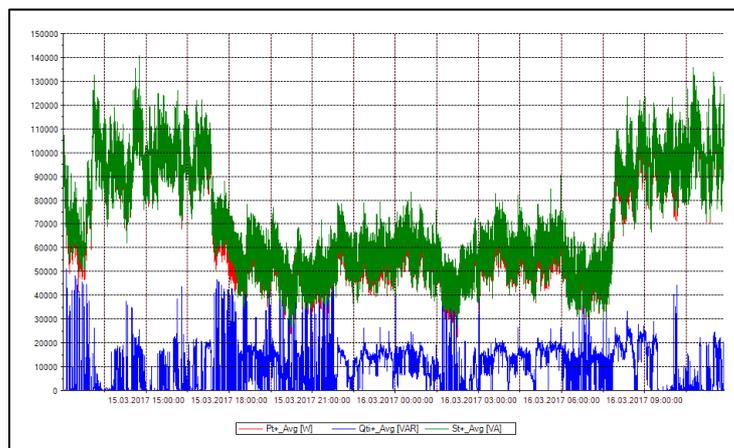
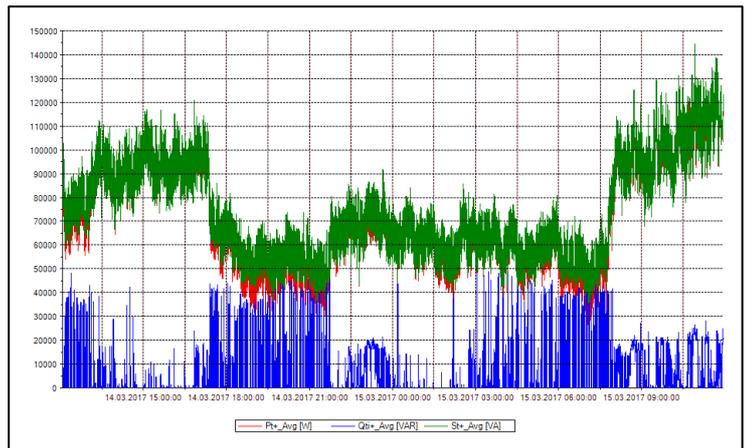
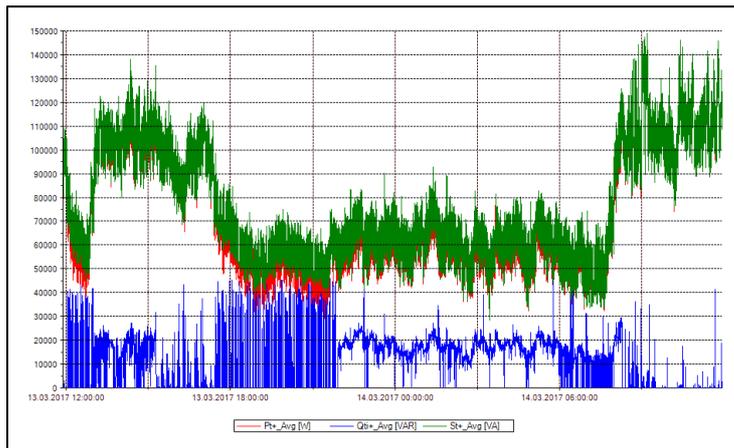
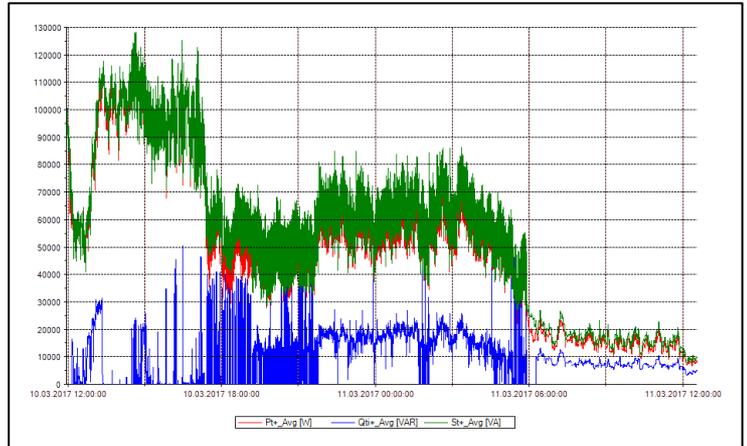
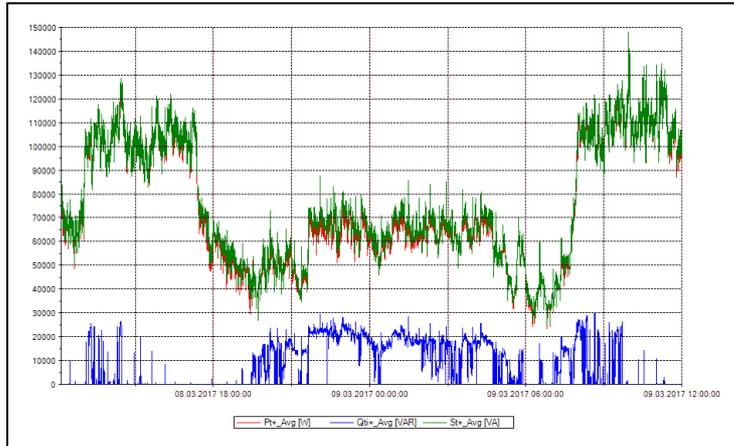


Figura 33 - Faturação em Percentagem

Apesar do valor da energia reativa ser muito pequeno, ao realizar medições com o PQA824, verificaram-se algumas irregularidades.

Observando a **Figura 34**, pode-se observar que o valor energia reativa aumenta quando a fábrica deixa de trabalhar. Isto deve-se ao facto de os bancos de condensadores continuarem a fornecer energia

reativa capacitiva, quando já não existe a necessidade de compensar a energia reativa indutiva (como acontece durante as horas de trabalho).



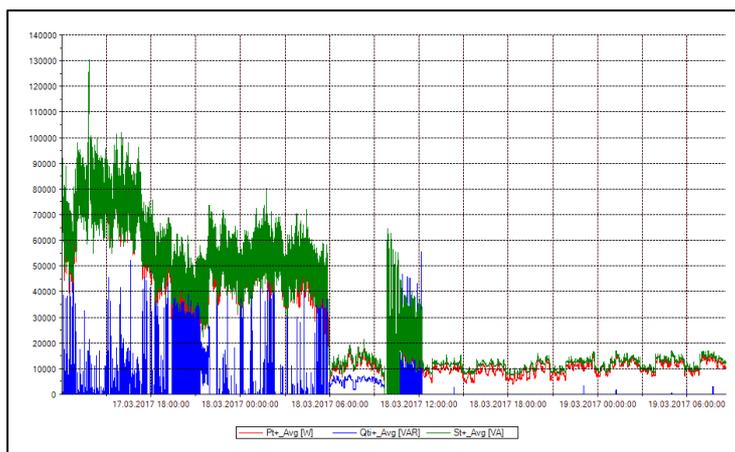


Figura 34 - Potências medidas no PT

Todo o excesso de energia reativa é prejudicial ao sistema elétrico, seja consumida (indutiva) ou fornecida (capacitiva). Nas instalações com correção de fator de potência através de condensadores, os mesmos devem ser desligados conforme se desativam as cargas indutivas, de forma a manter uma compensação equilibrada entre a energia reativa capacitiva e indutiva [60].

Foi medida a taxa de distorção harmônica da tensão e corrente, bem como os harmônicos individuais de corrente até à décima terceira ordem. Todos estes dados encontram-se nas **Tabela 21**, **Tabela 22** e **Tabela 23**, respetivamente.

Tabela 21 - Taxa de Distorção Harmônica Máxima da Tensão no PT

Taxa de Distorção Harmônica Máxima da Tensão (%)			
Fase	Medição	IEEE STD 519-2014	Relação
1	5	5	-
2	4,8		-
3	5		-

Analisando a **Tabela 21**, é possível concluir que a THD da tensão está dentro dos valores normais recomendados pela IEEE STD 519-2014, não havendo motivo para preocupação.

Na **Tabela 22** encontra-se a THD da corrente, em cada fase. Pode ver-se que os seus valores são elevados, não estando dentro do recomendável.

Tabela 22 - Taxa de Distorção Harmónica da Corrente no PT

Taxa de Distorção Harmónica Máxima da Corrente (%)			
Fase	Medição	IEEE STD 519-2014	Relação
1	46,6	8	5,83
2	49,2		6,15
3	49,7		6,21

Pela observação da tabela anterior, pode ver-se que os valores da taxa de distorção harmónica são muito elevados face ao recomendado, atingindo cerca de 6 vezes mais o seu valor.

Olhando para os harmónicos individuais de corrente, na **Tabela 23**, visualizam-se valores igualmente elevados, havendo apenas um harmónico dentro do valor dado como aceitável.

Tabela 23 - Harmónicos de Corrente Individuais no PT

Harmónicos Individuais de Corrente (%)				
Fase	Ordem	Medição	IEEE STD 519-2014	Relação
1	3	5,94	7	-
	5	15,42		2,20
	7	7,16		1,02
	9	2,28	3,5	-
	11	11,23		3,21
	13	6,39		1,83
2	3	4,96	7	-
	5	16,20		2,31
	7	6,86		-
	9	3,06	3,5	-
	11	10,50		3,00
	13	8,24		2,35
3	3	5,30	7	-
	5	17,96		2,57
	7	7,08		1,01
	9	1,48	3,5	-
	11	9,93		2,84
	13	8,06		2,30

Apenas os harmónicos de ordem 3 e 9 se encontram dentro dos limites técnicos, havendo ali uma pequena exceção para o harmónico de ordem 7, na fase 2.

Na Tinturaria/Lavandaria existem variadores de velocidade em todos equipamentos, a maioria deles ligados ao QP6. Estes aparelhos são usados para controlar a velocidade de um motor de indução, convertendo a frequência da rede para outra, controlando a velocidade do motor [61] [62].

Os variadores de velocidade permitem economias com valores entre os 20% e os 25%, fazem com que haja uma maior duração da vida útil do motor, pois existem menos stress e choques mecânicos, o que leva também a uma manutenção mais reduzida. Normalmente oferecem amplas gamas de velocidade, binário e potência. Contudo, estes aparelhos produzem harmónicos de corrente. Uma das formas de minimizar este problema é a implementação de filtros anti harmónicos [61] [62].

Efetuar-se medições ao QP6, apenas durante 4 dias (**Tabela 24**), dado que a tinturaria e a lavandaria funcionam durante 24 horas por dia. Houve uma pequena quebra nas medições no dia 24 de março devido à memória insuficiente no aparelho e da impossibilidade de visita ao mesmo, para efetuar a recolha de dados, no dia anterior.

Tabela 24 - Horas de medição no QP6

Dia/ Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
21/03																								
22/03																								
23/03																								
24/03																								
25/03																								

Na **Figura 35** é possível observar as tensões das três fases, medidas no QP6. Na **Figura 36** podem ser visualizadas as tensões no modo *scope*, que, como já foi dito, corresponde a um valor instantâneo de tensão.

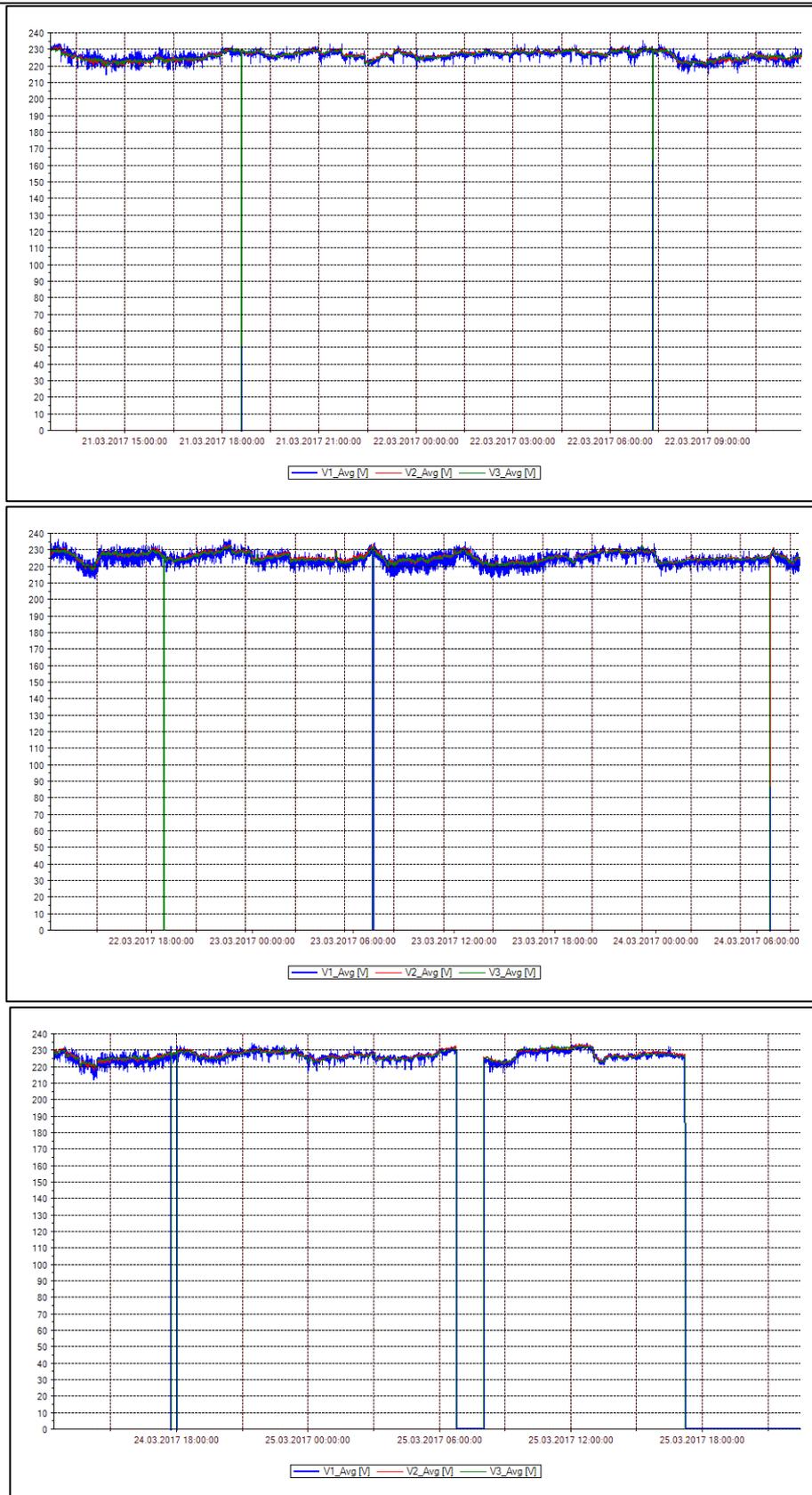


Figura 35 - Medição das Tensões no QP6

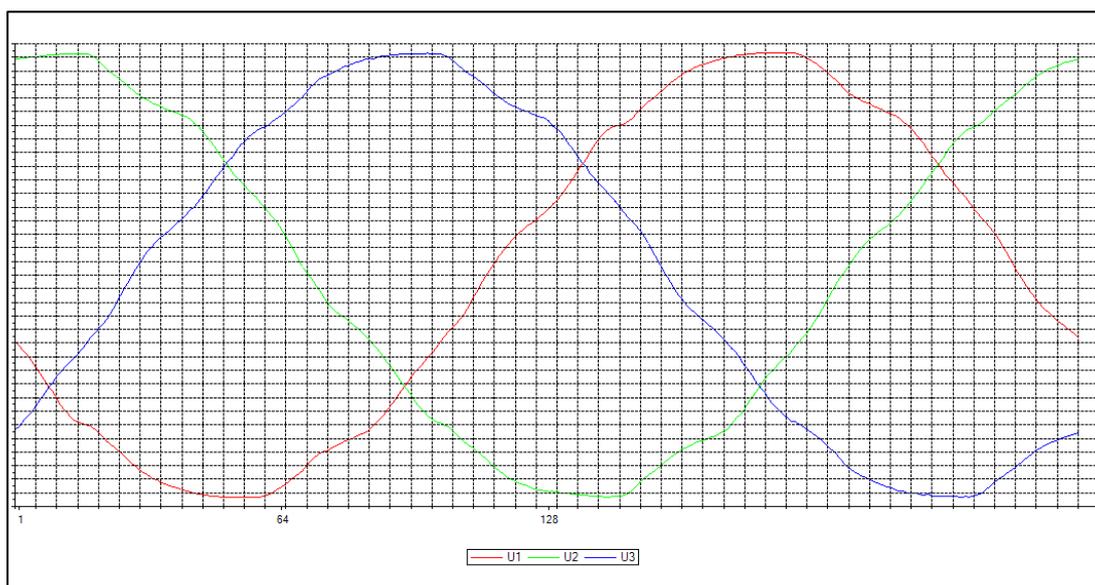


Figura 36 - Formas de Onda Instantâneas da Tensão no QP6

Pelas **Figura 35** e **Figura 36**, conclui-se que a distorção na tensão não toma valores preocupantes, sendo até mínima.

É possível visualizar que também existem interrupções do fornecimento de energia, sendo que acontecem praticamente à mesma hora, todos os dias. Estas só eram resolvidas quando um funcionário voltasse a ativar o disjuntor. Este problema tem como causa a capacidade do disjuntor. Estando o disjuntor limitado a 40 A, valor do qual se aproxima muitas vezes apenas com as máquinas da lavanderia/tinturaria (**Figura 37**), na altura de ligar/desligar a iluminação exterior este disparava.

Ao informar-se a empresa das interrupções no fornecimento de energia, foi dito que o problema seria o descrito anteriormente e que já estariam a resolver a situação, instalando um disjuntor com maior limite de corrente. A partir do momento em que se instalou o novo disjuntor, nunca mais ocorreu qualquer falha de energia.

Nas figuras 36 e 37 é possível visualizar a medição das correntes no QP6 de formas contínua e instantânea, respetivamente.

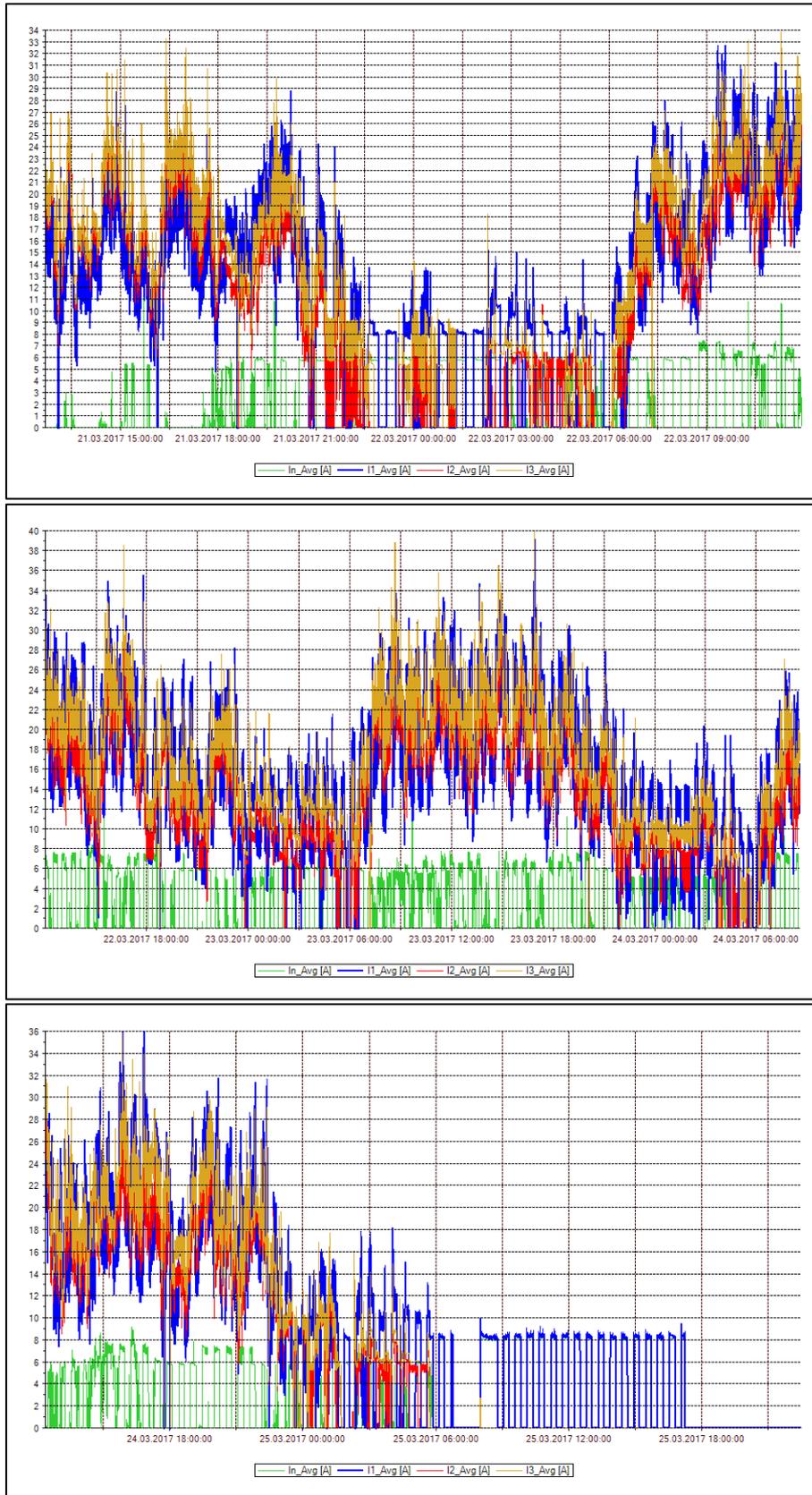


Figura 37 - Medição das Correntes no QP6

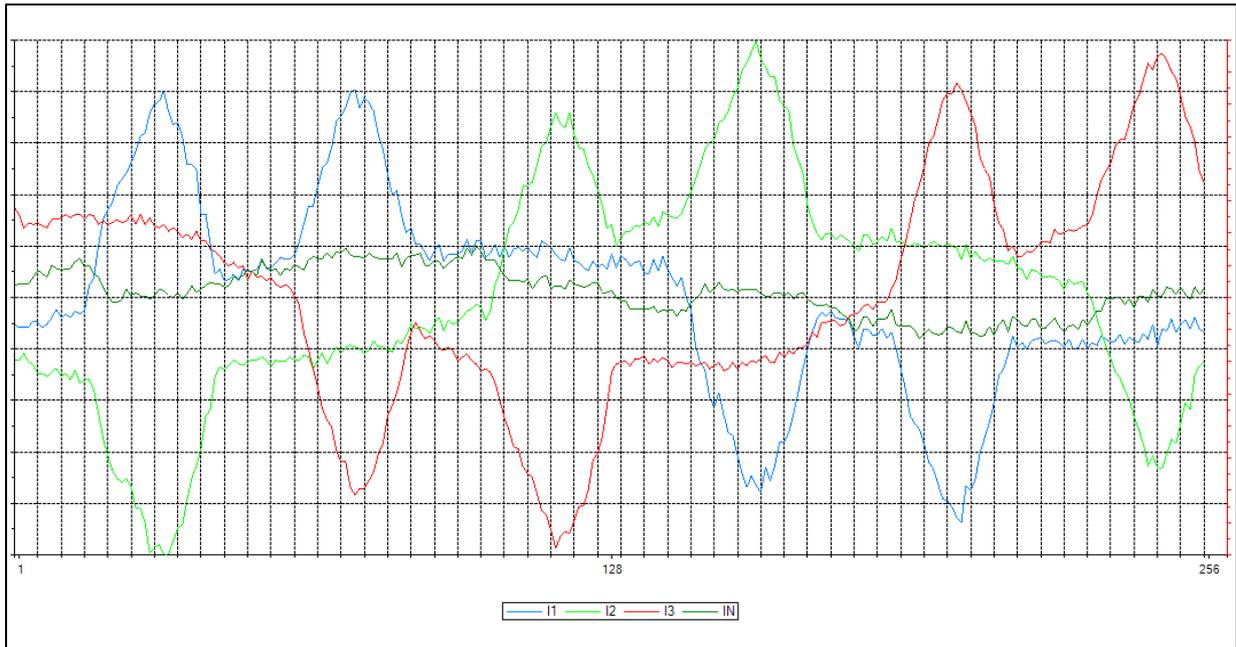
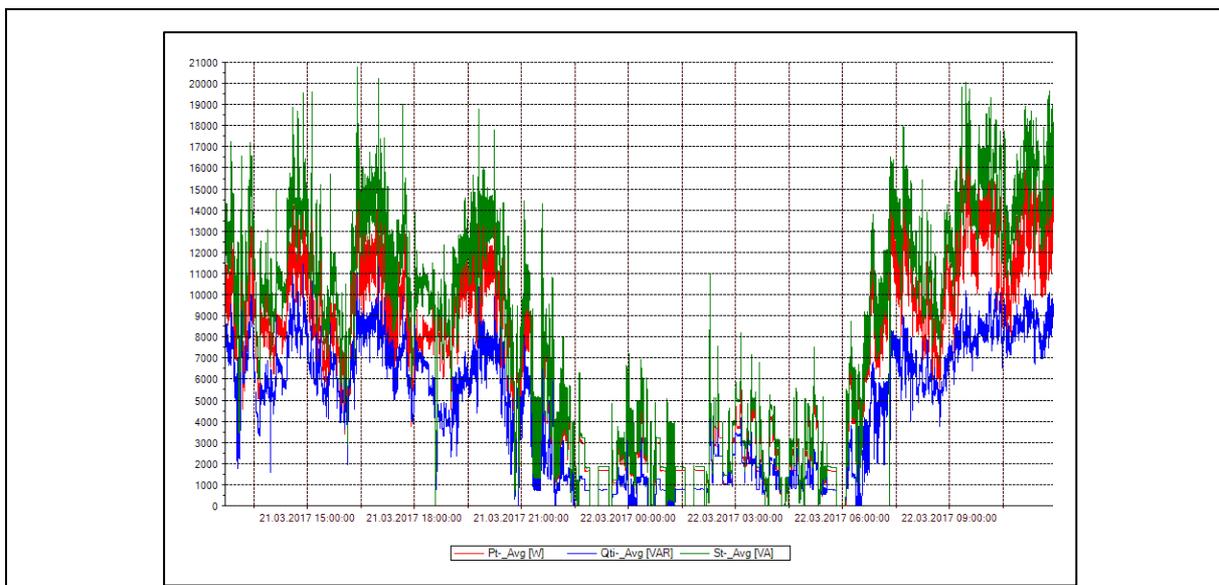


Figura 38 - Formas de Onda Instantânea das Correntes no QP6

A partir da observação das figuras 36 e 37, é possível verificar que o período de laboração dura 24 horas, sendo que a sua intensidade diminui entre as 00h e as 6h, pois a quantidade de máquinas a trabalhar é mais reduzida. É possível visualizar que existe uma elevada distorção das correntes, como também, corrente no neutro, ambas provocadas por harmónicos. Neste ponto, a corrente de neutro representa cerca de 30% da corrente das outras fases.

Analisando as potências presentes no QP6, na figura 39, é possível observar-se uma potência reativa muito elevada, chegando a acompanhar as restantes potências.



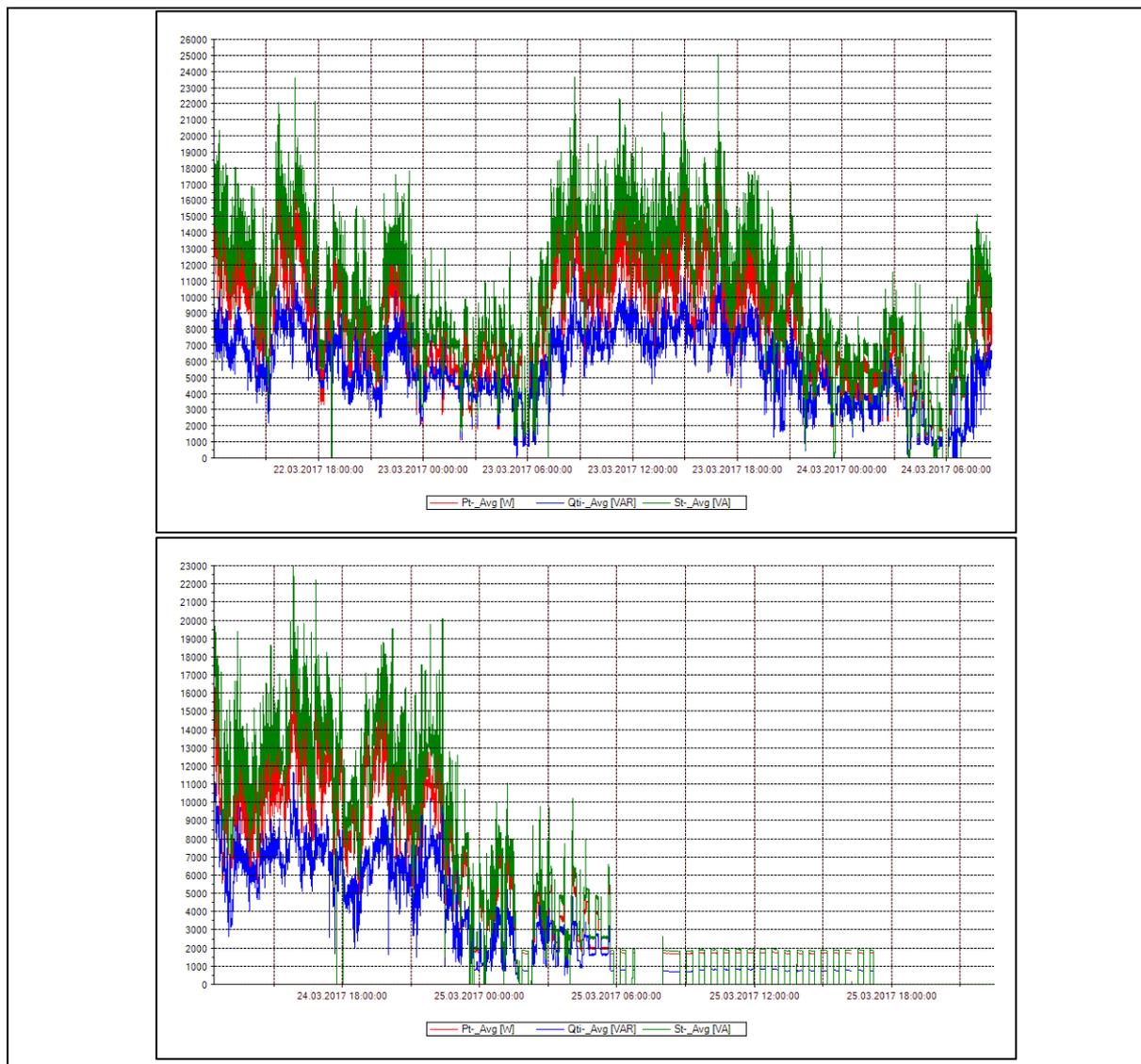


Figura 39 - Potências Ativa, Aparente e Reativa Medidas no QP6

Apesar da presença do banco de condensadores no PT, este não influencia o valor da potência reativa dentro a instalação. A empresa não paga energia reativa, mas esta continua presente na mesma, causando sobreaquecimento e desgaste dos equipamentos que por sua vez, diminui a sua vida útil. Contudo existem equipamentos que necessitam de energia reativa para o seu funcionamento, ou seja, esta não poderá ser totalmente eliminada.

Foi medida a taxa de distorção harmônica na tensão e na corrente, bem como os harmônicos individuais de corrente, tudo em percentagem. Estes parâmetros podem ser visualizados na Tabela 25, Tabela 26 e Tabela 27, respetivamente.

Tabela 25 - Taxa de Distorção Harmónica Máxima da Tensão no PT

Taxa de Distorção Harmónica Máxima da Tensão (%)			
Fase	Medição	IEEE STD 519-2014	Relação
1	4,3	5	-
2	4,2		-
3	4,3		-

Como é possível observar na **Tabela 25**, a taxa de distorção harmónica máxima da tensão, apresenta valores dentro do considerado recomendável, não sendo motivo de preocupação. Por este motivo, resolveu não se analisar os harmónicos individuais de tensão.

De seguida, na **Tabela 26**, são descritos os valores da taxa de distorção harmónica máxima na corrente para cada uma das fases.

Tabela 26 - Taxa de Distorção Harmónica da Corrente no PT

Taxa de Distorção Harmónica Máxima da Corrente (%)			
Fase	Medição	IEEE STD 519-2014	Relação
1	90,2	8	11,28
2	86,1		10,76
3	74,6		9,33

Os seus valores são absurdamente grandes, havendo uma relação de dez vezes mais face ao aconselhável. Relativamente aos harmónicos individuais de corrente, **Tabela 27**, é possível observar que os valores são elevados, e nenhum está de acordo com a norma IEEE STD 519-2014.

Tabela 27 - Harmónicos Individuais de Corrente no QP6

Harmónicos Individuais de Corrente (%)				
Fase	Ordem	Medição	IEEE STD 519-2014	Relação
1	3	6,96	7	-
	5	35,38		5,05
	7	21,45		3,06
	9	4,18	3,5	-
	11	6,69		1,91
	13	5,57		1,59
2	3	11,2	7	1,60
	5	36,69		5,24
	7	21,30		3,04
	9	6,51		-

	11	8,58	3,5	2,45
	13	6,21		1,77
3	3	5,48	7	-
	5	37,81		5,40
	7	21,92		3,13
	9	4,38	-	
	11	8,49	3,5	2,43
	13	6,85		1,96

Verifica-se que os harmónicos de ordem 5 e 7 são os que apresentam valores mais elevados, podendo provocar sobreaquecimento e diminuir o rendimento dos equipamentos.

Concluída a análise das medições, verifica-se que nas instalações da Araújo e Irmãos, Lda, existem problemas com harmónicos de diversas ordens. Estes variam em função da atividade e das cargas que estão a ser utilizadas. Considerando a sensibilidade dos equipamentos, bem como a junção de outros inconvenientes, como é o caso da elevada potência reativa dentro da instalação e da corrente presente no neutro, optou-se por efetuar a mitigação destes problemas através de um filtro ativo paralelo.

Foram pedidas três propostas, com orçamento, a três empresas distintas:

- **Zeben – Sistemas Eletrónicos, Lda:** Empresa portuguesa, com sede em Viana do Castelo e escritório/armazém em Esposende.
- **Schneider Electric:** Empresa francesa, presente em Portugal, com sede e assistência técnica em Carnaxide.
- **Circuitor SA:** Empresa espanhola, que exporta para Portugal.

As três responderam aos pedidos, contudo as únicas que enviaram propostas foram a Zeben Sistemas Eletrónicos, Lda e a Circuitor SA, presentes nos anexos I e II.

As propostas são apenas relativas ao posto de transformação. Podem visualizar-se as mesmas, na **Tabela 28**.

Tabela 28 - Propostas de Filtros Ativos Paralelos

Características	Zeben – Sistemas Eletrónicos, Lda	Circuitor SA
Modelo	ADF P100 – Filtro Ativo de Harmónicos	AFQevo – Filtro Ativo Paralelo Multifunções
Principais funções	Eliminação de harmónicos Compensação dinâmica de energia reativa Equilíbrio das correntes nas fases	
Frequência (Hz)	50	50/60

Tensão (V)	208 - 480	230 - 400 (+/- 10%)
Compensação de Corrente por Fase (A)	120 (RMS)	30 90 (neutro)
Potência Nominal (kVA)	91	20,7
Compensação Individual de Harmónicos (Ordem Máxima)	49 ^a	50 ^a
Peso (Kg)	145	36
Dimensões (mm)	230x1790x470	435x708x250
Custo (€)	25 365,33	-

A Cirutor SA apenas enviou uma proposta de equipamento, dizendo que mais tarde enviaria o orçamento para a mesma, o que após várias tentativas de contacto, não aconteceu. Apesar deste equipamento aparentar ser a melhor opção, até porque assume-se que o seu custo seria maior, não poderá ser uma hipótese a considerar. Optando por validar a proposta da Zebeu – Sistemas Eletrónicos, Lda.

4.3 Iluminação

Na Araújo e Irmãos, Lda, a maioria da instalação luminosa é composta por lâmpadas LED. Esta começou a implementação há cerca de três anos, sendo parte dela da responsabilidade da *Leuk Solutions Unipessoal, Lda*.

Existe sempre a oportunidade de melhorar, mudando toda a restante iluminação para o mesmo tipo referido no parágrafo anterior e, também, através do investimento num sistema de iluminação automático. A empresa em questão já usufruiu desta funcionalidade nos escritórios, contudo poderia alargar ao resto das instalações.

Os sistemas de iluminação automática trazem várias vantagens, sendo a principal a redução de custos. Dado que o controlo das luzes é dinâmico, ilumina o ambiente sem desperdício, apenas quando necessário, normalmente quando escurece ou em caso de movimento. Pode ajudar também a proteger o património e pessoas, visto que existe deteção de movimentação, impedindo o utilizador de chocar com objetos (caso tivesse que carregar no interruptor e por qualquer motivo não o conseguisse fazer) e alertando para a entrada de pessoas na divisão (no caso de ser alguém intruso ao serviço ou até mesmo um ladrão).

Todo o sistema de iluminação automática possui um tempo maior de vida, já que se tratam de equipamentos estudados, não exigindo tanta manutenção. As lâmpadas são de maior duração, têm um menor consumo, apresentando resultados iguais ou melhores que as lâmpadas de maior consumo. Como são trocadas com menor frequência, há uma diminuição de geração de lixo eletrônico. Apesar de serem sistemas e lâmpadas mais caros, o retorno de investimento é rápido, chegando a menos de 2 anos, no caso da Araújo e Irmãos.

4.4 Painéis Solares

O sistema solar fotovoltaico foi adquirido há, aproximadamente, dois anos, estando apenas em funcionamento há menos de um ano. Sendo um espaço de tempo tão curto, ainda não é possível prever com exatidão quanto tempo demorará a obter o retorno do investimento. Para efetuar o cálculo de retorno de investimento seria necessário, no mínimo, um ano de funcionamento. Até agora esteve em funcionamento 1005 horas e produziu cerca de 1858 kWh.

Antes da instalação dos painéis é necessário ter uma ideia de quanto tempo demorará o retorno do investimento, contudo não foi possível apurar este tempo por falta de documentação e informação, por parte dos responsáveis da empresa.

Os painéis solares, da empresa em questão, estão a funcionar em modo de autoconsumo, ou seja, não se pretende que a energia elétrica seja injetada na rede elétrica, mas que seja utilizada para consumo próprio.

Durante a visita à Araújo e Irmãos, Lda, foi possível visitar o local onde estão instalados os inversores CC/CA e observá-los. Como já foi referido no capítulo anterior, estes possuem um mostrador onde transmitem ao utilizador algumas informações, como a quantidade de energia produzida no próprio dia, o modo de operação, a potência, a tensão de entrada do painel, a energia total produzida até ao momento, desde que se encontra em atividade e as horas totais que esteve em funcionamento.

Através da visualização dos inversores, detetou-se que em todos era possível ver no *display* uma mensagem que indicava anomalia, bem como, que a energia total produzida naquele dia era nula, estando um dia de muito sol e sendo já perto das 11 horas da manhã (**Figura 40**). Uma das três luzes LED no aparelho, a de cor amarela, estava a ligar e desligar de forma intermitente (marcado a amarelo na **Figura 40**). Aparecia também a mensagem “Disturbance VAC-Bfr”.



Figura 40 - Mostrador de um dos inversores CC/CA

Através da leitura do manual de funcionamento dos mesmos, descobriu-se que esta indica que a tensão da rede não estaria dentro da faixa de valores permitida por este equipamento, sendo que a sua causa poderia ser corte da rede. Por razões de segurança, o inversor desliga-se automaticamente da rede, não injetando corrente na mesma [63]. Como o sistema solar fotovoltaico está em autoconsumo, não se pretende que injete na rede, contudo deveria produzir energia, algo que não acontece.

De modo a corrigir este problema, seria necessário verificar a a ligação à rede, no inversor. Caso estes valores se verificassem fora do aceitável, teria que se ajustar a tensão no ponto de alimentação dos inversores [63].

Sugeriu-se aos responsáveis da empresa, que chamassem a assistência técnica de modo a compreender o que se passaria com o sistema solar fotovoltaico.

5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Atualmente, nas grandes instalações, a elevada produtividade é o fator mais importante do ponto de visto do produtor, contudo a qualidade de energia elétrica é, cada vez mais, um ponto de grande preocupação. Esta faz com que a fatura de energia a pagar seja menor e que o tempo de vida útil das máquinas se prolongue, diminuindo, em alguns casos, a necessidade de manutenção constante. Posto isto, as auditorias energéticas são um investimento a longo prazo com um retorno de investimento certo.

Ao longo desta dissertação, estudaram-se os vários problemas detetados, bem como algumas melhorias que poderiam ser efetivadas em prol da Araújo e Irmãos, Lda. Os resultados obtidos no capítulo 4 são discutidos no presente capítulo, bem como é apresentada uma análise crítica ao trabalho que ainda poderia ser realizado.

Um dos primeiros problemas detetados estava relacionado com a instalação elétrica, nomeadamente a quantidade de quadros elétricos e a ligação entre os próprios. Existem cerca de 18 quadros elétricos, dois deles gerais. Alguns dos quadros parciais são alimentados pelos seus semelhantes, como é possível verificar na secção 4.1. Pela ordem natural, o posto de transformação alimenta os quadros gerais, e estes últimos alimentam os quadros parciais. O emparelhamento de quadros causa sobreaquecimento nos cabos, podendo até alterar os valores de tensão e corrente, dado a impedância dos cabos e aparelhos de proteção. Além disto, cada andar deveria ter, no mínimo, um quadro geral, algo que não existe no primeiro andar.

De modo a resolver o problema descrito no parágrafo anterior, o ideal seria redefinir a instalação elétrica, contudo esta opção não é viável. Além do seu custo elevado, implicaria uma paragem da empresa durante algum tempo. A melhor opção seria acrescentar e eliminar alguns quadros, de modo a evitar ter tantos aparelhos alimentados pelo mesmo quadro, sem um diferencial único para eles, dado que muitos dos equipamentos utilizados partilham o mesmo disjuntor.

Foram pedidas as faturas de eletricidade dos últimos três anos, onde se apurou que a energia reativa paga é praticamente inexistente. Analisando os principais equipamentos existentes na fábrica, decidiu proceder-se a algumas medições. Neste caso, foram medidos os valores de tensão, corrente, potência ativa, potência reativa e potência aparente, fator de potência, harmónicos e taxa de distorção harmónica no posto de transformação e no Quadro Parcial 6, relativo à Lavandaria e Tinturaria.

Primeiramente, mediu-se no posto de transformação durante 7 dias não seguidos, devido à falta de memória do PQA824. Observando os gráficos presentes na secção 4.2, averigua-se a existência de

corrente no neutro e harmônicos, bem como uma taxa de distorção harmônica elevada e o aumento da potência reativa durante o período não laboral.

Não existem problemas com potência reativa no PCC da empresa com a rede elétrica, exceto no horário não laboral. No período laboral existe potência reativa na empresa, contudo esta é corrigida no PCC com a rede elétrica, sendo que isto acontece com o banco de condensadores.

Durante o período não laboral, a potência reativa aumenta devido ao banco de condensadores existente no PT. Apesar de este servir exatamente para a eliminar, algo que o faz eficazmente durante a laboração, à medida que se vão desligando as cargas indutivas, este continua a injetar energia reativa capacitiva no sistema. Isto faz com que exista subida de consumo de energia reativa durante a noite, sendo a mesma paga à distribuidora. A solução para este problema consiste em desligar o banco de condensadores à medida que se vão desligando as cargas que este compensa, havendo já aparelhos no mercado capazes de o fazer.

Visualiza-se uma tensão dentro dos valores normais, sem grande distorção. Já no caso das correntes, estas apresentam alguma distorção e existe uma corrente de neutro elevada, pensando-se que os harmônicos de corrente estão na sua origem, nomeadamente os de terceira ordem e seus múltiplos, bem como o desequilíbrio presente nas cargas. Para além de causarem corrente no neutro, provocam aquecimento, que por sua vez desgasta os equipamentos.

É possível observar uma percentagem de harmônicos de corrente acima do recomendável, e, por consequente, uma taxa de distorção harmônica na corrente também elevada. Relativamente aos harmônicos de tensão, bem como a taxa de distorção harmônica da tensão, estão dentro dos valores normais, não sendo motivo para preocupação.

Seguidamente, efetuaram-se medições no Quadro Parcial 6, correspondente à Lavandaria e Tinturaria. Como aconteceu no caso anterior, as tensões não apresentam uma distorção relevante, contudo, as correntes apresentam uma grande distorção. A quantidade de harmônicos e a taxa de distorção harmônica na tensão estão dentro dos valores considerados normais, no caso das correntes acontece o contrário, estes são muito elevados.

Todos os equipamentos da lavandaria possuem variadores de velocidade, apesar destes aparelhos serem benéficos no controlo da velocidade dos motores, por outro lado são responsáveis pela produção de harmônicos de corrente. A colocação de filtros passivos nos variadores de velocidade, para amortizar este efeito, seria uma das soluções.

Analisando os valores das potências, concluiu-se que os da potência reativa são elevados, acompanhando os das restantes potências. Apesar de possuírem bancos de condensadores no posto de

transformação, estes apenas fazem com que não paguem energia reativa na fatura elétrica, ou seja, do ponto de vista da rede a empresa não há consumo de energia reativa, com exceção dos horários não laborais. A potência reativa mantém-se nos restantes pontos da instalação, tomando valores elevados em alguns dos casos.

O fator de potência, neste ponto da instalação, tem uma média de 0,8, sendo este valor extremamente baixo.

De modo a resolver os problemas dos harmónicos, da elevada potência reativa e do baixo fator de potência, recomendou-se a utilização de um filtro ativo paralelo, sendo apresentadas duas propostas para implementação.

A iluminação da Araújo e Irmãos, Lda é praticamente toda LED, exceto em alguns compartimentos. A ideia seria alterar a iluminação toda para LED e colocar sensores de presença. Estes últimos já existem nos escritórios e em alguns sítios de passagem, contudo, seria benéfico alargar esta opção a mais compartimentos da empresa.

Nos painéis solares foi detetado um problema com os inversores, sendo visível uma luz amarela intermitente nos mesmos. Lendo o manual de utilização e analisando as mensagens no mostrador dos inversores, foi possível verificar que os painéis não estariam a produzir energia, e que isto se deveria a uma tensão excessiva no ponto de ligação dos painéis à rede ou à elevada resistência dos cabos. Sugeriu que se chamasse a assistência técnica, estando o problema a ser resolvido. Para além disto, é necessário dar uma maior atenção aos painéis, fazendo uma manutenção regular. Estima-se que estes estão sem produzir energia há cerca de um ano e meio.

De um modo global, dada a dimensão da Araújo e Irmãos, Lda, bem como a sua idade e a vontade de investimento e melhoria que se mostram interessados em realizar, seria muito benéfico se contratassem alguém que ficasse responsável pela gestão de energia e equipamentos. Deste modo haveria uma maior vigilância do sistema energético e rigor no funcionamento do mesmo.

Numa perspetiva futura, seria interessante realizar medições em mais quadros elétricos, de modo a poder detetar problemas localizados nos equipamentos. Realizar a planta elétrica da Araújo e Irmãos, Lda, de modo a facilitar o conhecimento do posicionamento de todos os quadros e que equipamentos são alimentados pelos mesmos.

Deveria ser realizada uma análise mais pormenorizada dos problemas e custos de avarias provocadas pela presença de harmónicos na instalação, dando assim ao cliente a relação entre os custos de investimento e os ganhos com a eliminação destes problemas, bem como o prazo de retorno de investimentos.

Com mais tempo e de modo a fazer uma análise mais rigorosa e profunda, poderiam analisar-se o consumo de gás natural, bem como o funcionamento dos compressores e das bombas de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. Sarkis, "Opec's influence," *Le Monde Dipl. - English Ed.*, 2016.
- [2] DGEG/MEc and PORDATA, "Consumo de Energia Elétrica: Total e por Tipo de Consumo." pp. 1–3, 2016.
- [3] A. Almeida and et al., *Manual de Boas Práticas de Eficiência Energética*. Coimbra, 2005.
- [4] Conselho das Comunidades Europeias, "Recomendação do Conselho - Incentivo aos Investimentos no Domínio da Utilização Racional da Energia," *J. Of. das Comunidades Eur.*, vol. 4, no. 12, pp. 68–70, 1982.
- [5] União Europeia, "Europa.eu - Energia." [Online]. Available: https://europa.eu/european-union/topics/energy_pt. [Accessed: 14-Feb-2016].
- [6] Ministério dos Negócios Estrangeiros, "Decreto- Lei nº58/82 - Normas Sobre Gestão de Energia," *Diário da República*, vol. 47, no. I Série, pp. 423–424, 1986.
- [7] Presidência do Conselho de Ministros, "Resolução do Conselho de Ministros nº80/2008 - Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética - Portugal Eficiência 2015," *Diário da República*, vol. 1ª serie, no. Nº 97, pp. 2824–2865, 2008.
- [8] Presidência do Conselho de Ministros, "Resolução do Conselho de Ministros nº20/2013 - PNAEE 2016 e PNAER 2020," *Diário da República*, vol. 1ª série, no. 70, pp. 2022–2091, 2013.
- [9] V. Cascão and A. L. de Sousa, "PNAEE 2016 e PNAER 2020 - As novas metas da Eficiência Energética e das Energias Renováveis," 2013.
- [10] ADENE - Agência para a Energia, "Gestão de Energia - Auditoria Energética," 2016. [Online]. Available: <http://www.adene.pt/textofaqs/auditoria-energetica>. [Accessed: 29-Jan-2016].
- [11] Portal Educação, "Histórico da Auditoria Ambiental." [Online]. Available: <https://www.portaleducacao.com.br/biologia/artigos/16552/historico-da-auditoria-ambiental>. [Accessed: 03-Jan-2017].
- [12] BSI Group, "EMAS Eco-Management and Audit Scheme." [Online]. Available: <https://www.bsigroup.com/en-GB/emas-eco-management-and-audit-scheme/>. [Accessed: 03-Jan-2017].
- [13] ISO - International Organization for Standardization, "About ISO." [Online]. Available: <http://www.iso.org/iso/home/about.htm>. [Accessed: 03-Jan-2017].
- [14] C. Gaspar, "Cursos de Utilização Racional de Energia: Eficiência Energética na Indústria," 2004, pp. 3–7.

- [15] P. M. de S. Belo, “Auditorias de Energia em Instalações Industriais do Setor Automóvel,” Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2015.
- [16] L. Roriz, “Auditorias Energéticas.” [Online]. Available: http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/prodenerg/auditorias_energ1.htm. [Accessed: 20-Sep-2016].
- [17] F. Barbosa, “Gestão de Energia,” Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.
- [18] Portal Energia - Energias Renováveis, “A Importância e as Fases de uma Auditoria Energética.” [Online]. Available: <http://www.portal-energia.com/a-importancia-e-fases-de-uma-auditoria-energetica/>. [Accessed: 30-Apr-2016].
- [19] Leuk, “Localização.” [Online]. Available: <http://leuk.pt/>. [Accessed: 14-Feb-2017].
- [20] L. Araújo e Irmãos, “Araújo Irmãos, Lda - Indústria Têxtil.” [Online]. Available: <http://www.araujoirmaos.pt/index.php?pg=7&lng=pt>. [Accessed: 10-Jan-2016].
- [21] Ministério da Obras Públicas Transportes e Comunicação, “Decreto N^o 40/90, de 6 de Fevereiro - Aprovação do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios,” *Diário da República*, vol. 1.^a série, no. 31, pp. 490–504, 1990.
- [22] “Araújo, Irmãos, Lda. - Google Maps.” [Online]. Available: <https://www.google.pt/maps/place/Araújo,+Irmãos,+Lda./@41.5134596,-8.6472052,167m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0xd2451f91c7bba1b:0x7562158495a62bb1!8m2!3d41.5137929!4d-8.6474614?hl=en>. [Accessed: 25-Jan-2017].
- [23] Infopédia - Dicionários Porto Editora, “Artigo de apoio - Processo Produtivo.” [Online]. Available: [https://www.infopedia.pt/\\$processo-produtivo](https://www.infopedia.pt/$processo-produtivo). [Accessed: 15-Oct-2016].
- [24] S. S. N. da Costa, “Auditoria Energética à Indústria Têxtil Tempo de Tendências,” Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014.
- [25] Blog Indústrias Transformadoras, “Processo produtivo da indústria têxtil, a confecção de casacos e fatos.” [Online]. Available: <http://www.industria-transformadora.info/processo-produtivo-da-industria-textil-a-confeccao-de-casacos-e-fatos/>. [Accessed: 15-Oct-2016].
- [26] C. M. de C. Santos and R. P. Gouvinhas, “Diagnóstico do Processo Produtivo do Setor de Estamparia Rotativa em uma Indústria Têxtil da Grande Natal,” in *XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - A Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos*, 2013, p. 6.
- [27] Q. Ferraz, “Processos e Técnicas de Estamparia - Parte 1/3.” [Online]. Available: <http://www.fashionbubbles.com/historia-da-moda/processos-e-tecnicas-de-estamparia-parte-12/>. [Accessed: 15-Oct-2016].

- [28] G. A. Brito, “Sustentabilidade: um desafio para as lavanderias industriais,” *Revista de Design, Inovação e Gestão Estratégica*, vol. 4, p. 4, 2013.
- [29] E. Y. O. Bastian and J. L. S. Rocco, *Guia técnico ambiental da indústria têxtil*. 2009.
- [30] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “Regulamento n.º 455/2013 - Regulamento de Qualidade de Serviço do Setor Elétrico,” *Diário da República*, vol. 2.ª Série, no. N.º 232, pp. 34814–34900, 2013.
- [31] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, *Regulamento de Relações Comerciais do Sector Elétrico - Ligações às Redes*. Portugal, 2012, p. 27.
- [32] Galp Energia, “Galp Pro Energy - Programa Eficiência Energética para PME,” 2015.
- [33] Iberdrola, “Manual de Boas Práticas Energéticas.”
- [34] Portal ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos), “Ciclo Semanal Opcional para os Consumidores em MAT, AT e MT em Portugal Continental.” [Online]. Available: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/periodoshorarios/Paginas/CiclopccionalosconsumidoresMATATMT.aspx>. [Accessed: 29-Apr-2016].
- [35] EDP - Energias de Portugal, “Tarifa de Média Tensão.” [Online]. Available: <https://www.edpsu.pt/pt/empresas/tarifasehorarios/Pages/TarifaMT.aspx>. [Accessed: 30-Apr-2016].
- [36] ELCONTROL Energy, *Automatic Power Factor Regulators*. .
- [37] HT Instruments, “PQA824.” [Online]. Available: <https://www.ht-instruments.com/en/products/power-quality-analyzers/touch-screen/pqa824/>. [Accessed: 09-Mar-2017].
- [38] HT Instruments, “TOPVIEW.” [Online]. Available: <https://ht-instruments.de/produkte/software/topview/>. [Accessed: 09-Mar-2017].
- [39] J. S. Martins, C. Couto, and J. L. Afonso, “QUALIDADE DE ENERGIA ELÉCTRICA,” in *3.º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia - CLME'2003 Engenharia e Inovação para o Desenvolvimento*, 2003, pp. 219–231.
- [40] S. M. Deckmann and J. A. Pomilio, “Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica - Distorção Harmónica: Causas, Efeitos, Soluções e Normas,” Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação UNICAMP, 2010.
- [41] HT Instruments, “HT instruments PQA824 User Manual,” *HT ITALIA*, 2013. [Online]. Available: <http://www.manualsdir.com/manuals/367531/ht-instruments-pqa824-pqa823-pqa400.html>. [Accessed: 09-Mar-2017].

- [42] Schneider, “Qualidade de energia - Harmônicas,” *Schneider Electr.*, p. 19, 2013.
- [43] IEEE Power and Energy Society, “IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems,” *IEEE Stand. Assoc.*, no. Revision of IEEE Std 519-1992, p. 17, 2014.
- [44] Ecocasa, “Iluminação - Tipo de Lâmpadas.” [Online]. Available: http://www.ecocasa.pt/energia_content.php?id=1. [Accessed: 17-Sep-2016].
- [45] “Castro Electrónica, Lda.” [Online]. Available: <http://www.castroelectronica.pt/>. [Accessed: 25-Nov-2016].
- [46] APREN - Associação de Energias Renováveis, “Energias Renováveis - O que são?” [Online]. Available: <http://apren.pt/pt/energias-renovaveis/o-que-sao/>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [47] DGEG/MEc and PORDATA, “Produção de Energia Eléctrica: Total e a Partir de Fontes Renováveis.” [Online]. Available: <http://www.pordata.pt/Portugal/Produção+de+energia+eléctrica+total+e+a+partir+de+fontes+renováveis-1127>. [Accessed: 07-Dec-2016].
- [48] Portal das Energias Renováveis, “Mapa de Radiação na Europa e em Portugal.” [Online]. Available: http://energiasrenovaveis.com/DetailheConceitos.asp?ID_conteudo=47&ID_area=8&ID_sub_area=27. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [49] Florida Solar Energy Center, “Types of PV Systems,” 2007. .
- [50] Portal Solar - Tudo sobre Energia Solar Fotovoltaica, “O Inversor Solar.” [Online]. Available: <http://www.portalsolar.com.br/o-inversor-solar.html>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [51] Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Energia, “Decreto-Lei n.º 153/2014,” *Diário da República*, vol. 202, no. 1ª série, pp. 5298–5311, 2014.
- [52] Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Energia, “Portaria n.º 14/2015,” *Diário da República*, vol. 16, no. 1ª série, pp. 524–531, 2015.
- [53] Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Energia, “Portaria n.º 15/2015,” *Diário da República*, vol. 16, no. 1ª série, pp. 531–532, 2015.
- [54] Portal Energia - Energias Renováveis, “O que deve saber sobre o autoconsumo por painéis solares fotovoltaicos,” 2016. [Online]. Available: <http://www.portal-energia.com/deve-saber-autoconsumo-paineis-solares-fotovoltaicos/>. [Accessed: 10-Mar-2017].
- [55] SMA Solar Technology AG, *Solar Inverter SUNNY BOY / SUNNY MINI CENTRAL User Manual*. 2009.

- [56] Hager, “Quadros Eléctricos de Entrada,” in *III Jornadas Tecnológicas*, 2008, p. 45.
- [57] J. Cheng, CEng, CEM, CEA, and CMVP, “IEEE Standard 519-2014,” *Schneider Electr.*, p. 50, 2014.
- [58] T. Hoevenaars, K. LeDoux, and M. Colosino, “Interpreting IEEE STD 519 and meeting its harmonic limits in VFD applications,” *IEEE Ind. Appl. Soc. 50th Annu. Pet. Chem. Ind. Conf. 2003. Rec. Conf. Pap.*, pp. 145–150, 2003.
- [59] Controlled Power Company, “Impedance, Short Circuit Currents, and Voltage Distortion,” 1998.
- [60] CODI - Comité de Distribuição de Energia Elétrica, *Energia Reativa Excedente*. 2004.
- [61] Indusmelec, “Variação de velocidade.” Lisboa, 2015.
- [62] Critical Kinetics - Energy Consultants, “Variadores Electrónicos de Velocidade.” [Online]. Available: <http://critical-kinetics.pt/VEV-s/variadores-electronicos-de-velocidade-2.html>. [Accessed: 13-Mar-2017].
- [63] SMA Solar Technology AG, *PV Inverter SUNNY MINI CENTRAL 7000HV Installation Guide*. 2010.

ANEXO I : PROPOSTA DA ZEBEN – SISTEMAS ELETRÓNICOS, LDA

<small>MOVING FORWARD ENSURING THE FUTURE www.zeben.pt</small>	ORCS-02793-REV Original Página 1 de 11
	
Proposta Nº ORCS-02793-REV	
Responsável : Guillaume Cepa	A/C: Exma. Barbara Rodrigues
Data : 2017-04-11	
Validade da Proposta : 30 dias	
V/Contribuinte :	ARAUJO, IRMAOS, LDA
Cond. Pagamento : Pronto Pagamento	Rua Do Riach N94
Condições Entrega :	4750-232 Gilmonde
Aquisição : 50%	Portugal
Referência Cliente :	Operação assegurada pela COSEC

Exmo(s). Sr.(s) Barbara Rodrigues

Agradecemos a consulta efetuada e vimos por este meio submeter a nossa proposta, tendo em conta os dados facultados.

A Zeben concebe ações de formação à medida dos clientes. As ações de formação são realizadas tendo em conta as reais necessidades do cliente havendo a adequação de conteúdos (funcionamento, montagem, comissionamento dos equipamentos, entre outros), e podendo estas serem realizadas nas nossas ou nas vossas instalações.

Oferecemos também serviços de reparação, manutenção (contratos e ações periódicas), suporte e assistência técnica para todos os equipamentos comercializados. Se necessitar é só entrar em contacto com os nossos serviços técnicos e prontamente terá todo o apoio e suporte necessário.

 Suporte Técnico	 Reparação	 Manutenção	 Formação	 Assistência	 Consultoria	 Alugar
--	--	---	---	--	--	---

Este orçamento tem validade de 30 dias. Após este período consulte-nos novamente.

Todos os preços informados são em Euros (€) e são exclusivos para este orçamento. Em caso de encomenda solicitamos que indique o número da nossa proposta.

Sem outro assunto de momento e agradecendo a atenção dispensada, subscrevemo-nos com consideração.

Com os melhores cumprimentos,

Guillaume Cepa

Zeben Sistemas Eletrónicos, LDA - Travesseiro de Rato, Nº 9 - 4800-571 Castelo de Rato - Vila do Castelo - Portugal - Tel. (+351) 202 418 800 - Fax. (+351) 202 418 801 - 909. PT 507188028 -
Capital Social 100.000 € - Registo C.R.C. de Vila do Castelo nº 012188034 - Autoridade por Quotas Reg. Pres. 999 (BRP999) - N.º PT011731
ORCS-02793-REV

							
---	---	---	---	---	--	---	---

ADF P100 - Filtro ativo de harmónicos

O filtro ativo ADF P100 dá-lhe tudo num armário compacto. Apesar de compacto e de baixo custo, o filtro ativo ADF P100 apresenta um excelente desempenho, quando comparado com outros equipamentos similares maiores. O filtro ativo ADF P100 é ultra-eficiente e fácil de usar. No entanto a montagem em parede permite o aumento da sua rentabilidade através da otimização do espaço, e permite a utilização desta tecnologia em aplicações onde equipamentos de maior dimensão não conseguem aceder.

Características de aplicação:

- Compensação dinâmica energia reativa
- Eliminação de harmónicos
- Flutuações de carga

Mais detalhes: [LINK](#)



Qtd.	Artigos/Serviços	Preço Unit.	IVA	Total
1	ADF P100-130/480 FILTRO ATIVO PARA ELIMINAÇÃO DE HARMÓNICOS [130] - COMPENSAÇÃO DE CORRENTE POR FASE: 130ARMS, [480] - VOLTAGEM DO SISTEMA: 208-480V POTENCIA NOMINAL: 91 KVA COMPENSAÇÃO INDIVIDUAL ATÉ 49ª ORDEM TEMPO DE RESPOSTA: < 1MS DIMENSÕES [WXHXD]: 230X1790X170 MM PESO: 145 KG	20.622,220	23,00	20.622,22

Obs: Prazo de entrega imediato.

O presente documento não é válido para efeitos de dedução de IVA.
A aceitação deste orçamento pressupõe a leitura e aceitação das "Condições Gerais de Venda" enviadas no presente orçamento.
Agradecemos especial atenção para os pontos 1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11 e 12 do referido documento.

Quantidade	1,00
Total liq.	20.622,22
IVA	4.743,11
TOTAL	25.365,33

[Disponimos de várias soluções de financiamento, leasing e renting. Contacte-nos para mais informações.](#)

Dados Bancários para Pagamentos

BANCO : MILLENNIUM BCP

IBAN : PT50-0033-0000-454752396831-06

BIC / SWIFT : BCOMPTPL

ANEXO II: PROPOSTA DA CIRCUTOR SA

AFQevo filtro Activo multifunción

AFQevo



AFQevo (WS)



AFQevo con filtro EMI (WF)

Filtro Activo Paralelo Multifunción

Descripción

Los filtros activos paralelos multifunción AFQevo, de instalación en pared, constituyen la solución más completa para resolver los problemas de calidad causados no únicamente por los armónicos sino también por el consumo de potencia reactiva (generalmente de tipo capacitivo), tanto en instalaciones trifásicas industriales como comerciales o de servicios. Las características y funciones implementadas son las siguientes:

- Capacidad unitaria de filtrado para corrientes de 30 A.
- Reducida envoltura metálica para el montaje en mural. Facilidad en instalación por dimensiones.
- Gama para instalaciones de 3 hilos (modelo 3W) o 4 hilos (modelo 4W).
- Multirango de tensión y frecuencia (50/60 Hz).
- Reducción de las corrientes armónicas hasta el orden 50 (2500 Hz).
- Frecuencias armónicas a filtrar seleccionables para lograr una mayor eficacia del filtro.
- Compensación de potencia reactiva (inductiva/capacitiva).
- Equilibrado de las corrientes de fase. El modelo 4W, ayuda a la reducción del consumo en el neutro.

Si se requieren mayores capacidades de filtrado, el sistema puede ser ampliado con hasta 100 filtros activos AFQevo conectados en paralelo (los filtros deben ser el mismo modelo de 3 o 4 hilos).

Aplicación

Solución ideal para instalaciones con gran cantidad de cargas monofásicas y trifásicas que sean generadoras de armónicos, tales como ordenadores, SAI's, luminarias, aparatos elevadores, Aires acondicionados con variador, etc.

Características técnicas

Tensión de red	Tensión nominal	4 hilos (4W) 3P+N: 200...400V base-base +/-10% 3 hilos (3W) 3P-400-440-480V base-base +/- 10%
	Frecuencia	50/60Hz +/- 5%
Potencia	THDi máxima	25%
	Consumo máximo	1000W
	Potencia máxima	20750 VA
	Corriente máxima (base)	30 A (rms)
	Corriente máxima (neutro) sólo 4W	30 A (rms)
Medida de corriente	Factor de cresta	2:1
	Tipo	4W: 3P+N: 3x transformador ...5A 3W: 3P: 3 o 2x transformador ...5A Clase 1 o mejor (0,5 - 0,2 - 0,2%) Respuesta en frecuencia hasta 2500Hz
Prestaciones	Consumo	1,5 VA por transformador
	Filtrado	Filtrado 2-50 armónico, seleccionables Tiempo respuesta <1 ms
	Compensación fase	Seleccionable
	Compensación potencia reactiva	Seleccionable, objetivo 0,5 inductivo...0,5 capacitivo
	Programación prioridades	Prioridad de filtrado, equilibrado y/o Compensación de energía reactiva seleccionable
Montaje en paralelo		Ampliable hasta 100 equipos. Corrección de CTx sólo a la unidad "maestra" Algoritmo de gestión avanzado: - Maximiza la vida de los equipos (funcionamiento a favor de los equipos). - Maximiza eficiencia de funcionamiento (sólo se activan los filtros necesarios). - Permite redundancia (funcionamiento del sistema en caso de fallo de equipos).
	Interfaz usuario	Pantalla táctil 0,5" color Servidor web y datalogger (2 GB)
Instalación	RS485	Modbus RTU, 4600, 6600, 10000 Bps 0,1,2 Paridad No, par, impar
	Etiqueta	TCMP (Modbus TCP)
	Categoría de la instalación	CAT III (500 V)
	Grado de protección	2
	Temperatura trabajo	-10...45°C
	Temperatura almacenamiento	-30...50 °C
	Humedad relativa	0...95% no condensada
	Altitud máxima	2000 m
	Grado protección	IP20