

**Instituto Superior de Engenharia do Porto**



**Otimização de consumo energético de  
equipamento de grande potência**

João António da Costa Melo

Dissertação/Relatório de Projeto realizada(o) no âmbito do  
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica Sistemas Elétricos de Energia

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Nogueira  
Co-orientador: Eng. Joaquim Rocha

Novembro, 2013

© João António da Costa Melo, 2013

# Resumo

Um dos princípios da Gestão é:

“If you cannot measure it, you cannot improve it.”

In The Economist - 26.Dez.2008, idea of 19<sup>th</sup> century English physicist Lord Kelvin.

Embora seja uma afirmação aplicável à gestão económica, também pode ser utilizada no domínio da gestão da energia.

Este trabalho surge da necessidade sentida pela empresa Continental - Industria Têxtil do Ave, S.A. em efetuar uma atualização dos seus standards de produção, minimizando os seus consumos de eletricidade e gás natural. Foi necessário efetuar o levantamento dos consumos em diversas máquinas e equipamentos industriais, caracterizando e analisando os consumos ao longo de todo o processo produtivo.

Para o tratamento de dados recolhidos foi desenvolvida uma folha de cálculo em MS Office Excel<sup>TM</sup> com metodologia adequada ao equipamento em análise, que dará apoio ao decisor para a identificação dos aspetos que melhorem o processo produtivo e garantam uma elevada eficiência energética. Porém, não se enquadra no âmbito do Plano Nacional de Racionalização de Energia, sendo uma “auditoria energética” ao processo produtivo.

Recentemente, a empresa, tem vindo a utilizar equipamentos eletrónicos que permitem otimizar o funcionamento mecânico dos equipamentos e das potências instaladas dos transformadores, na tentativa de racionalizar o consumo da energia elétrica. Outros equipamentos como, conversores de frequência para controlo de motores, balastros eletrónicos que substituem os convencionais balastros ferromagnéticos das lâmpadas de descarga fluorescente, têm sido incluídos ao nível das instalações elétricas, sendo gradualmente substituída a eletromecânica pela eletrónica. Este tipo de soluções vem deteriorar as formas de onda da corrente e da tensão do sistema pela introdução de distorções harmónicas.

Faz ainda parte deste trabalho, um estudo de uma solução que melhore, simultaneamente o fator de potência e reduza as harmónicas presentes num posto de transformação localizado no seio da fábrica. Esta solução, permite melhorar a qualidade da energia elétrica e as condições de continuidade de serviço, garantindo melhores condições de exploração e incrementando a produtividade da empresa.



# Abstract

One of the principles of management is:

“If you cannot measure it, you cannot improve it.”

In The Economist - 26.Dec.2008, 19<sup>th</sup> century English physicist Lord Kelvin.

Although this is a statement applicable to economic management, it can also be used in the domain of Energy Management.

This work originates from need felt for the company Continental - Indústria Têxtil do Ave, S.A. to updated the production standards, minimising its electrical and natural gas consumption. It was necessary to make the survey of consumptions on various machines and industrial equipment, characterising and analysing the consumptions throughout the production process.

For the treatment of the data collected a spreadsheet in MS Office Excel™ was developed with appropriate methodology to equipment in analysis, that will support the decider to identify aspects that improve the production process and ensures a high energy efficiency. However, it does not fit under Plano Nacional de Racionalização de Energia, being an "energy audit" of the production process.

Recently, the company has been using electronic equipment that allows the optimization of the mechanical operations of their equipment and the installed power of transformers, in attempt to rationalise electrical energy consumption. Others equipments such as frequency converters used to control motors, electronic ballasts that replace conventional ferromagnetic ballasts of fluorescent discharge lamps have been included in electrical installations, are being gradually substituted electromechanics by electronics. This type of solution deteriorates the waveforms of current and voltage of the system, by the introduction of harmonic distortion.

Also part of this work, is a study of a solution that simultaneously improves the power factor and reduce the harmonics present in a transformer post located within the factory. This solution allows the improvement of the power quality and the conditions of service continuity, providing the best operating conditions and increasing productivity for the company.



# Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais e irmão pelo apoio e intenso esforço ao longo da minha caminhada académica e a toda a minha família pelo auxílio em momentos mais necessários.

O meu agradecimento pessoal ao Eng. Joaquim Rocha por permitir a realização deste trabalho, possibilitando o desenvolvimento de competências profissionais em ambiente industrial para além da formação académica e pela total disponibilidade ao longo da realização do mesmo. Agradeço também ao Eng. José Osório e ao futuro Eng. Rafael que sempre se mostraram presentes para ajudar com o conhecimento disponível e de forma dedicada.

Quero agradecer à Prof.<sup>a</sup> Teresa Nogueira, pelo apoio que prestou ao longo do percurso académico e por fazer parte desta última etapa, sempre atenciosa e disponível para ajudar.

Agradeço ao Eng. Miguel da COFELY pela simpatia e ajuda, ao meu colega de curso Hugo pela amizade e incluindo o Álvaro, a Ana e o Hélder pelos bons momentos de companheirismo proporcionados no decorrer deste trabalho.

Por fim, mas de grande importância quero agradecer a todos os colaboradores da C-ITA, pela boa disposição e cooperação imprescindível na realização do trabalho de campo.

A todos os mencionados, muito obrigado!



# Índice

Resumo .....	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos .....	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras .....	xii
Lista de tabelas .....	xviii
Siglas e sinónimos.....	xix
Capítulo 1 .....	1
Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do tema .....	1
1.2. Energia Reativa.....	4
1.2.1. Triângulo de potências .....	4
1.2.2. Fator de potência/Rendimento elétrico da instalação .....	5
1.2.3. Legislação e penalizações na fatura de energia elétrica.....	6
1.2.4. Conseqüências de um baixo fator de potência .....	7
1.2.5. Soluções para melhoramento do fator de potência .....	8
1.2.6. Vantagens da compensação de energia reativa .....	10
1.3. Distorções Harmônicas .....	11
1.3.1. Normalização referente a distorção harmônica.....	13
1.3.2. Cargas lineares/não lineares .....	15
1.3.3. Paralelepípedo de potências .....	16
1.3.4. Efeitos causados pelas distorções harmônicas .....	16
1.3.5. Soluções de mitigação .....	19
1.4. Caracterização da empresa .....	22
1.4.1. Apresentação.....	22
1.4.2. Localização e constituição.....	23
1.5. Características do processo produtivo da empresa .....	24
1.5.1. Matérias-primas.....	24
1.5.2. Processo produtivo .....	24
1.5.3. Produtos produzidos .....	27
1.5.4. Distribuição de energia.....	28
1.6. Composição do trabalho .....	30
1.6.1. Objetivos.....	30
1.6.2. Estrutura do documento .....	30

1.6.3. Trabalho desenvolvido.....	31
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>33</b>
Estudo do melhoramento da QEE no PT n.º1.....	33
2.1. Situação Atual .....	33
2.2. Medições efetuadas .....	34
2.3. Soluções de mitigação .....	40
<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>43</b>
Levantamento de consumos específicos .....	43
3.1. Torcedura .....	44
3.1.1. Parcelas de consumo.....	52
3.1.2. Critérios de medição.....	52
3.2. Tecelagem .....	56
3.3. Impregnação pela Zell .....	58
3.4. Impregnação pela Single End .....	60
3.4.1. Critérios de medição.....	61
3.4.2. Ciclos de produção.....	62
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>65</b>
Desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo para o tratamento dos dados.....	65
4.1. Ferramenta de cálculo.....	65
4.1.1. Estrutura do ficheiro.....	66
4.1.2. Pressupostos.....	67
4.1.3. Metodologia de cálculo.....	67
4.2. Iluminação dos salões .....	72
4.3. Climatização no Salão 2 Piso 0 .....	75
<b>Capítulo 5 .....</b>	<b>77</b>
Tratamento de dados e análise de resultados.....	77
5.1. Artigos “Cordfabric impregnado” pela Zell .....	82
5.1.1. Artigo “A” (940/1/2).....	82
5.1.2. Artigos “B”/“C”/“D” (1440/1/2).....	84
5.1.3. Artigo “E” (1440/1/2) .....	87
5.1.4. Artigo “F” (1840/1/2) .....	89
5.1.5. Artigos “G”/“H” (2200/1/2).....	90
5.1.6. Artigo “I” (2200/1/2).....	91
5.1.7. Artigo “J” (2440/1/2) .....	92
5.1.8. Artigo “L” (3340/1/2) .....	93
5.1.9. Artigos “M”/“N” (940/1).....	94
5.1.10. Artigo “O” (940/1/2) .....	95
5.1.11. Artigo “P” (940/1/2).....	96
5.1.12. Artigos “Q”/“R” (1400/1).....	97
5.1.13. Artigo “S” (1680/1/2) .....	98
5.2. Artigos “Corda impregnada” pela Single End .....	99
5.2.1. Artigo “T” (940/1/2).....	99
5.2.2. Artigo “U” (1680+1400)/1/2).....	100
5.3. Comparação de artigos .....	103
<b>Capítulo 6 .....</b>	<b>105</b>
Conclusão .....	105
<b>Referências .....</b>	<b>109</b>
<b>Anexo A - Planta do Salão 2 Piso 0 .....</b>	<b>111</b>

<b>Anexo B - Fatura de EE de Junho 2013.....</b>	<b>113</b>
<b>Anexo C - Fatura de GN de Junho 2013 .....</b>	<b>115</b>
<b>Anexo D - Proposta de renovação da bateria do QGBT PT1 .....</b>	<b>117</b>

## Lista de figuras

Figura 1.1 - Evolução do custo de EE e de GN nos últimos 9 anos.....	2
Figura 1.2 - Demonstração de problemas de qualidade de energia elétrica .....	3
Figura 1.3 - Triângulo de potências convencional .....	4
Figura 1.4 - Demonstração de forma de onda ideal (à esquerda) e real (à direita).....	5
Figura 1.5 - Compensação Reativa para redução das perdas de transmissão de energia	6
Figura 1.6 - Escalões de faturação de energia reativa .....	7
Figura 1.7 - Variação da secção de um condutor em função do FP .....	8
Figura 1.8 - Tipos de instalação de uma bateria de condensadores.....	9
Figura 1.9 - Demonstração de uma bateria automática para a correção de grupo de cargas.....	10
Figura 1.10 - Demonstração de onda sem presença de harmónicas (à esquerda) e com harmónicas (à direita) .....	11
Figura 1.11 - Demonstração de onda fundamental e harmónica(à esquerda) e soma das duas componentes anteriores (à direita) .....	12
Figura 1.12- Demonstração de PCC's num sistema eléctrico .....	14
Figura 1.13- Paralelepípedo de potências.....	16
Figura.1.14- Diagrama unifilar representativo das ressonâncias série e paralelo .....	17
Figura 1.15 - Constituintes de um condutor .....	17
Figura 1.16 - Demonstração de uma instalação contendo uma bateria de condensadores com indutâncias anti-harmónicas.....	18
Figura 1.17 - Soluções de mitigação de harmónicas.....	19
Figura 1.18 - Bateria de condensadores com indutâncias anti-harmónicas .....	20

Figura 1.19 - Bateria de condensadores com filtros passivos.....	20
Figura 1.20 - Filtro ativo paralelo .....	21
Figura 1.21 - Funcionamento de um filtro ativo paralelo.....	21
Figura 1.22 - Filtro ativo série .....	22
Figura 1.23 - Vista geral da C-ITA .....	24
Figura 1.24 - Processos produtivos na C-ITA .....	25
Figura 1.25 - Aspetos e denominações na tecelagem .....	26
Figura 1.26 - Vista da subestação .....	28
Figura 1.27 - Demonstração da ligação de um torcedor através de canalis.....	29
Figura 1.28 - Vista do QGBT e bateria de condensadores do PT 3.....	29
Figura 1.29 - Vista exterior e interior do QGBT do PT 4 .....	30
Figura 2.1 - Demonstração da bateria de condensadores automática da ABB existente	33
Figura 2.2 - Ligação atual da bateria de condensadores ao barramento principal do QGBT .....	34
Figura 2.3 - Demonstração da ligação do analisador nas 3F+N na alimentação do QGBT	35
Figura 2.4 - Espectro harmónico correspondente à corrente na L1.....	35
Figura 2.5 - Espectro harmónico correspondente à corrente na L2.....	35
Figura 2.6 - Espectro harmónico correspondente à corrente na L3.....	36
Figura 2.7 - Espectro harmónico correspondente à tensão na L12.....	36
Figura 2.8 - Espectro harmónico correspondente à tensão na L23.....	36
Figura 2.9 - Espectro harmónico correspondente à tensão na L31.....	37
Figura 2.10 - Gráfico referente à potência ativa.....	37
Figura 2.11 - Gráfico referente à potência reativa .....	37
Figura 3.1 - Indicação dos lados A e B do torcedor ICBT n.º11 à cabeceira do torcedor	44
Figura 3.2 - Exemplo de um fuso do torcedor ICBT .....	45
Figura 3.3- Ventilador de exaustão com motor Weg de 5,5 kW.....	46
Figura 3.4 - Demonstração de ventiladores acoplados nas extremidades do torcedor .	47
Figura 3.5 - Demonstração de ventilador acoplado à cabeceira do torcedor .....	47
Figura 3.6 - Torcedor ICBT 2ª Geração - (Modelo CP510 - G2) .....	47

Figura 3.7 - Torcedor ICBT 3ª Geração - (Modelo CP510 - G3) .....	48
Figura 3.8 - Demonstração da constituição da cabeceira de um ICBT .....	48
Figura 3.9 - Torcedor RITM (Modelo CP10) .....	49
Figura 3.10 - Torcedor Jing Wei .....	49
Figura 3.11 - Torcedor Oerlikon .....	49
Figura 3.12 - Torcedor Saurer Allma (Modelo AZB) e demonstração de um fuso (à direita) .....	50
Figura 3.13 - Constituintes por fuso num Saurer Allma .....	50
Figura 3.14 - Regulação mecânica do motor e do sentido de rotação S (à esquerda) ou Z (à direita).....	51
Figura 3.15 - Monitor de um torcedor RITM (à esquerda), Monitor de um ICBT (ao centro) e display do fuso de um ICBT (à direita).....	51
Figura 3.16 - Sinalizadores contidos no ICBT (à esquerda), Oerlikon (ao centro) e Saurer Allma (à direita).....	51
Figura 3.17 - Demonstração de analisador de energia ligado ao terminal contido na cabeceira de um ICBT (à esquerda e ao centro) e cabeceira de um torcedor Volkmann (à direita) .....	53
Figura 3.18 - Demonstração do QE 008 e terminal do analisador de energia .....	53
Figura 3.19 - Demonstração do exterior do PT4 (à esquerda) e do QGBT com analisadores de energia embutidos (ao centro e à direita).....	54
Figura 3.20 - Demonstração do QE 039 e analisadores de energia embutidos .....	54
Figura 3.21 - Painel de comando da máquina com mostrador de metragem (à esquerda); cabeceira da máquina com botão de emergência (ao centro) e colocação do analisador portátil (à direita) .....	56
Figura 3.22 - Tear Sulzer .....	56
Figura 3.23 - Tear Dornier .....	57
Figura 3.24 - Demonstração da consola (à esquerda) e dos botões de comando (à direita) num tear Sulzer. ....	57
Figura 3.25 - Demonstração da ligação do analisador num tear Dormier.....	58
Figura 3.26 - Demonstração da ligação do analisador num tear Sulzer .....	58
Figura 3.27 - Demonstração da entrada do artigo em "verde" na máquina Zell .....	59
Figura 3.28 - Local do registo de temperatura e humidade no Piso 2 da Zell .....	60
Figura 3.29 - Demonstração da máquina de impregnar SE (à direita) e Sahn (à esquerda) .....	60

Figura 3.30 - Medidor de gás Activar referente ao consumo pela SE.....	61
Figura 3.31 - Vista do PRM da empresa.....	61
Figura 3.32 - Local do registo de temperatura e humidade junto à Single End .....	61
Figura 3.33 - Ciclo produtivo de um jogo do Artigo “U” .....	62
Figura 3.34 - Ciclo produtivo de um jogo do artigo “T” .....	63
Figura 4.1 - Vista geral do ficheiro desenvolvido .....	65
Figura 4.2 -Vista do separador "ILUM_&_CLIM" da folha de cálculo .....	66
Figura 4.3 - Potência estimada p/ equipamento (em kW), no S2 P0.....	73
Figura 4.4 - Repartição do consumo p/equipamento (em %), no S2 P0.....	73
Figura 4.5 - Potência estimada p/ equipamento (em kW), no S2 P-1 .....	74
Figura 4.6 - Repartição do consumo p/equipamento (em %), no S2 P-1 .....	74
Figura 4.7 - Potência estimada p/ equipamento (em kW), no S1 P0.....	74
Figura 4.8 - Repartição do consumo p/equipamento (em %), no S1 P0.....	74
Figura 4.9 - Potência estimada p/ equipamento (em kW), no S1 P-1 .....	75
Figura 4.10 - Repartição do consumo p/equipamento (em %), no S1 P-1 .....	75
Figura 4.11 - Potência estimada p/ artigo (em kW) no S2 P0 .....	76
Figura 5.1 - Distribuição do consumo de EE / processo produtivo.....	78
Figura 5.2 - Distribuição do consumo de EE p/ máquinas.....	78
Figura 5.3 - Distribuição do consumo de Ar comprimido p/ máquinas.....	80
Figura 5.4 - Distribuição do consumo de Gás p/ máquinas .....	80
Figura 5.5 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “A”, ao longo do processo produtivo .....	82
Figura 5.6 - Comparação de consumos específicos entre torcedores à mesma velocidade para o artigo “A”.....	83
Figura 5.7 - Comparação de consumos específicos na impregnação do artigo “A” com a utilização de 4 ou 5 estufas.....	83
Figura 5.8 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “A”. 83	
Figura 5.9 - Fluxograma que caracteriza o consumo total dos artigos “B”/”C”/”D” ao longo do processo produtivo .....	84
Figura 5.10 - Comparação de consumos específicos entre torcedores para o artigo que origina os artigos “B”/”C”/”D”.....	85

Figura 5.11 - Consumos específicos de EE por processo produtivo, entre artigos.....	85
Figura 5.12 - Consumos específicos de Ar comprimido por processo produtivo, entre artigos .....	86
Figura 5.13 - Consumos específicos de Gás por processo produtivo, entre artigos .....	86
Figura 5.14 - Distribuição do consumo por processo produtivo e tipo de energia para o artigo “B” .....	87
Figura 5.15 - Distribuição do consumo por processo produtivo e tipo de energia para o artigo “C” .....	87
Figura 5.16 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “D”	87
Figura 5.17 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “E” ao longo do processo produtivo .....	88
Figura 5.18 - Distribuição do consumo por processo produtivo e tipo de energia para o artigo “E” .....	88
Figura 5.19 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “F” ao longo do processo produtivo .....	89
Figura 5.20 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “F”	89
Figura 5.21 - Fluxograma que caracteriza o consumo total dos artigos “G”/”H” ao longo do processo produtivo .....	90
Figura 5.22 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “G” ou “H” .....	90
Figura 5.23 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “I” ao longo do processo produtivo .....	91
Figura 5.24 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “I”	91
Figura 5.25 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “J” ao longo do processo produtivo .....	92
Figura 5.26 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “J”	92
Figura 5.27 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “L” ao longo do processo produtivo .....	93
Figura 5.28 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “L”	93
Figura 5.29 - Fluxograma que caracteriza o consumo total dos artigos “M”/”N” ao longo do processo produtivo .....	94
Figura 5.30 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para “M” ou “N”	94
Figura 5.31 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “O” ao longo do processo produtivo .....	95
Figura 5.32 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “O”	96

Figura 5.33 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “P” ao longo do processo produtivo .....	96
Figura 5.34 - Fluxograma que caracteriza o consumo total dos artigos “Q”/”R” ao longo do processo produtivo .....	97
Figura 5.35 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para os artigos “Q” ou “R” .....	98
Figura 5.36 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “S” ao longo do processo produtivo .....	98
Figura 5.37 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “S”	99
Figura 5.38 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “T” ao longo do processo produtivo .....	99
Figura 5.39 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “T”	100
Figura 5.40 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “U” ao longo do processo produtivo .....	100
Figura 5.41 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “U”	101
Figura 5.42 - Consumo de Gás para os artigos impregnados na Single End (em kWh/kg)	101
Figura 5.43 - Consumo de EE para os artigos impregnados na Single End (em kWh/kg)	101
Figura 5.44 - Decomposição do consumo total dos artigos impregnados na Single End (em kWh/kg) .....	102
Figura 5.45 - Custo total de fabricação dos artigos impregnados na SE (em kWh/kg) .....	102
Figura 5.46 - Demonstração das parcelas de consumos na torcedura para a torção de cabo .....	103
Figura 5.47 - Demonstração das parcelas de consumos na torcedura para a torção de fio .....	104

## Lista de tabelas

Tabela 1.1 - Limites máximos percentuais para harmónicas de corrente impares em sistemas de distribuição de 120V a 69kV .....	14
Tabela 1.2 - Limites percentuais para distorções harmónicas de tensão de alimentação em relação à fundamental.....	14
Tabela 1.3 - Equipamentos do processo produtivo .....	27
Tabela 1.4 - Produtos produzidos na C-ITA .....	27
Tabela 1.5 - Caracterização dos postos de transformação da fábrica .....	28
Tabela 2.1 - Valores percentuais de distorção harmónica de tensão obtidos.....	40
Tabela 2.2 - Valores percentuais de distorção harmónica de corrente obtidos .....	40
Tabela 3.1 - Constituição de fusos por equipamento.....	44
Tabela 3.2 - Características dos ventiladores acoplados aos torcedores .....	46
Tabela 5.1 - Designações dos produtos auditados .....	81

## Siglas e sinónimos

AT	Alta tensão
BT	Baixa tensão
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
CEE	Fator de conversão para o ar comprimido (em kWh/Nm <sup>3</sup> )
CER	Compensação de energia reativa
CIE	Consumidor(es) intensivo(s) de energia
dTex	Unidade denominada decitex, é utilizada no fabrico de tecidos. Exprime a grossura de um fio/cabo sintético e mgr/10000m
EE	Energia elétrica
ER	Energia reativa
ERSE	Entidade reguladora dos serviços energéticos
FP	Fator de potência
C-ITA	Continental - Industria Têxtil do Ave S.A.
GN	Gás Natural
kWh/kg	Quilowatt hora por quilograma (unidade específica considerada)
MAT	Muita alta tensão
MT	Média tensão
P	Potência ativa
PEN	Condutor com funções de proteção (PE) e de neutro (N)
PCS	Poder calorífico superior (em kWh/m <sup>3</sup> )
PT	Posto de Transformação
PRM	Posto de regulação e medição de gás
Q	Potência Reativa
QEE	Qualidade de Energia Elétrica
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
RGCE	Regulamento de Gestão do Consumo de Energia
RRC	Regulamento de Relações Comerciais
S	Potência Aparente

SE	Single End
UPS	Sistemas de Alimentação Ininterrupta ( <i>Uninterruptable Power Supplies</i> )
€	Euros
$\varphi$	Ângulo entre P e S
Corda/Cabo	Será adotado como sinónimo dizendo respeito ao material proveniente da torcedura de dois ou mais fios.

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1. Enquadramento do tema

A disponibilização de um produto no mercado traduz a criação de valor para uma empresa e é a diferença entre o valor de venda e o custo total do produto acabado. Este custo é decomposto em custos fixos e variáveis. Sendo os custos fixos, custos com armazenagem, movimento do material ao longo da cadeia produtiva, custos com pessoal, custos administrativos e os custos variáveis associados à compra da matéria-prima e a consumos produtivos de gás e eletricidade, que alteram em função de variáveis naturais e com o tipo de produção.

Com o crescente aumento do consumo de petróleo estimado em cerca de 0,5% ao ano a nível mundial pela Agência Internacional de Energia (Esquerda, 2013) e a repercussão do preço do barril na produção de eletricidade com recurso ao gás natural dizendo respeito a 20% da produção de eletricidade nacional (REN,2013) fornecida pela REN aos consumidores elétricos, revela cada vez mais efeitos negativos na fatura de energias provenientes de fontes fósseis, sendo imperiosamente necessário a racionalização dos consumos.

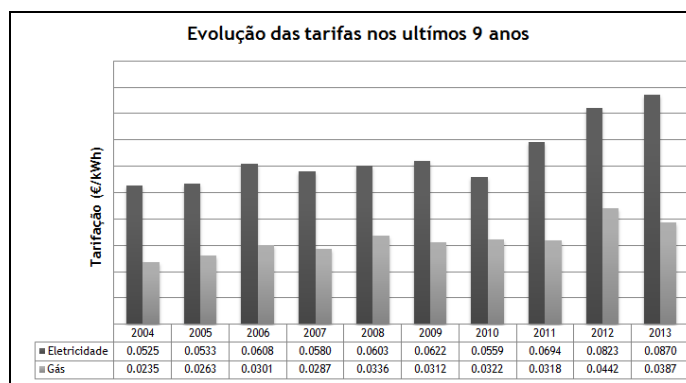
Esta problemática, revela preocupação para as empresas no conhecimento dos seus gastos energéticos, de modo a atuar em aspectos particulares de produção e maquinaria utilizada.

Uma boa estimação dos consumos de energias, permite fazer comparações entre produções distintas, ajustes produtivos, entendendo a influência de variáveis que condicionam o consumo e por conseguinte ganhar vantagem competitiva ao recuperar recursos.

Atualmente, a C-ITA enquadra-se no grupo dos CIE por apresentar um consumo de energia primária (Gás natural e EE) superior a 1000 tep/ano (cerca de 11,667 GWh/ano), enquadrando-se no RGCE. O Decreto-Lei n.º 71/2008 define a classificação e aspetos gerais dos CIE.

A empresa, tem a obrigatoriedade de realizar auditorias energéticas por entidades externas, com periodicidade de 6 em 6 anos que visam analisar os sistemas e equipamentos produtivos utilizados. Identificando medidas a implementar para a racionalização de energia

elétrica, contribuindo para a eficiência energética da empresa. A última auditoria à C-ITA foi efetuada a cargo da Auditene em 2012.



**Figura 1.1 - Evolução do custo de EE e de GN nos últimos 9 anos**

Segundo dados históricos da C-ITA, representados na Figura 1.1, pode ser verificado que nos últimos 9 anos o valor médio do kWh cobrado aumentou cerca de 3,20%/ano para o GN e 6,42%/ano para a EE.

O aumento da EE deve-se à influência das energias renováveis nos últimos anos e à atual preocupação de entrega de energia aos clientes com a melhor QEE. Existem políticas de penalização implementadas pela ERSE que incentivam os consumidores MT, AT e MAT a melhorar o FP das suas instalações sob pena de penalizações financeiras.

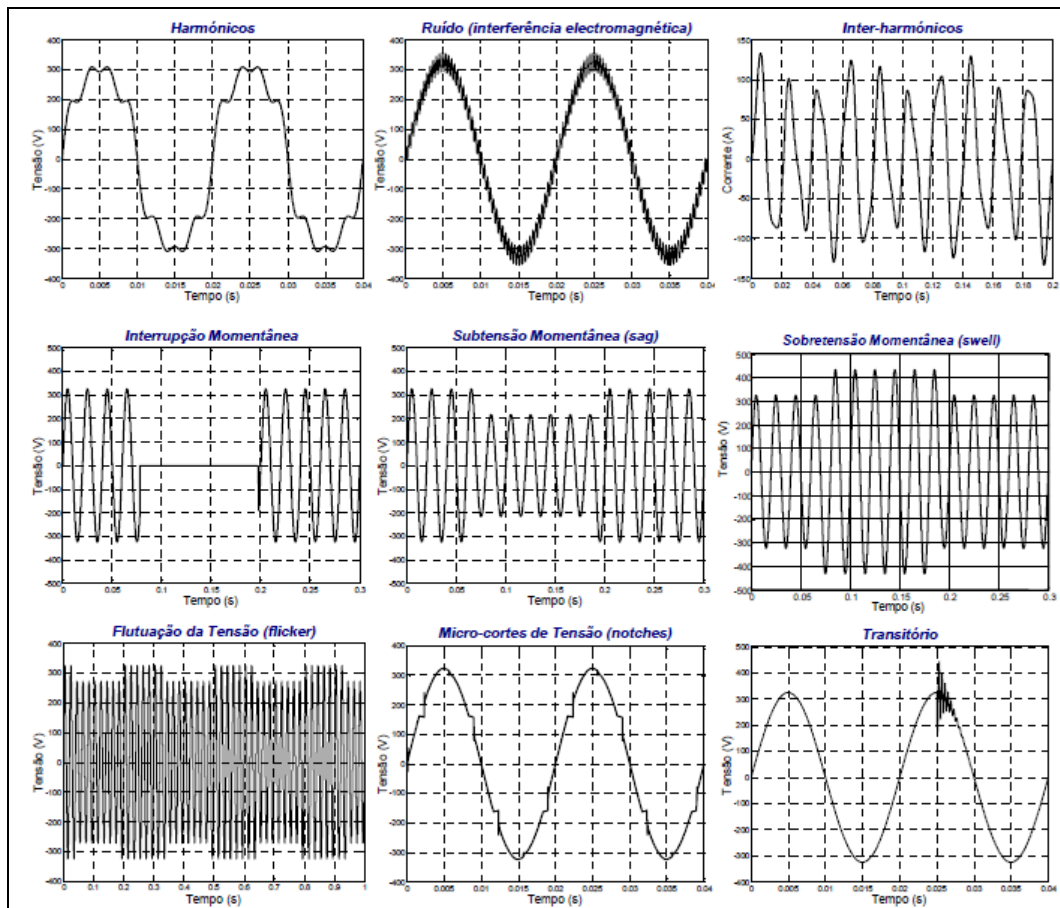
A reconfiguração constante das instalações elétricas industriais e o crescente uso da eletrônica de potência, vem alertar para problemas que provêm de uma fraca QEE. Estes podem afetar desde o normal funcionamento dos equipamentos, levando ou não à sua danificação ou à interrupção do fornecimento de energia. Existem assim, diversos problemas de QEE causados por (Franco,2011):

- **Distorção harmónica:** quando existem cargas não lineares ligadas à rede elétrica a corrente que circula nas linhas contém harmónicos e as quedas de tensão provocadas pelas harmónicas nas impedâncias das linhas fazem com que as tensões de alimentação fiquem também distorcidas.
- **Ruído (interferência electromagnética):** corresponde ao ruído electromagnético de alta-frequência, que pode ser produzido pelas comutações rápidas dos conversores electrónicos de potência.
- **Inter-harmónicos:** surgem quando há componentes de corrente que não estão relacionadas com a componente fundamental (50 Hz); essas componentes de corrente podem ser produzidas por fornos a arco ou por cicloconversores (equipamentos que, alimentados a 50 Hz, permitem sintetizar tensões e correntes de saída com uma frequência inferior).
- **Interrupção momentânea:** ocorre, por exemplo, quando o sistema elétrico dispõe de disjuntores com religador, que abrem na ocorrência de um curto-circuito, fechando-se automaticamente após alguns milissegundos (e mantendo-se ligados caso o curto circuito já se tenha extinguido).
- **Subtensão momentânea (voltage sag):** também conhecido por “cava de tensão”, pode ser provocada, por exemplo, por um curto-circuito momentâneo num outro

### 3 Introdução

alimentador do mesmo sistema elétrico, que é eliminado após alguns milissegundos pela abertura do disjuntor do ramal em curto.

- **Sobretensão momentânea (voltage swell):** pode ser provocada, entre outros casos, por situações de defeito ou operações de comutação de equipamentos ligados à rede elétrica.
- **Flutuação da tensão (flicker):** acontece devido a variações intermitentes de certas cargas, causando flutuações na envolvente das tensões de alimentação (que se traduz, por exemplo, em oscilações na intensidade da iluminação elétrica).
- **Micro-cortes de tensão (notches):** resultam de curto-circuitos momentâneos, que ocorrem durante intervalos de comutação dos semicondutores de potência dos rectificadores.
- **Transitórios:** ocorrem como resultado de fenômenos transitórios, tais como a comutação de bancos de condensadores ou descargas atmosféricas.



Fonte: Franco, 2011

Figura 1.2 - Demonstração de problemas de qualidade de energia elétrica

## 1.2. Energia Reativa

A utilização de CA para a alimentação de dispositivos elétricos tais como transformadores e motores, causam um desfasamento angular entre as suas respetivas tensões e correntes, colocando em jogo duas formas de energia/potência (Schneider Electric, 2010):

- **Potência Ativa - P** - (em kW), que corresponde ao gasto efetivo para a realização de trabalho (energia mecânica) e perdas (calor).
- **Potência Reativa - Q** - (em kVAr), responsável por magnetizar os enrolamentos das máquinas (transformador e/ou motor).

Quando a corrente está desfasada, a potência total consumida pela carga, para prover a mesma quantidade de potência ativa, é maior.

A soma vetorial das duas potências é representada por Potência Aparente - S - (em kVA).

### 1.2.1. Triângulo de potências

O triângulo de potências é um triângulo retângulo que traduz graficamente as grandezas anteriores, para um determinado sistema. Sendo o ângulo  $\varphi$  responsável pela demonstração da eficiência do sistema.

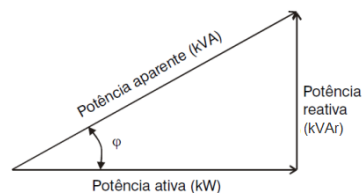


Figura 1.3 - Triângulo de potências convencional

A cada uma das potências corresponde uma corrente:

- **Corrente ativa (  $I_a$  )** - está em fase com a tensão da rede
- **Corrente reativa (  $I_r$  )** - está desfasada de  $90^\circ$  com a tensão da rede seja em atraso ( recetores indutivos ) ou em avanço ( recetores capacitivos ).
- **Corrente aparente (  $I_t$  )** - é a que percorre a linha da fonte ao recetor e resulta da soma vetorial das duas anteriores.

$$I_a = I_t \times (\cos(\varphi)) \quad (1.1)$$

$$I_r = I_t \times (\sen(\varphi)) \quad (1.2)$$

$$I_t = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} \quad (1.3)$$

O diagrama anterior de potências da Figura 1.3, é válido para as correntes dividindo cada uma das potências pela tensão U comum.

### 1.2.2. Fator de potência/Rendimento elétrico da instalação

O fator de potência (FP) é igual à relação entre a potência ativa P e a potência aparente S:

$$FP = \frac{P \text{ (kW)}}{S \text{ (kVA)}} \quad (1.4)$$

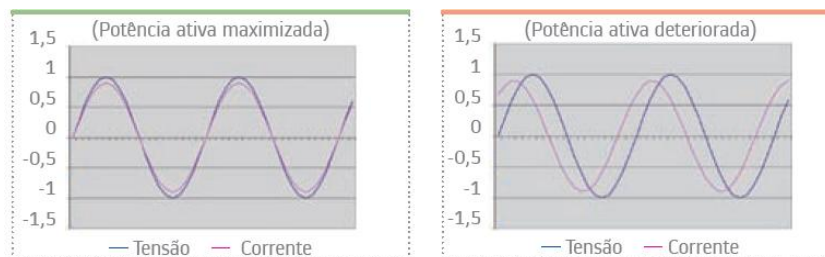
Se no cálculo anterior for considerada a tensão e corrente com onda perfeitamente sinusoidal (à frequência fundamental) estamos a medir uma grandeza denominada  $\cos \varphi$  (rendimento elétrico).

$$FP \Rightarrow \cos(\varphi) \quad (1.5)$$

$$FP \neq \cos(\varphi)$$

Um bom rendimento corresponde a um  $\cos(\varphi) = 1$ . O consumo de energia reativa é medido por:

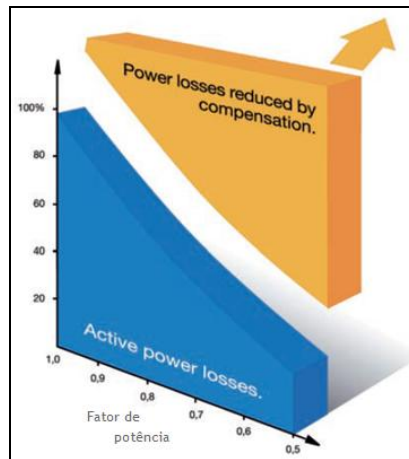
$$\tan(\varphi) = \frac{Q \text{ (kVAr)}}{P \text{ (kW)}} \quad (1.6)$$



Fonte: Nokian Capacitors, 2011

**Figura 1.4 - Demonstração de forma de onda ideal (à esquerda) e real (à direita)**

No caso ideal, a forma de onda de tensão e corrente devem estar pouco desfasadas entre si, de modo que P seja igual ou próximo de S existindo um FP próximo da unidade. Na prática, pelas características dos equipamentos que constituem as instalações as ondas são desfasadas entre si, provocando que  $P < S$  pela introdução de Q. Em alguns casos, devido ao elevado teor reativo da instalação poderá existir a necessidade de melhorar o FP.



Fonte: Nokian Capacitors, 2011

**Figura 1.5 - Compensação Reativa para redução das perdas de transmissão de energia**

Na Figura 1.5 é representada a relação inversa entre a P e Q em função do FP de uma instalação. Por análise da figura, no caso ideal (FP=1), a potência consumida é apenas a potência útil (P) sem prejuízo de potência reativa (Q).

Nos outros casos (p.ex.FP=0,5), verifica-se um excedente de Q face P. Nestes casos, existe energia Q que circula entre a carga e a fonte de alimentação, ocupando um espaço no sistema elétrico que poderia ser utilizado para fornecer mais energia ativa. Este fenómeno causa problemas ou mesmo danos à própria instalação e ao sistema de alimentação a montante da instalação (sistema de transporte).

### 1.2.3. Legislação e penalizações na fatura de energia elétrica

Até 1 de Janeiro de 2011 a energia reativa (indutiva) consumida fora das horas de vazio para clientes MAT, AT e MT era faturada por períodos de integração mensal para uma  $\tan(\varphi) > 0,4$ .

O RRC, aprovado pelo Despacho n.º 22393/2008, estabelece as novas regras de faturação da energia reativa que entraram em vigor a 1 de Janeiro de 2011. A constituição da faturação de encargos de energia reativa é feita no âmbito do acesso às redes (operador), sendo independente de encargos faturados pelo comercializador que abastece a instalação.

A energia reativa fornecida (indutiva) é uma variável utilizada na faturação do uso das redes nos períodos de fora de vazio, na medida em que a sua compensação possibilita a diminuição dos custos globais do sistema elétrico, quer ao nível da minimização das perdas de energia nos troços periféricos das redes, quer ao nível do seu sobredimensionamento. O preço de energia reativa recebida (capacitiva) nas horas de vazio destina-se a evitar a existência de sobretensões nos períodos de vazio, incentivando-se os consumidores a desligar os seus sistemas de compensação (baterias de condensadores) a par com os seus sistemas produtivos (ERSE,2012).

As principais alterações promovidas pela ERSE no regime de faturação da energia reativa, atualmente em vigor, têm efeito pela fixação:

- De um valor mais exigente para o limiar de faturação da energia reativa (indutiva) no período fora de vazio, pela introdução de 3 escalões de preço em função da  $\tan(\varphi)$ . Os fatores multiplicativos a aplicar ao preço de referência de energia reativa são:

	Descrição	Fator multiplicativo
Escalão 1	Para $0,3 \leq \text{tg } \varphi < 0,4$	0,33 (a partir de 01.01.2012)
Escalão 2	Para $0,4 \leq \text{tg } \varphi < 0,5$	1,00
Escalão 3	Para $\text{tg } \varphi \geq 0,5$	3,00

\* Os novos clientes beneficiam da isenção de pagamento de energia reativa durante o período de 8 meses, contados a partir da data de início do contrato.

Fonte: EDP online

**Figura 1.6 - Escalões de faturação de energia reativa**

- Do período de integração diário para determinação das quantidades de energia reativa a faturar para instalações em MAT, AT, MT em Portugal Continental, que disponham de telecontagem.

A energia reativa (capacitiva) injetada na rede nos períodos de vazio, também faturada aos clientes, não sofreu qualquer alteração na legislação anterior, mantendo-se as mesmas condições.

#### 1.2.4. Consequências de um baixo fator de potência

De modo generalista, um baixo FP traz inconvenientes técnico-económicos para o sistema, desde:

- Sobredimensionamento desnecessário de equipamentos que constituem a instalação;
- Aumento de perdas no sistema;
- Pagamento de penalizações na energia elétrica devido à circulação de energia reativa no sistema;
- Sobrecarga nos transformadores;
- Aquecimento dos cabos de alimentação.

#### PERDAS NA INSTALAÇÃO

As perdas de energia elétrica ocorrem em forma de calor e são proporcionais ao quadrado da corrente total ( $I^2 \times R$ ). Como essa corrente cresce com o excesso de energia reativa, estabelece-se uma relação entre o incremento das perdas e o baixo fator de potência, provocando o aumento do aquecimento de condutores e equipamentos (Weg, 2009).

#### QUEDAS DE TENSÃO

O aumento da corrente devido ao excesso de energia reativa leva a quedas de tensão acentuadas, podendo ocasionar a interrupção do fornecimento de energia elétrica e a sobrecarga em certos elementos da rede. Esse risco é sobretudo acentuado durante os períodos nos quais a rede é fortemente solicitada. As quedas de tensão podem provocar ainda, a diminuição da intensidade luminosa das lâmpadas e aumentar as correntes nos motores (Weg, 2009).

### SUBUTILIZAÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA

O sobrecarregamento de energia reativa numa instalação, condiciona a instalação de novos equipamentos, na grande maioria transformadores e cabos. O “espaço” ocupado pela energia reativa, poderia ser então utilizado se o fator de potência da instalação apresenta-se valores mais elevados.

Este facto, inviabiliza investimentos para a ampliação das instalações, pela necessidade de sobredimensionar os transformadores para a potência aparente e existindo maiores custos dos sistemas de comando, proteção e controlo dos equipamentos que atendam à necessidade de carga.

Para se transportar a mesma energia ativa sem aumento de perdas, a secção dos condutores deve ser aumentada à medida que o FP diminui, a Figura 1.7 ilustra a variação da secção de um condutor em função do FP. Nota-se que a secção necessária, supondo-se um  $FP=0,70$  é o dobro da secção para o  $FP=1$ .

Seção relativa	Fator de Potência
1,00	1,00
1,23	0,90
1,56	0,80
2,04	0,70
2,78	0,60
1,00	0,50
6,25	0,40
11,10	0,30

Fonte: Weg, 2009

**Figura 1.7 - Variação da secção de um condutor em função do FP**

A correção do fator de potência por si só, libera capacidade para instalação de novos equipamentos, sem a necessidade de investimentos em novos transformadores ou condutores (Weg, 2009).

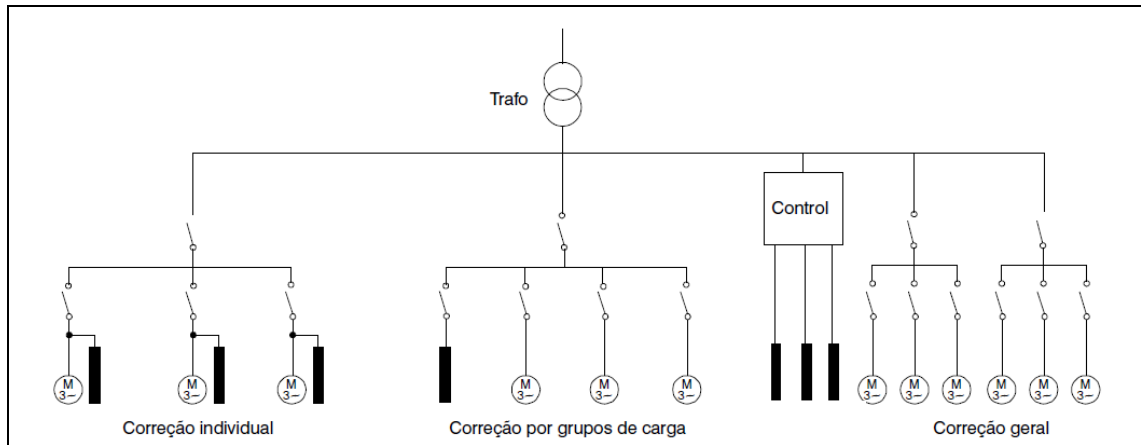
### **1.2.5. Soluções para melhoramento do fator de potência**

A solução para se melhorar o fator de potência de uma instalação recai na introdução de baterias de condensadores. Estas produzem ER e eliminam a indesejada Q do circuito.

#### TIPOS DE INSTALAÇÃO

A instalação de baterias de condensadores em derivação pode ser feita em qualquer ponto da rede elétrica. No momento da escolha do local, deve ser considerada a configuração da instalação e as cargas que se pretende atingir de modo a existir uma relação custo/benefício, os tipos de instalações possíveis para as baterias são representadas na Fonte: Weg, 2009

Figura 1.8 e podem ser respetivamente (Schneider Electric, 2010):



Fonte: Weg, 2009

**Figura 1.8 - Tipos de instalação de uma bateria de condensadores**

### **Correção individual**

A bateria é ligada individualmente nos terminais da carga. Constitui a melhor solução do ponto de vista técnico, produzindo a ER no local desejado logo que a carga represente uma porcentagem significativa de potência em relação à potência recuperada, demonstrando vantagens na redução das perdas energéticas em toda a instalação e na diminuição da carga nos circuitos de alimentação dos equipamentos.

### **Correção por grupos de carga/por setor**

A bateria é ligada num subsistema de distribuição responsável por alimentar um determinado número de cargas individuais. Esta configuração é utilizada na maioria dos casos em instalações elétricas extensas onde as cargas demonstrem potências diferentes e regimes de utilização pouco uniformes.

### **Correção geral/global**

A bateria é instalada no barramento principal ou num ponto comum, onde todas as cargas são alimentadas assegurando a compensação total da instalação a jusante. É usual em situações onde o essencial seja a redução de penalizações económicas.

### TIPOLOGIA DA COMPENSAÇÃO

As baterias atualmente usadas apresentam diferentes configurações podendo ser de três tipos: baterias fixas, semiautomáticas ou automáticas (Nokian Capacitors, 2011):

#### **Bateria de condensadores fixa:**

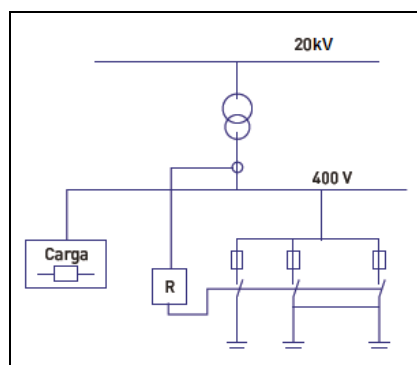
É colocada em serviço de forma manual, com um funcionamento "tudo ou nada" por meio de interruptor ou disjuntor.

**Bateria de condensadores fixa com equipamentos de manobra (semiautomáticas):**

A construção desta bateria é idêntica à anteriormente descrita, porém é equipada com um dispositivo de manobra interno (contator ou disjuntor), que permite conectar/desconectar a capacidade total da bateria conforme a necessidade da rede. Ambas as soluções de baterias de condensadores fixas são usadas para pequenas potências onde  $Q_C < 15\% S_n$  e em cargas estáveis.

### Bateria de condensadores automática ou por escalões:

Possuem vários escalões de condensadores que perfazem o total de capacidade da bateria e um relé-varimétrico. Este relé controla a entrada de mais ou menos escalões em função da leitura em tempo real do panorama das potências. É usada na compensação global ou por setor, uma vez que se torna a solução mais eficiente, permitindo um serviço variável de acordo com as necessidades de compensação da instalação em tempo real.



Fonte: Nokian Capacitors, 2005

Figura 1.9 - Demonstração de uma bateria automática para a correção de grupo de cargas

### 1.2.6. Vantagens da compensação de energia reativa

A inclusão de um sistema de compensação de energia reativa é de interesse geral para os consumidores de energia elétrica, operadores de rede, indústrias, hospitais, escritórios, prédios públicos, havendo contudo, soluções para consumidores em BT. Estes dispositivos permitem, (Schneider Electric,2002):

- Reduzir as perdas no sistema de potência;
- Reduzir as perdas pelo efeito Joule;
- Melhorar o perfil de tensão no sistema;
- Retardar investimentos de capital no sistema, pela(o):
  - Otimização dos equipamentos (cabos, disjuntores, etc), fruto da redução da corrente reativa na rede;
  - Aumento da vida útil das instalações e equipamentos.

Existindo ainda, vantagem de carisma particular para a empresa onde é colocada uma solução de CER e para a concessionária que alimenta a instalação.

#### VANTAGENS PARA A EMPRESA

- Redução significativa do custo de EE (nas penalizações pelo excesso de Q);

- Aumento da eficiência energética da empresa;
- Aumento da capacidade de manobra dos equipamentos;

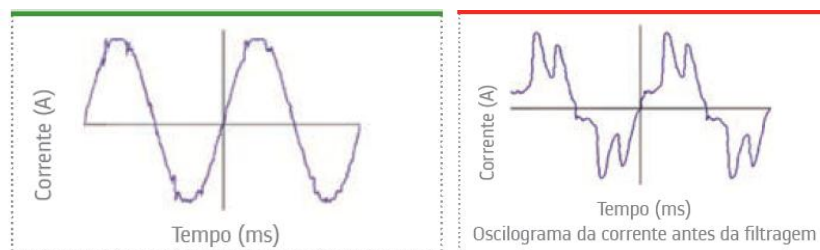
#### VANTAGENS PARA A CONCESSIONÁRIA

Aumento da capacidade de transmissão do sistema (através do incremento da potência ativa disponível no secundário dos transformadores e da potência ativa transportada). Aumentando a capacidade de geração de EE, para atender aos consumidores a custos inferiores.

### 1.3. Distorções Harmônicas

Pela existência de harmônicas numa determinada instalação, a tarefa de correção do FP é mais complexa, podendo estas, interagir com a bateria de condensadores, levando a fenômenos de ressonância.

As harmônicas têm origem em cargas não lineares que apresentam funcionamentos intimamente ligados a períodos de comutação eletrônica, induzindo distorções harmônicas nas formas de onda de tensão e corrente dos sistemas elétricos. Se verificarmos o gráfico da esquerda na Figura 1.10, a onda representada não contém harmônicas e embora surja um ligeira oscilação devida à impedância da rede, representa uma onda quase sinusoidal pura. No gráfico à direita, pela introdução de diversas harmônicas, a mesma onda passa a ser uma onda distorcida muito longe de uma senoide (Weg, 2009).

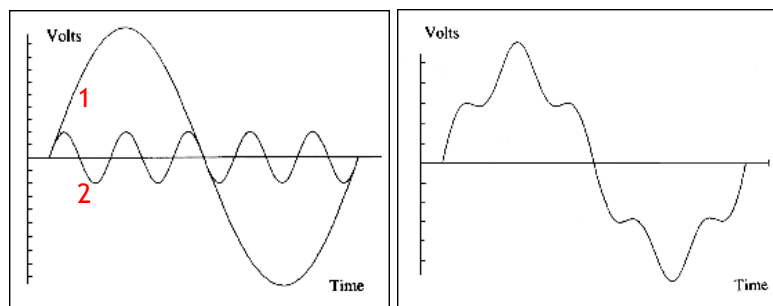


Fonte: Nokian Capacitors, 2011

**Figura 1.10 - Demonstração de onda sem presença de harmônicas (à esquerda) e com harmônicas (à direita)**

Tecnicamente, as harmônicas são componentes de uma onda periódica a uma frequência múltipla inteira da frequência fundamental (50 Hz).Definem-se pela sua amplitude e pelo seu número de ordem.

Podemos verificar um caso prático pela Figura 1.11. A (onda 1/Figura 1.11) representa a componente fundamental e a onda com menor amplitude (onda 2/Figura 1.11) uma harmônica p.ex. de 4ª ordem ( $4 \times 50 \text{ Hz} = 200 \text{ Hz}$ ). A onda resultante no sistema pela injeção desta harmônica é a onda da direita. Sendo que a existência de mais harmônicas no sistema, provocaria maior distorção na onda de corrente e tensão em função das suas amplitudes.



Fonte: Nokian Capacitors, 2011

**Figura 1.11 - Demonstração de onda fundamental e harmônica (à esquerda) e soma das duas componentes anteriores (à direita)**

Para além das harmónicas, existem mais quatro tipos de distorções da forma de onda (Franco, 2011):

- **Interharmônicas:** componentes de frequência, em tensão ou corrente, que não são múltiplas inteiras da frequência fundamental do sistema (50 Hz). Podem aparecer como frequências discretas ou como uma larga faixa espectral. As interharmônicas podem ser encontrados em redes de diferentes classes de tensão. As suas principais fontes são conversores estáticos de potência, ciclo conversores, motores de indução e equipamentos a arco.
- **Nível CC:** a presença de tensão ou corrente CC em sistemas elétricos de CA é denominado "DC offset". Este fenómeno pode ocorrer como o resultado da operação ideal de retificadores de meia-onda. O nível CC em redes de corrente alternada pode levar à saturação de transformadores, resultando em perdas adicionais e redução da vida útil.
- **"Notching":** distúrbio de tensão causado pela operação normal de equipamentos de eletrónica de potência quando a corrente é comutada de uma fase para outra. Este fenómeno pode ser detetado através do conteúdo harmónico da tensão afetada. As componentes de frequência associadas aos "notchings" são de alto valor e, desta forma, não podem ser medidas pelos equipamentos normalmente utilizados para análise harmónica.
- **Ruídos:** é definido como um sinal eléctrico indesejado, contendo uma larga faixa espectral com frequências menores que 200 kHz, as quais são sobrepostas às tensões ou correntes de fase, ou encontradas em condutores de neutro. Os ruídos em sistemas de potência podem ser causados por equipamentos electrónicos de potência e circuitos de controlo.

A distorção harmónica total num sistema é caracterizada pela:

DISTORÇÃO HARMÓNICA TOTAL DE TENSÃO:

$$DHT_U = \sqrt{\sum_{N=1}^{\infty} \left( \frac{U_{H_N}}{U_n} \right)^2} \quad (1.7)$$

Sendo:

$U_{HN}/U_n$  = Relação entre a tensão da harmónica de ordem N e a tensão fundamental ( Tensão<sub>RMS</sub> a 50 Hz da rede).

N = Número de ordem da harmónica

#### DISTORÇÃO HARMÓNICA TOTAL DE CORRENTE:

$$DHT_1 = \sqrt{\sum_{N=1}^{\infty} \left( \frac{I_{HN}}{I_n} \right)^2} \quad (1.8)$$

Sendo:

$I_{HN}/I_n$  = Relação entre a corrente da harmónica de ordem N e a corrente fundamental ( Corrente<sub>RMS</sub> a 50 Hz da rede).

N = Número de ordem da harmónica

### 1.3.1. Normalização referente a distorção harmónica

A normalização em vigor, que trata dos distúrbios harmónicos e delimita a ocorrência de perturbações na rede eléctrica são as normas IEC61000-3-2 para os equipamentos e IEEE 519 para os sistemas eléctricos. Ambas, são normas internacionais publicada respetivamente pelo IEC (*International Electrotechnical Commission*) e IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*).

#### IEC 61000-3-2

A norma IEC 61000-3-2 de 2005, demonstra os limites máximos de harmónicas aplicáveis a equipamentos eléctricos e eletrónicos com correntes de entrada até 16 A por fase, e com o intuito de ser ligado ao sistema de distribuição em baixa tensão. Equipamentos para uso não profissionais, com correntes de entrada até 16 A por fase, estão incluídos nesta norma. Já, sistemas com tensão nominal inferior a 230V (fase-neutro), ainda não possuem os limites definidos.

Esta norma define quatro classificações em que se dividem os equipamentos (A,B,C,D) para propósito de limitação de corrente harmónica.

#### IEEE 519

A norma IEEE 519 de 1992, trata dos limites para controlo de harmónicas em sistemas de potência eléctrica. A norma estabelece metas para o projeto de sistemas eléctricos com cargas lineares e não lineares. Esta, define a qualidade de energia que deve ser fornecida no ponto de acoplamento comum (*point of common coupling* - PCC). Este ponto refere-se ao ponto de interface entre a fonte e as cargas, podendo se tornar confusa a sua identificação. Como exemplo, poderemos verificar na Figura 1.12, onde se mostra dois possíveis pontos, PCC 1 visto do lado da MT do transformador que alimenta o sistema e PCC2 do lado de BT.

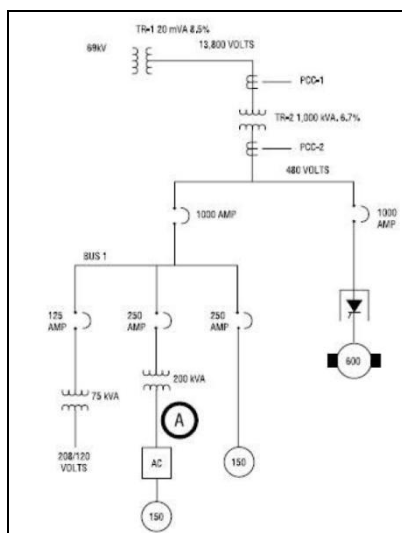


Figura 1.12- Demonstração de PCC's num sistema elétrico

Os limites estabelecidos são considerados para operações em regime permanente e recomendados para as condições mais desfavoráveis do sistema. Podendo em regimes transitórios exceder os limites estabelecidos pela norma.

Esta norma demonstra assim, a importância da reflexão global de um sistema elétrico para o exterior. Os limites de harmónicas de corrente são baseados na relação entre a componente fundamental de corrente na carga ( $I_L$ ) e a corrente de curto circuito no ponto de acoplamento comum ( $I_{CC}$ ).

Esta norma, define limites diferenciados com o nível de tensão do sistema a analisar e com o nível de corrente de curto circuito em relação à carga. Sendo abordados no contexto deste trabalho apenas as tabelas importantes à justificação do caso estudado.

Tabela 1.1 - Limites máximos percentuais para harmónicas de corrente impares em sistemas de distribuição de 120V a 69kV

$I_{CC}/I_L$	$n < 11$	$11 \leq n < 17$	$17 \leq n < 23$	$23 \leq n < 35$	$n \geq 35$	DHT <sub>I</sub>
<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%

Fonte: IEE 519, 1992

Tabela 1.2 - Limites percentuais para distorções harmónicas de tensão de alimentação em relação à fundamental

Tensão no PCC	Harmónicos individuais	DHT <sub>U</sub>
$\leq 69kV$	3,0%	5,0%
$69 kV < n \leq 161 kV$	1,5%	2,5%
$> 161 kV$	1,0%	1,5%

Fonte: IEE 519, 1992

### 1.3.2. Cargas lineares/não lineares

Existem cargas que apresentam funcionamentos lineares, não afetando as formas de onda de corrente e tensão.

Como referido anteriormente neste capítulo, será de grande importância citar os vários tipos de cargas elétricas com características não lineares, que têm sido implantadas em grande quantidade nos sistemas elétricos, nomeadamente na indústria:

- Lâmpadas fluorescentes com balastros eletrônicos;
- Transformadores com o núcleo saturado;
- *No Breaks* (UPS);
- Controladores tiristorizados;
- Fontes chaveadas;
- Acionamentos de CC;
- Retificadores;
- Computadores, microcomputadores (Centro de processamento de dados);
- Compensadores estáticos tipo reator saturado;
- Conversores / inversores de frequência;
- Velocidade dos motores CA controlados pela tensão do estator;
- Motores de CC controlados por retificadores;
- Motores síncronos controlados por ciclo conversores;
- Motores de indução controlados por inversores com comutação forçada;
- Processos de eletrólise através de retificadores não-controlados;
- Fornos de indução de alta frequência;
- Fornos de indução controlados por reatores saturados;
- Reguladores de tensão a núcleo saturado;
- Fornos a arco.

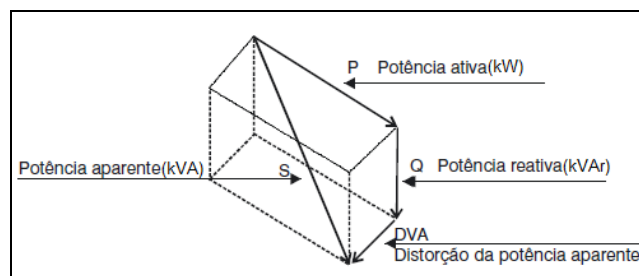
#### CLASSIFICAÇÃO DE CARGAS

As cargas não lineares são classificadas em três categorias de acordo com a natureza da deformação de onda (Weg, 2009):

- **Categoria 1:** A natureza da deformação da corrente é oriunda da não linearidade do arco voltaico. Fazendo parte desta categoria equipamentos como: fornos de arco e lâmpada de descarga.
- **Categoria 2:** A natureza da deformação da corrente é oriunda da não linearidade do circuito magnético. Equipamentos como transformadores de núcleo saturado fazem parte desta categoria.
- **Categoria 3:** Nesta categoria encontram-se os equipamentos eletrônicos, tais como: inversores, retificadores, UPS, e computadores. A natureza da deformação da corrente é oriunda da não linearidade dos componentes eletrônicos.

### 1.3.3. Paralelepípedo de potências

Ao existir distorção harmónica na instalação eléctrica o triângulo de potências convencional sofre uma alteração, recebendo uma terceira dimensão provocada pela potência aparente necessária para suportar a distorção da frequência fundamental (50Hz).



Fonte: Schneider Electric, 2010

Figura 1.13- Paralelepípedo de potências

### 1.3.4. Efeitos causados pelas distorções harmónicas

As harmónicas, provocam de modo geral, o aumento da potência aparente, levando por um lado à necessidade de sobredimensionamento da instalação, e por outro ao envelhecimento prematuro dos componentes das instalações.

Podem provocar ainda, o chamado efeito *flicker*, demonstrando erros em medições indiretas, vibrações nos quadros eléctricos e interferências em linhas telefónicas (Schneider, 2002).

#### EFEITO DE RESSONÂNCIA

Quando existem harmónicas na rede eléctrica acima dos valores pré-estabelecidos para a  $DHT_I$  e  $DHT_U$ , pode acontecer o efeito de ressonância série entre o transformador e a bateria de condensadores ou ressonância paralela entre os mesmos e as cargas (motores, etc.). Nesta situação, usa-se indutores anti harmónicas em série com os condensadores, os quais evitam a ressonância do(s) condensador(es) com todo o espectro de harmónicas que possa ser gerado.

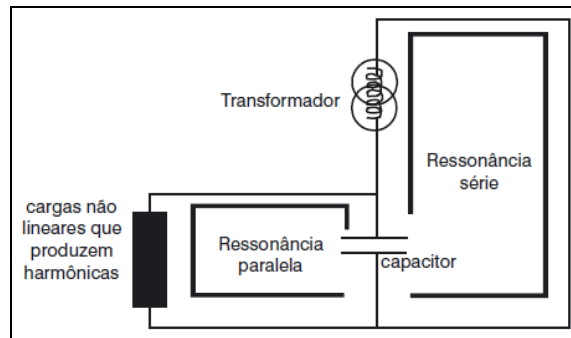
O fenómeno da ressonância série ou paralela também pode ocorrer em instalações livres de harmónicas e com fator de potência unitário (Weg, 2009).

#### **Ressonância série:**

É a condição na qual as reactâncias capacitivas e indutivas de um circuito RLC são iguais. Quando isso ocorre, as reactâncias anulam-se entre si e a impedância do circuito é igual à resistência, tomando assim um valor muito pequeno. Ocorre entre o transformador e os condensadores. A ressonância série é responsável por sobre correntes que danificam os condensadores e os demais componentes do circuito.

#### **Ressonância paralela:**

Baseia-se na troca de energia entre um indutor e um condensador ligado em paralelo com uma fonte de tensão. Na condição de ressonância paralela a corrente de linha é nula porque a soma vetorial das correntes no circuito é zero. A tensão e a impedância resultante assumem valores muito elevados.



Fonte: Weg, 2009

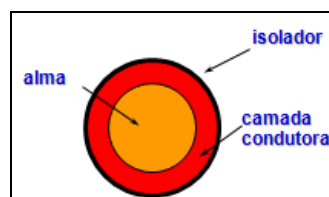
**Figura.1.14- Diagrama unifilar representativo das ressonâncias série e paralelo**

#### AUMENTO DA CORRENTE EFICAZ

A circulação de harmônicas provoca aumentos na corrente eficaz dos condutores colocando a corrente na periferia dos condutores onde esta se movimenta (efeito pelicular).

$$I_{rms} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2} \quad (1.9)$$

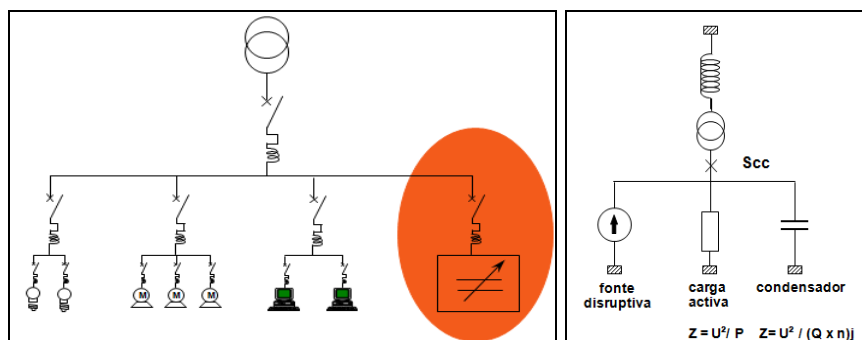
Este facto, pode levar à ativação intempestiva das proteções e provoca aquecimentos nos cabos originando perdas por efeito de Joule (Schneider Electric, 2002).



**Figura 1.15 - Constituintes de um condutor**

#### FATOR DE AMPLIFICAÇÃO (LC)

Embora os condensadores não gerem harmônicas, na presença de cargas não lineares instaladas na rede elétrica, a inclusão de uma bateria de condensadores num circuito aumenta a impedância na frequência de ressonância podendo originar o chamado efeito de amplificação do sistema. O fator de amplificação demonstra assim o efeito das harmônicas na presença de uma bateria de condensadores (Schneider Electric, 2002).



Fonte: Schneider Electric, 2002

**Figura 1.16 - Demonstração de uma instalação contendo uma bateria de condensadores com indutâncias anti-harmônicas**

A amplificação provoca o aparecimento de harmônicas de tensão (levando à disfunção dos recetores eletrónicos); sobrecargas e sobretensões nos condensadores (provocando aquecimento e envelhecimento prematuro da bateria e dos constituintes da instalação); sobrecargas nas cargas lineares e transposição da poluição harmónica a montante da bateria (Schneider Electric, 2003).

#### EFEITO NO CONDUTOR DE NEUTRO

Devido à presença de lâmpadas fluorescentes e fontes de alimentação na instalação podem surgir harmónicas múltiplas de 3, originando circulação de corrente no neutro e consequentemente no condutor PEN, com especial importância da harmónica de 3ª ordem. Esta situação, obriga ao redimensionamento da secção do condutor de neutro para secções superiores (em alguns casos até 1,7 vezes a secção das fases). A circulação de correntes pelo neutro, origina então (Schneider Electric, 2009):

- Aquecimento do condutor de neutro;
- Aumentos excessivos da temperatura no transformador;
- Aparecimento de  $\Delta P$  entre o neutro-terra;
- Disparos intempestivos dos disjuntores de proteção.

#### EFEITO EM TRANSFORMADORES

Devido à presença de cargas não lineares na instalação, surge circulação de harmónicas no primário e no secundário do transformador. Provocando o:

- Aquecimento nos enrolamentos:

$$P_{cu} = I_{ef}^2 \times R, \text{ se } I_{ef} \uparrow P_{cu} \uparrow \quad (1.10)$$

- Aumento de perdas no circuito magnético (aumento perdas no ferro):

$$P_{fe} = P_{foucault} \times P_{histeresis} \quad (1.11)$$

$$P_{foucault} = K \times f^2 \quad (1.12)$$

$$P_{histeresis} = K' \times f \quad (1.13)$$

EFEITO NO CONDUTOR EM MOTORES

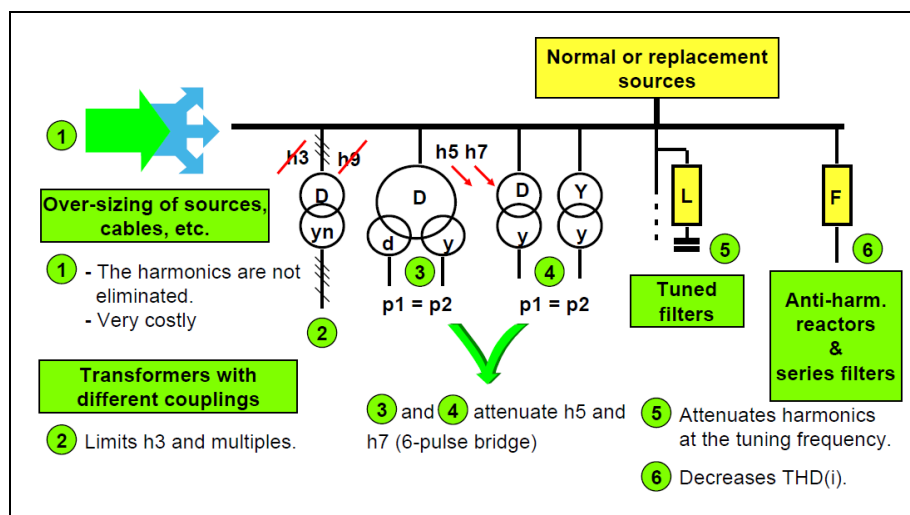
A presença de cargas não lineares, provoca a emissão de harmônicas, aparecendo um campo que se sobrepõe ao principal em função da ordem da harmônica:

Ordem da harmônica	Natureza do campo
$3n+1$	Direto
$3n-1$	Indireto

Estas harmônicas provocam aquecimentos nos enrolamentos dos motores, perdas no circuito magnético e quebra de rendimento verificando-se vibrações anormais.

**1.3.5. Soluções de mitigação**

As componentes harmônicas podem ser filtradas através da combinação de indutâncias e condensadores (filtragem passiva) ou pela injeção de um harmônico exatamente oposto ao detetado no sistema (filtragem ativa). Pela alteração das configurações de ligação dos transformadores e pela utilização de transformadores com duplo secundário é possível atenuar alguns harmônicos, como descrito na Figura 1.17 (Schneider Electric, 2009).

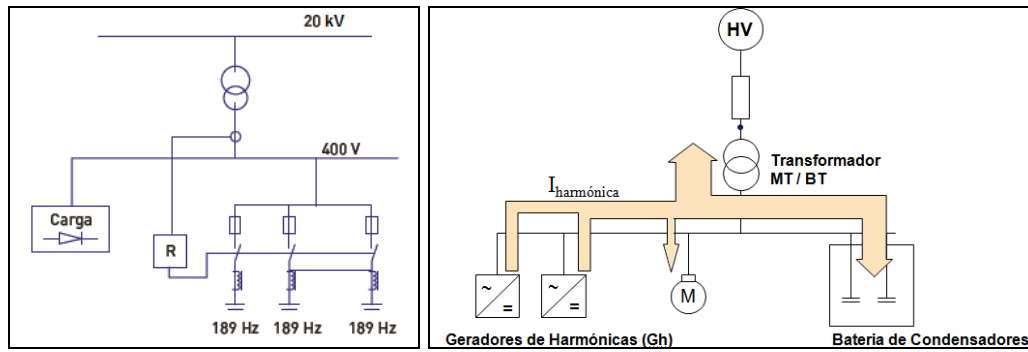


Fonte: Schneider Electric, 2009

Figura 1.17 - Soluções de mitigação de harmônicas

INDUTÂNCIAS ANTI-HARMÔNICAS

Consiste em proteger os condensadores para correção do FP, colocando uma indutância em série. Esta indutância é colocada para que a frequência de ressonância não corresponda a nenhuma das harmônicas presentes. As frequências atualmente utilizadas no mercado para estas indutâncias, são tipicamente 135 Hz, 190 Hz e 225 Hz.



Fonte: Nokian Capacitors, 2005

**Figura 1.18 - Bateria de condensadores com indutâncias anti-harmônicas**

### FILTRO PASSIVO

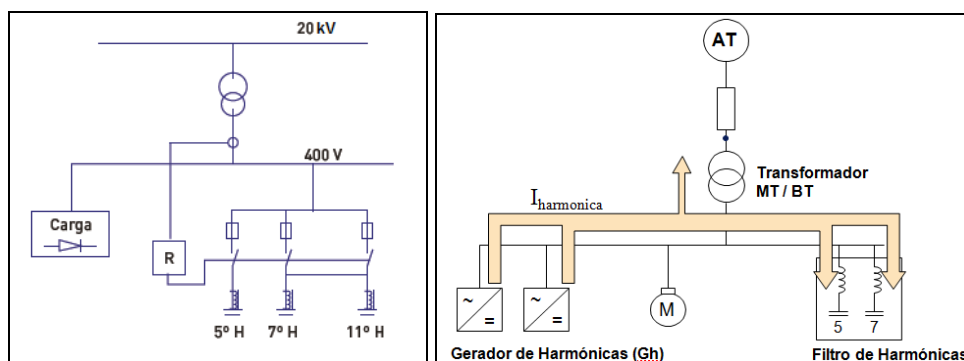
O filtro passivo, utiliza um condensador em série com uma indutância de forma a obter um acordo sobre uma dada frequência.

Este conjunto é colocado em derivação sobre a instalação, tem uma impedância muito pequena para a frequência acordada, comportando-se como um curto-circuito para a harmônica considerada.

É possível usar vários filtros deste tipo de acordo com as diferentes harmônicas que queremos ver eliminadas. Deve ser assegurado o princípio de coincidência de  $Z_L$  (impedância das indutâncias) e  $Z_C$  (impedância dos condensadores), tal que  $Z_L = Z_C$ , uma vez que:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \quad (1.14)$$

Embora parecendo simples, esta solução leva a um estudo específico da instalação, havendo a necessidade de se garantir que não produza o fenómeno de ressonância (Schneider Electric, 2003)



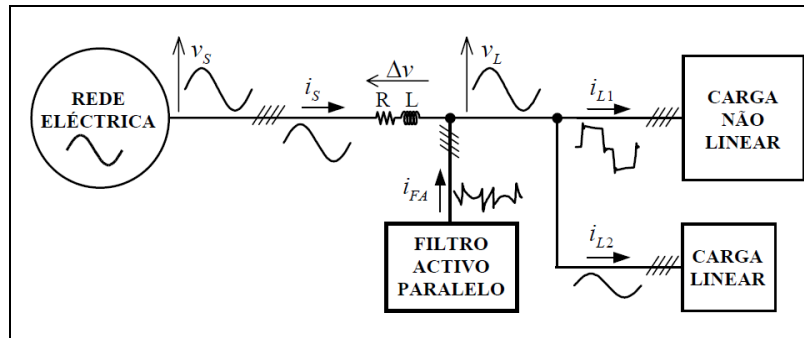
Fonte: Nokian Capacitor, 2005

**Figura 1.19 - Bateria de condensadores com filtros passivos**

### FILTRO ATIVO PARALELO OU SHUNT

Tem como função compensar os harmônicos das correntes nas cargas, podendo ainda compensar a potência reativa corrigindo o fator de potência. Permite ainda compensar a componente de sequência zero da corrente, equilibrando as correntes nas três fases (e eliminando a corrente no neutro) Ou seja, a rede elétrica passa a ver o conjunto constituído

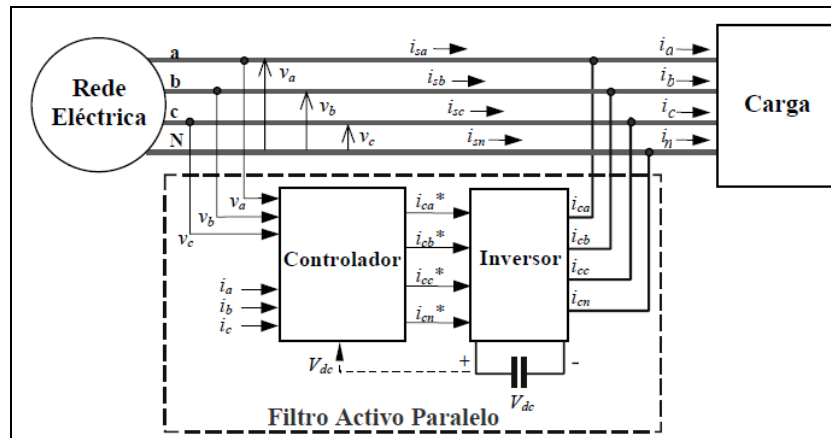
pelo filtro ativo e pelas cargas, como um recetor trifásico equilibrado do tipo resistivo (Martins, 2003).



Fonte: Martins, 2003

**Figura 1.20 - Filtro ativo paralelo**

Na Figura 1.21, apresenta-se o esquema eléctrico de um filtro ativo paralelo trifásico. O filtro é, basicamente, composto por um inversor, uma fonte de tensão com controlo de corrente e o respectivo controlador. O controlador, a partir da medida dos valores instantâneos das tensões das fases ( $v_a$ ,  $v_b$ ,  $v_c$ ) e das correntes na carga ( $i_a$ ,  $i_b$ ,  $i_c$ ), produz as correntes de compensação de referência ( $i_{ca}^*$ ,  $i_{cb}^*$ ,  $i_{cc}^*$ ,  $i_{cn}^*$ ) para o inversor. O inversor injeta as correntes de compensação ( $i_{ca}$ ,  $i_{cb}$ ,  $i_{cc}$ ,  $i_{cn}$ ) requeridas pela carga, de forma que as correntes nas fases da rede eléctrica ( $i_{sa}$ ,  $i_{sb}$ ,  $i_{sc}$ ) passem a ser sinusoidais e equilibradas, fazendo com que a corrente no neutro da rede eléctrica ( $i_{sn}$ ) assuma um valor nulo (Martins, 2003).



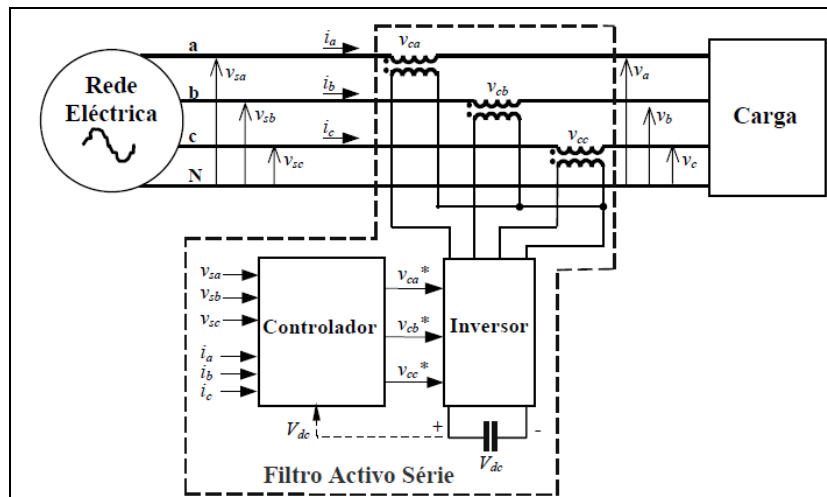
Fonte: Martins, 2003

**Figura 1.21 - Funcionamento de um filtro ativo paralelo**

O compensador ativo shunt constitui uma fonte de corrente independente da impedância da rede. Apresenta resposta em ms capaz de efetuar a compensação em regime permanente e em regime transitório. Esta solução, consegue suprir as componentes harmónicas desde a 2ª à 23ª tipicamente, não significando no entanto a ausência total das harmónicas geradas pela carga poluidora.

### FILTRO ATIVO SÉRIE

O filtro ativo de potência do tipo série é o dual do filtro ativo paralelo. A sua função é compensar as tensões da rede eléctrica ( $v_{sa}$ ,  $v_{sb}$ ,  $v_{sc}$ ), para os casos em que estas contenham harmónicos, de forma a tornar as tensões na carga ( $v_a$ ,  $v_b$ ,  $v_c$ ) sinusoidais. Em certos casos, dependendo da duração dos fenómenos e da energia que o filtro ativo puder disponibilizar, é ainda possível compensar sobretensões, subtensões ou interrupções momentâneas (Martins, 2003).



Fonte: Martins, 2003

Figura 1.22 - Filtro ativo série

## 1.4. Caracterização da empresa

### 1.4.1. Apresentação

A Indústria Têxtil do Ave, C-ITA, foi fundada oficialmente a 16 de Dezembro de 1948 no cartório notarial de Santo Tirso. Iniciou a sua actividade data de 4 de Agosto de 1950, com a entrada em funcionamento do primeiro torcedor de fio, e a 20 de Agosto desse ano entregou à Manufactura Nacional de Borracha, Mabor, as primeiras amostras de cordas para pneus. Nesta fase inicial a C-ITA, denominada na altura por INTEX, abrangia uma área coberta de 12.000 m<sup>2</sup>, e produzia-se telas de algodão para fabrico de pneus.

Em 1951 devido à especificidade técnica dos fios requeridos na produção de “Cord-fabric”, os quais eram praticamente impossíveis de encontrar no mercado, a C-ITA decidiu instalar uma secção de fição. E em 1952 é exportado o primeiro “Cord-fabric”.

Em 1958 a principal matéria-prima na construção de pneus deixa de ser o algodão e passa a ser utilizado o Rayon de alta tenacidade, isto impôs à INTEX a primeira grande mudança tecnológica e de processos, a qual respondeu rapidamente. A mudança implicava um acabamento final nos tecidos de rayon, (*dip and dry*), para garantir a adesão dos compostos de borracha no tecido. Este acabamento foi inicialmente feito na INTEX com recurso a um equipamento KIDDE.

Em 1962/1963 eram impostas novas mudanças na matéria-prima, com base em produtos de síntese nomeadamente a poliamida (nylon) de alta tenacidade, como base dos tecidos de reforço para a construção de pneus. Novamente, a INTEX, viu-se obrigada a alterar as técnicas de fabrico ao nível da torcedura e tecelagem, esta mudança decorreu em 3 fases, sendo a última fase a completação do esquema, Torcedura/Tecelagem/Acabamentos.

Na década de 70/80 a C-ITA levou a cabo um ambicioso projecto de inovação tecnológica e aumento da capacidade produtiva da fábrica, que envolveu, entre outras medidas, a renovação da secção de torcedura e instalação de uma segunda máquina de impregnar. No seguimento dos investimentos efetuados, a capacidade produtiva da empresa atingiu, em 1982, as 350 ton/mês. Em Setembro de 1987, foi encerrada a área de fiação e tecelagem de algodão pois esta deixou de ser utilizada na indústria dos pneus.

Ainda em 1987, na sequência dos maus resultados da General Tire, a Continental AG, comprou essa empresa e passou por esse motivo a integrar o CA da INTEX. E em 1988, o Banco Borges & Irmão vendeu ao Grupo Amorim a sua participação na INTEX, passando a partir desse momento a ser designada C-ITA.

Na sequência destas alterações acionistas e fortemente influenciados pela Continental AG, credibilizou junto do Grupo Amorim projetos de investimento e a possibilidade de um forte incremento de encomendas por parte do grupo.

No final da década de 90, início do século XXI, iniciou-se um novo ciclo de investimento, com vista à modernização das áreas de torcedura, tecelagem e impregnação, que aumentou significativamente a capacidade de produção para 14.000 ton./ano. Este ciclo completou-se com a construção de um laboratório de investigação e desenvolvimento de uma linha de impregnação de corda, sendo esta última completa em 2008. Ao todo a C-ITA, possui cerca de 14 teares, 34 torcedores e 2 máquinas de impregnar (corda e tela).

A partir de meados de 2012, expandiu a sua área de negócio através da Contitech com a inclusão de uma área produtiva de tecido para estofos e forro de tablier.

Atualmente, a C-ITA encontra-se certificada segundo a Norma de Qualidade ISO9001, desde 1994 e é uma das primeiras empresas a ser certificada em Portugal pela Norma do Ambiente ISO 14001, desde 1999. Possui 152 colaboradores permanentes e uma produção de 14 000 ton/ano de “tecidos” e “corda” para pneus (Auditene, 2012).

A empresa é caracterizada por uma laboração de 24 h/dia, com cerca de 10 dias anuais de interrupção produtiva para manutenção de equipamentos.

#### **1.4.2. Localização e constituição**

A empresa encontra-se instalada na Rua Vareador António José da Costa, 4764-906 Lousado, Portugal. Caracteriza-se por uma área total de 52.329 m<sup>2</sup>, dos quais 30.153 m<sup>2</sup> são

de área coberta, correspondente ao espaço de escritórios e oficinas, zonas comuns (banheiros e cantina) e aos 4 salões onde estão instalados, respetivamente:

- Salão 1 PISO 0 - Todos os teares Sulzer e Dornier
- Salão 1 PISO -1 - Todos os torcedores Saurer Allma e Jing Wei nº3
- Salão 2 PISO 0 - Todos os torcedores ICBT, RITM, TFO e Volkmann<sup>1</sup>
- Salão 2 PISO -1 - Torcedores Jing Wei n.º 1,2 e 4; Oerlikon n.º 1 e 2 e Máquinas de impregnar Single End e Zell.



Fonte: Manual de acolhimento, 2012

**Figura 1.23 - Vista geral da C-ITA**

## 1.5. Características do processo produtivo da empresa

### 1.5.1. Matérias-primas

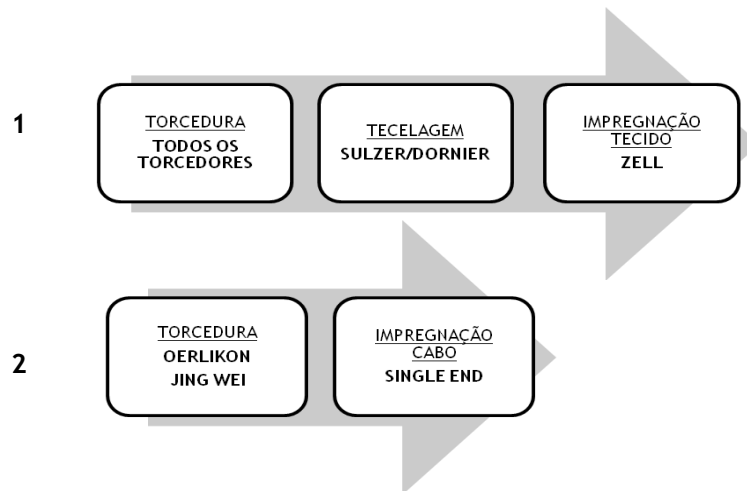
O processo produtivo de tela para pneus, utiliza atualmente como matérias-primas o Rayon; Poliéster; Nylon e Aramida. Para uso como trama na tecelagem, também é utilizado o Algodão e o Algodão elástico.

### 1.5.2. Processo produtivo

A Industria Têxtil do Ave, S.A. produz telas e cordas sintéticas para pneus, sendo este material utilizado para o reforço dos pneus e como tal, a sua qualidade assume bastante relevância na satisfação das condições de segurança requeridas para a estabilidade da direção e condução de alta velocidade, para além de condicionar a resistência à fadiga e ao desgaste dos pneus.

O processo produtivo é caracterizado por três fases distintas, a torcedura, a tecelagem e a impregnação, como se demonstra na Figura 1.24. Existe contudo dois tipos de processo, um resultando as telas designadas por “cord-fabric” (processo 1/Figura 1.24) e outro resultando “corda impregnada” (processo 2/Figura 1.24).

<sup>1</sup> A planta deste salão segue no Anexo A



**Figura 1.24 - Processos produtivos na C-ITA**

Para ambos os casos o processo de produção inicia-se na torcedura através da torção de fio (“matéria-prima”), com o objetivo de aumentar a resistência do material ao desgaste por fricção. As bobinas de fio são colocadas em torcedores capazes de torcer apenas fio, 2 fios directamente no caso dos torcedores que utilizam a tecnologia *direct cable* ou 2 ou mais fios por corda, no caso de torcedores que se caracterizam pelas sequências separadas de torção de fio e posterior torção de fio em cabo.

A maneira como se torce o fio define a “estrutura” do cabo produzido, p.ex. um cabo torcido com estrutura 2200/1/2, deverá ser interpretado da seguinte forma (decitex/n.º de vezes que o fio (matéria-prima) é torcido/n.º fio torcidos por cabo).

De uma forma mais clara, como a corda produzida possui um peso superior ao do fio para um mesmo comprimento de corda/fio torcido (devido ao entrelaçamento da corda), existe uma unidade de medida utilizada no fabrico de tecidos, denominada decitex. Esta, exprime a grossura do fio/cabo sintético em gr/10000 m. Quanto mais fino for o fio, menor é o valor do decitex.

Para dar suporte aos torcedores, existem bobinadeiras que são responsáveis por recuperar restos de matéria-prima que fiquem nas bobinas originais, estes equipamentos não serão abordados neste trabalho, por representarem uma parcela insignificativa de consumo.

Após a fase de torcedura, as bobinas com o material torcido, permanecerem um período de estabilização e posteriormente passam para a fase da tecelagem. Aqui, as bobinas são alinhadas em série e em paralelo e a corda de cada bobina é presa no tear, originando o chamado “corpo do tecido” proveniente da teia. Para a produção de um rolo são necessárias entre 1 100 a 2 600 cordas, de acordo com o artigo. Para que as cordas fiquem alinhadas de forma uniforme a uma distância igual a uma das outras, criando uma tela sem prejuízo de esta se desmanchar utiliza-se a chamada trama que pode ser de Nylon, Algodão ou Algodão elástico de acordo com o artigo colocado na teia.

Outro aspeto particular na produção de tela, que permite fornecer robustez à tela e facilitar a entrada na máquina de impregnar Zell é a existência de três cabos nas pontas laterais do corpo do tecido, denominados de orelas.



**Legenda:**

- 1 - Teia
- 2 - Trama
- 3 - Ourelas

**Figura 1.25 - Aspetos e denominações na tecelagem**

Os produtos que passam por este processo ganham o nome de produtos em “verde”, sendo também caracterizados internamente por um código que define o nome do produto final produzido de acordo com o artigo e características que constituem o tecido. Em alguns casos, o mesmo material utilizado na teia, origina diferentes produtos.

O processo produtivo termina para a grande maioria dos produtos em “verde” através da impregnação de tela na máquina de impregnar Zell (processo 1/Figura 1.24).

Existem atualmente dois artigos que dispensam o processo de tecelagem, sendo os artigos Artigo “T”<sup>2</sup> (Nylon) e Artigo “U”<sup>2</sup> (junção de Nylon com Aramida), impregnados diretamente em cabo após a torcedura pela máquina de impregnar Single End (processo 2/Figura 1.24). O conceito utilizado na Single End proporciona um maior aproveitamento de recursos energéticos e apresenta benefícios na utilização da matéria-prima, devido a impregnar diretamente a corda.

A impregnação dos componentes têxteis tem como objectivos conferir adesão dos componentes à borracha (através de uma solução de impregnação) e ainda conferir estabilidade dimensional através do tratamento térmico (pelas estufas das máquinas de impregnar).

A tela e a corda impregnada seguem então para a fábrica de pneus onde sofrem a calandragem sendo de seguida incorporadas no pneu.

Todo o processo produtivo é realizado com o auxílio de equipamentos, que o constituem, a Tabela 1.3 expressa as máquinas atualmente empregues no processo de tela e corda para pneus.

<sup>2</sup> Ver na Tabela 5.1 a correspondência do artigo

Tabela 1.3 - Equipamentos do processo produtivo

Fase do processo produtivo	Nome e tipo do equipamento		Qtd. na empresa
Torcedura	Torcedores <i>direct cable</i>	ICBT	14
		RITM	3
		Oerlikon	1
		Volkman	8
		Jing Wei	2
	Torcedor de fio	TFO	2
	Torcedor fio/cabo	Saurer Allma	4
Tecelagem	Dornier		2
	Sulzer		12
Impregnação	Zell		1
	Single End		1

### 1.5.3. Produtos produzidos

Como referido anteriormente, existem duas famílias de produtos produzidos na C-ITA, as cordas e as telas sintéticas que diferem pelo tipo de processo produtivo e pelo tipo de matéria-prima, sendo caracterizadas pela Tabela 1.4. Os produtos referentes a “Impregnação de cord-fabric” dizem respeito a telas importadas que não são produzidas na fábrica, sendo apenas impregnadas pela C-ITA, estes produtos destinam-se a dar resposta a uma eventual rotura de stock.

Tabela 1.4 - Produtos produzidos na C-ITA

Designação do produto	Matéria de origem
Cordfabric impregnado	Nylon
	Rayon
	Poliéster
	Aramida
Corda impregnada	Nylon
	Hibrido
Impregnação de cord-fabric	Poliester
	Rayon

### 1.5.4. Distribuição de energia

A fábrica é alimentada por uma rede M.T. de 60 kV. Possui uma subestação 60/15 kV com uma potência de 5 MVA que alimenta 4 postos de transformação colocados no seio da empresa, com as características expressas na Tabela 1.5.



Figura 1.26 - Vista da subestação

Tabela 1.5 - Caracterização dos postos de transformação da fábrica

Posto de transformação	Tensão Primário/Secundário	Potência - Tipo
PT1	15 kV/380 V <sup>3</sup>	1600 kVA - Óleo 1250 kVA - Óleo
PT2	15 kV/400 V	2 x 1600 kVA - Seco
PT3	15 kV/400 V	2000 kVA - Óleo
PT4	15 kV/400 V	1600 kVA - Seco

Cada PT alimenta cargas e secções distintas da empresa, o PT 1 é responsável por alimentar:

- Torcedores:
  - Saurer Allma;
  - Jing Wei nº3.
- Tecelagem;

<sup>3</sup> O secundário do transformador alimenta através de uma tensão não superior a 380V devido à existência de componentes eletrônicos sensíveis a tensões superiores ao valor anterior na tecelagem.

## 29 Introdução

- Teares Circulares e Râmula;
- Iluminação Salão 1 - (Piso 0 e -1);
- Cantina; Balneários; Gabinetes; Oficinas e Laboratório (Piso 0).

O **PT 2**, alimenta por sua vez a iluminação e tomadas (Armazém; Zell; Salão 2 Piso 0), o grupo gerador diesel e através de quatro canais os torcedores ICBT e RITM:

- Canalis n.º1 - Alimenta ICBT n.º 1; 3; 4;
- Canalis n.º2 - ICBT n.º 5; 6; 14 e RITM n.º18;
- Canalis n.º3 - ICBT n.º 8; 9 e 10;
- Canalis n.º4 - ICBT n.º 2; 13 e 15.



**Figura 1.27 - Demonstração da ligação de um torcedor através de canais**

O **PT 3** alimenta os equipamentos:

- Torcedores ICBT n.º11 e 12; RITM n.º16 e17;
- Torcedores Volkmann;
- Aparelhos de laboratório:
  - RIETER UT50;
  - Máquina de impregnar MES.
- Máquina de impregnar Zell;
- Iluminação do laboratório da Zell, espaço da SE.



**Figura 1.28 - Vista do QGBT e bateria de condensadores do PT 3**

O PT 4 alimenta a máquina de impregnar SE e bobinadeira auxiliar Sahn e os restantes torcedores Jing Wei n.º1,2 e 4; Oerlikon n.º1 e2.



Figura 1.29 - Vista exterior e interior do QGBT do PT 4

## 1.6. Composição do trabalho

### 1.6.1. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho, foi a atualização dos *standards* de produção referentes a gastos energéticos de eletricidade e gás natural ao longo dos processos produtivos, para caracterizar os consumos inerentes à produção dos diversos produtos fabricados pela empresa.

Foi proposto pela empresa, no âmbito desta dissertação, um estudo de uma solução para substituir a bateria de condensadores automática presente atualmente no PT1 da empresa, de modo a melhorar a qualidade de energia elétrica em termos de correção de fator de potência e reduzindo a distorção harmónica predominante. Este estudo enquadra-se nesta dissertação, como um complemento teórico, visando a otimização da energia elétrica consumida pelos equipamentos ligados a este PT.

### 1.6.2. Estrutura do documento

Este trabalho é constituído por seis capítulos.

O capítulo um, destina-se a abordar os conceitos teóricos e a enquadrar o tema desta dissertação.

O capítulo dois, refere-se ao estudo realizado para o melhoramento da qualidade de energia no PT1, propondo uma solução que reduza o fator de potência e que inclua um sistema de mitigação das harmónicas predominantes no PT1 da empresa.

O capítulo três, quatro e cinco referem-se ao levantamento e tratamento dos consumos específicos, sendo:

No capítulo três, abordados os aspetos particulares de cada equipamento empregue atualmente no processo produtivo e descritos os critérios de medição adotados para o levantamento dos consumos energéticos em cada equipamento para a obtenção das parcelas de consumo que decompõem os gastos energéticos totais da produção de cada artigo.

No capítulo quatro explica-se a ferramenta desenvolvida em Excel. Esta ferramenta dá suporte ao tratamento dos dados recolhidos no terreno para cada artigo a ser produzido em cada equipamento. Todos os valores recolhidos em cada medição, são traduzidos para a unidade específica kWh/kg, de acordo com a produção em kg/h verificada em cada medição.

No capítulo cinco, demonstra-se por meio de fluxogramas os consumos específicos que caracterizam a produção de cada produto fabricado atualmente pela empresa. Valores estes, referentes aos *standards* de produção atualizados. Neste mesmo capítulo, são efetuadas algumas análises por artigo ou grupo de artigos, propondo alguns aspetos que contribuem para a melhor utilização de energia.

O capítulo seis refere-se às conclusões do trabalho.

### **1.6.3. Trabalho desenvolvido**

Este trabalho foi desenvolvido com a seguinte ordem de trabalhos:

#### ATUALIZAÇÃO DOS STANDARDS DE PRODUÇÃO:

- Compreensão de todo o processo produtivo da empresa;
- Identificação e estudo da localização das máquinas atualmente utilizadas nos processos produtivos, constituições físicas e aspetos que condicionam as parcelas características dos consumos;
- Adopção de critérios de medição que representem a melhor realidade dos consumos de cada artigo nos diferentes equipamentos de torcedura, tecelagem e impregnação;
- Levantamento dos consumos de acordo com os critérios adotados;
- Em simultâneo com o levantamento, foi realizado o tratamento dos dados numa folha de cálculo desenvolvida, para cada equipamento em função do artigo produzido e posterior manipulação dos consumos na unidade específica kWh/kg;
- Análise dos consumos de cada artigo por fase de processo produtivo e de forma global;
- Identificação de algumas medidas para a racionalização dos consumos de energia elétrica, com especial foco na área de torcedura.

#### COMPENSAÇÃO DE ENERGIA REATIVA E FILTRAGEM DE HARMÓNICAS:

- Medição e análise do panorama atual de potências e distorções harmónicas no PT1.
- Estudo de uma solução apropriada ao local para o melhoramento das condições de energia.







## Capítulo 2

# Estudo do melhoramento da QEE no PT n.º 1

Este capítulo, destina-se a descrever o estudo realizado para a inclusão de um sistema de CER e filtragem harmónica no PT1 da empresa.

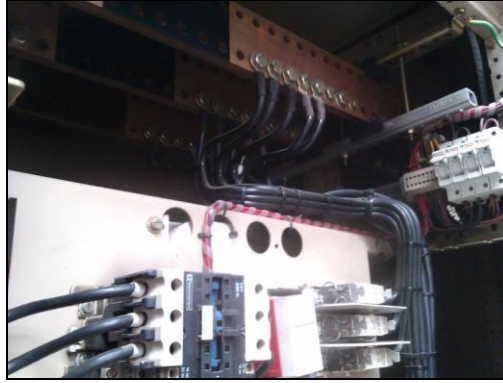
### 2.1. Situação Atual

No PT existe atualmente, uma bateria de condensadores automática de 300 kVA embutida no armário do QGBT, que se estima estar instalada acerca de 15 anos, desconhecendo-se algumas das reconfigurações efetuadas. Ao longo deste tempo, foram adicionados e removidos equipamentos alimentados por este PT, sendo a capacidade da bateria insuficiente para cumprir a correção do fator de potência na totalidade, em função das novas regras de faturação de energia reativa.



Figura 2.1 - Demonstração da bateria de condensadores automática da ABB existente

A empresa tem-se deparado recentemente com alguns problemas causados pela utilização em larga escala de cargas não lineares, que deterioram a qualidade da onda de tensão e corrente e introduzem harmónicas na instalação.



**Figura 2.2 - Ligação atual da bateria de condensadores ao barramento principal do QGBT**

A bateria de condensadores está ligada ao barramento principal que alimenta o QGBT como se demonstra na Figura 2.2.

Como os condensadores são dispositivos sensíveis às flutuações provocadas por problemas da fraca QEE e distorções harmónicas. Existem casos onde os condensadores podem ser danificados ou mesmo ativar a ignição de um incêndio da bateria de condensadores, pela rotura de um ou mais condensadores.

Deste modo, a solução atual, numa situação como a descrita anteriormente poderá provocar o alastramento de um possível incêndio da bateria de condensadores ao resto do QGBT, danificando irreversivelmente a aparelhagem contida no seu interior. A realização deste estudo teve ajuda da *Schneider Electric*, no terreno e pela cedência de informação técnica sobre o tema, existindo uma proposta da Schneider que foi acompanhada, para a reconfiguração da bateria de condensadores atual.

## **2.2. Medições efetuadas**

### APARELHO DE MEDIÇÃO

A correta medição das potências e do espectro harmónico presente no PT, requereu um analisador de energia que medisse os chamados TRUE RMS (valores RMS verdadeiros das correntes e tensões), este equipamento foi facultado pela empresa de manutenção COFELY. Os instrumentos de medição convencionais, sem esta função medem apenas formas de onda puramente sinusoidal não permitindo chegar ao grau de detalhe necessário. Foi utilizado um analisador Fluke 1735 Power Logger, ligado a montante do interruptor-relé que alimenta o QGBT e o programa de recolha de dados FLUKE Power Log 2.9. Realizaram-se medições em períodos distintos, com a bateria desligada. Estas medições tiveram duração de 1 hora, para não penalizar significativamente a empresa em termos de consumo de ER.



Figura 2.3 - Demonstração da ligação do analisador nas 3F+N na alimentação do QGBT

### DADOS RECOLHIDOS

Seguidamente, são demonstrados os espectros harmónicos e gráficos de potência ativa e reativa, observado no caso mais desfavorável pelas medições efetuadas

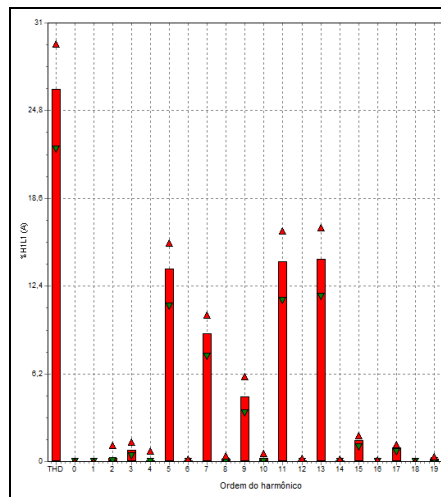


Figura 2.4 - Espectro harmónico correspondente à corrente na L1

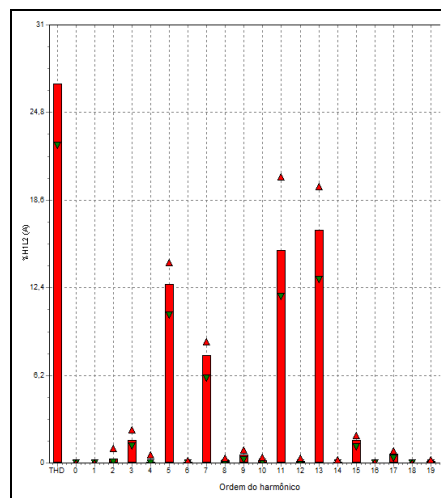


Figura 2.5 - Espectro harmónico correspondente à corrente na L2

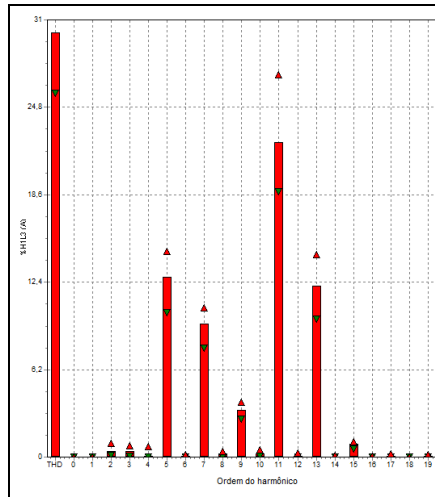


Figura 2.6 - Espectro harmónico correspondente à corrente na L3

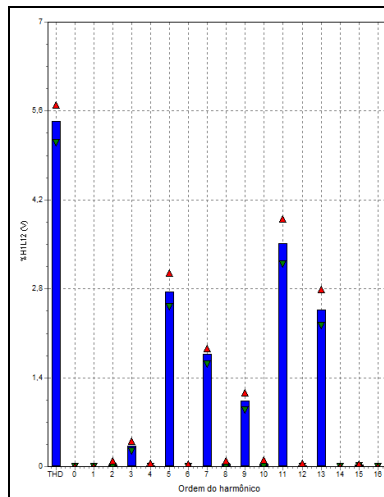


Figura 2.7 - Espectro harmónico correspondente à tensão na L12

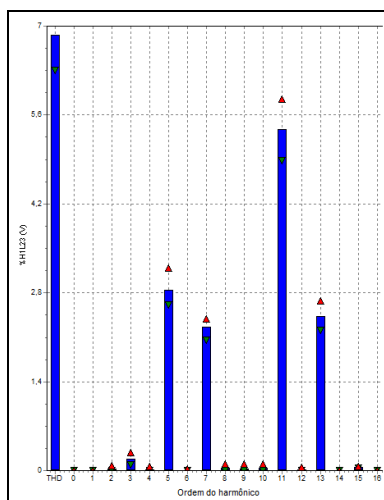


Figura 2.8 - Espectro harmónico correspondente à tensão na L23

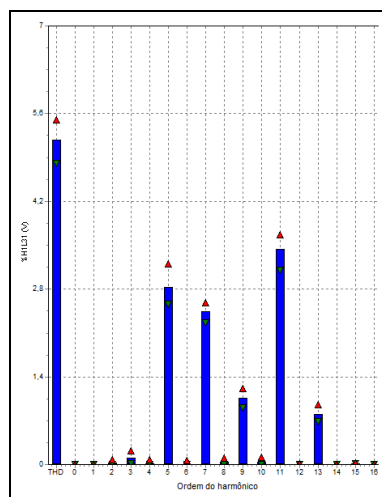


Figura 2.9 - Espectro harmônico correspondente à tensão na L31

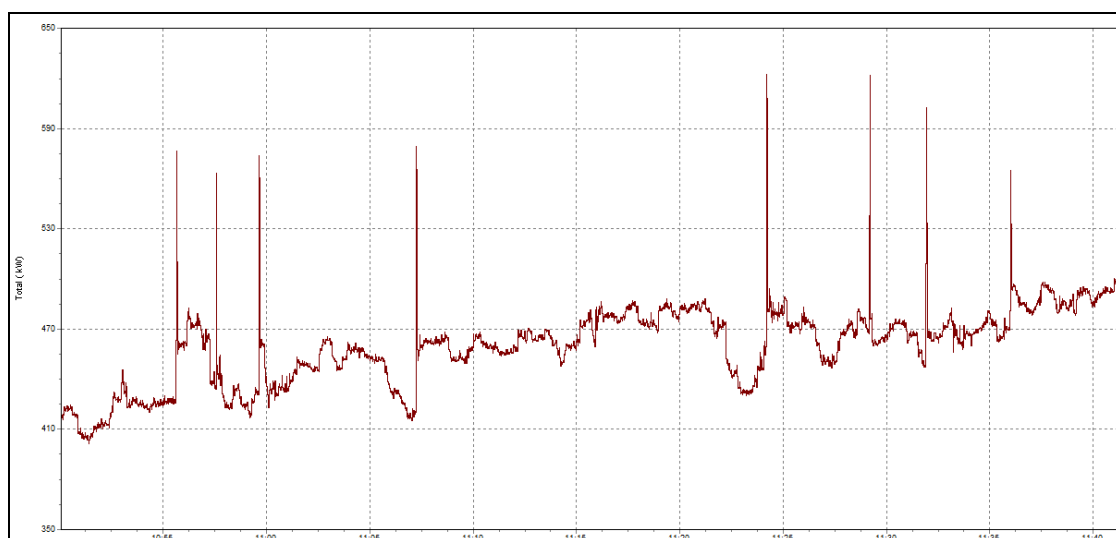


Figura 2.10 - Gráfico referente à potência ativa

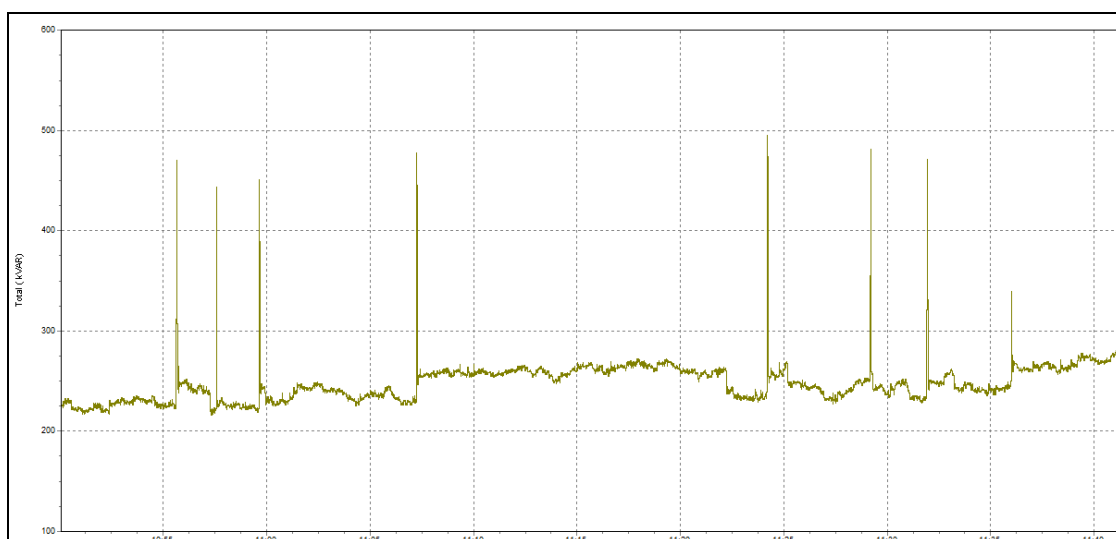


Figura 2.11 - Gráfico referente à potência reativa

CÁLCULO DA CORRENTE TOTAL

Os valores médios obtidos para a corrente e tensão nas fases, são:

$$I_L = 826,91 \text{ A} \quad (2.1)$$

$$U_L = 400,76 \text{ V} \quad (2.2)$$

A corrente eficaz que circula nos condutores de fase do transformador ao QGBT, devido à influência das harmónicas presentes, é expressa na equação (2.3).

$$\begin{aligned} I_{RMS} &= \sqrt{(I_1)^2 + (I_3)^2 + (I_5)^2 + (I_7)^2 + (I_9)^2 + (I_{11})^2 + (I_{15})^2 + (I_{17})^2} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow I_{RMS} &= \sqrt{(826,91)^2 + (826,91 \times 1,21\%)^2 + (826,91 \times 13,07\%)^2 + (I_7)^2 + (I_9)^2 + (I_{11})^2 + (I_{15})^2 + (I_{17})^2} \Leftrightarrow \quad (2.3) \\ \Leftrightarrow I_{RMS} &= 858,14 \text{ A} \end{aligned}$$

Para este cálculo foram consideradas as distorções harmónicas da Tabela 2.2

A corrente que circula no condutor de neutro, devido às harmónicas múltiplas de 3, é expressa na equação (2.4)

$$I_{h/neutro} = I_3 + I_9 + I_{15} = 826,91 \times 6,5\% = 54 \text{ A} \quad (2.4)$$

CÁLCULO DA POTÊNCIA PARA A BATERIA DE CONDENSADORES

Pela Figura 2.10 e Figura 2.11, os valores médios obtidos para a rede em análise foram os seguintes:

$$P = U \times I \times (\cos(\varphi)) = \sqrt{3} \times 400,76 \times 858,14 \times 0,872 = 519,4 \text{ kW} \quad (2.5)$$

$$Q = U \times I \times (\sin(\varphi)) = \sqrt{3} \times 400,76 \times 858,14 \times 0,491 = 291,9 \text{ kVAr} \quad (2.6)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{476,5^2 + 291,9^2} = 558,8 \text{ kVA} \quad (2.7)$$

Pelo inconstante funcionamento/paragem dos teares, nota-se alguns picos com duração de cerca de 2,5s na Figura 2.10 e Figura 2.11, característicos do arranque destes equipamentos que podem atenuar a potência reativa para valores próximos de 520 kVA com o aumento momentâneo de P. Considerando esta amostragem, podemos observar, que se em cada hora existir 8 arranques. Isto poderá representar consumos de Q nesta ordem de grandeza, durante 49h/ano.

Considerando estes valores momentâneos como referência teremos:

- $P = 640 \text{ kW}$
- $Q = 520 \text{ kVAr}$
- $S = 825 \text{ kVA}$

- $\cos(\varphi)_{medido} = 0,872$

Será instalado um torcedor Jing Wei proximamente, com uma  $P=90$  kW e um  $\cos(\varphi)=0,96$ , sendo deste modo:

- $P = 730$  kW
- $Q = 545,2$  kVAr
- $S = 911,1$  kVA
- $\cos(\varphi)_{medido} = 0,80$

A bateria terá assim de atender ao seguinte requisito:

$$Q_c = P \times (\operatorname{tg}(\varphi)' - \operatorname{tg}(\varphi)) = 730 \times (0 - 0,747) = 545,20 \text{ kVAr} \quad (2.8)$$

Foi considerado um  $\cos(\varphi)' = 1 \Rightarrow \operatorname{tg}(\varphi)' = 0$ , cumprindo com o requisito mínimo de uma  $\operatorname{tg}(\varphi)' < 0,3$ , de modo que a empresa não seja penalizada pelo consumo de ER, como explicado no ponto 1.2.3.

A bateria de condensadores foi no entanto, sobredimensionada para um valor ideal ( $\operatorname{tg}(\varphi)' = 0$ ), de modo a criar uma folga que permita a futura instalação de novos equipamentos alimentados por este PT, salvaguardando até determinado ponto a questão das penalizações financeiras que surgem do consumo de ER.

#### LIMITES IMPOSTOS À DITORÇÃO HARMÓNICA

O ponto de acoplamento comum considerado, foi o expresso na Figura 1.12, como PCC2.

Sendo:

$$I_b = \frac{S_{tr}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{1600 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 2309 \text{ A} \quad (2.9)$$

$$I_{L(pu)} = \frac{I_L}{I_b} = \frac{858,14 \text{ A}}{2309} = 0,37 \text{ pu} \quad (2.10)$$

$$I_{cc} = \frac{1}{Z_{rede} + Z_{tr}} = \frac{1}{0,00425 + 0,04} = 22,60 \text{ pu} \quad (2.11)$$

Considera-se como referência na Tabela 1.1 e Tabela 1.2, o valor:

$$\frac{I_{cc}}{I_L} = \frac{22,60}{0,37} = 61,08 \quad (2.12)$$

Seguidamente, expressa-se os valores obtidos nos espetros da Figura 2.4 à Figura 2.9. A bordo, são sublinhados os valores que ultrapassam o estipulado na norma IEEE 519

Tabela 2.1 - Valores percentuais de distorção harmónica de tensão obtidos

Ordem da harmónica	HL12	HL23	HL31	VALOR <sub>MÉDIO</sub>	NORMA IEEE 519
3 <sup>a</sup>	0,32 %	0,18 %	0,11 %	0,20 %	
5	2,75 %	2,85 %	2,84 %	2,81 %	
7 <sup>a</sup>	1,78 %	2,26 %	2,45 %	2,16 %	
9 <sup>a</sup>	1,04 %	---	1,06 %	1,05 %	
11 <sup>a</sup>	3,52 %	5,40 %	3,46 %	4,13 %	↓ ≤ 3,0%
13 <sup>a</sup>	2,47 %	2,44 %	0,80 %	1,90 %	
<b>DHT<sub>U</sub></b>	<b>5,45 %</b>	<b>6,88 %</b>	<b>5,20 %</b>	<b>5,84 %</b>	<b>↓ ≤ 5,0%</b>

Tabela 2.2 - Valores percentuais de distorção harmónica de corrente obtidos

Ordem da harmónica	HL1	HL2	HL3	VALOR <sub>MÉDIO</sub>	NORMA IEEE 519
3 <sup>a</sup>	0,80 %	1,61 %	---	1,21 %	
5 <sup>a</sup>	13,70 %	12,70 %	12,80 %	13,07 %	↓ ≤ 10,0%
7 <sup>a</sup>	9,04 %	7,65 %	9,45 %	8,71 %	
9 <sup>a</sup>	4,58 %	---	3,31 %	3,95 %	
11 <sup>a</sup>	14,20 %	15,10 %	22,40 %	17,23 %	↓ ≤ 4,5%
13 <sup>a</sup>	14,30 %	16,60 %	12,20 %	14,37 %	↓ ≤ 4,5%
15 <sup>a</sup>	1,50 %	1,61 %	0,90 %	1,34 %	
17 <sup>a</sup>	0,98 %	0,64 %	---	0,81 %	
<b>DHT<sub>I</sub></b>	<b>26,35 %</b>	<b>26,90 %</b>	<b>30,20 %</b>	<b>27,82 %</b>	<b>↓ ≤ 12,0%</b>

### 2.3. Soluções de mitigação

A proposta da empresa *Schneider Electric*, passaria pela reestruturação da bateria atual contida no QGBT<sup>4</sup>, para a potência de 300 kVA (potência limiar para uma  $\tan(\varphi) = 0,3$ ), complementando com a introdução de indutâncias anti-harmónicas sintonizadas a 210 Hz.

Esta não será a melhor solução devido ao risco de incêndio falado anteriormente e por se tornar uma solução mais dispendiosa economicamente face à introdução de uma solução compacta, devido à necessidade de trabalho de quadrista para a reestruturação do QGBT.

A melhor solução para CER será implementar uma solução compacta, constituída por uma bateria de condensadores automática, colocada ao lado do QGBT e alimentada por um ramal

<sup>4</sup> A proposta da *Schneider Electric* encontra-se no Anexo D

ligado ao barramento principal, com um aparelho de proteção a montante da bateria. A bateria terá de responder aos seguintes requisitos:

- Potência reativa mínima da bateria: 545,20 kVAR
- Resposta rápida, idealmente na ordem dos ms que consiga atender aos picos de arranque dos teares.
- Escalões tendo como referência 25 kVAR , com escalonamento p.ex.:
  - 1.1.2.2.3.3.3.4.4

Esta solução apenas atende à CER, sendo complementada por uma das seguintes soluções para fazer face à filtragem das harmónicas presentes:

#### BATERIA DE CONDENSADORES AUTOMÁTICA COM FILTROS PASSIVOS

Trata-se da inclusão de um armário exterior com uma bateria automática para compensação da energia reativa e filtros passivos ligados em série com a bateria. Seriam introduzidas várias ligações de filtros em paralelo com o barramento principal, ajustados sobre uma ordem de harmónicas próxima das harmónicas a eliminar, no caso harmónica de 5ª, 11ª e 13ª ordem. Estes filtros, permitem por um lado restringir as harmónicas que circulam pela bateria de condensadores e salvaguardar as condições da bateria. No entanto, pelo circuito LC criado que limita uma parte das harmónicas de tensão e grande parte das harmónicas de corrente do circuito, também se poderá criar o efeito de ressonância devido à existência de uma bateria de condensadores, pelo que se deve garantir que  $Z_L + Z_C = 1$  isto é  $Z_L = Z_C$ , como referido em 1.3.4.

Mesmo assim, durante os períodos de baixa carga deve-se colocar fora de serviço os filtros, pois poderão ter efeitos na potência reativa a fornecer pela bateria de condensadores ao sistema. Não sendo tão eficaz como a próxima solução, torna-se a solução mais vantajosa do ponto de vista económico.

#### BATERIA DE CONDENSADORES AUTOMÁTICA COM FILTRO HÍBRIDO

Esta seria uma solução mais dispendiosa e mais eficaz. A inclusão de um filtro híbrido é uma solução que inclui um filtro passivo e um filtro ativo.

A solução seria uma bateria de condensadores com os mesmos parâmetros e um filtro passivo para a função de proteção da bateria de condensadores e melhoria da distorção em tensão. Sintonizado para a harmónica predominante, no caso a de 11ª ordem.

O filtro ativo shunt, permitia a reinjeção de correntes no sistema em tempo real, melhorando a corrente nas fases da rede elétrica, tornando-as sinusoidais e equilibradas e fazendo com que o condutor de neutro assumia um valor nulo. Por outro lado, também permite o melhoramento da distorção harmónica em tensão.







## Capítulo 3

# Levantamento de consumos específicos

Este capítulo destina-se a explicar o funcionamento e aspetos particulares de cada um dos equipamentos empregues no processo produtivo e a descrever os critérios de medição considerados. Junto de cada equipamento, existe uma folha de produção com o tipo de artigo a ser produzido e aspetos de regulação do equipamento que devem ser anotados no início de cada medição, estas folhas são propriedade integral da C-ITA.

### APARELHOS DE MEDIÇÃO:

Para o trabalho de campo foram utilizados diversos aparelhos para monitorizar e medir, tais como:

- Analisador portátil trifásico de energia: ELCONTROL Microvip 3;
- Analisadores trifásicos de energia: Schneider Ion 7300;
- Analisador trifásico de energia e harmónicas: Fluke 1735 Power Logger;
- Caudalímetros;
- Estroboscópio;
- Termóhigrometro: Fluke 971;
- Termómetro de leitura por infravermelho: Fluke 61.

Para a medição de gás, foi utilizado:

- Medidor de gás em m<sup>3</sup>: Elster (instalado na Máquina Zell);
- Medidor de gás em m<sup>3</sup>: Actaris (instalado na Máquina Single End).

### 3.1. Torcedura

Como referido no ponto 1.5.2, a Torcedura é constituída por torcedores capazes de torcer:

- Apenas fio (torcedores TFO ou Saurer Allma);
- 2 fios directamente originando corda - pela tecnologia *direct cable*( torcedores ICBT,RITM, Jing Wei, Oerlikon, Volkmann);
- Por operações separadas de torção de fio + torção de 2 ou mais fio para originar corda (torcedores Saurer Allma).

Todos os torcedores são constituídos por dois lados, lado A à esquerda da cabeceira e lado B à direita. A cabeceira diz respeito à parte onde se localizam as máquinas de tração elétrica como se demonstra na Figura 3.1. A distribuição de fusos é feita de forma uniforme em ambos os lados, existindo por equipamento um total de fusos igual ao expresso na Tabela 3.1



Figura 3.1 - Indicação dos lados A e B do torcedor ICBT n.º11 à cabeceira do torcedor

Tabela 3.1 - Constituição de fusos por equipamento

Torcedor	Nº total de fusos
ICBT - G2 e G3	136
RITM	136
Jing Wei	136
Oerlikon	136
Volkmann	78
TFO	96
Saurer Allma	156



Figura 3.2 - Exemplo de um fuso do torcedor ICBT

Entenda-se que fuso é um conjunto de dispositivos, que dão origem a uma bobina de fio/cabo torcido. De um modo geral, nos torcedores que utilizam o conceito direct cable, a matéria-prima é colocada na esquinadeira e no pote. O fio proveniente da esquinadeira é tensionado adequadamente no tensor, seguidamente passa em torno do pote formando o denominado balão. O fio que vem por sua vez do pote passa pelo disco e seguidamente é torcido na borboleta juntamente com o fio oriundo do balão dando origem a cabo torcido. Por fim o cabo passa pelo Capstan e é enrolado na bobina através do guia-fios.

O torcedor TFO não é mais que um torcedor igual aos ICBT mas sem a esquinadeira, restringindo apenas à torção de fio.

Alguns torcedores têm ventiladores de exaustão acoplados com controlo de velocidade através de uma temperatura de SETPoint, para melhorar as condições de temperatura e humidade da própria máquina. Na Tabela 3.2 são demonstradas as características dos ventiladores acoplados.

Tabela 3.2 - Características dos ventiladores acoplados aos torcedores

Torcedor	Posição do ventilador no equipamento	N.º Ventiladores	Potência unitária por ventilador (kW)
ICBT n.º1 a 10	Extremidades	2	5,5
ICBT n.º10 a 14	Cabeceira	1	7,5
RITM n.º 16 a 18	Cabeceira	1	7,5
Jing Wei n.º 1, 2 <sup>5</sup> 4	Extremidades e centro	3	5,5
Oerlikon n.º 1 <sup>5</sup> e 2 <sup>5</sup>	Extremidades e centro	3	5,5
Volkman	Sem Ventilador		
TFO (n.º15)	Sem Ventilador		
Saurer Allma	Sem Ventilador		

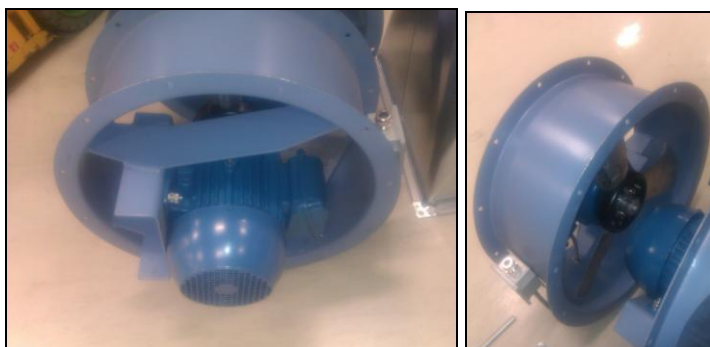


Figura 3.3- Ventilador de exaustão com motor Weg de 5,5 kW

<sup>5</sup> A instalação dos ventiladores nestes torcedores coincidiu com a realização deste trabalho.



Figura 3.4 - Demonstração de ventiladores acoplados nas extremidades do torcedor



Figura 3.5 - Demonstração de ventilador acoplado à cabeceira do torcedor



Figura 3.6 - Torcedor ICBT 2ª Geração - (Modelo CP510 - G2)

Os torcedores ICBT 3ª geração são a evolução dos ICBT de 2ª geração, mas não possuem qualquer tipo de diferença em termos de consumos energéticos.



Figura 3.7 - Torcedor ICBT 3ª Geração - (Modelo CP510 - G3)

Os torcedores *direct cable* (Torcedores ICBT; RITM; Oerlikon; Jing Wei e Volkmann) apresentam o mesmo aspeto construtivo. Possuem dois motores assíncronos em cada lado que são comuns a todos os fusos por meio de um veio, um é responsável pelo movimento do cilindro que aciona o enrolamento da bobina com cabo torcido (motor 1/Figura 3.8) e outro é responsável pela deslocação do *Capstan* e do guia-fios para a colocação uniforme do cabo torcido na bobina (motor 2/Figura 3.8). Estes equipamentos possuem ainda um motor assíncrono em cada fuso, colocado na extremidade inferior de cada pote que permite a deslocação do disco e da borboleta. Os torcedores Volkmann diferem pela utilização de um motor em cada lado da máquina que é responsável simultaneamente pelo movimento do cilindro que aciona o enrolamento e a deslocação do guia-fios.

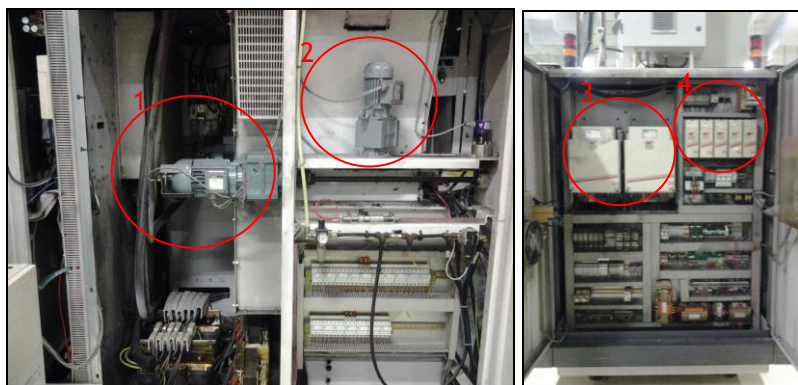


Figura 3.8 - Demonstração da constituição da cabeceira de um ICBT

Cada torcedor possui dois variadores de velocidade para acionar respetivamente os motores do guia fios/enrolamento de cada lado (variadores 3/Figura 3.8).

O controlo dos motores dos fusos são efetuados através de outros variadores de velocidade (variadores 4/Figura 3.8), que controlam a totalidade dos fusos de cada lado nos ICBT.



Figura 3.9 - Torcedor RITM (Modelo CP10)



Figura 3.10 - Torcedor Jing Wei



Figura 3.11 - Torcedor Oerlikon

Os torcedores RITM; Jing Wei e Oerlikon diferem pelo controlo parcelar dos motores dos fusos através de placas de comando.

De referir que todos os torcedores *direct cable* e TFO têm em cada fuso, uma embraiagem hidraulica que permite colocar um fuso fora de serviço sem penalizar o funcionamento dos outros.

O torcedor Oerlikon n.º1 é o único torcedor na empresa que permite regular o balão, conseguindo ser mais eficiente uma vez que o diâmetro e a altura do balão influenciam diretamente o consumo global do torcedor.

Os torcedores Saurer Allma, são torcedores com uma configuração bastante particular, são compostos normalmente por esquinadeiras laterais para a torcedura de fio (esquinadeira 2/Figura 3.12) e por esquinadeiras verticais para a torcedura de fio para originar cabo (esquinadeira 1/Figura 3.12), podendo torcer corda com até 6 fios. Quando existe uma

quebra-de-fio num dos lados é acionado um mecanismo mecânico e toda a máquina pára até ser reposta a situação.



Figura 3.12 - Torcedor Saurer Allma (Modelo AZB) e demonstração de um fuso (à direita)

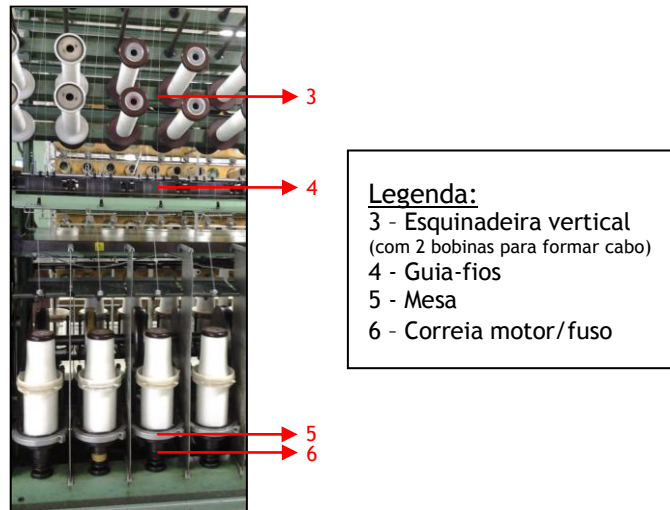


Figura 3.13 - Constituintes por fuso num Saurer Allma

Estas máquinas têm apenas um motor assíncrono de grande potência com um veio que aciona as bobinas com material torcido dos fusos por meio de correias. Cada correia movimenta uma bobina de cada lado da máquina, ficando fora de serviço dois fusos quando uma correia parte.

A mesa alterna o seu movimento para cima e para baixo de modo a que o fio/cabo torcido seja enrolado uniformemente na bobina.

A regulação do motor é efetuada de forma mecânica por substituição de rodas-dentadas do mesmo modo que o sentido da torção Z ou S como indicado na Figura 3.14, revelando-se por vezes pouco eficaz não respeitando os requisitos de velocidade.

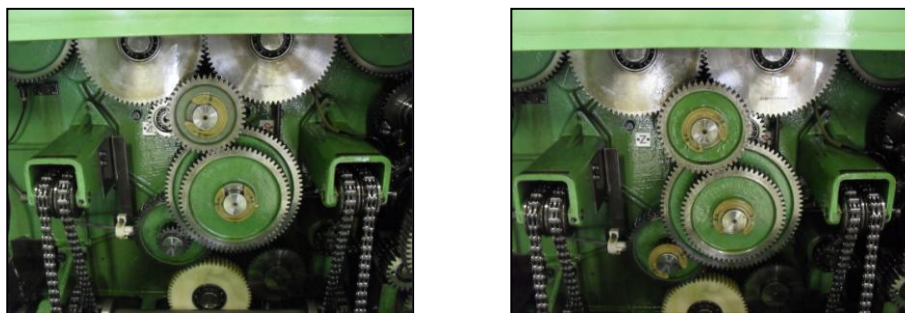


Figura 3.14 - Regulação mecânica do motor e do sentido de rotação S (à esquerda) ou Z (à direita)

#### IDENTIFICAÇÃO DE FUSOS E SINALIZAÇÃO

Os torcedores ICBT contemplam um indicador digital em cada fuso que demonstra o número de decímetros em falta para que a bobina desse fuso termine, aspeto importante na altura de efetuar a medição. Imagine-se que a máquina está a funcionar a 25 m/min e que faltam 10 000 m para acabar a bobina, logo esse fuso demorará cerca de 6h30 até parar em condições normais. Possui também, um monitor na cabeceira da máquina que permite ter acesso aos valores da velocidade (em tpm e m/min.) e da torção dos motores, no menu “0 - Produção”, que devem estar em conformidade com a folha de produção. Nos outros torcedores apenas é possível verificar estes aspetos no monitor contido na cabeceira.



Figura 3.15 - Monitor de um torcedor RITM (à esquerda), Monitor de um ICBT (ao centro) e *display* do fuso de um ICBT (à direita)

Todos os torcedores contemplam um sinalizador que informa da existência de um quebra-de-fio/avaria ou fim de metragem para cada lado da máquina, como se demonstra na Figura 3.16.

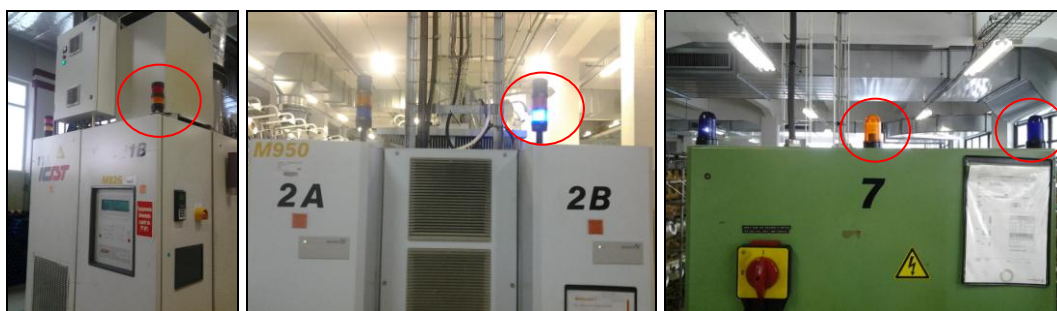


Figura 3.16 - Sinalizadores contidos no ICBT (à esquerda), Oerlikon (ao centro) e Saurer Allma (à direita)

### 3.1.1. Parcelas de consumo

Todos os torcedores demonstram consumos de EE e ar comprimido, exceptuando os torcedores Saurer Allma que apenas consomem EE, como se pode verificar na Tabela 3.3.

**Tabela 3.3 - Parcelas constituintes do consumo p/ equipamento**

	Iluminação	Climatização	Ar comprimido	Máquina	Ventilação
ICBT	X	X	X	X	X
RITM	X	X	X	X	X
Jing Wei	X	---	X	X	X
Oerlikon	X	---	X	X	X
Volkmann	X	X	X	X	---
Saurer Allma	X	---	---	X	---

#### ENERGIA ELÉTRICA

A parcela “máquina” é a mais significativa em cada um dos equipamentos, esta corresponde a todos os motores, display e demais componentes eletrónicos que constituem o torcedor. As parcelas “iluminacao” e “climatizacao” dizem respeito a valores estimados e serão abordadas mais a frente nos pontos 4.1 e 4.3. A parcela “ventilação” refere-se ao valor gasto pelos ventiladores de exaustão acoplados aos torcedores conforme verificado na Tabela 3.2.

#### AR COMPRIMIDO

O ar comprimido é utilizado de forma geral nos torcedores para:

- Apoio ao amortecedor hidraulico das esquinadeiras;
- A pressão do tensor do cabo;
- A ativação/desativação do cilindro da embraigem;
- O enfiamento do cabo através de um pedal contido no fundo de cada um dos fusos.

Estas operações são realizadas de forma esporádica, pelo que não deveria existir consumos significativos de ar comprimido.

Os ICBT demonstram consumos elevados frutos do desgaste das máquinas, fugas nas junções dos tubos do sistema de ar comprimido e pela dilatação dos tubos causadas pelas elevadas temperaturas sentida no salão onde estes torcedores se localizam.

Os torcedores RITM embora não devam apresentar consumo de ar comprimido pelas mesmas razões anteriores, apresentam valores mais razoáveis de consumo por serem máquinas mais recentes.

### 3.1.2. Critérios de medição

Para a caracterização das parcelas constituintes do consumo em cada equipamento da torcedura, foram adotados os seguintes critérios de medição nos:

TORCEDORES RITM;ICBT;JING WEI; OERLIKON;TFO

Para os torcedores *direct cable* e TFO foram adotados os mesmos critérios, uma vez que os consumos são semelhantes e todos estes equipamentos funcionam durante semanas. Foram registados valores instantâneos, seguindo os seguintes critérios:

- a) Ter em atenção que durante a medição:
  - Não existe nenhum operador a intervir na máquina pois provocará um erro;
  - O artigo é o mesmo e está a ser torcido à mesma velocidade e torção em ambos os lados, de modo que a medição diga respeito a um caso específico.
- b) Registrar o dia e a hora; referência do artigo; velocidade e torção do torcedor (certificando no display da máquina o que é referido na folha de produção);
- c) Ligar o analisador de energia no menu de potências ao terminal contido:
  - Na cabeceira da máquina (para ICBT n.º 1 a 10; 13 a 15 e RITM n.º18 e Volkmann);



Figura 3.17 - Demonstração de analisador de energia ligado ao terminal contido na cabeceira de um ICBT (à esquerda e ao centro) e cabeceira de um torcedor Volkmann (à direita)

- No quadro elétrico QE 008 (para ICBT n.º 11 e 12 e RITM n.º 16 e 17);



Figura 3.18 - Demonstração do QE 008 e terminal do analisador de energia

- No caso dos torcedores Jing Wei e Oerlikon, os analisadores de energia estão embutidos, respetivamente:
  - No quadro elétrico QGBT do PT4 (para Jing Wei n.º 1;2 e 4 e Oerlikon n.º 1 e 2);



Figura 3.19 - Demonstração do exterior do PT4 (à esquerda) e do QGBT com analisadores de energia embutidos (ao centro e à direita)

- No quadro elétrico QE 039 (para Jing Wei n.º 3).

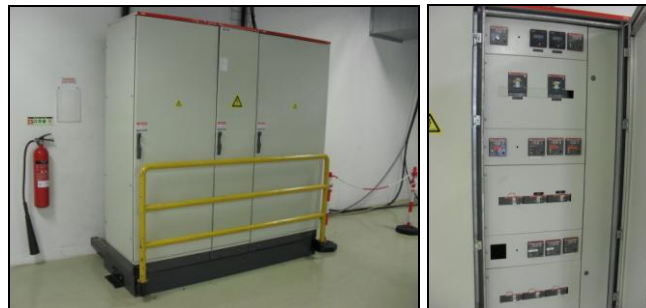


Figura 3.20 - Demonstração do QE 039 e analisadores de energia embutidos

- d) Verificar visualmente o número total de fusos em funcionamento não contabilizando fusos com avaria/quebra-fios onde o pote se encontra parado. A verificação visual pode ser comparada com a informação do monitor da máquina. Registrar o número total de fusos em funcionamento e ter em atenção que todos os fusos devem se manter nas mesmas condições durante a medição;
- e) Registrar valores:
- Potência ativa instantânea contida no analisador de energia;
  - Consumo instantâneo de ar comprimido em l/min no caudalímetro do torcedor;
  - Valores referentes a temperatura instantânea medida pela sonda, temperatura de *SETPoint* do variador e frequência de funcionamento do ventilador (contido na consola de comando).
- f) Confirmar o passo d). Caso haja alguma alteração, iniciar a medição;
- g) Com o Termohidrómetro medir e anotar seguidamente as temperaturas e humidades:
- Volkmann - nos fusos 1;17;34;39: 56: 72 para os lados A e B;
  - Outros torcedores - nos fusos 1;17;34;51;68 para os lados A e B.

### SAURER ALLMA

Como estas máquinas variam o consumo com o deslocamento da mesa ao longo da bobina, foi necessário analisar o consumo de ciclos completos de deslocamento da mesa.

- a) Ter em atenção que durante a medição:
  - Não existe nenhum operador a intervir na máquina pois provocará um erro;
  - O artigo é o mesmo em ambos os lados.
- b) Registar o dia e a hora; referência do artigo; velocidade e torção do torcedor especificado na folha de produção;
- c) Com um estroboscópio medir e registar a velocidade num fuso do torcedor em análise (por vezes a velocidade é diferente da estipulada na folha de produção) devido à regulação mecânica da máquina;
- d) Verificar que todos os fusos estão em funcionamento, desde do início até ao término da medição;
- e) Parar a máquina no botão “0” (contido no painel de comando da máquina) e deixar que o motor principal pare por completo;
- f) Desligar o botão de emergência para a posição “0”;
- g) Abrir a porta onde se encontra o botão de emergência e ligar os crocodilos e as pinças do analisador de energia portátil na alimentação da máquina;
- h) Ligar o botão de emergência<sup>6</sup>;
- i) Verificar a posição da mesa no momento atual;
- j) Colocar no menu de medição do consumo de energia no analisador e pressionar o botão “reset” deste;
- k) Arrancar a máquina no botão ”1” (contido no painel de comando da máquina), simultaneamente com um cronómetro e com o analisador de energia a medir o consumo;
- l) Contabilizar o tempo de dois/três ciclos completos da mesa e registar também o valor da Energia (kWh) durante esse período.

---

<sup>6</sup> Para se ligar/desligar o botão de emergência com a porta aberta, será necessário um alicate de grifes, uma vez que o botão contém um sistema de acoplamento que permite manipulá-lo apenas com a porta fechada.



Figura 3.21 - Painel de comando da máquina com mostrador de metragem (à esquerda); cabeceira da máquina com botão de emergência (ao centro) e colocação do analisador portátil (à direita)

### 3.2. Tecelagem

A tecelagem é composta por teares Sulzer e Dornier. Os teares são constituídos por um motor principal responsável pelo deslocamento do pente, o motor da trama e por motores de enrolamento responsáveis pelo deslocamento da teia e pelo enrolamento do tecido na bobina final. Os teares Sulzer apresentam apenas consumos de energia elétrica, já os Dornier apresentam para além do consumo de energia elétrica, consumo de ar comprimido uma vez que os motores de trama nesta máquina, funcionam através de um círculo de ar comprimido.

Ambos apresentam consumos em produção e em paragem (devida a uma quebra de trama/teia ou avaria). O consumo de energia elétrica em funcionamento nos Sulzer ronda em média os 3 a 4 kW e nos Dornier os 5 a 6 kW, e em modo de paragem o consumo residual é de cerca de 10% no caso dos Sulzer e 16,7% nos Dornier.



Figura 3.22 - Tear Sulzer



Figura 3.23 - Tear Dornier

### CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

Estas máquinas não apresentam um funcionamento contínuo, demonstrando consumos intimamente ligados aos períodos de tempo de paragem/funcionamento e ao seu desempenho perante o tipo de artigo a ser tecelado. Deste modo, foram consideradas amostragens de 2 horas com os seguintes critérios:

- Registrar o dia e a hora; registrar o artigo e a referência da teia que está a dar origem ao tecido e o número de cordas especificado na folha de produção;
- No caso dos Dornier deve ser registado o valor instantâneo do consumo de ar comprimido em funcionamento e em paragem;
- Verificar e registrar o número de b/min. ou r.p.m. junto da máquina (através da consola);
- Parar a máquina no botão vermelho e acionar o cursor vermelho<sup>7</sup>;



Figura 3.24 - Demonstração da consola (à esquerda) e dos botões de comando (à direita) num tear Sulzer.

- Medir com uma fita métrica o número de fios de trama/10 cm de modo a obter as passagens/cm, confirmar com o especificado na folha de produção e registrar o valor;

<sup>7</sup> Este cursor serve para dar informação ao sistema de produção que a máquina encontra-se parada. Sempre que a máquina é interrompida por algum motivo é importante que este cursor permaneça ligado

- f) Desligar o botão de emergência e ligar o analisador de energia portátil à alimentação da máquina;



Figura 3.25 - Demonstração da ligação do analisador num tear Dormier

- g) Ligar seguidamente o botão de emergência e com a máquina parada registar o número de metros de tecido produzidos até ao momento;
- h) Em simultâneo colocar o analisador em modo de análise do consumo de energia, pressionar o botão “reset”, iniciar o cronómetro e arrancar a máquina com auxílio da alavanca de embraiagem<sup>8</sup>;
- i) No final da medição retirar o valor do consumo em kWh do analisador e o número de metros produzidos ao longo da medição e registar o tempo total da medição;



Figura 3.26 - Demonstração da ligação do analisador num tear Sulzer

### 3.3. Impregnação pela Zell

A máquina de impregnação de tela Zell é constituída por 7 estufas, 3 grupos tractor, 2 tinas com solução e 2 acumuladores. Devido às grandes dimensões das estufas, a máquina

<sup>8</sup> Alguma dúvida, para arrancar o tear, pedir auxílio a um operador.

divide-se em 7 pisos. O artigo em “verde” passa pelo primeiro grupo tractor, pelo acumulador de entrada e pela primeira tina com solução de ativação.

A solução contida na primeira tina, permite a ativação do tecido em “verde”. A tela entra na primeira estufa e na saída da quarta estufa passa pelo segundo grupo tractor e pela segunda tina que contém a solução de impregnação. Em seguida, entra na quinta estufa percorrendo até à sétima e última estufa.

Na saída a tela passa no último grupo tractor e pelo acumulador de saída. Os acumuladores permitem que esta máquina trabalhe em contínuo. As estufas da máquina Zell operam a uma temperatura entre 150 °C e 250 °C. Desta máquina também faz parte a torre de arrefecimento que permite o esfriamento dos cilindros que fazem o deslocamento da tela ao longo da máquina. O funcionamento deste equipamento demonstra consumos de EE (pela Zell (equipamentos que a constituem e grupos tratores), Torre de Arrefecimento e Iluminação) e de GN para manter as condições necessárias nas estufas.



Figura 3.27 - Demonstração da entrada do artigo em “verde” na máquina Zell

#### CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

Antes de iniciar a medição deve ser assegurado que a máquina se encontra devidamente regulada em função dos parâmetros produtivos e a produção nestas condições se mantém durante todo o período da medição de um determinado artigo. Deve ser anotada a referência do artigo em análise e proceder à medição pela seguinte ordem:

- a) Registrar o dia e a hora; referência do artigo e velocidade especificado na folha de produção;
- b) Registrar o valor atual do consumo de gás em m<sup>3</sup> no medidor de gás (Piso 5 da máquina) e iniciar a contagem de tempo num cronómetro;
- c) Registrar valores atuais de energia (em kWh) no analisador de quadro referente à torre de arrefecimento e à Zell (QGBT PT3);
- d) Registrar valores percentuais de regulação de RC; RB; EX; T das estufas em funcionamento no posto de controlo e comando da Zell;
- e) Registrar temperatura e humidade no ponto conforme Figura 3.28 (Piso 2 da máquina) e verificar o fator de conversão do gás no PRM;



Figura 3.28 - Local do registo de temperatura e humidade no Piso 2 da Zell

- f) Ao fim de pelo menos 30 minutos proceder aos passos b),c).
- g) Retirar valores do número de metros e do peso líquido do último rolo produzido do artigo em análise.

### 3.4. Impregnação pela Single End

A impregnação de corda é efetuada por 2 máquinas que funcionam em conjunto, bobinadeira Sahm e máquina de impregnar Single End. A primeira, permite o desenrolamento das bobinas com o artigo em “verde” e o posterior enrolamento do cabo impregnado. A segunda é responsável pelo processo de impregnação.

A máquina de impregnar é constituída por 4 estufas, sobrepostas umas nas outras, pelas tinas que contêm a solução de impregnação e pelos grupos trator. Estes, têm a função de dar uma ligeira deformação por alongamento ou encolhimento à corda para que obtenha características específicas, essenciais ao bom funcionamento do pneu. A corda em “verde” passa por um primeiro grupo trator antes de ser mergulhada numa primeira tina de solução. Segue então para o segundo grupo trator e entra na primeira estufa. Segue depois para a segunda estufa e entra na segunda tina de solução, para depois entrar nas estufas 3 e 4. O funcionamento deste equipamento demonstra consumos de EE (pela Single End (equipamentos que a constituem e grupos tratores), bobinadeira auxiliar Sahm e Iluminação) e de GN para manter as condições necessárias nas estufas.



Figura 3.29 - Demonstração da máquina de impregnar SE (à direita) e Sahm (à esquerda)

### 3.4.1. Critérios de medição

As medições foram efetuadas tendo em consideração os ciclos de produção dos artigos que atualmente passam por esta máquina e o gráfico da velocidade real devolvido pela máquina, uma vez que o consumo de EE é proporcional à velocidade da máquina.

Com um cronómetro ligado desde o início da medição e com ajuda do operador da máquina, foram retiradas leituras pontuais de Energia (kWh) referentes à Salm e SE (pelos analisadores contidos no QGBT do PT4) e do consumo de gás pelo medidor de gás contido na máquina.



Figura 3.30 - Medidor de gás Activar referente ao consumo pela SE



Figura 3.31 - Vista do PRM da empresa



Figura 3.32 - Local do registo de temperatura e humidade junto à Single End

Em cada uma das leituras foram registadas também as temperaturas das estufas e número de cordas no monitor de controlo da SE, o fator de conversão de gás no PRM e os valores de temperatura e humidade junto à máquina (pelo térmohidrómetro).

O cronómetro é fundamental para a posterior decomposição dos consumos, pelos período do gráfico retornado pela máquina.

### 3.4.2. Ciclos de produção

O Artigo “U”<sup>9</sup> é uma corda sintética derivada da junção de fio de Nylon e aramida, é caracterizado por um ciclo de produção de 21 000 m de corda (por jogo). Existe um primeiro tempo de paragem da máquina correspondente a cerca de 50 mín para a colocação das bobinas em “verde” (período 1/Figura 3.33), um primeiro arranque da máquina de cerca de 10 minutos para enfiamento da máquina e passagem dos nós (período 2/Figura 3.33) e uma produção contínua de cerca de 3h (período 3/Figura 3.33), retomando de novo ao ciclo de paragem inicial.

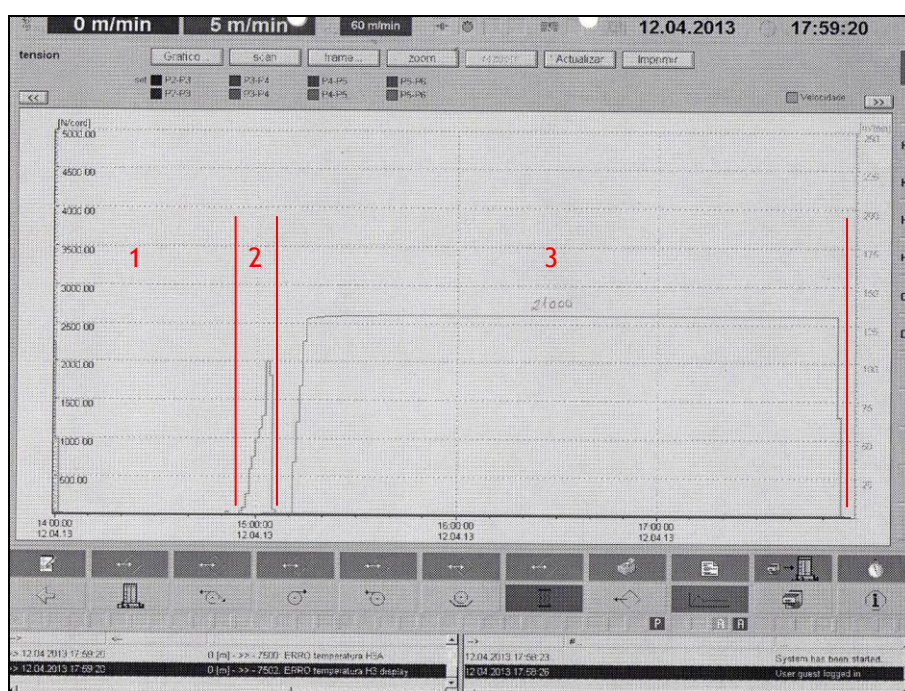


Figura 3.33 - Ciclo produtivo de um jogo do Artigo “U”

O Artigo “T”<sup>9</sup> diz respeito a corda de Nylon, e é caracterizado por um ciclo produtivo de 80 000 m (por jogo) com pequenas interrupções, decomposto por uma paragem inicial para a colocação das bobinas em “verde”, menos demoroso que o artigo anterior devido à composição da corda (período 1/Figura 3.34). Seguidamente, a máquina entra em produção (período 2/Figura 3.34) de 40 000 m sem interrupções até se chegar ao (período 3/Figura

<sup>9</sup> Ver na Tabela 5.1 a correspondência do artigo

## 63 Levantamento de consumos específicos

3.34), correspondente à paragem da máquina para a limpeza do pente e do filtro e seguidamente o ciclo termina pela produção de mais 40 000 m através do (período 4/Figura 3.34), retornando ao início do ciclo.

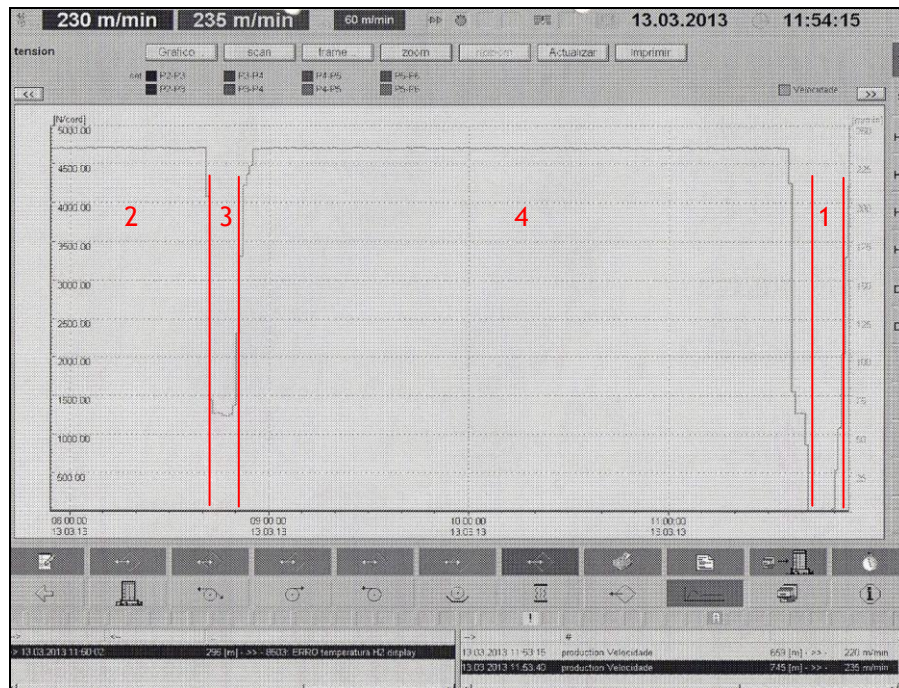


Figura 3.34 - Ciclo produtivo de um jogo do artigo "T"





### 4.1.1. Estrutura do ficheiro

O documento é constituído por separadores com considerações gerais, folhas de cálculo para o tratamento individual dos valores recolhidos, que caracterizam as parcelas de consumo em cada equipamento. Os restantes separadores, destinam-se à exposição dos resultados e análises efetuadas, que serão abordadas no Capítulo 5.

#### SEPARADORES REFERENTES AOS ASPETOS GERAIS:

- CUSTO\_ANUAL - Constitui uma base de dados com valores gerais do custo anual médio de EE e GN (em €/kWh), valores de conversão para o ar comprimido (CEE) e para GN (PCS).
- ILMUM\_&\_CLIM - Refere-se á estimação das potências para as parcelas de consumo “iluminação” e “climatização” a afetar a cada equipamento como definido nos pontos 4.1 e 4.3.
- dTex - Refere-se a uma tabela com valores de dtex medidos em laboratório para cada artigo analisado.

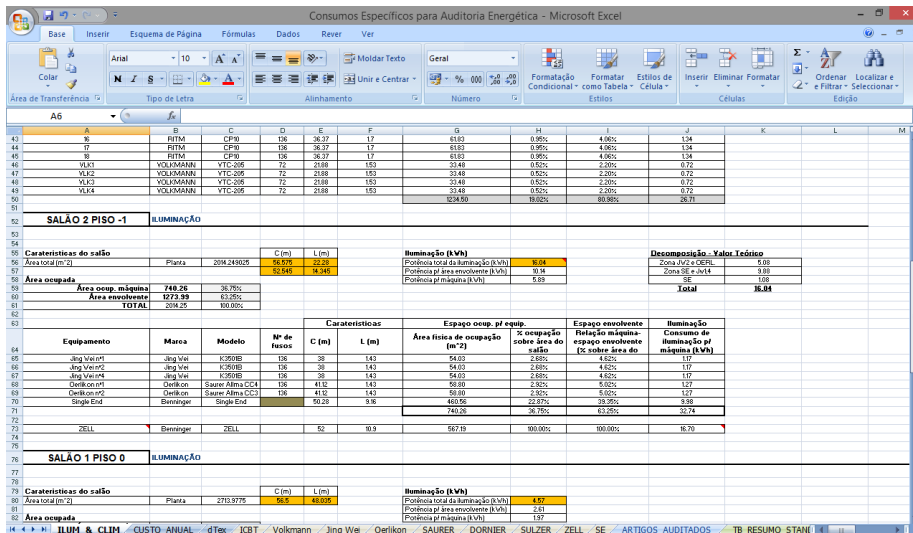


Figura 4.2 -Vista do separador "ILUM\_&\_CLIM" da folha de cálculo

#### SEPARADORES REFERENTES AO TRATAMENTO INDIVIDUAL DOS CONSUMOS EM CADA EQUIPAMENTO:

- ICBT/RITM/TFO
- Volkmann
- SAURER
- JING WEI
- OERLIKON
- DORNIER
- SULZER
- ZELL
- SE

Nestes separadores as cores das colunas dizem respeito a:

- Valores introduzidos
- Valores devolvidos/calculados
- Valores calculados em kW

Valores em kWh/kg

#### RESTANTES SEPARADORES

O separador “TB\_RESUMO”, é uma tabela de todos os consumos específicos ao longo do processo produtivo por tipo de artigo produzido. Consumos estes, fruto de médias ponderadas dos valores tratados individualmente em cada medição nas folhas dos equipamentos que constituem o processo produtivo. Os restantes separadores dizem respeito a gráfico e às análises estatísticas.

### 4.1.2. Pressupostos

Como referência foram considerados os seguintes custos médios de EE e GN, facultados pela C-ITA:

EE=0,0870 €/kWh

Gás=0,0387 €/kWh

Os fatores de conversão considerados, foram:

PCS=11,836(kWh/m<sup>3</sup>)<sup>10</sup>

CEE=0,1260(kWh/Nm<sup>3</sup>)<sup>11</sup>

Todos os valores recolhidos referentes aos consumos de GN, nas máquinas Single End e Zell, foram atualizados em função do fator de conversão ( $f_c$ ), medido em cada medição no PRM, e depois convertidos para kWh através do PCS.

### 4.1.3. Metodologia de cálculo

Para ser possível manipular os dados recolhidos no terreno em cada medição foi necessário deduzir expressões que traduzem as parcelas dos consumos energéticos do artigo em análise em cada equipamento. Estas expressões foram utilizadas para cada medição de acordo com os aspetos físicos do equipamento e de acordo com a produção verificada para o artigo em análise, estando assim interligadas com as considerações abordadas no Capítulo 3 para a realização do levantamento dos consumos em cada equipamento.

Seguidamente, serão demonstradas as expressões utilizadas em cada medição para se caracterizar as parcelas de consumo em cada equipamento do processo produtivo.

#### NA TORCEDURA

#### **TORCEDORES ICBT; RITM; VOLKMANN; JING WEI; OERLIKON**

Como os critérios de medição adotados para estes torcedores são os mesmos, demonstra-se as parcelas que decompõem os gastos globais nos torcedores respeitando a Tabela 3.3, seguidamente:

---

<sup>10</sup> Valor registado no ponto de entrega (PRM) de GN segundo a REN.

<sup>11</sup> Valor registado pela Auditene em 2012 (sendo este responsável pela conversão de ar comprimido em consumo elétrico).

$$\text{Ar comprimido} = \frac{\left(\frac{L}{\text{min.}}\right)_{\text{medido}} \times 60}{1000} \times \text{CEE} = [\text{kW}] \quad (4.1)$$

Pela equação (4.1), o valor instantâneo medido no caudalímetro  $(l/\text{min.})_{\text{medido}}$ , referente ao consumo de ar comprimido em  $(l/\text{min.})$  é dividido por 1000, de modo, a termos o consumo em  $\text{Nm}^3$ , multiplicando depois por 60 para se obter o consumo em  $(\text{Nm}^3/\text{h})$ . E terminando com a conversão do valor anterior para kW, é efetuada pelo CEE, obtemos o valor da parcela de “ar comprimido” em kW.

$$\text{Ventilação} = P_n \times \left(\frac{n_1}{n_n}\right)^3 = P_1 [\text{kW}] \quad (4.2)$$

Como os ventiladores acoplados a alguns torcedores são cargas quadráticas, a expressão (4.2) permite obter o valor teórico da potência gasta pelos ventiladores de exaustão acoplados ao torcedor. Sendo  $P_n$  a potência nominal<sup>12</sup> e  $n_n$  a frequência de rotação nominal<sup>3</sup>. Ao ser introduzido a frequência de rotação dos ventiladores verificada na medição ( $n_1$ ), obtemos a potência referente à parcela “ventilação” em kW.

$$\text{Máquina} = \frac{(P_{\text{medida}} - P_1)}{\text{Fusos}_{\text{trabalhar}}} \times \text{Total}_{\text{fusos}} = [\text{kW}] \quad (4.3)$$

A parcela “máquina” é obtida retirando o valor  $P_1$ , obtido pela expressão ao valor instantâneo da potência medida pelo analisador de energia no torcedor. O valor obtido anteriormente é extrapolado de acordo com o número de fusos em funcionamento registrado na medição ( $\text{Fusos}_{\text{trabalhar}}$ ) para o número total de fusos do equipamento ( $\text{Total}_{\text{fusos}}$ ), obtendo-se assim a parcela “máquina” em kW.

$$\text{Iluminação} = [\text{kW}]_{\text{estimado (equip. em análise)}} \quad (4.4)$$

$$\text{Climatização} = [\text{kW}]_{\text{estimado (artigo em análise)}} \quad (4.5)$$

A parcela “iluminação” depende da área de ocupação do torcedor que estamos a analisar conforme descrito no ponto 4.2 e a “climatização” é função do artigo em análise na medição, segundo o ponto 4.3. Ambos os valores são expressos em kW.

<sup>12</sup> Considerando as características expressas na Tabela 3.2.

Todos os valores que caracterizam as parcelas de consumo são manipulados para a potência em kW, como foi demonstrado anteriormente. Estes valores são depois traduzidos para a unidade específica kWh/kg, através da divisão pela produção verificada na medição para o artigo em análise, segundo expressão (4.6). O número total de fusos ( $Total_{fusos}$ ) do torcedor respeita a Tabela 3.1 e os valores da ( $Vel_{rpm}$ ) e ( $Torção_{tpm}$ ) dizem respeito aos valores de regulação da máquina na medição.

$$\left[ \frac{kg}{h} \right] = \frac{Vel_{rpm} \times dtex \times 60 \times Total_{fusos}}{Torção_{tpm} \times 10000 \times 1000} \quad (4.6)$$

#### TORCEDORES SAURER ALLMA

Os torcedores Saurer Allma, demonstram apenas consumos elétricos pelas parcelas “máquina” e “iluminação”.

$$Máquina = \frac{\left( \frac{E_{medida}}{h} \right)_{medição}}{Fusos_{trabalhar}} \times Total_{fusos} = [kW] \quad (4.7)$$

O valor representativo da parcela “máquina” é obtida pela potência verificada na medição do consumo de 2 a 3 ciclos do enrolamento da bobina final durante um determinado tempo ( $(E_{medida}/h)_{medição}$ ). Sendo extrapolado o valor anterior de acordo com o número de fusos em funcionamento registado na medição ( $Fusos_{trabalhar}$ ) para o número total de fusos do equipamento ( $Total_{fusos}$ ), obtendo-se assim a parcela “máquina” em kW.

$$Iluminação = [kW]_{estimado(equip. em análise)} \quad (4.8)$$

A parcela “iluminação” é expressa em kW, depende da área de ocupação do torcedor que estamos a analisar conforme ponto 4.2.

A tradução em unidade específica das parcelas que traduzem o consumo global de um torcedor Saurer Allma é efetuada pela expressão (4.6), diferindo dos restantes torcedores pela utilização do valor da  $Vel_{r.p.m.}$  medida no torcedor com estroboscópio.

#### NA TECELAGEM

Na tecelagem, a conversão das parcelas de consumo para a unidade específica foi realizada segundo a expressão (4.9), que define a produção horária de acordo com aspetos do tecido e do tear em análise.

$$\left[ \frac{kg}{h} \right] = \frac{\left( \frac{Vel_{bpm} \times 60}{P/cm \times 100} \right) \times dtex \times 60 \times nr\ cordas_{(no\ tecido)}}{10000 \times 1000} \quad (4.9)$$

Sendo:

$Vel_{bpm}$  - Velocidade de funcionamento do tear.

$P/cm$  - número de fios da trama em cada 10cm de tecido.

$nr\ cordas$  (no tecido) - número de cordas que constituem.

$dtex$  - decitex do fio/corda utilizado na teia, em gr/10000m.

### TEAR SULZER

$$Máquina = \left( \frac{E_{medida}}{h} \right)_{medição} = [kW] \quad (4.10)$$

A parcela de consumo “máquina” foi obtida através da divisão do consumo de energia elétrica pelo período da medição, obtendo-se pela expressão 4.14 o valor em kW.

$$Iluminação = [kW]_{estimado(equip. em análise)} \quad (4.11)$$

A parcela “ iluminação” expressa em kW, depende da área de ocupação do tear que estamos a analisar conforme “4.1”.

### TEAR DORNIER

$$Arcomprimido = \frac{\left( \left( \frac{Nm^3}{h} \right)_{tear\_parado} \times (1 - \eta_{produtivo}) \right) + \left( \left( \frac{Nm^3}{h} \right)_{tear\_funcionamento} \times \eta_{produtivo} \right)}{1000} \times CEE = [kW] \quad (4.12)$$

O tear Dornier tem a particularidade de consumir ar comprimido para o funcionamento do motor de trama do equipamento. Como existem dois consumos de ar comprimido (em funcionamento e em paragem), o valor instantâneo medido em (Nm<sup>3</sup>/h), no caso do tear estar parado é multiplicado pelo valor referente a não produção. Pela mesma analogia, o valor de consumo em funcionamento, em (Nm<sup>3</sup>/h) é considerado para o período de rendimento da máquina. O valor final obtido para a parcela “ar comprimido” é convertido para kW através do fator de conversão CEE.

$$Máquina = \left( \frac{E_{medida}}{h} \right)_{medição} = [kW] \quad (4.13)$$

A parcela de consumo “máquina” foi obtida através da divisão do consumo de energia elétrica pelo período da medição, obtendo-se pela expressão (4.13), o valor em kW.

$$Iluminação = [kW]_{estimado(equip. em análise)} \quad (4.14)$$

A parcela “ iluminação” expressa em kW, depende da área de ocupação do tear que estamos a analisar conforme ponto 4.2.

IMPREGNAÇÃO PELA ZELL

Para ser possível converter os consumos para a unidade específica foi calculada a produção em cada medição, considerando o peso líquido ( $Peso_{líquido}$ ) e a metragem do tecido impregnado ( $Metragem_{tecido\_imp}$ ), de um rolo do artigo em análise.

$$\left[ \frac{kg}{h} \right] = \left( \frac{Peso_{líquido}}{Metragem_{tecido\_imp}} \right)_{p/rolo} \times Vel_{m/min.} \times 60 \quad (4.15)$$

Neste equipamento, a caracterização das parcelas de consumo em kW foi:

$$Torre = \left( \frac{E_{medida}}{h} \right)_{medição} = [kW] \quad (4.16)$$

$$Zell = \left( \frac{E_{medida}}{h} \right)_{medição} = [kW] \quad (4.17)$$

Para as parcelas “Torre” e “Zell” os valores em kW, foram obtidos dividindo o consumo de energia elétrica obtido nos analisadores de energia pelo período de medição.

$$Iluminação = [kW]_{estimado(equip. em análise)} \quad (4.18)$$

A parcela “iluminação” exprime o valor obtido para a máquina de impregnar Zell, conforme ponto 4.2., em kW.

$$Gás = \left( \frac{m^3}{min.} \right)_{medição} \times 60 \times f_c \times PCS = [kW] \quad (4.19)$$

A parcela “Gás” traduz o consumo de GN na máquina de impregnar Zell. O consumo em  $m^3$  verificado durante o período da medição é dividido pelo tempo de medição em minutos. O valor obtido é extrapolado para se obter o consumo por hora, através da multiplicação por 60. Por fim, é atualizado pelo fator de conversão ( $f_c$ ) registado no PRM e convertido para kW através do PCS.

IMPREGNAÇÃO PELA SINGLE END

A conversão das parcelas de consumo para a unidade específica foi efetuada considerando um ciclo de produção completo, sendo a  $Metragem_{total\_ciclo} = 21000$  m (Artigo “U”) e 80000 m (Artigo “T”).

$$\left[ \frac{kg}{h} \right] = \frac{\left( Metragem_{total\_ciclo} \times n^{\circ} cordas \times \left( \frac{dtex_{corda\_imp}}{10000} \right) \right)}{\left( \frac{h_{ciclo}}{60} \right)} \times 1000 \quad (4.20)$$

Neste equipamento a formulação utilizada para caracterizar as diferentes parcelas de consumo foi a seguinte:

$$SE = \left( \frac{E_{medida}}{h} \right)_{ciclo} = [kW] \quad (4.21)$$

$$Sahm = \left( \frac{E_{medida}}{h} \right)_{ciclo} = [kW] \quad (4.22)$$

Para as parcelas “SE” e “Sahm” os valores em kW, foram obtidos dividindo o consumo de energia elétrica obtido nos analisadores de energia para um ciclo produtivo completo do produto em análise.

$$Iluminação = [kW]_{estimado (equip. em análise)} \quad (4.23)$$

A parcela “iluminação” exprime o valor obtido para a máquina de impregnar Single End, conforme ponto 4.2., em kW.

$$Gás = \left( \frac{m^3}{min.} \right)_{ciclo} \times 60 \times f_c \times PCS = [kW] \quad (4.24)$$

A parcela “Gás” traduz o consumo de GN na máquina de impregnar Single End. O consumo em m<sup>3</sup> verificado durante o ciclo de produção do artigo é dividido pelo tempo do ciclo em minutos. O valor obtido é extrapolado para se obter o consumo por hora, através da multiplicação por 60. Por fim, é atualizado pelo fator de conversão (f<sub>c</sub>) registado no PRM e convertido para kW através do PCS.

## 4.2. Iluminação dos salões

A iluminação industrial é efetuada por luminárias distribuídas em cada salão. Foi necessário repartir o consumo total da iluminação em cada salão, pelos equipamentos aí instalados. Conseguindo-se assim, afetar ao artigo que estamos a medir no equipamento por uma parcela de consumo elétrico referente à iluminação.

$$Ocupação_{equipamento} (\%) = \frac{Área_{ocupação\_equipamento} (m^2)}{Área_{espaço\_envolvente (total)} (m^2)} \quad (4.25)$$

$$Relação_{equip./esp. envolv.} (\%) = \frac{Área_{envolvente} (m^2) \times Ocupação_{equipamento}}{Área_{ocupação\_equipamento} (m^2)} \quad (4.26)$$

$$P_{ilum./equip.} (kW) = P_{total\_média (salão)} (kW) \times (Ocupação_{equipamento} + Relação_{equip./esp. envolv.}) \quad (4.27)$$

Esta estimativa foi realizada em função da área ocupada por cada equipamento, segundo a equação (4.25) e distribuindo a área envolvente (não ocupada por equipamentos) de forma proporcional, através da equação (4.26). Foram estimadas potências (em kW), para a parcela “iluminação”, a afetar a cada equipamento segundo a equação (4.27).

Foram considerados para esta estimativa os consumos médios da iluminação registados em 2012 para cada salão e as áreas de cada equipamento nas plantas em AutoCAD disponibilizadas pela empresa.

Os valores históricos de 2012 foram confirmados através de leituras diárias nos analisadores de energia que medem o consumo da iluminação em cada salão. No seguimento deste procedimento, foi verificado que no Salão 2 Piso 0 os circuitos de iluminação não se encontravam devidamente ligados e os sensores crepusculares que comandam as luminárias próximas às janelas do salão, estavam desregulados.

A explicação para a indevida configuração deve-se à intervenção feita pela EDP em 2011, para efetuar a substituição das lâmpadas de descarga de alta pressão pelas atuais lâmpadas fluorescentes T5 com balastos eletrónicos. Com apoio da empresa de manutenção COFELY, foram reconfiguradas as ligações da iluminação deste salão e procedeu-se à regulação dos sensores crepusculares.

Seguidamente, são representadas as potências estimadas para cada um dos equipamentos e as suas influências na repartição do consumo de iluminação de cada salão.

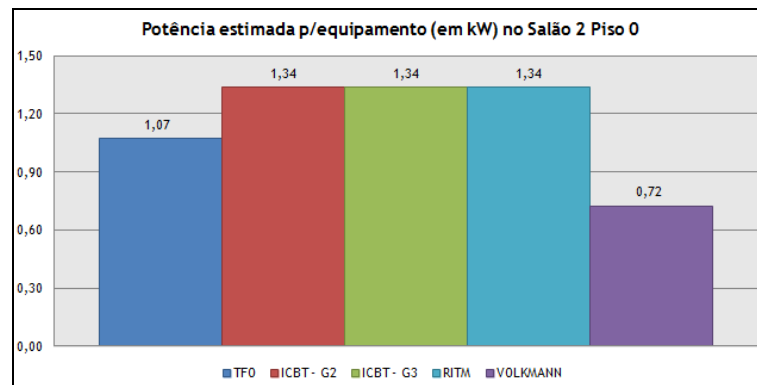


Figura 4.3 - Potência estimada p/ equipamento (em kW), no S2 P0

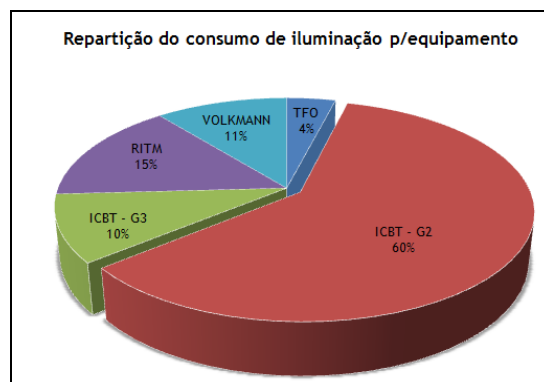


Figura 4.4 - Repartição do consumo p/equipamento (em %), no S2 P0

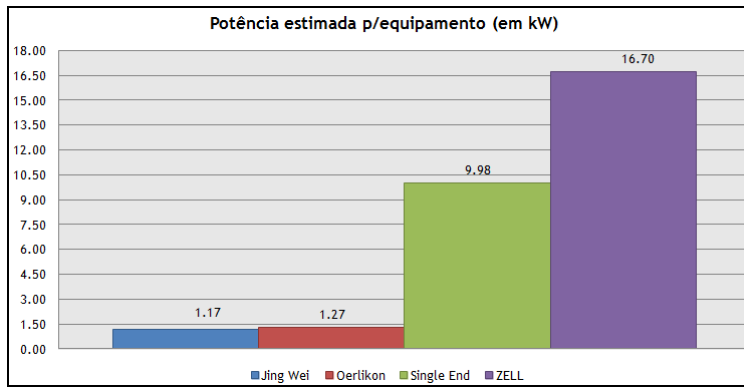


Figura 4.5 - Potência estimada p/ equipamento (em kW), no S2 P-1

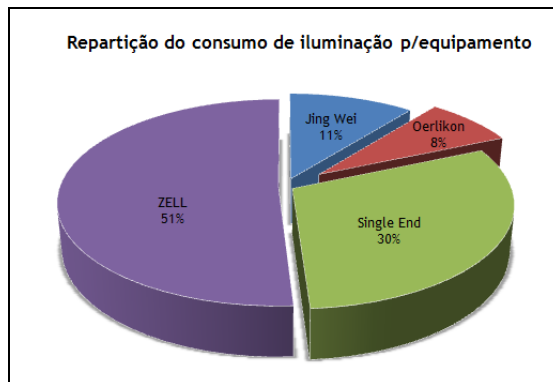


Figura 4.6 - Repartição do consumo p/equipamento (em %), no S2 P-1

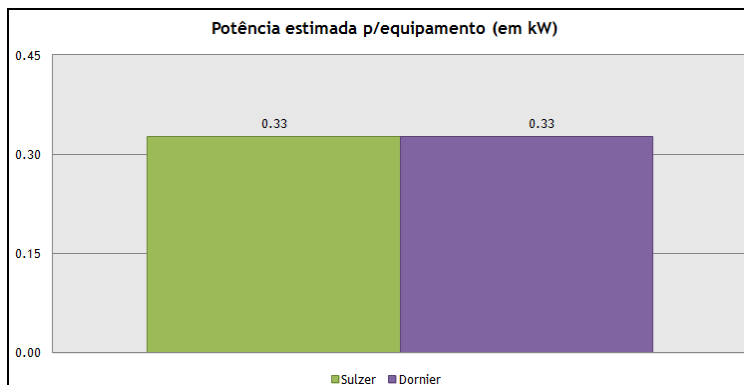


Figura 4.7 - Potência estimada p/ equipamento (em kW), no S1 P0

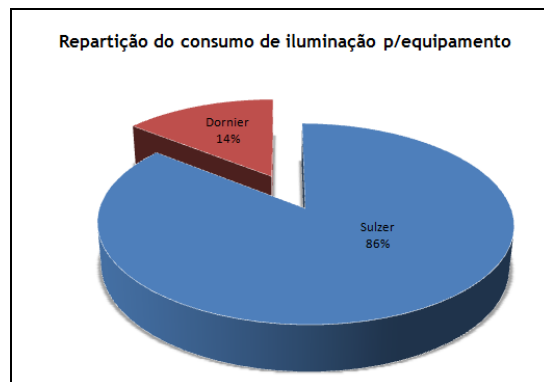


Figura 4.8 - Repartição do consumo p/equipamento (em %), no S1 P0

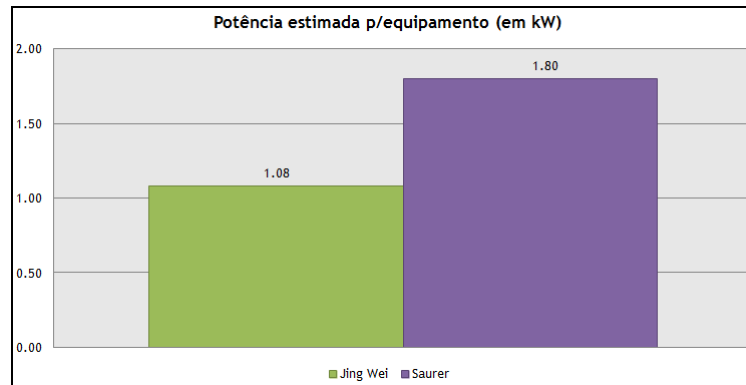


Figura 4.9 - Potência estimada p/ equipamento (em kW), no S1 P-1

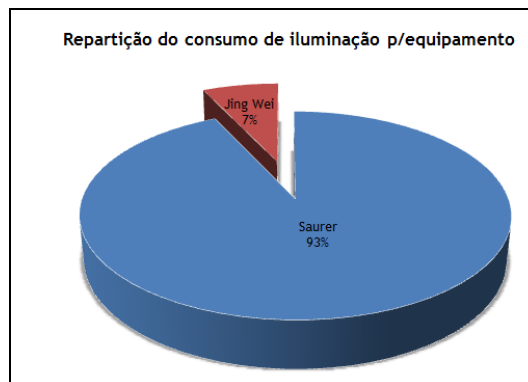


Figura 4.10 - Repartição do consumo p/equipamento (em %), no S1 P-1

### 4.3. Climatização no Salão 2 Piso 0

O Salão 2 do Piso 0, contém um sistema de climatização, constituído por quatro centrais de climatização que melhoram as condições dos 4 setores em que se divide o salão. Atualmente, estas centrais estão em funcionamento manual, impossibilitando a realização de análises conclusivas da influência da temperatura no desempenho dos equipamentos aqui instalados, por não existir uma regulação escalonada da velocidade dos ventiladores das centrais.

De referir que este salão, apresenta as temperaturas ambientes mais elevadas da empresa, fruto da inércia térmica produzida pelos equipamentos e pela temperatura exterior que influencia a temperatura do salão.

Este salão incorpora como já referido no ponto 1.4.2, todos os torcedores ICBT; RITM; TFO e Volkmann.

Para ser possível caracterizar a parcela de consumo proveniente da “climatização”, foram considerados os valores dos consumos de energia elétrica das centrais no ano 2012 e os valores médios da potência nos torcedores para diferentes artigos (registados durante a realização deste trabalho).

A equação (4.28), demonstra o valor da potência média consumida pelas 4 centrais, considerando para isso um caso de funcionamento permanente das centrais durante 26 dias por mês (caso desfavorável para o cálculo).

$$P_{total\ média\ (S2\ P0)} = \frac{1216054.8015\ kWh\ (ano\ 2012)}{12\ meses \times 26\ dias \times 24\ horas} = 162,40\ kW \quad (4.28)$$

$$P_{\text{média/ equip.}} = \frac{162,40 \text{ kW}}{18 (ICBT + RITM) + 1(TFO) + 4 (Volkman)} = 7,38 \text{ kW} \quad (4.29)$$

A equação (4.29), demonstra a potência média ponderada em função do número de equipamentos no salão.

Os artigos caracterizados por um valor de decitex inferior, são mais propícios ao aumento do consumo global de um torcedor. O artigo com estrutura (1440x1x2), apresenta maior influência no consumo global dos torcedores. Para artigos com esta estrutura a potência estimada para a “climatização”, é igual ao valor médio, representado na equação (4.29) e para os outros artigos foram estimadas potências de forma proporcional aos valores médios medidos do consumo dos artigos nos torcedores.

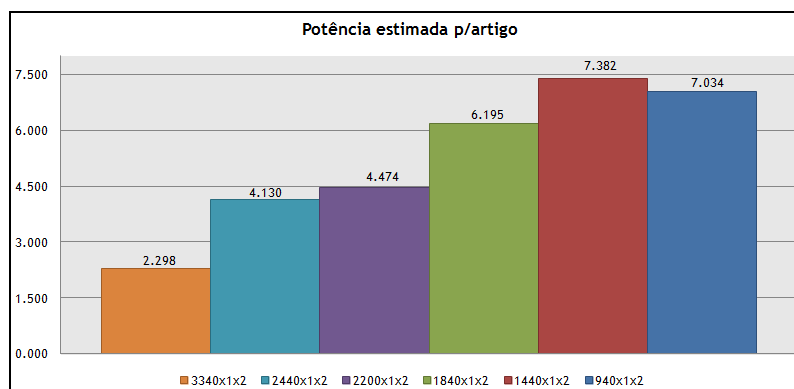


Figura 4.11 - Potência estimada p/ artigo (em kW) no S2 P0

Os valores expressos na Figura 4.11, foram utilizados em cada medição para exprimir a parcela “Climatização”, de acordo com a estrutura final do artigo em análise. Verifica-se que artigos com decitex inferiores são mais penalizados, uma vez que, os torcedores demonstram maior consumo para realizar a torção destes artigos face a artigos com maior decitex.

## Capítulo 5

### Tratamento de dados e análise de resultados

Com os dados levantados e tratados no ficheiro Excel foi estimado um consumo médio mensal de EE em cerca de 2 360 079 kWh/mês e de Gás em 2 794 764 kWh/mês, significando custos mensais em EE na ordem dos 252 552€ e de Gás em 108 157 €, para o fabrico de tela e corda para pneu. Os valores consideram o funcionamento anual de todos os equipamentos empregues no processo produtivo, e exclui consumos provenientes dos espaços de escritórios e oficinas, zonas comuns (balneários e cantina) e consumos relativos ao fabrico de tecido sintético pelos teares circulares e Râmula.

Estes valores são obtidos pelos dados médios de consumo obtidos para o funcionamento dos diversos artigos em cada equipamento do processo produtivo, dizendo respeito a uma amostragem relativa a todos os valores levantados no período da realização deste trabalho, não correspondendo a uma realidade absoluta, uma vez que o consumo de recursos energéticos varia em função dos artigos a produzir e da época do ano.

Comparando os valores estimados com os valores reais de faturação de energia elétrica e gás natural do mês de Julho de 2013<sup>13</sup>, pode ser verificado que o consumo no mês de Julho para a EE foi de 286 206 € e para o Gás de 109 841 €, sendo deste modo o fabrico de tela e corda de pneus responsável por aproximadamente 88,3% da faturação de EE e 98,5% de Gás.

---

<sup>13</sup> As faturas estão contidas nos Anexo B e Anexo C.

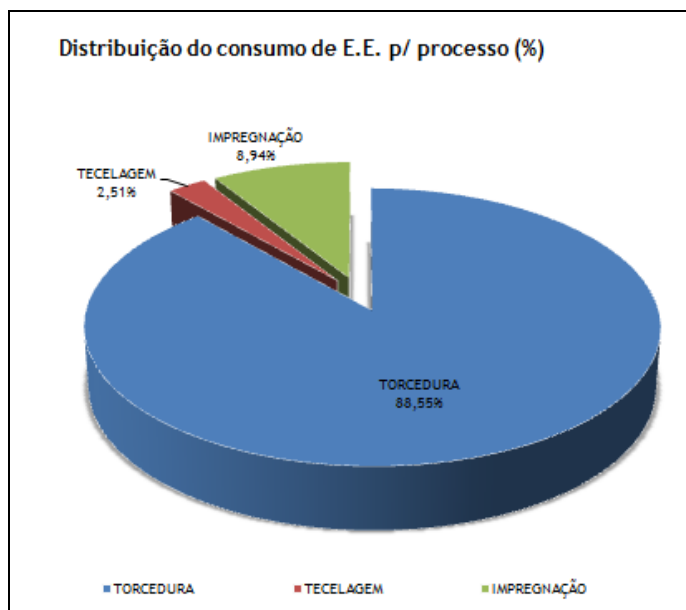


Figura 5.1 - Distribuição do consumo de EE / processo produtivo

Atualmente, o fabrico de tela e corda para pneu é caracterizado por um consumo de EE bastante significativo na torcedura, cerca de 88,55 %, sendo o processo onde existe mais possibilidades de otimização e racionalização de EE. Por análise da Figura 5.1, pode ser verificado que a tecelagem representa a parcela menos expressiva, correspondente a 2,51 % e a impregnação pelas máquinas Single End e Zell o valor de 8,94 % do consumo de EE.

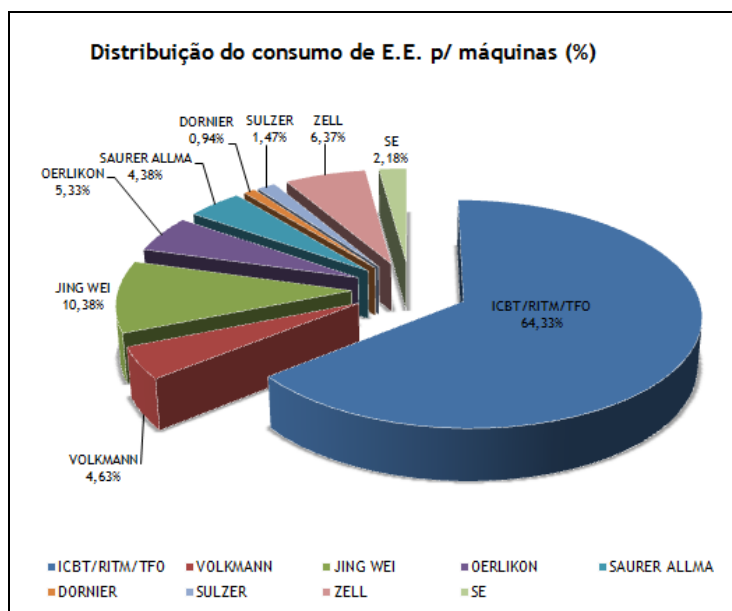


Figura 5.2 - Distribuição do consumo de EE p/ máquinas

Na Figura 5.2 é demonstrado o desagregamento dos consumos de EE por equipamento. Para estas análises, foi considerado o número total de equipamentos empregues no processo produtivo Tabela 1.3, e os seguintes valores médios medidos para as potências dos equipamentos:

### TORCEDURA

- ICBT/RITM/TFO - 117,14 kW (Máquina+Ventilação+Climatização+Ilum.+ Ar Comp.)
- VOLKMANN - 37,93 kW (Máquina+Climatização+Ilum.+ Ar Comp.)
- JING WEI - 85,10 kW (Máquina+Ventilação+Ilum.+ Ar Comp.)
- OERLIKON - 87,33 kW (Máquina+Ventilação+Ilum.+ Ar Comp.)
- SAURER ALLMA - 17,96 kW (Máquina+Ilum.)

### TECELAGEM

- DORNIER - 15,33 kW (Iluminação:0,33kW,Máquina:7,36 kW,Ar Comp:7,64 kW)
- SULZER - 4,00 kW (Máquina+Ilum.)

### IMPREGNAÇÃO

- ZELL - 208,84 kW (Zell+Torre+Ilum.)
- SE - 71,32 kW (Single End+Sahm+Ilum.)

Pela Figura 5.2, pode ser verificado que os 18 torcedores ICBT/RITM/TFO, localizados no Salão 2 Piso 0 representam cerca de 64,33% do consumo total, sendo responsáveis pela maior parte do consumo de EE.

No momento da realização deste trabalho, as centrais de climatização não se encontravam automatizadas, sendo o controlo realizado de forma manual. Influenciando o ambiente e por outro lado as condições de extração dos ventiladores de exaustão. Este motivo impossibilitou as análises de forma conclusiva, da influência da temperatura no consumo dos torcedores.

Atualmente, no processo de tecelagem os teares Sulzer são responsáveis por todos os artigos que passam pela tecelagem, excluindo os Artigos “E”, “C” e “B” da Tabela 5.1, que apenas são utilizados nos Dornier. Os dois teares Dornier representam 0,94% do consumo total de EE face aos 1,47% referentes aos 12 teares Sulzer.

Os Dornier demonstram um consumo particular de ar comprimido que consegue superar o consumo do conjunto (Máquina+Iluminação) de um equipamento Sulzer.

Embora os Dornier e Sulzer sejam máquinas distintas, a diferença do consumo em kW deve-se aos regimes de funcionamento das máquinas. Os Dornier trabalham em média com 727 bpm. face a 415 bpm nos Sulzer. Por este fator, a utilização dos Dornier permite aumentar em 75% a produção de tecido em m/h, com o inconveniente de se consumir mais 1% de EE face aos Sulzer, esta percentagem traduz um acréscimo de 0,011 €/kg. Mostrando assim vantagens na utilização dos equipamentos Dornier.

A impregnação como demonstrado na Figura 5.1 representa uma parcela de consumo de 8,94%, decomposta em 6,37% pela impregnação na Zell e 2,18% pela impregnação na SE, segundo Figura 5.2.

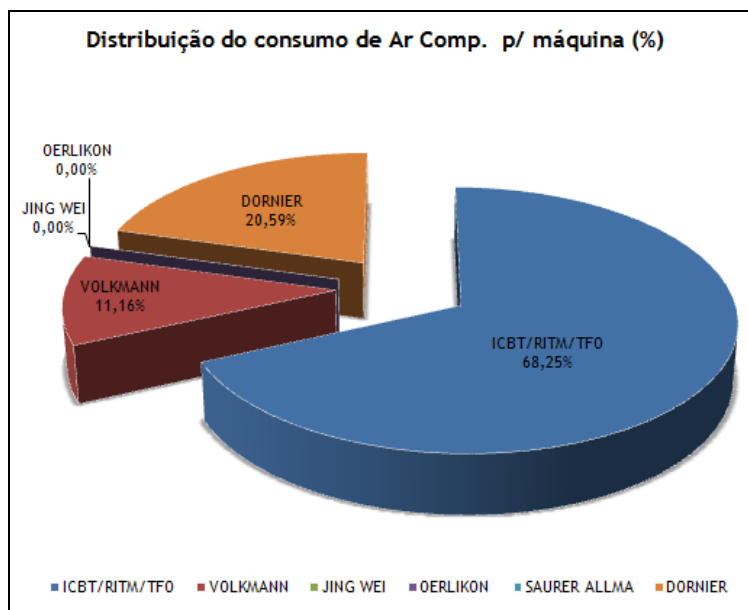


Figura 5.3 - Distribuição do consumo de Ar comprimido p/ máquinas

Pelas elevadas temperaturas do salão, os torcedores ICBT/RITM/TFO demonstram o valor mais significativo do consumo de ar comprimido, representando 68,25% do consumo total, devido ao especificado em 3.1.1. Os torcedores Volkman caracterizam-se por um consumo de 11,16% e os teares Dornier por 20,59%.

Por sua vez, os equipamentos Jing Wei e Oerlikon embora consumam ar comprimido em situações esporádicas de enfiamento de fio e manipulação da esquinadeira pelo operador, não são expressivos.

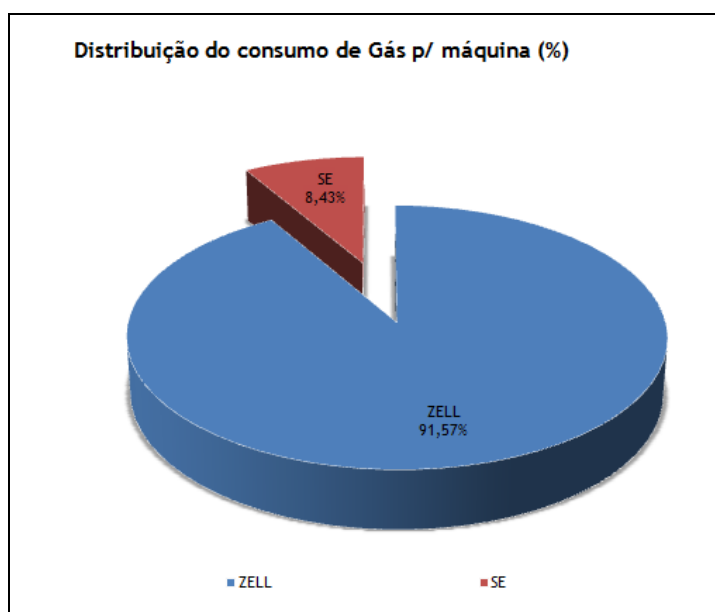


Figura 5.4 - Distribuição do consumo de Gás p/ máquinas

A impregnação de tecido pela máquina Zell representa 91,57% do consumo total de gás natural, sendo a impregnação de corda pela Single End referente a 8,43% do total consumido de gás.

ARTIGOS AUDITADOS:

Durante o período deste trabalho, foi possível proceder ao levantamento e análise dos consumos para os artigos expressos na Tabela 5.1.

**Tabela 5.1 - Designações dos produtos auditados**

Cordfabric impregnado	Nylon	Artigo "P"; Artigo "A"; Artigo "M"; Artigo "N"; Artigo "Q"; Artigo "O"; Artigo "R" ; Artigo "V"
	Rayon	Artigo "J" ; Artigo "K"
	Poliéster	Artigo "B"; Artigo "C"; Artigo "D" ; Artigo "E"; Artigo "F"; Artigo "G"; Artigo "I"; Artigo "H"; Artigo "L"; Artigo "X"
	Aramida	Artigo "S" ; Artigo "Z"
Corda impregnada	Nylon	Artigo "T"
	Híbrido	Artigo "U"

Sendo os artigos mais produzidos atualmente pela empresa (Auditene,2012):

- Artigo "P"
- Artigo "C"
- Artigo "B"
- Artigo "T"

Seguidamente, demonstram-se os consumos totais obtidos para a caracterização dos diferentes artigos fabricados pela C-ITA. Nos fluxogramas expressa-se as diferentes parcelas de consumo e equipamentos em cada fase do processo produtivo, para cada artigo. Também serão abordadas algumas análises pontuais relevantes.

## 5.1. Artigos “Cordfabric impregnado” pela Zell

### 5.1.1. Artigo “A” (940/1/2)

Atualmente, este artigo é torcido pelos ICBT a uma velocidade de 10000 rpm. Os valores de consumo obtidos para a tecelagem consideram um funcionamento a 445 bpm dos teares Sulzer. No final do fluxograma, podemos verificar que a produção deste artigo requer um consumo global em 2,617(EE) + 2,490 (Gás) de kWh/kg produzido.

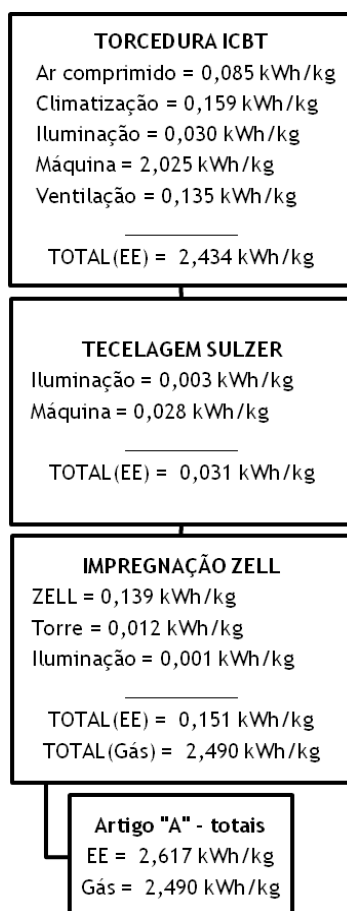


Figura 5.5 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “A”, ao longo do processo produtivo

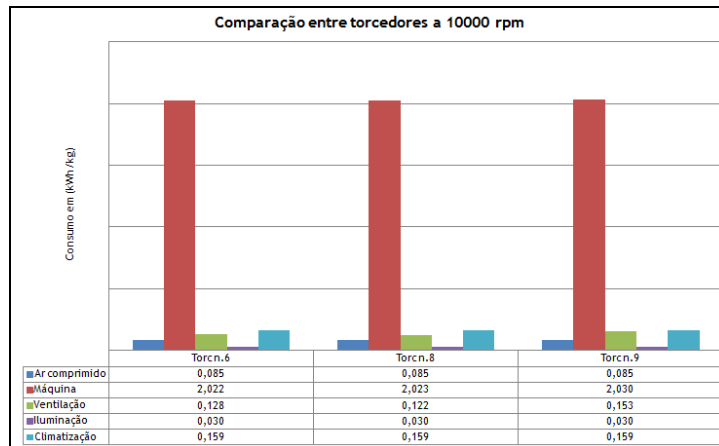


Figura 5.6 - Comparação de consumos específicos entre torcedores à mesma velocidade para o artigo “A”

Pela Figura 5.6, podemos verificar resultados obtidos muito semelhantes, para três equipamentos ICBT do mesmo tipo a torcer este artigo.

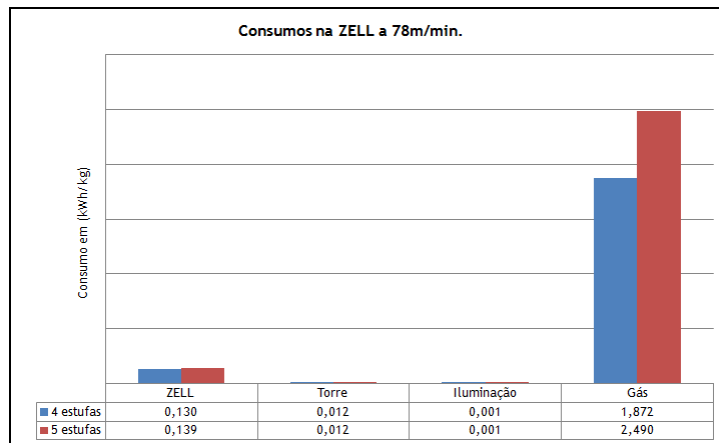


Figura 5.7 - Comparação de consumos específicos na impregnação do artigo “A” com a utilização de 4 ou 5 estufas

Atualmente, são utilizadas 5 estufas no processo de impregnação deste artigo. A utilização de 4 estufas face a 5, permite poupanças de EE na máquina na ordem dos 7% (no conjunto Zell+Torre+Iluminação) e de GN em 25%.

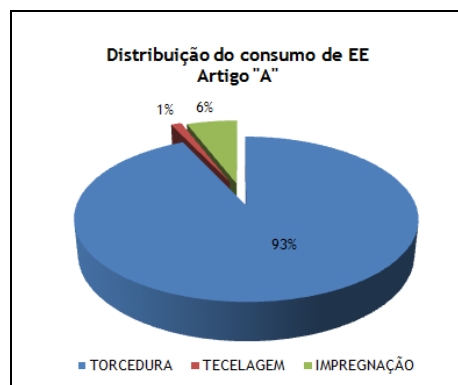


Figura 5.8 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “A”

O consumo de EE é sentido maioritariamente na área da torcedura, representando 93% do consumo total.

### 5.1.2. Artigos “B”/“C”/”D” (1440/1/2)

A matéria-prima, é torcida nos torcedores ICBT e RITM a uma velocidade de 9700 rpm. Originando na tecelagem 3 produtos distintos, de acordo com o número de cordas e os aspetos que constituem o tecido. Os consumos obtidos para a tecelagem foram retirados considerando os Dornier a trabalhar com 727 bpm e o Sulzer a 399 bpm. Estes artigos, fazem parte dos produtos mais fabricados pela empresa.

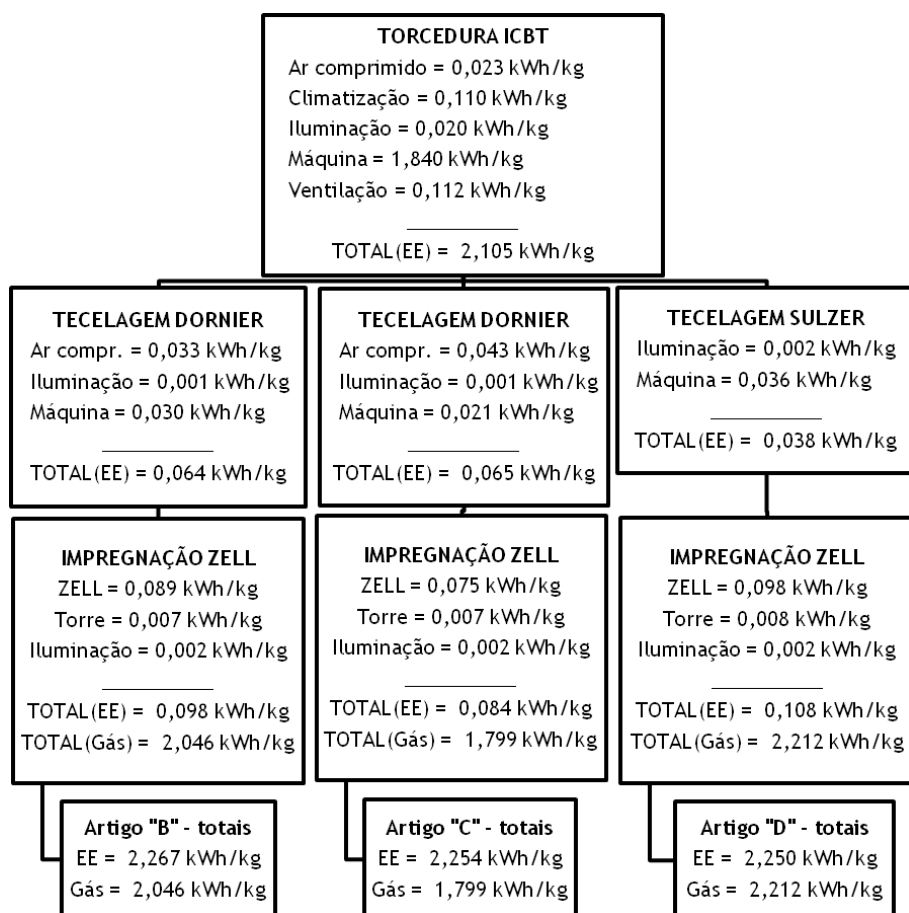


Figura 5.9 - Fluxograma que caracteriza o consumo total dos artigos “B”/”C”/”D” ao longo do processo produtivo

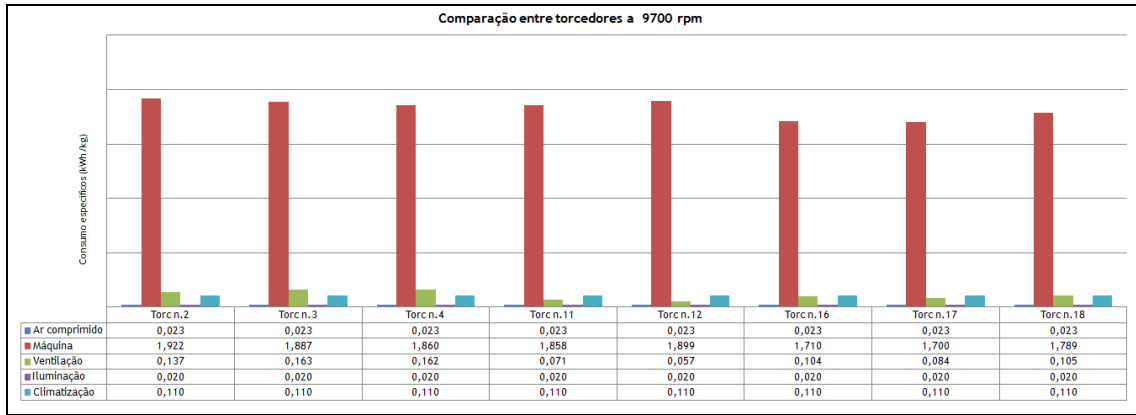


Figura 5.10 - Comparação de consumos específicos entre torcedores para o artigo que origina os artigos “B”/”C”/”D”

A Figura 5.10, representa o desagregamento de consumos em diferentes torcedores. Após ser torcida a matéria-prima, o cabo com estrutura 1440/1/2, é empregue como corpo do tecido na tecelagem, dando origem aos artigos “B”;”C” ou “D”, dependendo do número de cordas que constituem o tecido, sendo respetivamente 1574; 1816 e 1426 cordas.

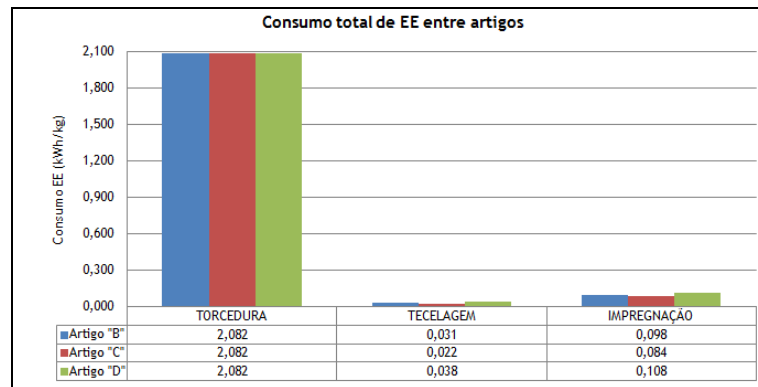


Figura 5.11 - Consumos específicos de EE por processo produtivo, entre artigos

Os consumos de EE na torcedura são comuns aos três artigos e são fruto de uma média ponderada dos valores da Figura 5.10. Embora os artigos “B” e “C” sejam tecelados nos teares Dornier com um número superior de bpm que o artigo “D”, os consumos específicos de EE na tecelagem demonstram-se proporcionais à constituição do artigo, sendo o artigo com maior número de cordas (artigo “C”) o que revela menor consumo e o artigo “D” o que revela maior. Os consumos da máquina de impregnar seguem a mesma analogia visto que, a grande parcela do consumo de EE deve-se ao atrito provocado pelo movimento do tecido nos rolos que constituem a máquina, para os três artigos a máquina de impregnar estava em movimento com uma velocidade de 73m/min.

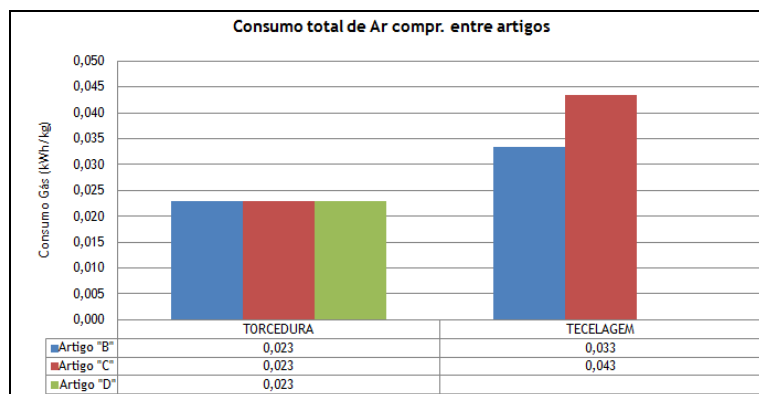


Figura 5.12 - Consumos específicos de Ar comprimido por processo produtivo, entre artigos

O consumo de ar comprimido na torcedura é uma média de todas as medições efetuadas nos torcedores e é comum a ambos os artigos. Estes valores, devem-se essencialmente a fugas nas junções e à dilatação dos tubos do sistema de ar comprimido, causados pelas temperaturas do Salão 2 Piso 0, onde se encontram os torcedores ICBT e RITM. Na tecelagem apenas os artigos que passam pelo tear Dornier, representam consumo de ar comprimido necessário para o funcionamento do enfiamento da trama. O artigo "D" é produzido nos teares Sulzer que apenas apresentam consumo de EE, registando assim um valor nulo Figura 5.12.

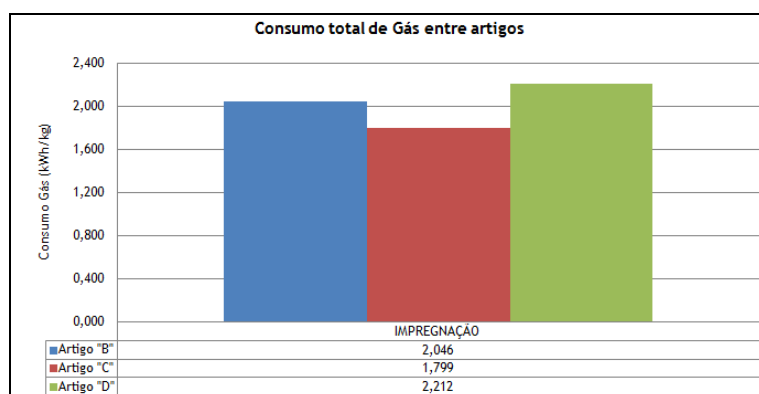


Figura 5.13 - Consumos específicos de Gás por processo produtivo, entre artigos

Para os três artigos, a máquina possuía as 7 estufas ligadas e reguladas em temperatura, o consumo de gás depende das variações de temperaturas e do maior ou menor consumo de gás nos queimadores das estufas para manter uma temperatura predefinida, não havendo ligação direta com o tipo de artigo a ser impregnado.

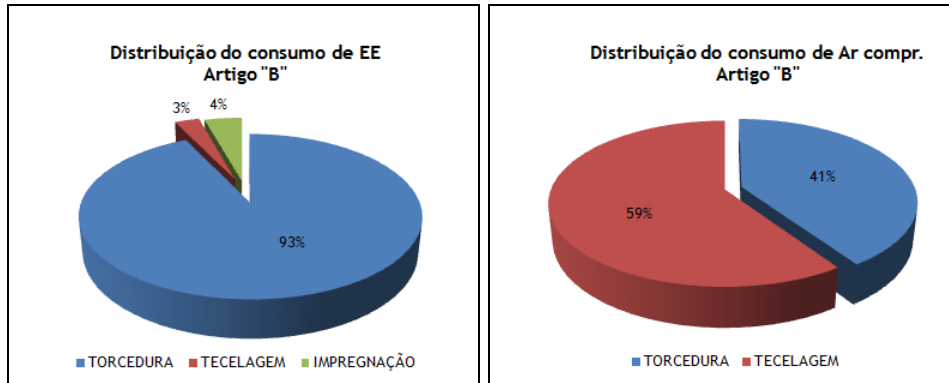


Figura 5.14 - Distribuição do consumo por processo produtivo e tipo de energia para o artigo "B"

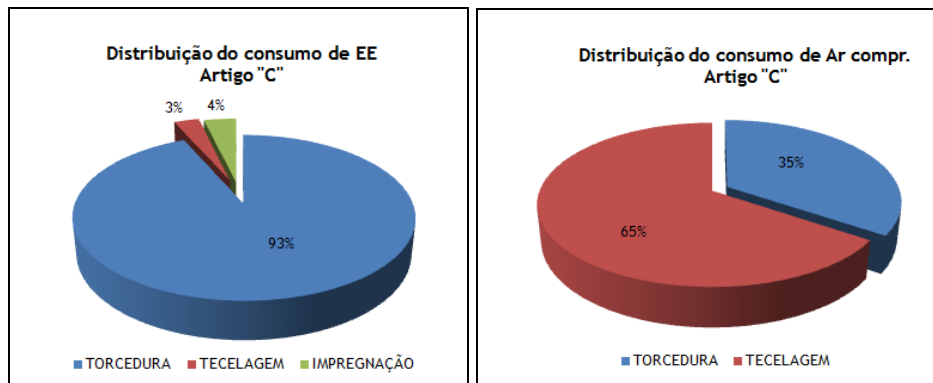


Figura 5.15 - Distribuição do consumo por processo produtivo e tipo de energia para o artigo "C"

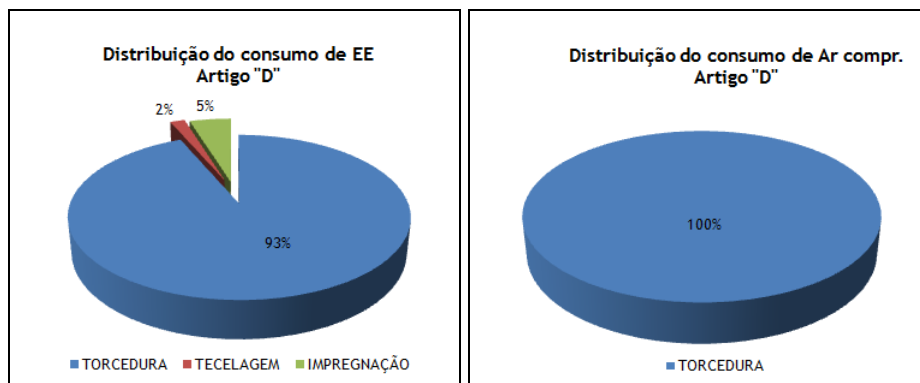


Figura 5.16 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo "D"

Para ambos os artigos o maior consumo de EE revela-se na torcedura em cerca de 93% do consumo total do processo sendo seguidamente a tecelagem com 5% e a impregnação com 2%.

### 5.1.3. Artigo "E" (1440/1/2)

O artigo "E" é torcido pelo ICBT/RITM a uma velocidade de 9700 rpm e manipulado pela tecelagem a 728 bpm. Demonstra-se, seguidamente as parcelas que constituem os diversos consumos ao longo do processo.

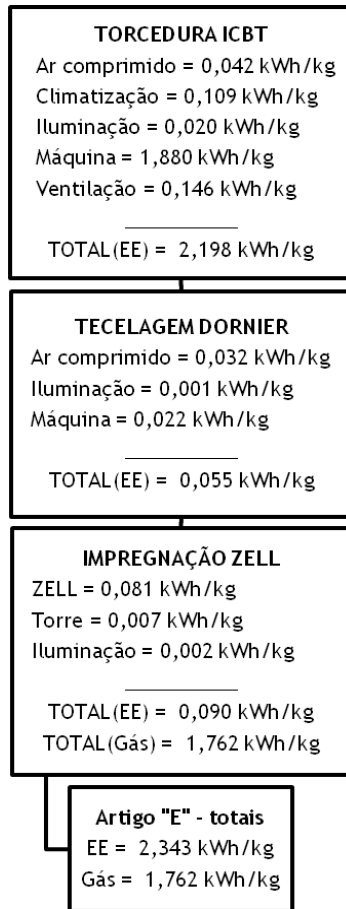


Figura 5.17 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “E” ao longo do processo produtivo

Atualmente, este artigo é torcido a 9700 rpm, influenciando uma produção na torcedura de aproximadamente 67,68 m/h. A produção do mesmo artigo com uma velocidade de regulação dos torcedores a 10000 rpm, permitiria uma produção de 69,57 m/h. Aumentando a produção em 3,1%, e um acréscimo no consumo da parcela “Máquina” em aproximadamente 9,1%, representando +0,02 €/kg do consumo total do artigo.

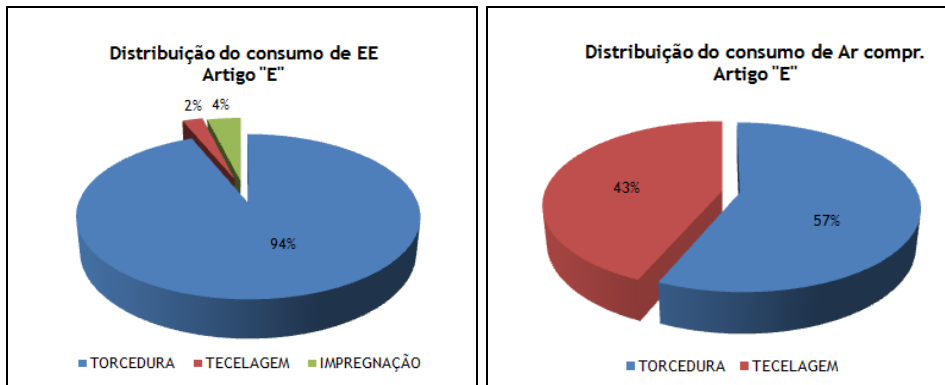


Figura 5.18 - Distribuição do consumo por processo produtivo e tipo de energia para o artigo “E”

### 5.1.4. Artigo “F” (1840/1/2)

O artigo é torcido pelos ICBT a uma velocidade de 9000 rpm e manipulado na tecelagem pelos Sulzer a 419 bpm. Seguidamente, são demonstradas as parcelas de consumo obtidas para este artigo.

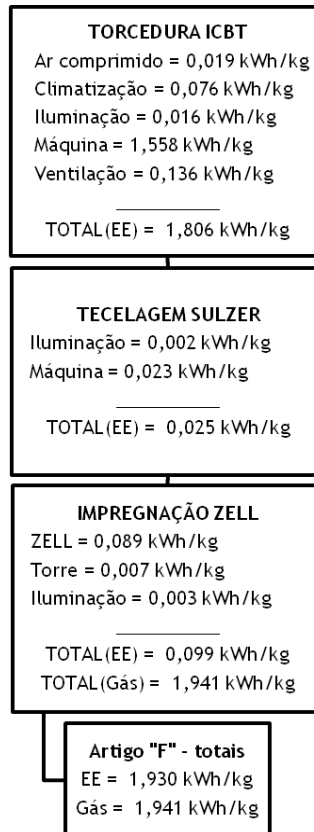


Figura 5.19 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “F” ao longo do processo produtivo

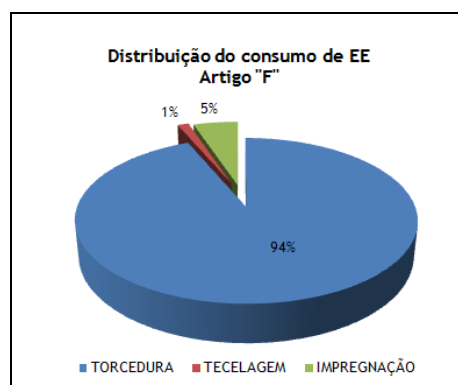


Figura 5.20 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “F”

### 5.1.5. Artigos “G”/”H” (2200/1/2)

A matéria-prima que origina estes artigos é torcida pelos ICBT a uma velocidade de 8500 rpm. O material torcido origina dois artigos na tecelagem a 402 bpm (artigo “G”) e a 413 bpm (artigo “H”).

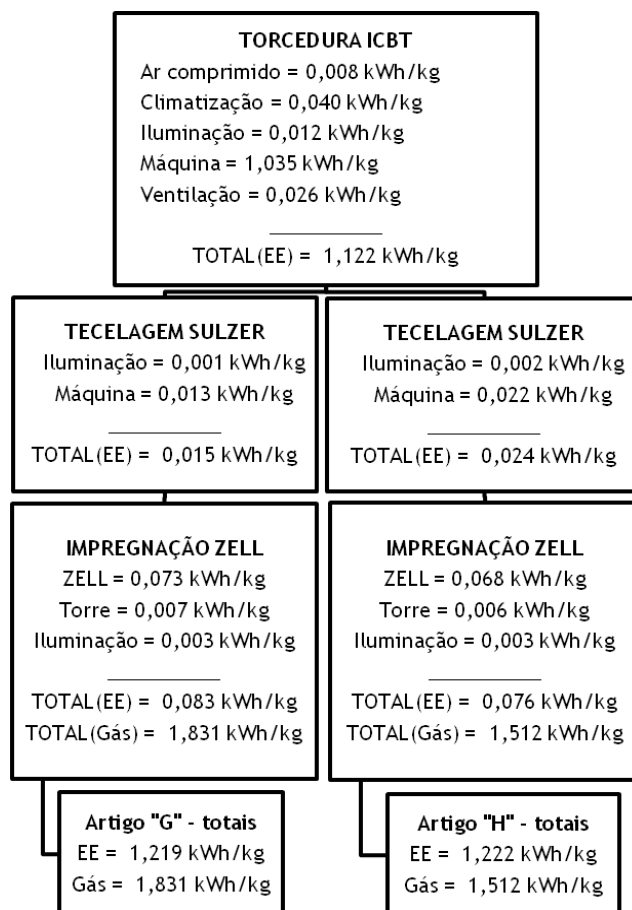


Figura 5.21 - Fluxograma que caracteriza o consumo total dos artigos “G”/”H” ao longo do processo produtivo

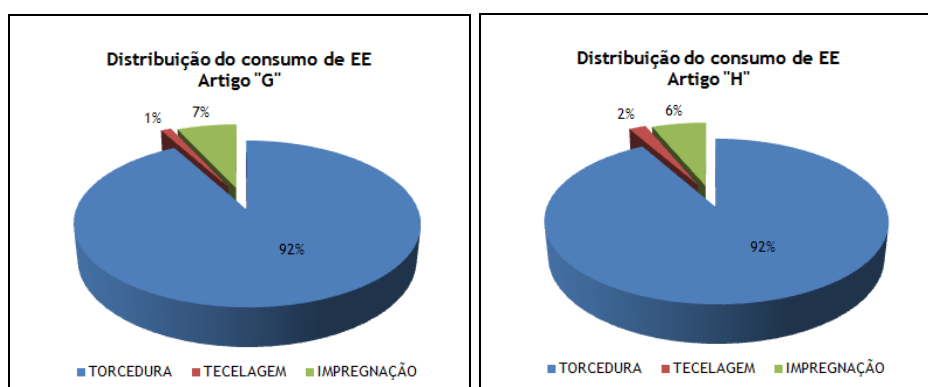


Figura 5.22 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “G” ou “H”

### 5.1.6. Artigo “I” (2200/1/2)

O artigo é torcido pelos ICBT a uma velocidade de 8500 rpm e manipulado na tecelagem pelos Sulzer a 417 bpm. Seguidamente, são demonstradas as parcelas de consumo obtidas para este artigo.

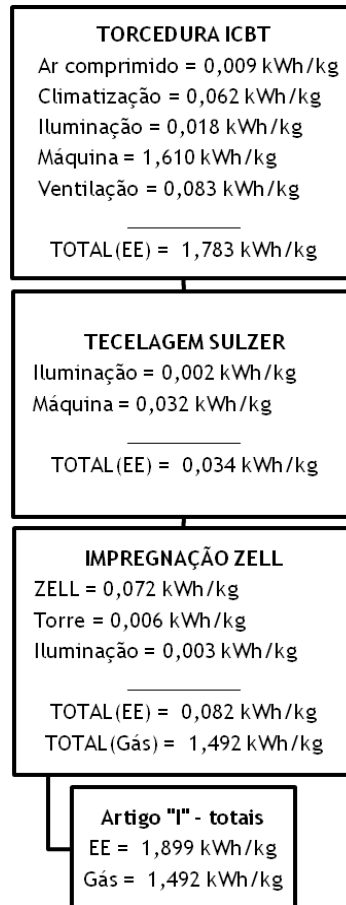


Figura 5.23 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “I” ao longo do processo produtivo

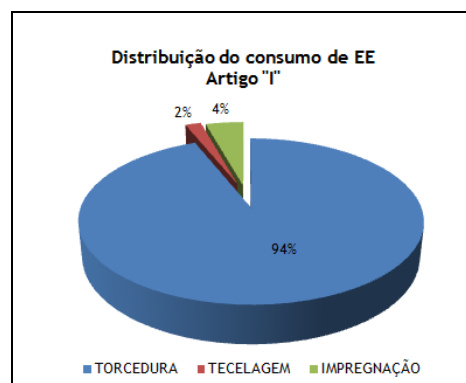


Figura 5.24 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “I”

### 5.1.7. Artigo “J” (2440/1/2)

O artigo é torcido pelos ICBT a uma velocidade de 7500 rpm e manipulado na tecelagem pelos Sulzer a 422 bpm. Seguidamente, são demonstradas as parcelas de consumo obtidas para este artigo.

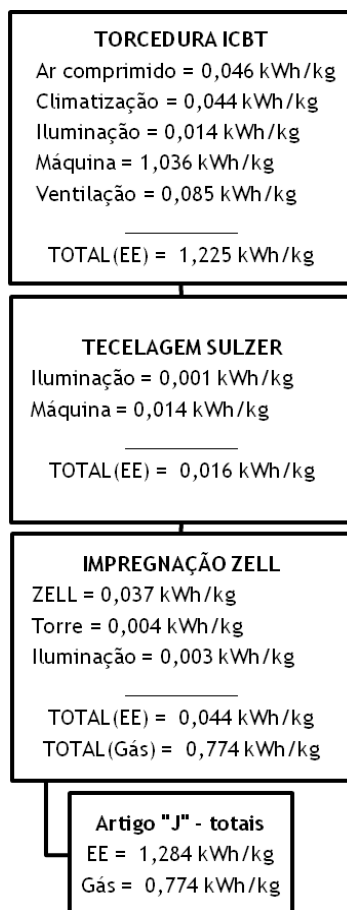


Figura 5.25 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “J” ao longo do processo produtivo

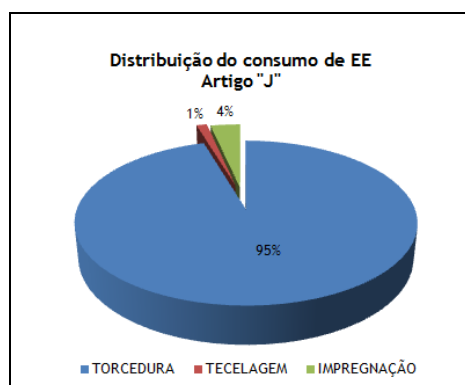


Figura 5.26 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “J”

### 5.1.8. Artigo “L” (3340/1/2)

Para este artigo, foi considerada a velocidade nos ICBT a 6000 rpm e a manipulação na tecelagem a 397 bpm pelos Sulzer.

Este artigo é produzido em poucas quantidades, sendo torcido muitas vezes num torcedor a funcionar com outro artigo. Foi medido um lado completo do torcedor, a torcer este artigo e por meio de estrapulação para o número total de fusos que constitui o torcedor, obteve-se os valores representativos para as parcelas “Máquina” e “Ventilação”, que constituem o consumo na torcedura, representado na Figura 5.27.

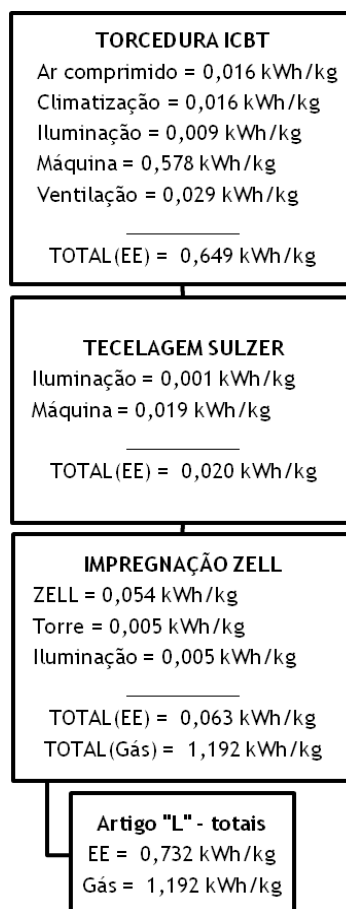


Figura 5.27 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “L” ao longo do processo produtivo

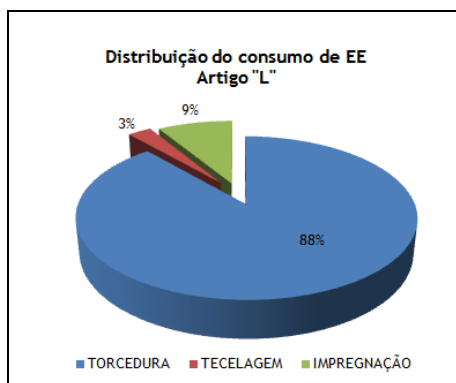


Figura 5.28 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo “L”

### 5.1.9. Artigos “M”/”N” (940/1)

Durante a realização deste trabalho, foi possível caracterizar apenas estes artigos na torcedura pelo TFO. Os artigos “M” e “N”, foram produzidos, na torcedura a uma velocidade de 8500 rpm e na tecelagem pelos Sulzer a 399 bpm.

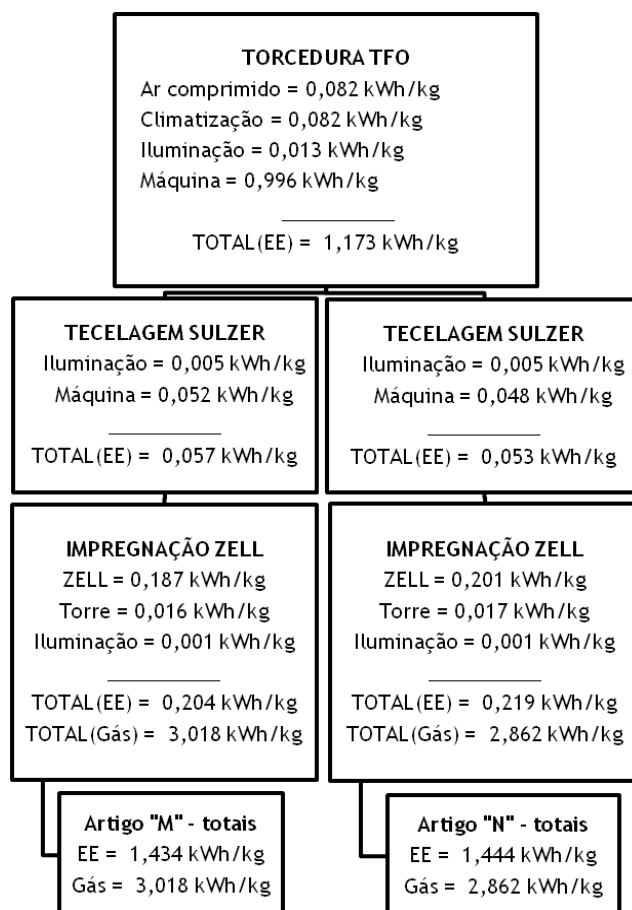


Figura 5.29 - Fluxograma que caracteriza o consumo total dos artigos “M”/”N” ao longo do processo produtivo

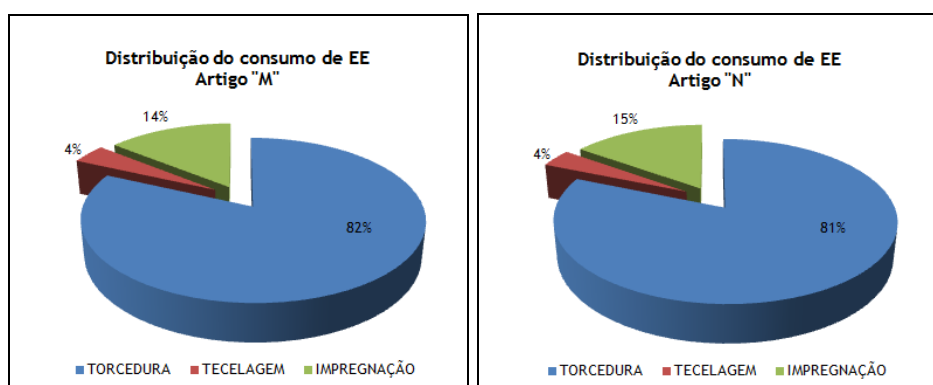


Figura 5.30 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para “M” ou “N”

A configuração do consumo de EE para ambos os artigos segue os mesmos padrões sendo o maior consumo proveniente da torcedura (82% do consumo total), a impregnação representa 15% e a tecelagem a parcela inferior de cerca de 4%.

### 5.1.10. Artigo “O” (940/1/2)

Este artigo é torcido atualmente pelos Saurer Allma. Sendo um cabo torcido o produto final que sai da torcedura, exige as operações necessárias de torção do fio original (atualmente é efetuada a uma velocidade teórica de 4150 rpm) e a operação de torção dos fios torcidos para originar cabo (efetuada a uma velocidade teórica de 4000 rpm).

No fluxograma, demonstram-se as parcelas de consumo, para as operações de torção da matéria-prima em fio (Ply) e do fio em cabo (Cabo). Por serem efetuadas em períodos distintos de tempo, existem dois consumos de “iluminação” distintos, fruto da produção em kg/h que está intrinsecamente ligado à estrutura do material em ply e em cabo (dtex) e à velocidade de regulação do torcedor. Os valores obtido para a tecelagem consideram um funcionamento dos teares Sulzer a 398 bpm.

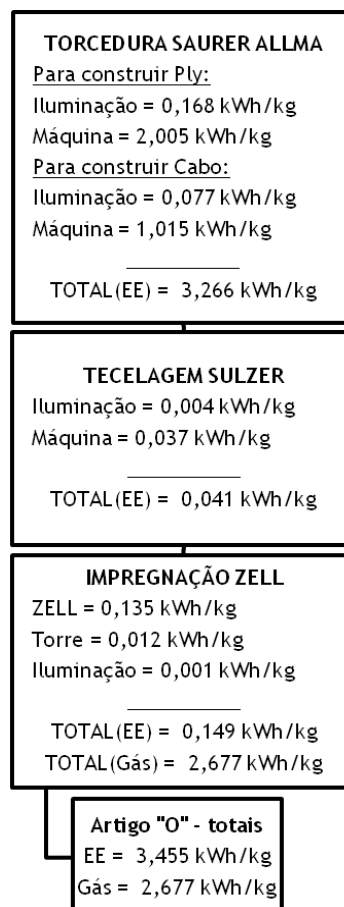


Figura 5.31 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo “O” ao longo do processo produtivo

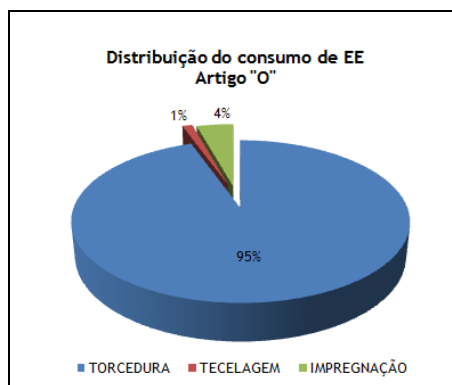


Figura 5.32 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo "O"

A produção deste artigo é caracterizada apenas por consumo de EE e na impregnação também por GN. O consumo de EE na torcedura representa 95% do consumo total, a impregnação representa 4% e a tecelagem a parcela inferior de 1%.

### 5.1.11. Artigo "P" (940/1/2)

O artigo é torcido pelos Volkmann e Jing Wei, a uma velocidade de 9500 rpm e manipulado na tecelagem pelos Sulzer a 427 bpm. Seguidamente, são demonstradas as parcelas de consumo obtidas para este artigo.

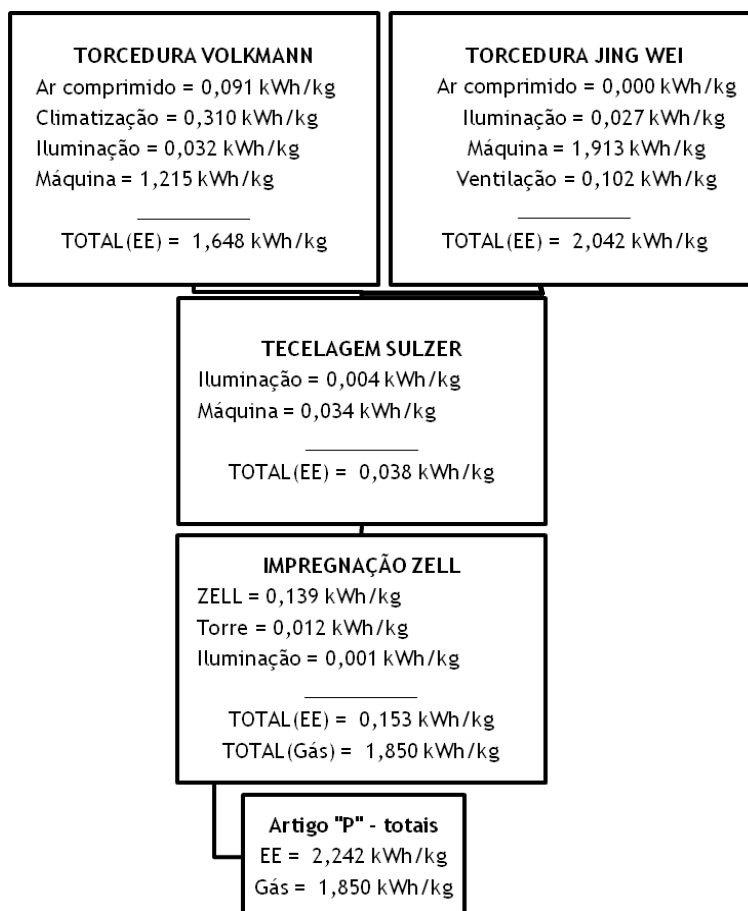


Figura 5.33 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo "P" ao longo do processo produtivo

Atualmente este artigo é torcido nos Jing Wei a uma velocidade de 9500 rpm como referido anteriormente, existindo uma produção aproximada de 41,66, m/h. A produção do mesmo artigo com uma velocidade de 10000 rpm, permitiria uma produção de 43,86 m/h, isto é um aumento produtivo de 5,3 % com um aumento do consumo global da parcela “máquina” em aproximadamente 4,1 % traduzindo um acréscimo residual ao custo total de produção do produto de +0,008 €/kg.

### 5.1.12. Artigos “Q”/”R” (1400/1)

A matéria-prima é torcida nos Saurer Allma para originar fio torcido, com uma estrutura de 1400/1. Este é torcido a uma velocidade teórica de 6500 rpm e manipulado na tecelagem para originar o artigo “Q” (a 398 bpm) e o artigo “R” (a 399 bpm).

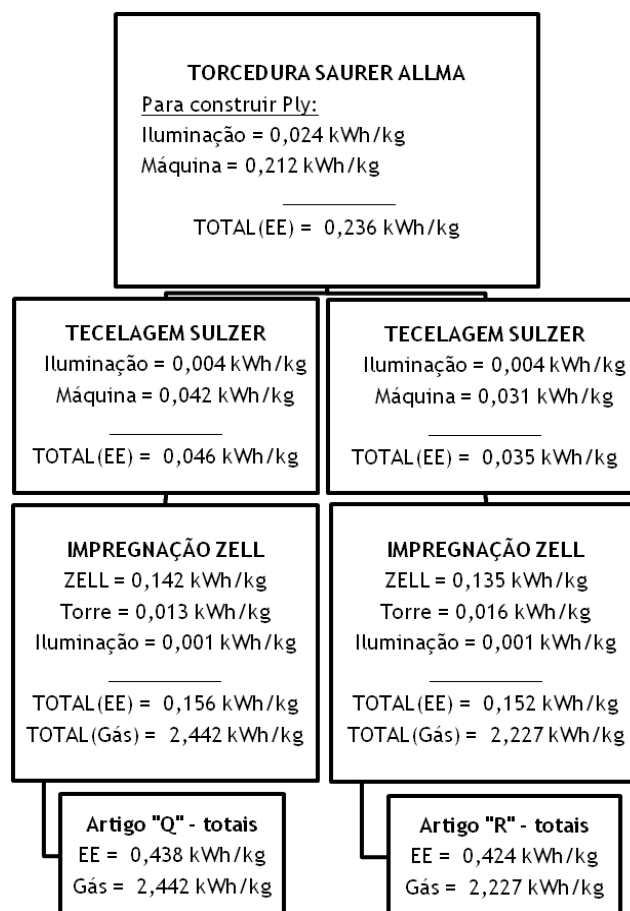


Figura 5.34 - Fluxograma que caracteriza o consumo total dos artigos “Q”/”R” ao longo do processo produtivo

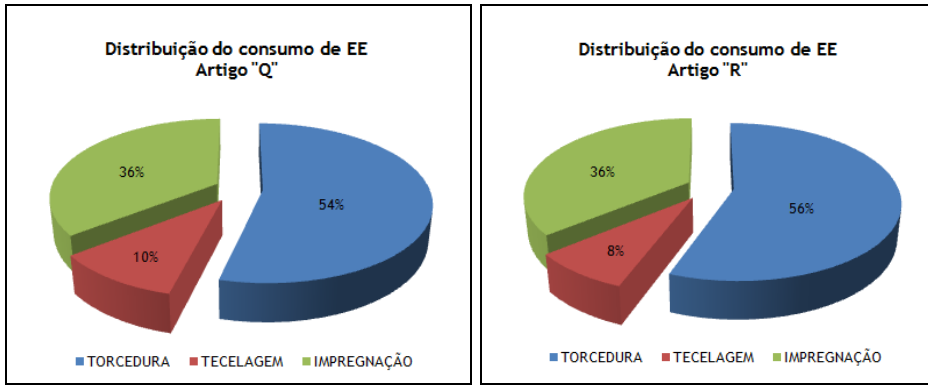


Figura 5.35 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para os artigos "Q" ou "R"

A produção destes artigos é caracterizada apenas por consumo de EE e na impregnação também por gás. A configuração do consumo de EE para ambos os artigos segue os mesmos padrões sendo a maior consumo proveniente da torcedura, cerca de 55% do consumo total, a tecelagem representa 36% e a impregnação a parcela inferior de cerca de 9%.

### 5.1.13. Artigo "S" (1680/1/2)

Pelo mesmo explicado no artigo "O", este artigo é torcido em Ply a uma  $vel_{teórica} = 4150$  rpm e em cabo a  $vel_{teórica} = 4000$  rpm. Passando para a tecelagem, onde é produzido tecido a 398 bpm.

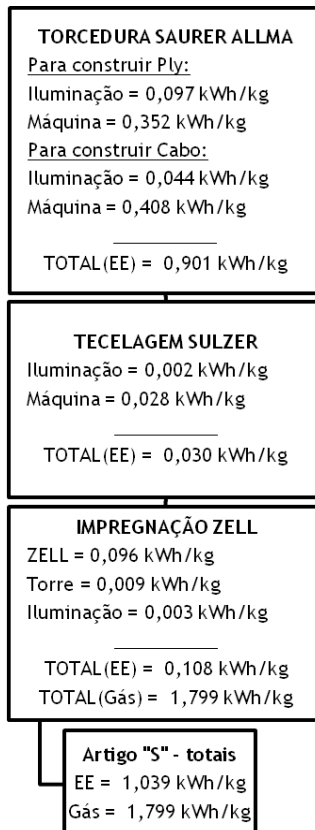


Figura 5.36 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo "S" ao longo do processo produtivo

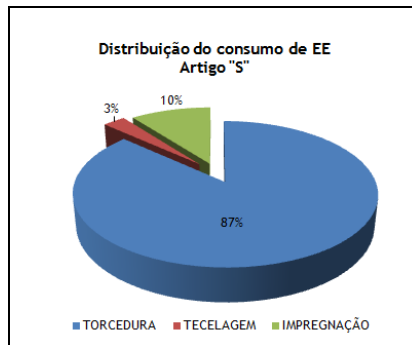


Figura 5.37 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo "S"

Este artigo é produzido em poucas quantidades, é o artigo de excelência produzido pela C-ITA ao nível de telas para pneus, utiliza a matéria-prima Aramida.

A produção deste artigo é caracterizada apenas por consumo de EE, a torcedura representa 93% do consumo total, a impregnação representa 5% e a tecelagem a parcela inferior de 2%. Na impregnação, também é consumido gás para a alimentação dos queimadores.

## 5.2. Artigos "Corda impregnada" pela Single End

### 5.2.1. Artigo "T" (940/1/2)

Este artigo é torcido a 10000 rpm pelos torcedores Oerlikon e segue depois para a máquina de impregnar corda Single End. Os consumos implícitos à produção deste artigo, demonstram-se no fluxograma seguinte.

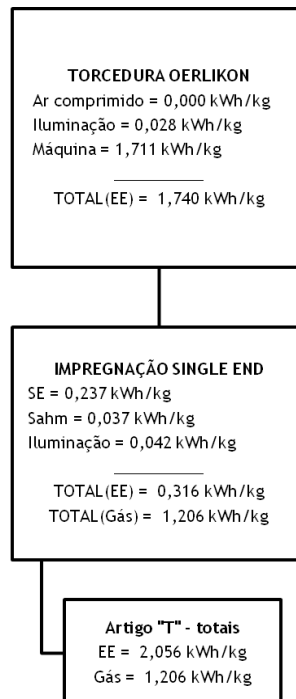


Figura 5.38 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo "T" ao longo do processo produtivo

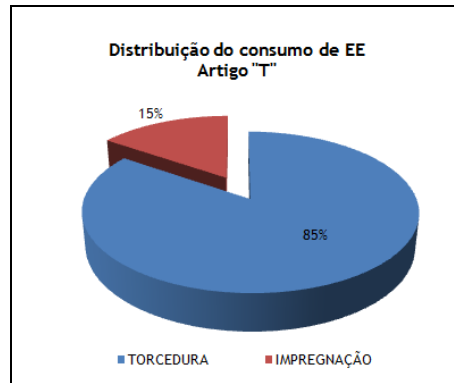


Figura 5.39 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo "T"

### 5.2.2. Artigo "U" (1680+1400)/1/2)

Este artigo é torcido a 7500 rpm pelos torcedores Oerlikon e segue depois para a máquina de impregnar corda Single End. Os consumos implícitos à produção deste artigo, demonstram-se no fluxograma seguinte.

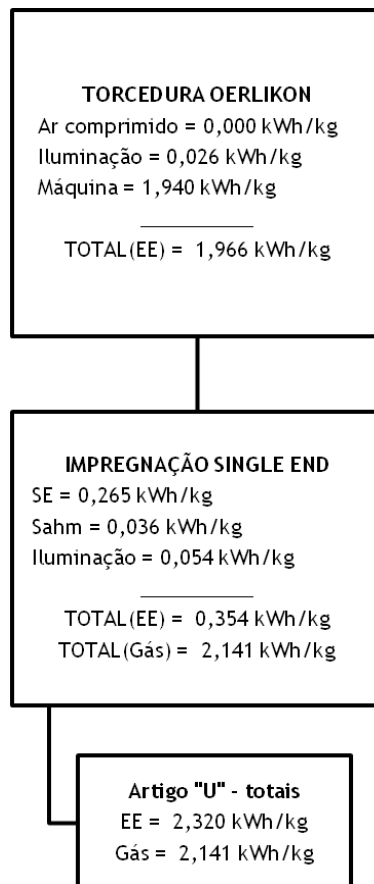


Figura 5.40 - Fluxograma que caracteriza o consumo total do artigo "U" ao longo do processo produtivo

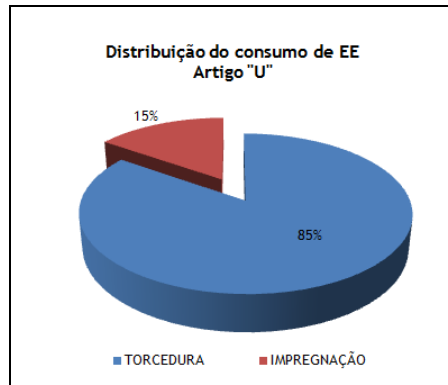


Figura 5.41 - Distribuição do consumo de EE por processo produtivo para o artigo "U"

Para os dois artigos atualmente produzidos na Single End (artigos "U" e "T"), foi possível decompor os consumos totais verificados na Single End em produção e em não produção (esta, referente a manutenção para limpeza de filtro ou enfiamento de um novo jogo, etc). O consumo total somado pode não coincidir ao exposto nos fluxogramas, devido a arredondamentos necessários.

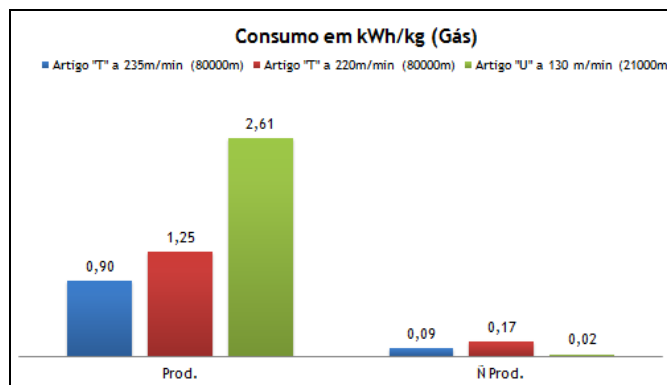


Figura 5.42 - Consumo de Gás para os artigos impregnados na Single End (em kWh/kg)

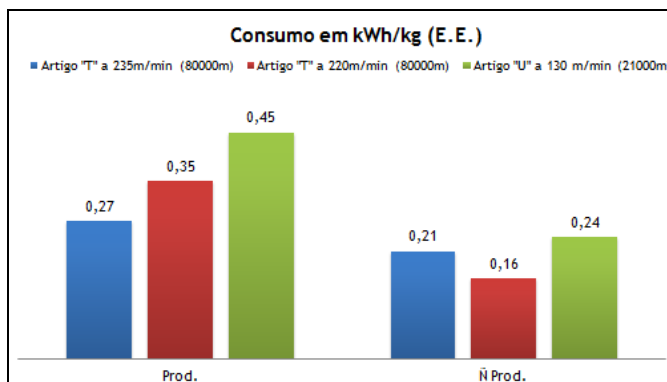


Figura 5.43 - Consumo de EE para os artigos impregnados na Single End (em kWh/kg)

A produção do artigo "T" é atualmente feita a uma velocidade de 220 m/min., demonstrando um consumo superior ao impregnado a uma velocidade de 235 m/min. A produção a 235 m/min, foi uma experiência que em termos elétricos se torna mais vantajosa por ser possível aumentar a produção tirando retorno em termos de matéria produzida e da redução dos consumos. No entanto, em termos físicos, pelo incremento de velocidade foi

verificado que o soluto transbordava das terrinas, sendo necessário aperfeiçoar este pormenor.

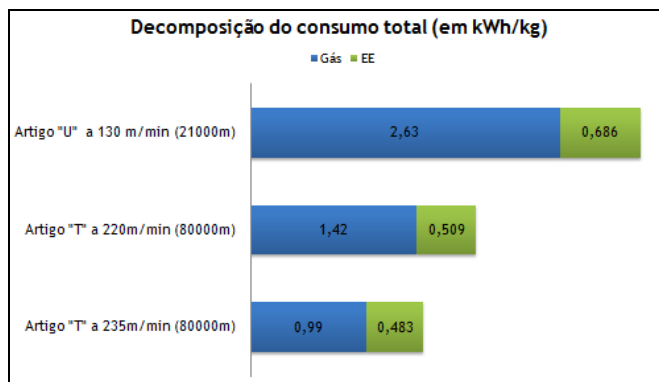


Figura 5.44 - Decomposição do consumo total dos artigos impregnados na Single End (em kWh/kg)

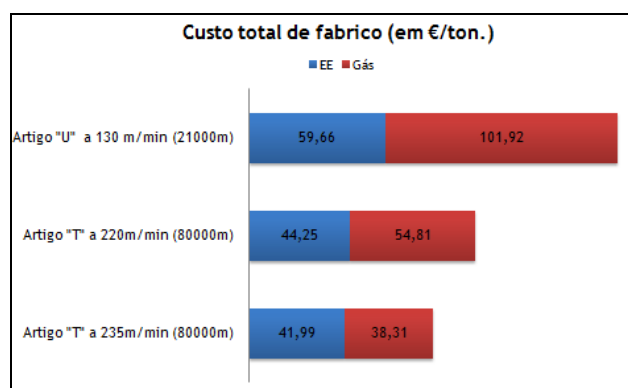


Figura 5.45 - Custo total de fabrico dos artigos impregnados na SE (em kWh/kg)

### 5.3. Comparação de artigos

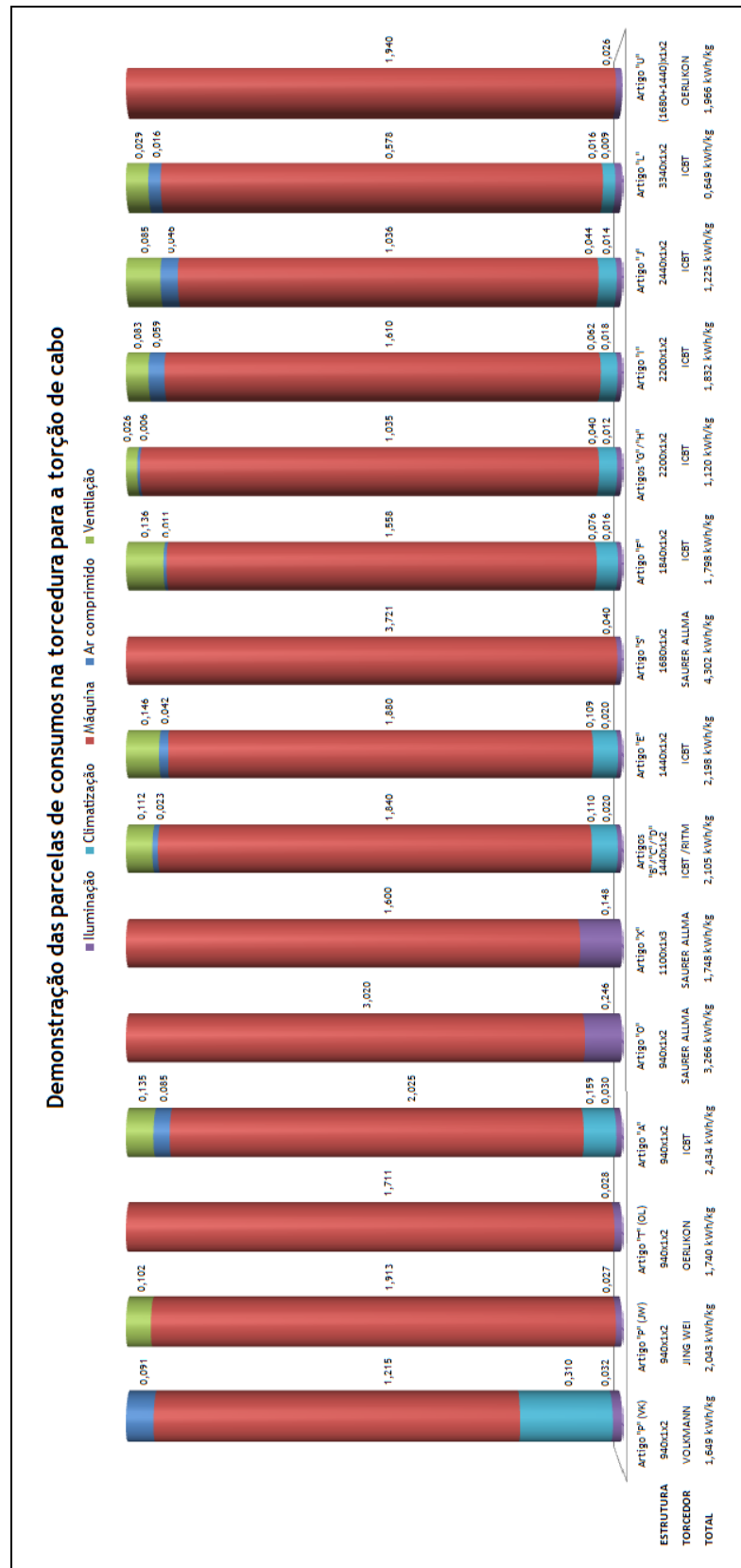


Figura 5.46 - Demonstração das parcelas de consumos na torcedura para a torção de cabo

Pela análise da Figura 5.46 e uma vez que, o artigo “P” e o “T” são exatamente o mesmo, diferindo de designação apenas pelo primeiro seguir o (processo 1/Figura 1.24) e o segundo o processo (processo 2/Figura 1.24).

O artigo “P” é torcido atualmente a uma velocidade de 9500 rpm, pelos torcedores Volkman e Jing Wei, o artigo “T” é produzido pelo torcedor Oerlikon a uma velocidade de 10000 rpm. À primeira vista, pela Figura 5.46, a torcedura nos Volkman apresenta um valor total de consumo inferior (1,649 kWh/kg).

De referir que, a produção horária nos Volkman, é muito menor por possuírem 78 fusos face aos 136 fusos que possuem os restantes torcedores, demonstrando ser uma máquina mais eficiente em termos de consumo horário mas menos eficiente em realização de trabalho. A utilização do Oerlikon é a mais benéfica para este artigo, pelo aumento produtivo devido ao incremento de velocidade (10000 rpm) e pela evidência do menor consumo.

Pode se verificar na Figura 5.46, que os artigos com menor estrutura apresentam consumos totais mais significativos e os artigos com estrutura superior apresentam consumos globais na torcedura menores.

No caso dos consumos verificados nos torcedores Saurer Allma não é possível concluir qualquer tipo de correspondência com o tipo de artigo a ser utilizado.

Os torcedores Saurer Allma são os torcedores que apresentam o maior número de fusos por máquina (156 fusos) e são os torcedores mais robustos pelas suas características construtivas. Demonstram-se menos eficientes em termos energéticos para o processo de torcedura de corda face aos torcedores que utilizam a tecnologia *direct cable*, pela carência de duas operações para originar corda. Exigindo deste modo, um período de produção superior face aos torcedores *direct cable*.

Apresenta assim vantagens, para a torcedura de corda oriunda de mais de 2 fios como é o caso do artigo “X”.

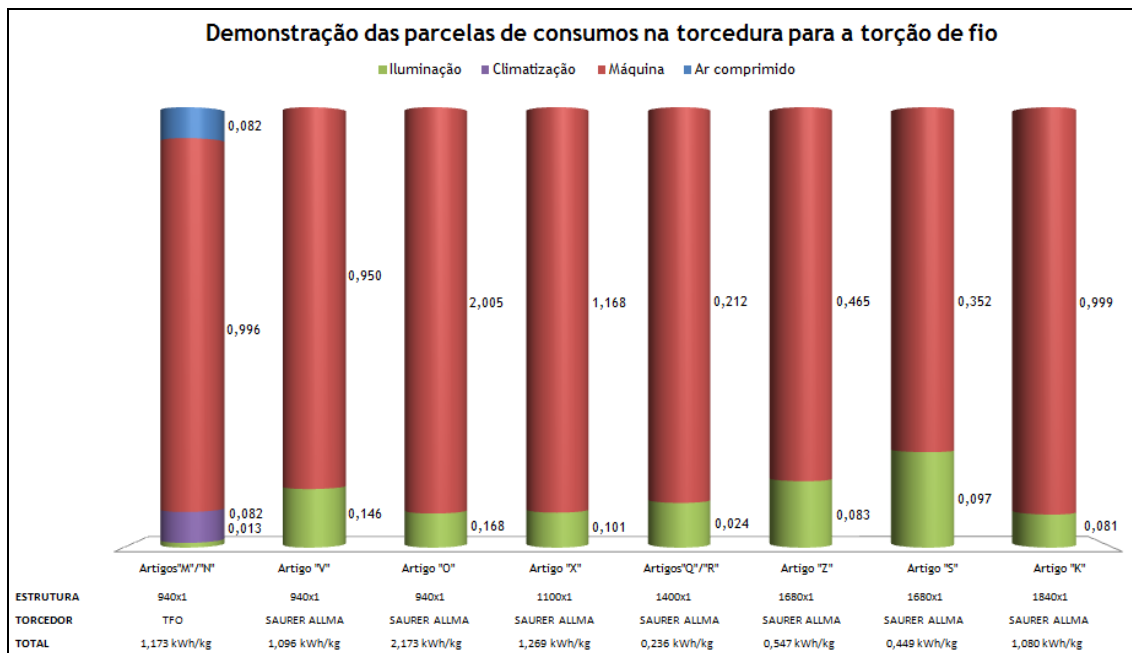


Figura 5.47 - Demonstração das parcelas de consumos na torcedura para a torção de fio

## Capítulo 6

### Conclusão

Com este trabalho, foi possível analisar os consumos relativos aos artigos mais fabricados pela C-ITA. No entanto, existem alguns artigos que não foram analisados, por não terem sido produzidos no momento da realização deste trabalho.

Deve ser realçada a importância da manutenção preventiva dos equipamentos na indústria, permitindo as melhores condições para a exploração dos mesmos. A C-ITA, tem atualmente bastante trabalho desenvolvido na área da eficiência energética, tentando otimizar o uso de energia pela introdução de equipamentos que tornem o processo o mais eficiente possível.

Ao longo do desenvolvimento deste relatório, foram analisados alguns aspetos que contribuem para a melhoria da utilização de energia no fabrico dos produtos. De referir que, deve existir sempre o compromisso na aquisição de um novo motor ou sistema de iluminação p.ex., entre o custo de compra e a sua eficiência na utilização, sendo que, cerca de 94% do custo global de um aparelho é representativo na sua exploração e 6% no custo de compra.

Como o consumo de EE é sentido maioritariamente no Salão 2 Piso 0, foram realizadas também análises, tentando relacionar o consumo de energia de cada torcedor com a temperatura medida ao longo de toda a máquina, de modo a ser possível definir uma temperatura de *SETPoint* ideal para a regulação dos ventiladores acoplados aos torcedores contidos neste salão. Pelas centrais não se encontrarem automatizadas atualmente, trabalhando com o regime “tudo” ou “nada” verificou-se que a temperatura e humidade global do salão varia ao longo do dia, devido à inércia térmica provocada pelo funcionamento dos equipamentos e pela influência da temperatura exterior. Não foi possível retirar conclusões claras para se definir um valor ideal a utilizar como temperatura de *SETPoint* nos variadores de velocidade dos ventiladores.

O estudo realizado para a inclusão de um sistema de compensação reativa e filtragem de harmónicas, vem alertar para fatores que surgem, da existência excessiva de ER e da presença de harmónicas nas instalações. Estes fatores introduzem, para além de restrições técnicas e económicas retratadas neste relatório, como exemplo, o sobredimensionamento de equipamentos (cabos, transformadores, etc), custos extras com perdas e penalizações pela falta de eficiência energética e funcionamentos anormais. Condicionantes com impacto direto na produtividade, contribuindo para a redução da eficiência energética da empresa e da sua

competitividade. Pelo estudo ter sido realizado no final deste trabalho, não foi possível realizar a comparação económica das diversas soluções apresentadas.

## Principais dificuldades

Inicialmente, foi necessário compreender a tipologia e os fatores que condicionam o consumo em cada equipamento do processo produtivo e adequar os critérios de medição para se efetuar o melhor levantamento dos consumos energéticos.

Durante o levantamento dos consumos em cada equipamento, existiram condicionantes que impediram a realização correta de algumas medições:

- Na torcedura surgiram casos onde um torcedor, torcia mais de dois artigos diferentes, sendo difícil de estimar os valores dos consumos para um artigo em análise. O facto de existirem paragens repentinas nos torcedores por razões de avaria de fuso/quebra-de-fio, impediu também a correta leitura, tendo de se iniciar de novo algumas medições.
- Na máquina de Impregnar Zell, a existência de um dia de paragem semanal para limpeza e por esta, parar algumas vezes por razões técnicas, condicionou em alguns casos o levantamento dos consumos.
- Para ser possível medir os consumos expressos neste relatório, foi necessário, em alguns momentos, estabelecer coordenação entre o planeamento de produção da empresa e a realidade produtiva, com as pessoas responsáveis pela produção e existiu um apoio imprescindível dos operadores dos equipamentos.

No tratamento dos dados pela folha Excel, surgiu a dificuldade de se interligar os consumos para caracterizar os produtos que a empresa produz, sendo necessário conhecer as referências/nomenclaturas internas utilizadas em cada equipamento para exprimir a produção de cada artigo produzido pela C-ITA.

A análise estatística de todos os dados recolhidos, foi uma fase que exigiu bastante tempo de análise. Existiram algumas análises que não se revelaram conclusivas e que não foram incorporadas neste relatório, pelo desconhecimento pleno de algumas variáveis naturais e físicas que influenciam o consumo de cada equipamento e pelo desconhecimento de equipamentos.

## Trabalhos Futuros

Para análises futuras dos artigos não analisados, sugere-se a utilização dos mesmos critérios de medição e metodologias abordadas neste relatório, para a tradução das parcelas que constituem o consumo total de EE e GN.

A folha de Excel desenvolvida e entregue à C-ITA, deve ser considerada como uma ferramenta útil à análise quantitativa dos consumos, existindo a necessidade de ser alterada ou aperfeiçoada, de modo periódico, com vista a corresponder às alterações que possam ocorrer nos equipamentos que constituem o processo produtivo ou nas instalações da empresa, que prejudiquem a correta tradução dos consumos.

Como trabalho futuro, sugere-se o estudo do controlo das centrais de climatização contidas no Salão 2 Piso 0. A automatização das centrais, poderá contribuir para a recuperação de energia elétrica referente à “climatização”, melhorando o funcionamento dos ventiladores das centrais através de uma temperatura pré-definida. Temperatura esta, comparada com a temperatura medida no salão em tempo real por meio de sondas

localizadas no salão. Este estudo, permitirá verificar de forma conclusiva a influência das temperaturas do salão ao longo do dia com o consumo de cada um dos torcedores.

## Sugestões

Por se tornar uma solução com retorno de investimento baixo, sugere-se a substituição das fontes luminosas existentes em cada salão por lâmpadas T5 com balastros eletrônicos, permitindo recuperar energia elétrica e melhorando a luminosidade do espaço. A substituição por lâmpadas fluorescentes, dos balastros ferromagnéticos por eletrônicos, só por si, permite recuperar energia elétrica em cerca de 10 a 15% do conjunto, devendo-se ter em consideração a influência que possa ser causada na distorção harmônica total da instalação.

Durante o levantamento dos consumos, os filtros de ar das grelhas dos torcedores ICBT G2 e G3 encontravam-se obstruídos, impedindo a circulação de ar na cabeceira destes equipamentos. Sugere-se uma limpeza mais regular destes filtros, contribuindo para a melhoria do funcionamento do equipamento.



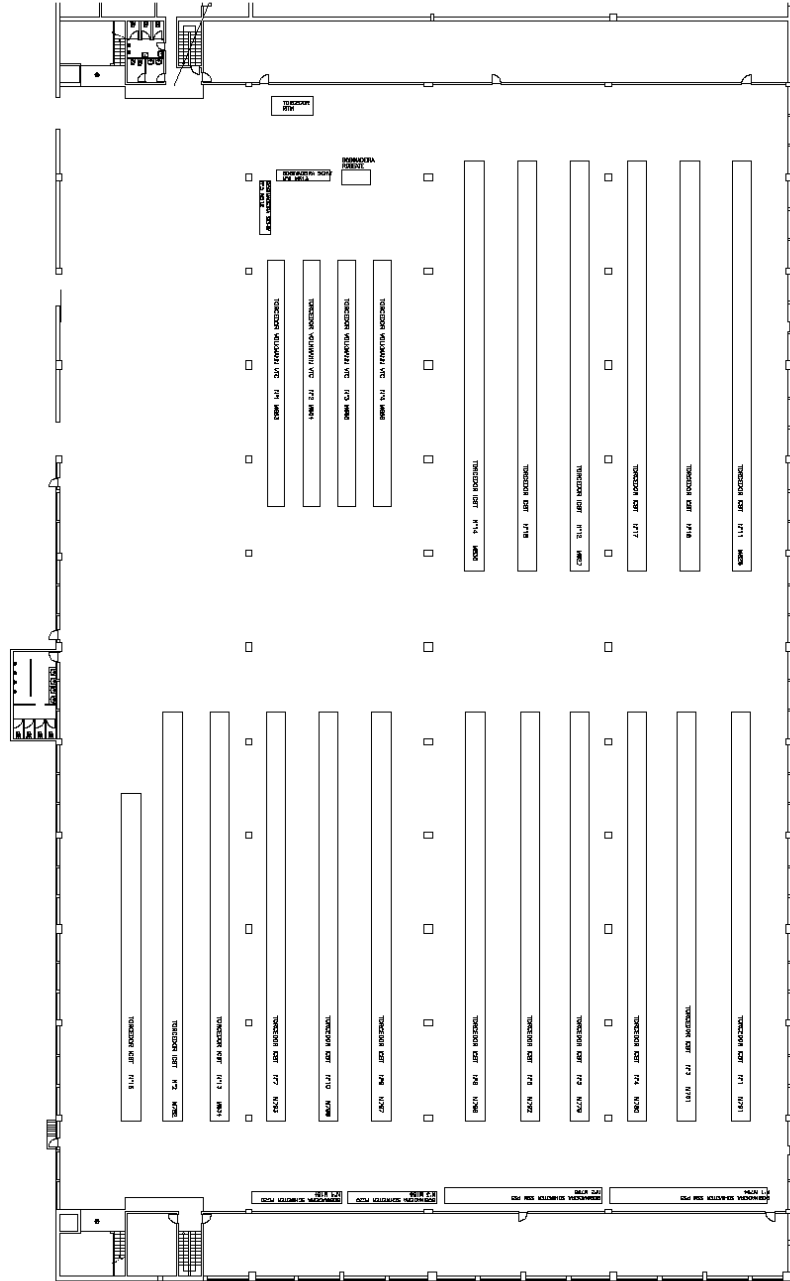
## Referências

- Auditene, Janeiro 2012, documento relativo à auditoria energética feita à Indústria Têxtil do Ave S.A.
- BCSD Portugal, Novembro de 2005, "Manual de boas práticas de eficiência energética"
- Centro de informação da REN. <http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/publicacoes/CaracterizacaoRNT/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20da%20RNT%2031-12-2011.pdf> . Acesso em 20/06/2013
- Comité de Estudio C4 - Desempeño Técnico del Sistema, 2009, "Contribuição a especificação de reatores com núcleo de ar e correto dimensionamento de filtros de harmónicos"
- Decreto-Lei n.º 71/2008, referente às cobranças e limiares de faturação de energia reativa
- EDP, <http://www.edpsu.pt/pt/apoioaocliente/Perguntas%20Frequentes/Pages/faqs-faturacaoreactiva.aspx>, online, "Qual o impacto da nova legislação na factura de energia elétrica" Acesso a 24/04/2013
- ERSE, 2006, "Regulamento da Qualidade de Serviço"
- ERSE, 2012, "Estrutura Tarifária do Setor Elétrico em 2013", documento técnico
- ERSE, Despacho 7253 de 2010, legislação referente às tarifas reguladas
- Esquerda. Disponível em <http://esquerda.net/artigo/petr%C3%B3leo-continuar%C3%A1-aumentar-nos-pr%C3%B3ximos-anos> . Acesso em 20/Maio/2013
- Franco, Edgard; ENGECOMP, 2011, "Qualidade de energia - causas, efeitos e soluções"
- IEC 61000-3-2 de 2005, referente aos limites estabelecidos para distúrbios harmónicos, em equipamentos com correntes não superiores a 16A.
- IEEE 519 de 1992, referente aos limites estabelecidos para distúrbios harmónicos, em sistemas elétricos de distribuição.
- Manual de Acolhimento, Continental - Indústria Têxtil do Ave S.A., 2012
- Martins, Júlio; Couto, Carlos; João, Afonso; CLME'2013, 2003, "Qualidade de energia elétrica", documento técnico

- Nokian Capacitors, 2005, “Baterias de condensadores e filtros de harmónicas para baixa tensão”, folheto informativo
- Nokian Capacitors, 2011, “Produtos de Alta Tensão para Compensação Reativa e Filtragem de Harmónicos”, folheto informativo
- Schneider Electric, 2000, “Expert Guide 4 - Harmonic detection and filtering”, guia técnico
- Schneider Electric, 2000, “Expert Guide 6 - Capacitor bank protection”, guia técnico
- Schneider Electric, 2002, “Compensação da energia reativa em presença de harmónicas”, manual técnico
- Schneider Electric, 2003, “Compensação da energia reativa em presença de harmónicas”, manual técnico
- Schneider Electric, 2009, “Harmonics mitigation and solutions”, manual técnico
- Schneider Electric, 2010, “Compensação de energia reactiva e Filtragem de harmónicas B.T.”, manual técnico
- WEG, 2009, “Manual para Correção do Fator de Potencia”, manual técnico

# Anexo A

## Planta do Salão 2 Piso 0









## Anexo C

### Fatura de GN de Junho 2013

		<b>GAS</b>
<b>RESUMO FACTURAÇÃO</b> Data Factura: 08/08/2013 Período de facturação: PERÍODO DE JULHO 2013 Factura nº: RN130823730	<b>Dados do Cliente</b> Razão Social: INDÚSTRIA TEXTIL DO AVE, SA NIF/CIF: PT500138265 Morada Fiscal: R ANTÓNIO JOSÉ COSTA 200 4760-608 LOUSADO PORTUGAL Código Cliente: 335028371004 CPE: PT160100000225531QZ Morada de Fornecimento: R.Vereador António José da Costa, Apdo. 5001 - Lousado	
<b>Total Factura</b> 109.840,54 €	<b>Tipo de Contrato:</b>  INDÚSTRIA TÊXTIL do AVE, S.A. Rua Verador A. José da Costa, 200 4764-601 - Lousado - Braga	
<b>Facturação</b>		
<b>DESCRIÇÃO</b>		
Taxa fixa: 426,29 Euro x 1,00 mes –	426,29 €	
T. Fixo (Fator de Utilização): 0,069816 Euro/(kWh/dia)/mes x 120,025 kWh/dia –	8.379,67 €	
Tª Energia (Indexada Hubs): 0,030957 Euro/kWh x 2.364.543 kWh –	73.199,16 €	
Tª da Energia (Taxa): 0,003035 Euro/kWh x 2.364.543 kWh –	7.176,39 €	
Taxa de Ocupação do Subsolo:	147,28 €	
<b>IVA</b>	23,00 sobre 89.181,51 €	20.511,75 €
<b>Total Factura</b>		<b>109.840,54 €</b>



## Anexo D

### Proposta de renovação da bateria do QGBT PT1



Schneider Electric Portugal  
 SAT - Serviço Assistência Técnica  
 Parque Oriente, R.D.N.Alvares Pereira Nº 4 Bl-17  
 2695-167 Bobadela  
 assistencia.tecnica@schneider-electric.com  
 Telefone: + 351 219 491 610 / Fax: + 351 219 491 611

INDUSTRIA TEXTIL DO AVE, SA  
 LOUSADO  
 4760-608 LOUSADO  
 Att: Joaquim Rocha

Data: 04/06/2013

S/Refº

N/Refº 1270019398

Nota: 300274744

Assu.: **Proposta**

Exmos Senhores;

Temos o prazer de submeter à vossa apreciação a nossa melhor proposta para:

Quant	Referência	Denominação	P.Unit	DT0%	Valor
1	TEXTOPWMOD004	Renovação BC PT1	8.283,87	0,00	8.283,87
1	TEXTOPWMOD004	Renovação Disj QGBT	2.415,84	0,00	2.415,84

Renovação da Bateria de Condensadores para Compensação do Factor de Potência do PT1 nas instalações da ITA.

Descrição dos equipamentos a fornecer:

- 6 escalões 50 kVAr VarplusCan Energy, equipados com disjuntor NSX100, contactor e bobine anti-harmónica 210 Hz;
- 1 disjuntor NS800H 3P fixo para protecção à bateria no QGBT (opcional).

Descrição dos trabalhos:

- remover os escalões actuais;
- fornecimento e montagem no mesmo local dos novos escalões;
- parametrização do relé varimétrico;
- assistência à colocação em serviços;
- fornecimento e montagem do disjuntor de protecção à bateria no QGBT (opcional).

Prazo de aprovisionamento 5/6 semanas.

Trabalhos a realizar em dia útil e horário laboral.

O valor global da presente proposta (IVA incluído a taxa legal em vigor) é de EUR 13.160,64