

**DEPARTAMENTO DE**  
**ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES**

**Utilização Racional de Energia Eléctrica**  
**Caracterização e Aplicação**  
**de sistemas integrados**  
**de gestão de energia eléctrica**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**UNIVERSIDADE DO PORTO**

Rua dos Bragas, 4099 Porto Codex - PORTUGAL

# Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Utilização Racional de Energia Eléctrica  
Caracterização e Aplicação  
de sistemas integrados  
de gestão de energia eléctrica

621.3(013)  
Nogueira

UNIVERSIDADE DO PORTO
Faculdade de Engenharia
BIBLIOTECA
N.º 18822-01
CDU
Data 28 / 2 / 1992

621.3(013)

Elisabete Maria da Silva Marques Nogueira

Outubro 1991

043 M

N 7.11.  
M

## **Agradecimentos**

**Ao Professor Borges Gouveia, meu orientador científico por toda a atenção que dispensou à orientação do trabalho e à revisão da tese.**

**Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto que me facultou as condições necessárias à frequência do Mestrado.**

**A todos os meus colegas do gabinete que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e em particular à colega Helena Leitão e aos colegas Filipe de Moraes e Rui Sarmento.**

**Aos engenheiros João Teixeira e António Correia Alves do INESC pelos conhecimentos que me transmitiram durante a realização deste trabalho.**

**Aos meus pais, irmã e marido pela ajuda que me deram para levar a cabo a execução deste trabalho.**

**Tese submetida para satisfação  
parcial dos requisitos do programa de Mestrado  
em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
no perfil de sistemas de energia.**

**Tese realizada sob a supervisão do  
Professor Doutor Joaquim José Borges Gouveia  
Professor Associado do departamento de Engenharia  
Electrotécnica e de Computadores  
da  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**

## INDICE

<b>1. Panorama energético Nacional</b>	
1.1-Introdução.....	2
<b>1.2-Situação Energética Nacional</b>	
1.2-1-Consumos energéticos.....	2
1.2-2-Recursos energéticos.....	6
1.2-3-Indicadores energéticos.....	8
1.3-Política Energética Nacional.....	9
1.4-Conclusões.....	10
<b>2. Racionalização do consumo de energia eléctrica</b>	
2.1-Introdução.....	12
<b>2.2-Conservação de Energia Eléctrica</b>	
2.2-1-Perdas energéticas típicas.....	15
2.2-2-Minimização das perdas em instalações eléctricas.....	15
<b>2.3-Gestão de energia</b>	
2.3-1-Introdução.....	21
2.3-2-Componentes duma produção eficiente.....	21
2.3-3-Relação produção-energia.....	23
2.3-3-1-Consumo específico.....	25
2.4-Conclusões.....	26
<b>3. Sistemas de Gestão de Energia</b>	
3.1-Introdução.....	28
<b>3.2-Tipos de sistemas de gestão de energia eléctrica ( S.G.E. )</b>	
3.2-1-S.G.E. pré-programados ou restritos.....	29
3.2-2-S.G.E. programáveis ou compreensivos.....	30
<b>3.3-Funções básicas dos sistemas de gestão de energia</b>	
3.3-1-Funções de controlo.....	32
3.3-2-Funções de supervisão.....	
<b>3.4-Inserção dum S.G.E. num sistema integrado de gestão de produção</b>	
3.4-1-Introdução.....	42
3.4-2- Níveis dum sistema integrado de gestão de produção.....	42
3.4-3- Redes de comunicação em ambientes industriais.....	43
<b>4. Descrição dum sistema integrado de gestão de energia</b>	
4.1-Especificações do sistema.....	45
4.2-Funções do sistema .....	46
<b>4.3-1-Funções de programação</b>	
4.3-1-1-Programação da ponta.....	47
4.3-1-2-Programação do factor de potência.....	53

4.3-1-3-Programação horária.....	53
4.3-2-Funções de supervisão	
4.3-2-1-Registo de consumos de energia eléctrica.....	54
4.3-2-2-Cálculo do custo de energia eléctrica.....	56
4.3-2-3-Registo e sinalização de alarmes.....	57
4.3-2-4-Registo de ocorrências.....	57
4.3-2-5-Monitorização.....	57
4.3-2-6-Utilitários.....	58
4.4-Acesso ao sistema.....	58
4.5-Conclusões.....	59
<b>5. Aplicações industriais</b>	
5.1-Aplicação I	
5.1-1-Descrição do processo .....	61
5.1-2-Resultados da instalação do sistema de gestão de energia.....	62
5.2-Aplicação II	
5.2-1-Características dos equipamentos da instalação.....	64
5.2-2-Análise dos consumos da instalação.....	66
5.2-3-Estudo teórico da redução do valor da ponta.....	69
5.3-Conclusões.....	71
<b>6. Programa de tarifa óptima</b>	
6.1-Introdução.....	73
6.2-Características do programa desenvolvido	
6.2-1-Tensão.....	74
6.2-2-Potência.....	75
6.2-3-Energia activa .....	76
6.2-4-Energia reactiva .....	77
6.3-Estrutura do programa desenvolvido	
6.3-1-Base de dados .....	78
6.3-2-Sequência de tarefas .....	79
6.3-3- Apresentação de resultados.....	83
6.4-Conclusões.....	92
6.5-Desenvolvimentos futuros.....	93
<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>94</b>

## INTRODUÇÃO

A importância e actualidade do tema racionalização dos consumos de energia eléctrica reside não só no facto de Portugal ser muito dependente do exterior sob o ponto de vista energético mas também na necessidade premente de diminuir a intensidade eléctrica da economia ou seja a diminuição do consumo de electricidade por PIB. Em Portugal no período de 1980-1987 verificava-se um crescimento da electricidade mais rápido que o crescimento económico e embora esse crescimento ainda se verifique é no entanto de uma forma mais lenta.

Embora tenha sido feito um grande esforço de racionalização do consumo de energia eléctrica e da energia em geral através dum conjunto de incentivos financeiros, muito há ainda a fazer.

O trabalho apresentado tem por objectivo o estudo dum sistema integrado de gestão de energia eléctrica e o impacto da sua instalação em pelo menos duas unidades fabris do norte de Portugal e a elaboração dum programa capaz de facilmente analisar consumos e custos de energia eléctrica assim como efectuar estudos de simulação e optimização.

No primeiro capítulo deste trabalho é feita uma abordagem sucinta da panorâmica energética nacional com a obtenção de conclusões importantes na área dos consumos eléctricos uma vez que esta tese se debruça sobre estes consumos em particular.

A racionalização dos consumos de energia eléctrica pode ser vista segundo dois vectores que são a conservação de energia eléctrica e a sua gestão numa perspectiva integrada e como factor de produção.

No segundo capítulo deste trabalho são apresentadas um conjunto de regras práticas que devem ser utilizadas no cálculo dum circuito eléctrico e na instalação dos aparelhos consumidores desta forma de energia para efeitos de minimização das perdas de energia eléctrica. Ainda neste capítulo se focam alguns aspectos importantes da relação produção-energia.

No terceiro capítulo apresentam-se dois tipos de arquitectura dos sistemas de gestão de energia eléctrica e descrevem-se numa forma exhaustiva as funções básicas que normalmente estão associadas a estes sistemas sob o ponto de vista de controlo e supervisão.

No quarto capítulo é descrito um sistema integrado de gestão de energia eléctrica desenvolvido no INESC sendo apresentadas com algum detalhe as funções de controlo nele implementadas.

No quinto capítulo são apresentados estudos e conclusões da aplicação do sistema descrito no capítulo quarto em duas empresas do norte do país.

No capítulo sexto é descrita a estrutura geral do programa computacional desenvolvido e de uma forma sumária o encadeamento das tarefas que este executa. Também neste capítulo se apresentam os diversos tipos de

resultados que o programa oferece assim como as potencialidades e desenvolvimentos futuros que pode ter.

Embora os quadros e gráficos apresentados neste capítulo digam respeito apenas à média tensão e à contagem de energia tri-horária, o programa foi ensaiado para os níveis de baixa, média, alta e muito alta tensão assim como para tipos de contagem de energia tri e bi horária.



## **CAPITULO I - Panorâmica energética nacional**

1.1-Introdução.....	2
1.2-Situação energética nacional.....	2
1.3-Política energética nacional.....	9
1.4-Conclusões.....	10

# CAPITULO I

## 1.1- INTRODUÇÃO

Uma vez que a dissertação em causa irá abordar o tema racionalização do consumo de energia eléctrica, impõe-se aqui apresentar uma panorâmica geral do sector energético nacional cuja cobertura completa passa pela análise dos seguintes pontos:

- 1.1-Situação energética Nacional
- 1.2-Política energética Nacional

## 1.2- SITUAÇÃO ENERGÉTICA NACIONAL

### 1.2-1 - CONSUMOS ENERGÉTICOS

Portugal é fortemente dependente do exterior em termos energéticos como se pode deduzir da análise dos quadros das figuras 1.1 e 1.2 os quais são indicadores do peso deste sector na economia portuguesa.

O quadro da figura 1.1 relaciona os valores da importação líquida e da produção doméstica de energia com os valores de consumo de energia primária entre 1973 e 1987. Os valores do quadro vêm expressos em Ktep (Kilotonelada equivalente de petróleo).

	CARVÃO			PETRÓLEO IMPORTAÇÃO	ELECTRICIDADE (3)			OUTRAS DOMÉSTICA	TOTAL			DEPENDÊNCIA EXTERNA (%) (4)
	PRODUÇÃO DOMÉSTICA	IMPORTAÇÃO	TOTAL		PRODUÇÃO EQUIVALENTE	IMPORTAÇÃO LÍQUIDA	TOTAL		PRODUÇÃO DOMÉSTICA	IMPORTAÇÃO	CONSUMO INTERNO	
1973	151,0	336,0	487,0	5 454,0	631,0	0,0	631,0	666,0	1 448,0	5 790,0	7 238,0	80,0
1977	51,0	350,0	401,0	6 633,0	814,0	0,0	814,0	682,0	1 547,0	6 983,0	8 530,0	81,9
1980	97,0	325,0	422,0	8 009,0	694,0	157,0	851,0	738,0	1 529,0	8 491,0	10 020,0	84,7
1983	58,0	332,0	390,0	9 195,0	699,0	113,0	812,0	853,0	1 610,0	9 640,0	11 250,0	85,7
1985	71,0	707,0	778,0	8 456,0	933,0	193,0	1 126,0	1 050,0	2 054,0	9 356,0	11 410,0	82,0
1986	137,0	1 313,0	1 450,0	9 133,0	735,0	162,0	897,0	1 161,0	2 033,0	10 608,0	12 641,0	83,9
1987	89,0	1 799,0	1 888,0	8 904,0	790,0	260,0	1 050,0	1 173,0	2 052,0	10 963,0	13 015,0	84,2

Figura 1.1 - Consumo de energia primária

Designa-se por importação líquida de energia o valor da importação menos o valor da exportação de energia. Nos anos em que a importação é inferior à exportação considera-se a importação líquida igual a zero com a produção equivalente correspondente igual à produção doméstica. Neste quadro a contabilização de electricidade primária utiliza o factor de conversão 1GWh = 86 tep ou seja o equivalente térmico na utilização. Existe outro critério de contabilização de energia que pode ser utilizado para conversão dos valores de energia hidroeléctrica e nuclear é o do equivalente na produção ou seja a quantidade de combustível fóssil que seria necessário queimar numa central térmica clássica para obter 1GWh. Como isto depende do rendimento da central considera-se o factor de conversão correspondente a um rendimento padrão de 38,5 % o que implica 1GWh = 223 tep que é o factor adoptado pela C.M.E. ( Conferência Mundial de Energia ) e pela A.I.E. ( Agência Internacional de Energia ).

No ano de 1987, 84% das necessidades de energia primária do país eram garantidas pelas importações líquidas

Também nesse quadro se verifica que do consumo de energia primária aproximadamente 68% pertence ao petróleo e o restante ao carvão, hídrica e outras ( lenhas, resíduos industriais, gás ) o que se traduz em elevados encargos de divisas para o país assim como o aumento do défice da balança comercial.

O quadro da figura 1.2 apresenta o consumo final de energia por sectores de actividade económica entre 1973 e 1987, donde se pode concluir que os sectores mais consumidores de energia são os da indústria e dos transportes seguido do sector doméstico e serviços. Este sector não é de forma alguma de desprezar em relação ao consumo de energia eléctrica pois como se pode observar no quadro 1.3 , 40,5 % do consumo total no sector é garantido pela electricidade cabendo a maior parcela deste consumo ao sector dos serviços.

	1973		1977		1980		1983		1985		1986		1987		Taxa cresc médio anual (%)		
	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	73/80	80/87	73/87
Agricultura	350.7	6.0	268.0	3.9	339.0	4.4	348.6	4.2	411.7	4.9	431.6	5.0	433.0	4.7	(0.5)	3.6	1.5
Pescas	91.3	1.6	97.6	1.4	101.7	1.3	104.3	1.3	133.5	1.6	126.3	1.5	157.0	1.7	1.6	6.4	3.9
Ind extractiva	13.0	0.2	15.2	0.2	27.3	0.4	27.0	0.3	25.9	0.3	23.5	0.3	27.0	0.3	11.2	(0.2)	5.4
Ind. Transform.	2395.4	41.3	2915.2	42.8	3329.9	43.0	3399.6	41.2	3513.5	41.8	3536.3	40.7	3614.0	39.5	4.8	1.2	3.0
Const Ob Púb	60.2	1.0	72.2	1.1	75.4	1.0	82.6	1.0	77.9	0.9	91.2	1.0	108.0	1.2	3.3	5.3	4.3
Transportes	1717.8	29.6	2053.6	30.2	2285.3	29.5	2532.4	30.7	2424.2	26.8	2621.7	30.2	2899.0	31.7	4.2	3.5	3.8
Dom + Serv. dos quais:	1175.0	20.2	1382.8	20.3	1592.2	20.5	1751.0	21.2	1819.3	21.6	1856.1	21.4	1906.0	20.8	4.4	2.6	3.5
Doméstico	828.5	4.3	990.3	14.6	1146.7	14.8	1229.4	14.9							4.8		
Serviços	346.5	0	392.5	5.8	445.5	5.7	521.6	6.3	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	3.7	(2)	(2)
TOTAL	5803.4	0.0	6804.6	100.0	7750.8	100.0	8245.5	100.0	8405.9	100.0	8666.7	100.0	9144.0	100.0	4.2	2.4	3.3

Figura 1.2 - Consumo de energia final por sector

Desde 1973 até 1987 verifica-se uma crescente utilização de electricidade neste sector sendo esta penetração um reflexo natural duma crescente modernização devida sobretudo à utilização de aparelhos eléctricos no escritório e de climatização e ainda pela exigência de níveis de iluminação artificial mais elevados.

SECTOR	ANOS	CARVÃO		PETRÓLEO		ELECTRICIDADE		GÁS DE COQUE		OUTROS LENHAS (3)		TOTAL ktep
		ktep	% (3)	ktep	% (3)	ktep	% (3)	ktep	% (3)	ktep	% (3)	
AGRICULTURA	1973	-	-	346.4	98.8	4.3	1.2	-	-	-	-	350.7
	1977	-	-	261.3	97.5	6.8	2.5	-	-	-	-	268.1
	1980	-	-	329.9	97.3	9.3	2.7	-	-	-	-	339.2
	1983	-	-	336.4	96.5	12.2	3.5	-	-	-	-	348.6
	1985	-	-	396.6	96.3	15.1	3.7	-	-	-	-	411.7
	1986	-	-	416.1	96.4	15.5	3.6	-	-	-	-	431.6
	1987	-	-	416.0	96.1	17.0	3.9	-	-	-	-	433.0
PESCAS	1973	-	-	91.3	100.0	-	-	-	-	-	-	91.3
	1977	-	-	97.6	100.0	-	-	-	-	-	-	97.6
	1980	-	-	101.7	100.0	-	-	-	-	-	-	101.7
	1983	-	-	104.3	100.0	-	-	-	-	-	-	104.3
	1985	-	-	133.5	100.0	-	-	-	-	-	-	133.5
	1986	-	-	126.3	100.0	-	-	-	-	-	-	126.3
	1987	-	-	157.0	100.0	-	-	-	-	-	-	157.0
INDÚSTRIA EXTRACTIVA	1973	-	-	6.9	53.1	6.1	46.9	-	-	-	-	13.0
	1977	-	-	7.9	52.0	7.3	48.0	-	-	-	-	15.2
	1980	-	-	18.8	68.9	8.5	31.1	-	-	-	-	27.3
	1983	-	-	15.8	58.5	11.2	41.5	-	-	-	-	27.0
	1985	-	-	13.8	50.3	12.1	46.7	-	-	-	-	25.9
	1986	-	-	10.8	46.0	12.7	54.0	-	-	-	-	23.5
	1987	-	-	14.0	51.9	13.0	48.1	-	-	-	-	27.0
INDÚSTRIA TRANSFORMA- DORA	1973	254.9	10.6	1380.9	57.6	416.4	17.4	2.7	0.1	340.5	14.2	2395.4
	1977	264.6	9.1	1755.7	60.2	546.2	18.7	2.7	0.1	346.0	11.9	2915.2
	1980	263.7	7.9	2048.6	61.5	691.9	20.8	3.6	0.1	322.1	9.7	3329.9
	1983	274.2	8.1	1998.0	58.8	731.2	21.5	3.8	0.1	392.5	11.5	3399.7
	1985	470.7	13.4	1682.8	47.9	776.2	22.1	3.0	0.1	581.1	16.5	3513.8
	1986	614.8	17.4	1415.6	40.0	820.0	23.2	3.3	0.0	684.6	19.4	3536.3
	1987	661.0	18.3	1433.0	39.7	841.0	23.3	3.0	0.0	678.0	18.8	3614.0
CONSTRUÇÕES E OBRAS PÚBLICAS	1973	1.3	2.2	55.2	91.7	3.7	6.1	-	-	-	-	60.2
	1977	-	-	67.8	93.9	4.4	6.1	-	-	-	-	72.2
	1980	-	-	70.6	93.6	4.8	6.4	-	-	-	-	75.4
	1983	-	-	77.7	94.0	5.0	6.0	-	-	-	-	82.7
	1985	-	-	72.7	93.3	5.2	6.7	-	-	-	-	77.9
	1986	-	-	85.6	93.9	5.6	6.1	-	-	-	-	91.2
	1987	-	-	100.0	92.6	8.0	7.4	-	-	-	-	108.0
TRANSPORTES	1973	23.2	1.4	1675.9	97.6	18.7	1.7	-	-	-	-	1717.8
	1977	13.0	0.6	2020.7	96.4	19.9	1.0	-	-	-	-	2053.6
	1980	0.7	0.0	2263.5	93.0	21.1	0.9	-	-	-	-	2385.3
	1983	1.0	0.0	2511.4	93.2	19.9	0.8	-	-	-	-	2532.3
	1985	1.1	0.0	2401.1	99.0	22.0	0.9	-	-	-	-	2424.2
	1986	1.3	0.0	2598.4	99.1	22.0	0.8	-	-	-	-	2621.7
	1987	0.0	0.0	2877.0	99.2	22.0	0.8	-	-	-	-	2899.0
DOMÉSTICO + SERVIÇOS	1973	15.3	1.3	596.6	50.8	251.5	21.4	51.0	51.0	260.5	22.2	1174.9
	1977	9.7	0.7	670.5	48.5	379.8	27.5	54.5	54.5	268.3	13.4	1382.8
	1980	6.1	0.4	703.3	44.2	497.1	31.2	55.7	55.7	330.0	20.7	1592.2
	1983	3.3	0.2	721.2	41.2	628.0	35.9	58.6	58.6	340.0	19.4	1751.1
	1985	0.9	0.0	711.7	39.1	689.5	37.9	56.9	56.9	360.0	19.8	1819.0
	1986	1.2	0.1	721.6	38.9	721.7	38.9	51.4	51.4	360.0	19.4	1855.9
	1987	1.0	0.1	722.0	37.9	771.2	40.5	52.0	52.0	360.0	18.9	1906.2
DOMÉSTICO	1973	5.3	0.5	370.9	44.8	151.5	18.3	40.2	40.2	260.5	31.4	828.4
	1977	2.0	0.2	444.1	44.8	233.4	23.6	42.5	42.5	268.3	27.1	990.3
	1980	1.2	0.1	481.3	42.0	291.7	25.4	42.5	42.5	330.0	28.8	1146.7
	1983	0.5	0.0	475.5	38.7	368.0	29.9	45.4	45.4	340.0	27.7	1229.4
	1985	0.1	0.0	460.2	36.9	383.4	30.7	44.5	44.5	360.0	28.8	1248.2
	1986	0.1	0.0	476.9	-	-	-	39.9	39.9	360.0	-	-
	1987	0.0	(4)	501.0	(4)	(4)	(4)	40.0	40.0	360.0	(4)	(4)
SERVIÇOS	1973	10.0	2.9	225.7	65.1	100.0	28.9	10.8	10.8	-	-	346.5
	1977	7.7	2.0	226.4	57.7	146.4	37.3	12.0	12.0	-	-	392.5
	1980	4.9	1.1	222.0	49.8	205.4	46.1	13.2	13.2	-	-	445.5
	1983	2.8	0.5	245.7	47.1	260.0	49.8	13.2	13.2	-	-	521.7
	1985	0.8	0.1	251.5	44.1	306.1	53.6	12.4	12.4	-	-	570.8
	1986	1.1	0.1	244.7	-	-	-	11.5	11.5	-	-	-
	1987	1.0	(4)	221.0	(4)	(4)	(4)	12.0	12.0	-	-	(4)
TOTAL	1973	294.7	5.1	4153.2	71.6	700.7	12.1	53.7	53.7	601.0	10.4	5803.3
	1977	287.3	4.2	4881.5	71.7	964.4	14.2	57.2	57.2	614.3	9.0	6804.7
	1980	270.5	3.5	5536.4	71.4	232.7	15.9	59.3	59.3	652.1	8.4	7751.0
	1983	278.5	3.4	5764.8	69.9	407.5	17.1	62.4	62.4	732.5	8.9	8245.7
	1985	472.7	5.6	5412.2	64.4	520.1	18.1	59.9	59.9	941.1	11.2	8406.0
	1986	617.3	7.1	5374.4	61.9	597.5	18.4	52.7	52.7	1044.6	12.0	8686.5
	1987	662.0	7.2	5719.0	62.5	672.2	18.3	53.0	53.0	1038.0	11.4	9144.2

Figura 1.3 - Consumo de energia final por fonte e por sector

No quadro da figura 1.3 observa-se ainda a crescente utilização de electricidade no sector da indústria transformadora embora a taxa de crescimento seja baixa. É importante salientar que este é um sector muito pesado em consumo de energia ( 39,5 % do consumo total de energia do país em 1987- figura 1.2 ) sendo 23,3% desse consumo de electricidade. Contudo tem-se verificado um decréscimo progressivo do consumo deste tipo de energia na indústria como é patente no quadro da figura 1.4 .

Sector de actividade	1970	1975	1980	1984
Indústria	<u>65,6</u>	<u>59,5</u>	<u>60,6</u>	<u>56,3</u>
• Metalurgia	6,4	6,6	9,4	6,0
• Produtos não metálicos	8,4	7,8	8,0	7,3
• Química	12,6	10,0	8,4	9,6
• Engenharia	7,9	7,0	7,8	7,0
• Alimentos, bebidas e tabaco	4,6	4,4	4,7	4,3
• Têxteis, vestuário e calçado	10,6	9,6	8,8	8,6
• Papel e artes gráficas	6,6	6,0	5,7	5,7
• Outras indústrias	8,5	8,1	7,8	7,8
Agricultura, silvicultura e pesca	0,6	0,7	0,7	0,9
Doméstico	16,9	21,4	22,1	23,7
Restante	16,9	18,4	16,6	19,1
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0

Figura 1.4 - Peso ( % ) do consumo de electricidade por sector

O quadro da figura 1.4 mostra o peso relativo do consumo de energia eléctrica por sector de actividade assim como se pode observar a sua evolução de 1970 a 1984. Está bem patente neste quadro o aumento significativo do consumo deste tipo de energia por parte dos sectores doméstico e outros não industriais. A desagregação dos vários sectores industriais permite observar o abaixamento do consumo no sector das químicas e no sector dos têxteis, vestuário e calçado.

Todos os quadros apresentados nas figuras deste capítulo até ao momento presente tiveram por fonte de consulta os livros do Plano Energético nacional emitidos pelo Ministério da Indústria e Energia.

## 1.2-2-RECURSOS ENERGÉTICOS

Com excepção da energia hidroeléctrica que normalmente corresponde a cerca de 40 a 50 % da electricidade produzida, Portugal é um país cujas fontes de energia primária são extremamente limitadas sendo previsível que num futuro próximo venham a desempenhar um papel cada vez menos decisivo.

Referem-se aqui de forma bastante sucinta algumas informações sobre a energia ao nosso dispôr tal como o carvão ,a hidroelectricidade o gás natural e as energias renováveis

### CARVÃO

As nossas reservas de carvão são escassas e de fraca qualidade podendo ter alguma penetração no mercado mas não ao nível dos transportes e agricultura que são muito dependentes do petróleo.A médio e a longo prazo poderá pensar-se na gaseificação dos nossos carvões pobres.É um mercado de escoamento muito restrito estando a rentabilidade da bacia carbonífera do Douro íntimamente ligada à central térmica da Tapada do Outeiro.

### HIDROELECTRICIDADE

Nesta forma de energia ainda há muito a fazer em Portugal em centrais de ponta e não de energia,ou seja centrais com grandes potências instaladas e pouca água ,para ajudar a rede em períodos criticos.Está prevista a entrada em funcionamento de centrais hidroeléctricas de grande e média dimensão que proporcionarão um acréscimo de 7000 GWh/ano.

Os aproveitamentos existentes de potência superior ou igual a 10 MW possuem uma produção em ano médio de 10 085 GWh representando cerca de 55 % do potencial total instalado[4].

### GÁS NATURAL

É uma energia limpa sem problemas ambientais que pode ser concorrencial ao fuel,carvão e electricidade.Está já a decorrer em Portugal o processo para a instalação dum gasoduto de distribuição de gás natural.Note-se a penetração do gás natural no consumo de energia primária na Europa dos 12 ditada pelos valores de 7 % em 1970 e 18,9 % em 1987[4].

### ENERGIAS RENOVÁVEIS

Estas poderão representar um importante recurso energético local em regiões específicas.São inseridas neste tema as energias eólica,solar (conversão térmica e fotovoltaica ), geotérmica ,biomassa ou seja

aproveitamento dos resíduos florestais e aproveitamento de efluentes para a produção de biogás), a energia hídrica (pequenos aproveitamentos hidroelétricos) sendo ainda pequena a parcela do consumo total de energia que conseguem cobrir. A grande desvantagem deste tipo de energia é inerente à irregularidade do abastecimento e à sua dispersão. Existem em Portugal estudos realizados com o fim de obter o potencial energético avaliado e estimado por região, dos recursos energéticos renováveis [FER88] como se pode observar no quadro da figura 1.5.

TIPO DE ENERGIA	POTENCIAL ESTIMADO (ktep/ano)	ESTRUTURA (%)
SOLAR TERMICO	215	4.6
SOLAR FOTOVOLTAICO	5	0.1
EÓLICA	38	0.8
HÍDRICA	1700	37
BIOMASSA SÓLIDA	2500	54
BIOGÁS	10	0.2
GEOTERMIA BAIXA ENTALPIA	8	0.2
GEOMETRIA ALTA ENTALPIA	151	3.1
TOTAL	4627	100

**Figura 1.5 - Potencial estimado dos recursos energéticos renováveis**

Além disso existem valores conhecidos do potencial energético total estimado em recursos renováveis [FER88] por região que são:

N (Norte)	1802	Ktep
C (Centro)	958	Ktep
LVT (Lisb Vale do Tejo)	581	Ktep
A (Alentejo)	737	Ktep
ALG (Algarve)	177	Ktep
ACO (Açores)	260	Ktep
MAD (Madeira)	113	Ktep

Desta formas de energia é de salientar a importância da biomassa (com inclusão dos resíduos sólidos urbanos, agrícolas e industriais) pois constata-se que cobre cerca de 10 % do consumo final de energia primária.

### 1.2-3 INDICADORES ENERGÉTICOS

Existem alguns indicadores energéticos importantes tais como a intensidades energética do PIB e a intensidade industrial e ainda da elasticidade do PIB.

O conceito normalmente utilizado de intensidade energética é o do consumo de energia final por unidade de PIB ou por unidade de valor acrescentado ( VAB ) consoante se trata do âmbito da economia global ou de sector de actividade económica[4].

Designa-se por elasticidade do PIB o aumento de energia por aumento do PIB.

É importante analisar a evolução destes indicadores através do quadro da figura 1.6 cujos valores vão de 1980 a 1986. Como se pode ver o aumento do consumo de energia é grande o que se justifica certamente não só porque a energia está presente em todas as actividades económicas mas também pela conjuntura que Portugal vive necessária à recuperação económica em curso.

(KGEP/10<sup>3</sup> ESC(EO))

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
CONSUMO TOTAL DE ENERGIA PRIMÁRIA / PIB	7,98	8,24	8,62	8,65	8,90	8,55	9,03
CONSUMO TOTAL DE ENERGIA FINAL / PIB	6,59	6,60	6,90	6,83	7,19	7,08	7,25
CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA / PRODUTO INDUSTRIAL	9,80	9,40	10,40	9,80	10,80	10,60	10,80
CONSUMO DE ENERGIA NOS TRANSPORTES / PIB	1,87	1,91	1,99	1,99	1,94	1,87	1,94

Figura 1.6 -Evolução de alguns indicadores energéticos.

Um outro indicador muito importante é designado por elasticidade do PIB que traduz o aumento de energia por aumento do PIB, ou seja se este indicador for de 1.3 significa que quando o PIB aumenta de 1% o consumo de energia aumenta de 1.3% .



O quadro da figura 1.7 permite efectuar uma comparação destes indicadores com os de outros países onde se pode constatar que o Japão e a Alemanha têm a intensidade energética industrial muito baixa o que significa uma pequena parcela de energia no produto final fabricado o que constitui um dos objectivos energéticos da comunidade europeia.

PAISES	INTENSIDADE ENERGÉTICA DO PIB (a) (TEP/1 000\$)	INTENSIDADE ENERGÉTICA INDUSTRIAL (b) (TEP/1 000\$)	ÍNDICES DE PREÇOS REAIS DA ENERGIA (c) (1980= 100)
PORTUGAL	0,48	0,45	117,4
ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA DO NORTE	0,57	0,43	82,5
JAPÃO	0,29	0,16	78,4
ÁUSTRIA	0,32	0,21	95,1
BÉLGICA	0,35	0,30	84,6
DINAMARCA	0,25	0,16	82,5
ALEMANHA	0,30	0,18	82,8
GRÉCIA	0,44	0,37	84,0
ITÁLIA	0,33	0,23	97,1
NORUEGA	0,38	0,48	102,8
ESPAÑA	0,31	0,27	97,6
SUÉCIA	0,39	0,29	90,3
TURQUIA	0,55	0,43	-
REINO UNIDO	0,34	0,24	63,4

FORNTE: OCDE

- a) - Consumo total de Energia Primária por 1000 US dollars a preço de 1980 (VALORES DE 1986)
- b) - Consumo de Energia Final por 1000 US dollars de VAB a preços de 1980 (VALORES DE 1985)
- c) - VALORES de 1987

**Figura 1.7 - Comparação de indicadores energéticos**

### 1.3- POLITICA ENERGÉTICA NACIONAL

O crescimento da procura energética verificado não pode ser indisciplinado sob pena de existirem problemas de vária ordem. Portanto para obter resultados satisfatórios neste âmbito o governo estabelecer uma política energética inovadora e ao sector privado implementar um programa de utilização racional de energia que conduza a consumos

específicos equivalentes aos seus concorrentes da Europa Central e do Norte.

Uma política energética deverá incluir não só o fornecimento de energia nas melhores condições económicas, fiscais e ecológicas mas também assegurar nestas mesmas condições a obtenção de bens e serviços que exijam a utilização de energia ou seja, se um serviço S que requer utilização de energia é conseguido pela combinação de um equipamento ou sistema A mais uma quantidade de energia E ou seja ( $S = A.E$ ) será importante olhar ao factor A e à combinação A.E .

Por outro lado, a abordagem global do sector energético deve ser transversal, ou seja, preocupar-se com todos os sectores da actividade económica desde I&D e formação até ao utilizador final. Essa mesma abordagem deverá olhar não só o lado da oferta ( sistema de produção-grandes sectores nacionais e internacionais ) mas também o lado da procura.

Dentro desta perspectiva, a política energética actual em Portugal tem por objectivos os seguintes pontos:

- . aprovisionamento a custos mínimos
- . diversificação das fontes de energia
- . aproveitamento dos recursos endógenos
- . promoção da utilização racional de energia

Para realização deste último ponto as medidas implementadas foram as seguintes: Incentivos Financeiros ( SEURE , SIURE ), Regulamento de Gestão do Consumo de Energia, Linhas de Crédito para Conservação de Energia e ainda a utilização do sistema tarifário.

#### **1.4 -CONCLUSÕES**

A análise efectuada sugere que no âmbito da racionalização do consumo de energia eléctrica a actuação é prioritária nos sectores da indústria transformadora, transportes e nos sectores doméstico e serviços. Para levar a efeito uma acção com bons resultados será necessário encontrar ferramentas de análise destes consumos e formas de correcção das perdas desnecessárias de energia assim como uma melhor gestão da energia eléctrica disponível.

## **CAPITULO II - Racionalização do consumo de energia eléctrica**

2.1-Introdução.....	12
2.2-Conservação de energia eléctrica.....	15
2.3-Gestão de energia.....	21
2.4-Conclusões.....	26

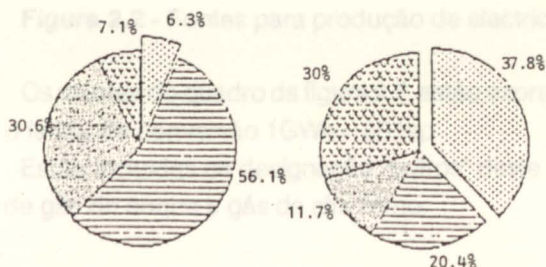
## CAPITULO II

### 2.1-INTRODUÇÃO

Em Portugal no período de 1980 a 1987 verificou-se um crescimento do consumo final de energia inferior ao crescimento económico ou seja a intensidade energética tem vindo a diminuir. Contudo o consumo de electricidade tem crescido rapidamente quer em relação ao consumo de energia final quer relativamente ao crescimento económico. O índice que traduz a última dependência mencionada designa-se por intensidade eléctrica ou seja o consumo de electricidade / PIB.

O consumo de electricidade per capita no nosso país é ainda o mais baixo da Comunidade Europeia ou seja 1862 KWh / ano em 1986 sendo portanto de prever o aumento do mesmo[4]. A evolução do consumo de electricidade no futuro irá depender da evolução do nível de actividade de cada sector bem como da intensidade eléctrica que difere para cada sector industrial. O peso da componente eléctrica sob o ponto de vista económico está bem patente no gráfico da figura 2.1 o qual mostra o elevado custo da pequena parcela de energia eléctrica no contexto geral da energia em Portugal.

	1980	1983	1984	1985	1986
Carvão	19	438	601	699	933
Petróleo	14	108	115	147	24
Hídrica	694	438	601	699	933
Outros	89	108	115	147	24
Total	2366	2495	2572	2865	7319



DESAGREGAÇÃO DE ENERGIA - GJ

DESAGREGAÇÃO DE ENERGIA - CUSTOS

Figura 2.1 - Custos de energia

O custo daquela energia tenderá a agravar-se daí que se assiste em Portugal a um período de transição dun sistema electroprodutor hidroeléctrico para um sistema predominantemente termoeléctrico. Verificou-se por exemplo que para um coeficiente de

produtividade (quociente entre a produção hidroelétrica observada e a produção hidroelétrica esperada pela média dos regimes) de 0.87 superior à verificada no início da presente década que foi de 0.78 , a percentagem de produção de origem hídrica desceu de 50 % para 42 % [4].

Em Portugal a evolução da estrutura da produção de electricidade aponta para a crescente utilização de centrais a carvão sendo isto uma tendência contrária à verificada na Comunidade Europeia .Aqui apesar das centrais a carvão ocuparem a primeira posição na estrutura da produção de electricidade a sua contribuição tem vindo a descer tendo a produção de origem nuclear triplicado no mesmo período ( 1980-1987)[4].

Os quadros das figuras 2.2 e 2.3 mostram respectivamente quais as fontes que contribuem para a produção de electricidade com os correspondentes quantitativos e os valores finais de produção bruta de electricidade sendo de referir a inversão de valores verificada de 1985 para 1986 no quadro da figura 2.3.

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Carvão	87	91	66	52	19	224	764
Petróleo	1476	1860	1790	2067	1941	1538	1767
Hídrica	694	438	601	699	850	933	735
Outros	99	106	115	147	126	124	136
Total	2356	2495	2572	2965	2936	2819	3402

Figura 2.2 - Fontes para produção de electricidade

Os valores do quadro da figura 2.2 estão expressos em  $10^3$  tep e utilizam o factor de conversão  $1\text{GWh} = 86$  tep

Estão incluídas na designação "outros" deste quadro as lenhas, resíduos de gás de coque e gás de alto forno.

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Hídrica	8073	5095	6982	8132	9882	10851	8543
Térmica	7190	8805	8436	10027	9602	8260	11812
Total	15263	13900	15418	18159	19484	19111	20355

Figura 2.3 - Produção bruta de electricidade em GWh

Dado o elevado custo deste tipo de energia é de todo importante encontrar meios técnicos de a economizar o que é possível através da racionalização do consumo de energia eléctrica quer em edifícios quer na indústria não querendo isto dizer de forma alguma perda de condições de conforto nos edifícios ou perda de produção na indústria.

Pode dizer-se que a utilização racional de energia eléctrica se obtém através de dois grandes vectores que são:

**CONSERVAÇÃO DE ENERGIA**

**GESTÃO DE ENERGIA**

Estes dois temas são abordados nos pontos seguintes deste capítulo com alguma profundidade .

## 2.2- CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA

### 2.2 -1 Perdas energéticas típicas

Como sabemos qualquer instalação eléctrica é constituída por motores, transformadores, lâmpadas e outros aparelhos eléctricos que apresentam genericamente perdas de três tipos:

- . Perdas por efeito joule
- . Perdas por histerese
- . Perdas por correntes de Foucault

- Perdas por efeito Joule

As perdas por efeito Joule, são devidas à passagem da corrente alternada ou continua nos condutores, sendo proporcionais ao quadrado daquela corrente. Traduzem-se por uma libertação de calor e estão presentes em todos os componentes dum circuito eléctrico tais como alternadores, transformadores, linhas e cabos eléctricos, motores, lâmpada e outros.

- Perdas por Histerese

As perdas por histerese são provocadas pela magnetização do ferro. Manifestam-se nos circuitos magnéticos submetidos a campos alternados como por exemplo nos alternadores, transformadores e balastros das lâmpadas.

- Perdas por correntes de Foucault

As perdas devidas às correntes de Foucault são imputáveis às correntes induzidas parasitas que surgem fundamentalmente nos condutores de grandes secções e nos circuitos magnéticos percorridos por correntes alternadas.

### 2.2 -2 Minimização das perdas em instalações eléctricas

Analisaremos em seguida os principais elementos de um circuito eléctrico clássico sob o ponto de vista de perdas incluindo as regras mais simples de actuação para minimizar as mesmas e por consequência os custos da energia utilizada.

#### TRANSFORMADORES

Nestes aparelhos eléctricos abordaremos as seguintes características:

Perdas em "vazio" ou "no ferro"

São perdas no circuito magnético por histerese e por correntes de Foucault e existem sempre que um transformador está sob tensão mesmo que não forneça energia sendo por este motivo conveniente desligar um transformador não utilizado. Hoje em dia existem aparelhos que permitem limitar as perdas em vazio nas horas de pequena laboração.

Estas perdas nos grandes transformadores são proporcionalmente menos importantes do que nos pequenos.

#### Perdas em "carga" ou "no cobre"

São as perdas por efeito Joule no cobre dos enrolamentos do transformador e são aproximadamente proporcionais ao quadrado da carga. Para cargas elevadas, as perdas no cobre são mais elevadas do que as perdas no ferro.

#### Rendimento

Nos transformadores mais modernos, a curva de rendimento em função da carga é bastante achatada o que significa que não é preciso fazê-los funcionar a cargas elevadas ou constantes.

Verifica-se na prática que estes aparelhos trazem grandes poupanças de energia quando trabalham a meia carga e não à plena carga pois nesta situação as perdas no cobre são mais elevadas e acarretam uma diminuição da longevidade do aparelho.

Contudo este modo de funcionamento tem de ter em consideração o modo de exploração da instalação assim como a sua previsível evolução.

Ainda sobre os transformadores será de referir que dada a evolução tecnológica verificada as perdas no ferro e no cobre dum transformador mais moderno são significativamente inferiores às dos aparelhos antigos sendo por isso importante a sua substituição logo que possível.

Ainda uma outra referência aos transformadores utilizados em baixa tensão sobretudo na indústria para alimentação de circuitos electrónicos, separação de circuitos e transformadores de segurança que normalmente são construídos para se venderem a baixo preço com chapas magnéticas de má qualidade e circuitos subdimensionados que normalmente desperdiçam grandes quantidades de energia.

#### **MOTORES**

A produção de energia mecânica absorve cerca de metade da energia eléctrica consumida no nosso país sendo pois um sector prioritário na poupança de energia. Os melhores resultados conseguem-se quando a potência do motor está adaptada à máquina que acciona sendo necessário em caso de regimes de funcionamento muito variáveis equipar o motor com



dispositivos electrónicos de variação de velocidade. Por outro lado já existem no mercado motores do tipo "perdas reduzidas" que conseguem economias bastante razoáveis sobretudo se o tempo de utilização anual for suficientemente longo.

### Rendimento

A curva de rendimento dos motores modernos mais usados é geralmente constante a partir da meia carga apesar do seu factor de potência continuar a crescer para além deste valor como se pode ver na figura 2.4.

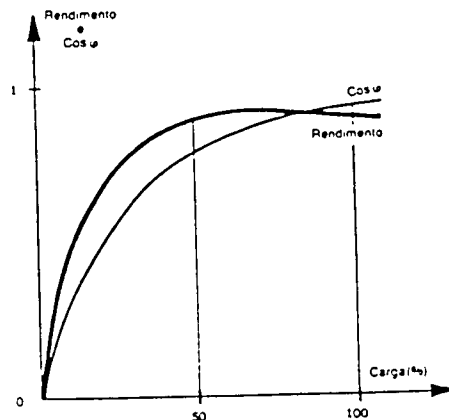


Figura 2.4 - Curvas de rendimento e factor de potência

Abaixo da meia carga qualquer motor consome muita energia mas por outro lado perto da plena carga o aquecimento limita a sua longevidade. Portanto deve haver uma solução de compromisso que entre em linha de conta com estes dois factores ou seja normalmente é económico pôr a funcionar os motores a cargas da ordem de 70 a 80%.

É de referir que o sobredimensionamento dos motores acarreta um aumento considerável de perdas.

### ILUMINAÇÃO

A energia eléctrica consumida em iluminação é uma pequena parcela da energia total consumida na instalação mas é um sector onde é possível obter grandes poupanças de energia.

Na optimização da implementação dum sistema de iluminação deverão estar incluídos os seguintes passos:

- . Redução e fraccionamento da iluminação em função das necessidades mínimas.
- . Plano de manutenção sistemática dos aparelhos

. Modernização da instalação

. Recuperação de calor

#### Redução e fraccionamento

Existem normalizados os níveis de iluminação necessários para obter as condições de bem estar e de boa qualidade de execução de tarefas dos ocupantes duma certa área de serviços.

A primeira medida de poupança de energia consiste em reduzir o tempo de funcionamento dos focos de iluminação o que implica a máxima utilização da luz natural disponível devendo por isso neste sentido diminuir-se os níveis de intensidade da luz nos corredores, áreas de circulação e outras.

Nas áreas de muita actividade poderá diminuir-se o nível geral de intensidade de luz criando focos pontuais de luz.

O fraccionamento da instalação eléctrica deverá suprimir tanto quanto possível a intervenção humana através da automatização das operações de ligar/desligar.

#### Manutenção

O desperdício energético duma instalação eléctrica sob o ponto de vista de iluminação é muitas vezes devido à ausência de manutenção.

Um bom programa de manutenção sistematizada inclui os seguintes pontos:

. Limpeza das lâmpadas e armaduras com substituição se fôr necessário das unidades defeituosas.

. Substituição sistemática a longo prazo de todas as lâmpadas e controlo dos órgãos de alimentação tais como por exemplo casquilhos, arrancadores e condutores.

Um estudo de custos dentro do contexto da empresa permite definir o ciclo óptimo de intervenções ou seja a separação no tempo e qual o tipo de medida a efectuar de cada vez que o nível de iluminação mínimo definido seja atingido. A figura 2.5 é bastante elucidativa dos resultados obtidos com a manutenção sistemática programada representando a evolução típica da iluminação média ao longo do tempo naquelas condições.

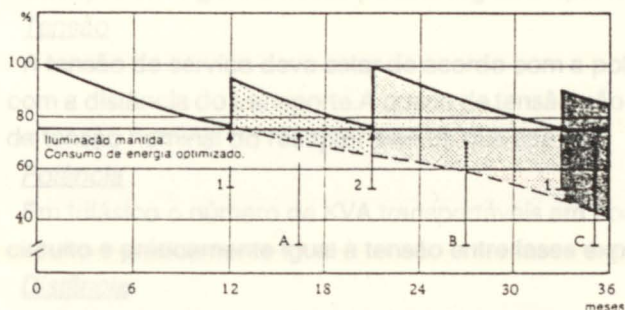
Os pontos 1 e 2 da figura sinalizam respectivamente as operações de limpeza e de manutenção geral.

Na mesma figura as zonas A, B e C representam os ganhos obtidos.

A-ganho por redução da influência do empoeiramento

B-ganho após limpeza e substituição de lâmpadas

C-ganho global da política de manutenção.



**Figura 2.5 - Resultado dum programa de manutenção sistemática**

### Modernização

A modernização impõe-se sobretudo em relação às lâmpadas pois hoje em dia a eficiência destes artigos é extraordinária ou seja o número de lumens por watt consumido sem detrimento da nitidez das cores e da duração de vida é cada vez mais alto. Por exemplo em relação às lâmpadas de filamento clássicas ( 13 a 19 lm/w ) existem fontes com rendimentos 12 vezes superior tais como:

Tubos fluorescentes: 40 a 85 lm/w

Lâmpadas de âmpola fluorescentes: 35 a 55 lm/w

Lâmpadas de sódio a alta pressão: 90 a 110 lm/w

Lâmpadas de halogéneos metálicos: 73 a 82 lm/w

Lâmpadas de sódio a baixa pressão: 85 a 160 lm/w

### Recuperação de calor

A iluminação de certos locais de trabalho liberta grandes quantidades de calor por metro quadrado. Verifica-se que é justificável a recuperação deste calor para aquecimento local através de sistemas colocados ao nível das lâmpadas e seus balastos sobretudo quando se trata de grandes volumes ambientais a iluminar. Esta operação tem ainda a vantagem de ao arrefecer os aparelhos de iluminação aumentar-lhes a sua longevidade.

### CONDUTORES

Os progressos realizados na tecnologia dos cabos incidiram na melhoria do comportamento dos isolantes em relação ao calor ou seja é possível transportar maiores correntes. Contudo as perdas caloríficas por efeito Joule aumentam. Nas instalações de grandes dimensões existem fórmulas de cálculo da secção económica dos condutores com base em diversos parâmetros tais como o custo do cobre ou do alumínio, o preço da energia, o preço do dinheiro e outros. Nas instalações de pequena dimensão

normalmente seguem-se um conjunto de regras empíricas e as normas de instalação em vigor no nosso país. As regras empíricas utilizadas são:

Tensão

A tensão de serviço deve estar de acordo com a potência a transportar e com a distância do transporte. A queda de tensão não deve ultrapassar 5 % da tensão nominal do receptor seja de que tipo for.

Potência

Em trifásico o número de KVA transportáveis em boas condições por um circuito é praticamente igual à tensão entre fases expressa em volts.

Distância

A distância máxima em metros não deve ultrapassar a mesma ordem de grandeza de metade da tensão em volts.

Intensidade

Quaisquer que sejam as canalizações e as suas condições de instalação as intensidades máximas são dadas no quadro seguinte

Secção	Cobre(A)	Alumínio(A)
1.5	15	
2.5	20	
4	25	
6	35	
10	45	40
16	60	50
25	80	60
35	100	80
50	130	100
70	160	130
95	200	160
120	240	200
150	280	240
185	320	280
240	370	320
300	430	370
400	500	430

Ainda neste tema é de recordar que o transporte de fortes intensidades em baixa tensão é caro quer em metal condutor quer em energia perdida por efeito joule. Para reduzir estes dois custos o que se faz normalmente é multiplicar os transformadores e alimentá-los por uma rede interna de média tensão sendo assim as canalizações de baixa tensão grossas e extensas substituídas por cabos de média tensão de secções mais fracas e que dissipam muito menos energia.

## **2.3- GESTÃO DE ENERGIA**

### **2.3-1-Introdução**

A gestão de energia em geral quer nos edifícios quer na indústria tem por objectivo principal a racionalização dos consumos energéticos em todas as suas formas. Na indústria esta forma de actuação tem por consequência a redução da quantidade de energia por unidade de produto assim como as perdas donde resulta naturalmente a diminuição do custo por unidade de produto e por consequência o aumento da sua competitividade no mercado. A gestão de energia implica supervisionar controlar, monitorizar e implementar a melhor forma de planificar e utilizar a energia dentro da empresa. A gestão de energia eléctrica será abordada no capítulo seguinte aquando da descrição dos sistemas de gestão de energia eléctrica.

### **2.3-2- Componentes duma produção eficiente**

Duma forma geral em qualquer empresa as despesas com combustíveis são um parcela a considerar no custo do produto final juntamente com os outros encargos tais como os recursos humanos e a matéria prima necessários à concepção daquele produto.

O objectivo principal de qualquer empresa é aumentar a sua eficiência de fabrico o que poderá ser conseguido através das seguintes acções:

- . Aumento da eficiência do equipamento
- . Melhor gestão energética e de produção
- . Eventuais alterações no processo de fabrico

#### **2.3-2-1- Aumento da eficiência do equipamento**

O aumento da eficiência de qualquer equipamento passa por uma boa manutenção sendo por este motivo muito importante a verificação do estado do equipamento utilizado em qualquer processo de fabrico para minimização das perdas correspondentes quer em termos de produção quer em termos de energia. Também a utilização sempre que possível de equipamento de elevado rendimento e qualidade implica o aumento da eficiência do mesmo. Ainda para que haja um conhecimento fiel da realidade é conveniente a utilização de aparelhos de medida com elevada qualidade técnica.

#### **2.3-2-2- Melhor gestão energética e de produção**

Uma boa gestão de produção e energética pode ser obtida a partir dum bom planeamento da produção pois é possível desta forma baixar significativamente os tempos de funcionamento dos aparelhos mais consumidores de energia. Por outro lado a utilização de processos produtivos económicos em termos energéticos assim como a diminuição

de perdas energéticas são importantes para levar a efeito uma redução dos custos de fabrico. Cabe aqui referir que a utilização de energias alternativas sempre que possível pode contribuir significativamente para a redução dos custos de fabrico. Neste sentido, quando da produção de calor é sempre de ponderar a utilização de queima directa de alguns combustíveis de baixo preço ou até de algum subproduto do processo em causa face à energia eléctrica pois podemos dizer que cada KW de energia eléctrica é obtido a partir de 3KW de combustível primário quando produzido a partir de derivados de petróleo ou carvão [RAB88].

### **2.3-2-3- Eventuais alterações no processo de fabrico**

É da maior importância a escolha correcta das formas de energia a utilizar em cada processo de fabrico assim como a sua diversificação. Por exemplo as indústrias cerâmicas que utilizam resíduos de madeira e/ou outros materiais cerâmicos para a cozedura do tijolo obtêm grandes reduções de custos face às suas congéneres que utilizam derivados de petróleo.

Em qualquer uma das três medidas anteriormente mencionadas está implícita a racionalização de consumo energético sendo no entanto necessário utilizar para gerir a componente energética sob outras vertentes que não as mencionadas, autómatos programáveis ou mesmo indo mais longe um sistema integrado de gestão ou seja um sistema que além do controlo da produção tem o controlo de uma ou mais formas de energia inerentes ao processo de fabrico.

Antes da implementação das medidas anteriormente mencionadas será necessário:

- I. Tomar consciência da importância do consumo energético no funcionamento da empresa efectuando auditorias energéticas
- II. Adoptar uma metodologia de ataque ao problema da racionalização do consumo energético e conseqüente concretização da mesma.
- III. Efectuar uma avaliação económica das opções de racionalização que envolvam custos de implementação.

Ao proceder desta forma não podemos esquecer de utilizar sempre que possível os incentivos oficiais nesta matéria, procurar consultoria se fôr necessário e ter em atenção eventuais alterações nos preços da energia.

### 2.3-3- Relação produção-energia

Na indústria, a energia utilizada num dado processo depende da quantidade de bom produto fabricado o que torna necessário efectuar uma análise à relação produção-energia[LIM88]. Em termos gerais podemos dizer que a energia utilizada num dado processo de fabrico compreende duas partes que se designam por:

- . *componente fixa* - consumo não relacionado com a produção.
- . *componente variável* - consumo relacionado com a produção.

Para encontrar a proporção de cada uma destas componentes é preciso obter um gráfico experimental de consumo de energia  $E$  em relação à produção  $P$  e extrapolá-lo até ao ponto de abcissa nula sendo o aspecto mais comum da curva que traduz a relação produção-energia apresentado no gráfico A da figura 2.7. O conjunto de pontos obtidos experimentalmente pode ser aproximado a uma dada recta sendo importante a análise dos seguintes parâmetros da recta:

#### Declive da recta - (m)

Representa a energia realmente envolvida na fabricação do produto. Um dos métodos matemáticos de obtenção da recta que melhor se aproxima dos pontos é o método dos mínimos quadrados o qual permite determinar qual o declive mais provável daquela recta com uma certa margem de confiança.

#### Ordenada na origem -perdas fixas - (e)

Representa o gasto de energia existente sem produção. Este valor obtém-se prolongando a recta aproximada até ao eixo onde estão representadas as potências devendo entrar-se em consideração com uma banda de incerteza devido à dispersão dos pontos.

#### Dispersão - ( $s^2$ )

Traduz o maior ou menor afastamento dos pontos em relação à recta mais provável ou aproximada.

A dispersão dos valores pode ser devida ao tipo de processo de fabrico, a um mau controlo do mesmo ou até do método de medição da energia utilizada.

Nos gráficos da figura 2.7 podem observar-se diferentes formas da relação produção-energia.

O gráfico C tem perdas muito elevadas comparadas com o declive da recta sendo portanto necessário levar a efeito uma "investigação" do processo em questão.

O gráfico E tem uma dispersão muito grande traduzindo uma relação não linear entre energia e produção o que poderá eventualmente significar um mau controlo do processo.

O gráfico D traduz uma baixa variação da taxa de produção.

O gráfico F é bastante comum sobretudo quando numa instalação se analisa a energia total utilizada e não cada processo individual.

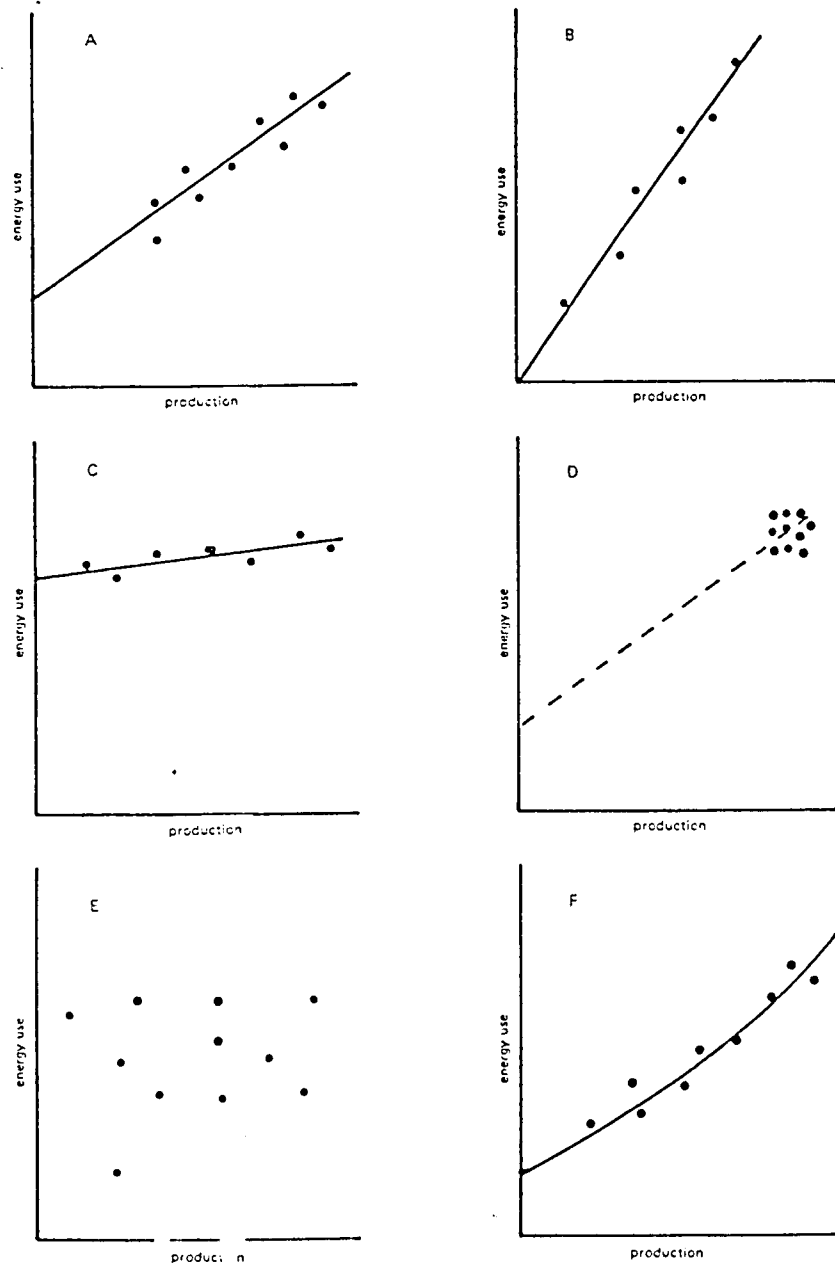


Figura 2.7- Gráficos da relação Produção-Energia



Gráficos deste tipo podem ser obtidos para qualquer unidade numa instalação fabril desde que sejam conhecidas as figuras de produção e a da energia utilizada. A alteração dos parâmetros acima mencionados pode conseguir-se através de medidas levadas a efeito na instalação, tais como a melhoria dos isolamentos (diminui as perdas fixas), a recuperação de calor (melhora o declive e o valor das perdas fixas) e a melhoria do controlo do processo (melhora a dispersão e o declive da recta).

### 2.3-3-1- Consumo específico

Esta grandeza é definida como a razão entre o consumo de energia e a produção num certo processo de fabrico e vem normalmente expressa em Kilograma equivalente de petróleo ( Kgep ou Kep) por tonelada de produto. Na figura 2.7 o gráfico A representa a forma mais habitual da relação P versus E que matematicamente pode exprimir-se da seguinte forma:

$$C = E/P = (e + mP)/P = e/P + m$$

Como se pode ver quando a produção é elevada face às perdas fixas, a parcela  $e/P$  é pequena e portanto o declive é preponderante. Se pelo contrário a produção é baixa, então o valor das perdas fixas é significativo e logo o consumo específico aumenta. A figura 2.8 mostra como varia o consumo específico C com a produção.

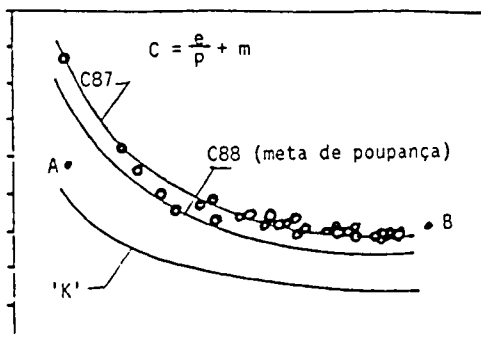


Figura 2.8 - Variação do consumo específico com a produção semanal

O ponto A é um ponto que traduz um aumento de eficiência energética em relação à curva desenhada ou seja com a mesma produção P1, o consumo específico é mais baixo enquanto que ao contrário o ponto B prova a deterioração do sistema.

Pelo R.G.C.E. (Regulamento de Gestão do Consumo de Energia) cada instalação fabril nacional fica obrigada a baixar a sua curva de consumo específico para outra curva "óptima" de funcionamento durante um prazo

de n anos.As metas a atingir têm em consideração os valores calculados pela seguinte expressão:

$$M = (C-K)/2 * n/5$$

em que:

. M é a redução do consumo específico até ao fim de n anos de aplicação do plano de racionalização.

. C é o consumo específico verificado no exame da instalação.

. K é o valor definido nas tabelas emitidas pela D.G.E. (Direcção Geral de Energia) e que depende do tipo de produto ou instalação.

Os valores de K , C e M são expressos em Kep por unidade de produto ou serviço como por exemplo:

. sector da agricultura,silvicultura e pesca

( Kep/unidade de produto produzido)

. sector dos transportes

( Gep/PK ou Gep/TK -Grama equivalente de petróleo por passageiro (ou tonelada) transportada.

. sector de serviços diversos

( Kep/VAB ou Kep/U com VAB-Valor Acrescentado Bruto e U-utilizador em permanência ou utilizador médio equivalente).

#### **2.4-CONCLUSÕES**

Além da utilização correcta dos principais aparelhos desperdiçadores de energia eléctrica é possível actuar de outras formas que serão descritas no capítulo seguinte com vista à redução da factura de energia eléctrica em qualquer empresa ou serviço.Para levar a efeito todo um conjunto de tarefas com eventual coordenação entre elas é necessário recorrer aos sistemas de gestão de energia como veremos nos capítulos seguintes.

### **CAPITULO III - Sistemas de Gestão de Energia**

3.1-Introdução.....	28
3.2-Tipos de sistemas de gestão de energia.....	29
3.3-Funções básicas dos sistemas de gestão de energia.....	32
3.4- Inserção dum S.G.E. num sistema integrado de gestão de produção .....	42

# CAPITULO III

## 3.1- INTRODUÇÃO

Os sistemas de gestão de energia surgiram necessariamente pois dada a complexidade dos sistemas de energia que suportam a maioria das indústrias e dos grandes edifícios assim como a complexidade do sistema tarifário em vigor tornava-se extremamente complicado minimizar os custos associados ao consumo de energia assim como o seu controlo. A divulgação destes sistemas de gestão de energia torna-se particularmente importante sobretudo nos países cuja dependência energética do exterior é elevada como se verifica em Portugal.No que se refere à indústria a utilização destes sistemas tem maior sucesso nas áreas industriais com elevadas constantes térmicas inerentes aos processos de fabrico visto que neste caso é possível modelar os consumos de energia ao contrário das indústrias com elevada componente de força motriz.Nas áreas de serviços a utilização destes sistemas é recomendável pois são conseguidos resultados espectaculares na redução dos custos dos consumos de energia através da optimização de funcionamento dos sistemas de ar condicionado, de iluminação, de elevadores e de aquecimentos de água.

O aumento da complexidade dos sistemas eléctricos e mecânicos nos grandes edifícios assim como a sua vulnerabilidade ao fogo e à segurança trouxe a necessidade do controlo automático daqueles sistemas.Este controlo começou apenas por ter em consideração as operações dos sistemas de aquecimento de água e ar condicionado incluindo mais tarde alarmes de fogo, sistemas de segurança, iluminação e supervisão.

Os primeiros sistemas de controlo eram do tipo centralizado e utilizavam computadores de grande capacidade e elevado custo que tinham a seu cargo a realização de todas as tarefas.Este tipo de sistema apresentava problemas associados à fiabilidade global e à capacidade de expansão.

Contudo a evolução da tecnologia digital tornou os microprocessadores elementos essenciais nestes sistemas de controlo uma vez que efectuam esse mesmo controlo através de *software* conferindo-lhes um alto grau de flexibilidade , fiabilidade e custos acessíveis.

O principal objectivo destes sistemas é a poupança de energia ,embora consigam outros retornos financeiros como por exemplo a redução da manutenção e de mão de obra.

Este capítulo tem por fim a descrição sucinta dos tipos de sistemas de gestão de energia ( S.G.E.) assim como as funções principais que estes integram.

### 3.2- TIPOS DE SISTEMAS DE GESTÃO DE ENERGIA

Existem dois tipos de Sistemas de Gestão de Energia ( S.G.E. ) que são:

- . Pré-programados ou restritos
- . Programáveis ou Compreensivos

#### 3.2-1- Sistemas de Gestão de Energia Pré-programados

Estes sistemas possuem uma capacidade limitada de pontos de entrada/saída. O suporte físico destes sistemas é habitualmente o microprocessador sendo a sua arquitectura habitual mostrada no diagrama de blocos da figura 3.1. Têm normalmente uma interface simples com o operador através de um teclado e um display de LED ou LCD usados para introduzir os parâmetros de programação do sistema.

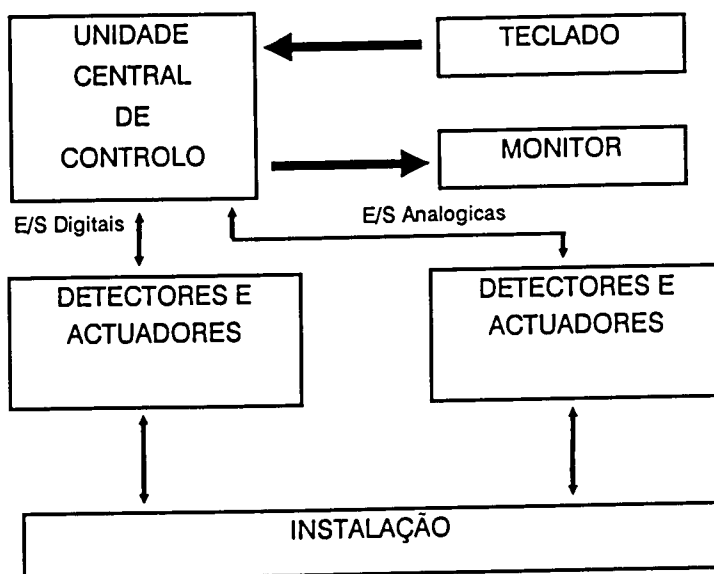


Figura 3.1 - Sistema pré-programado

Estes sistemas têm um espectro de funções bem definidas de acordo com as dimensões do sistema em causa, que estão guardadas em memória facilmente utilizáveis pelo operador que abrangem:

- . controlo do sistema de iluminação
- . controlo do sistema de aquecimento e ar condicionado
- . gestão de carga eléctrica
- . arranque/paragem óptimos
- . controlo da ponta
- . controlo do ciclo de trabalho ( duty-cicling )
- . monitorização
- . registo de alarmes de fogo, segurança e outros

Alguns destes sistemas permitem facilidades de telecomunicação quer para proporcionar sinalização remota de alarmes, quer para permitir integração numa rede sob supervisão de um computador central.

O papel do utilizador destes sistemas limita-se apenas à entrada de dados tais como por exemplo:

- .introduzir o número de pontos a controlar
- .introduzir os tempos de on/off
- .esquemas de prioridades

### **3.2 -2- Sistemas de Gestão de Energia Programáveis**

Estes sistemas também designados por sistemas abertos por permitirem alteração das funções elaboradas ,além das funções já mencionadas para os sistemas pré-programados incluem ainda as seguintes capacidades:

- . gráficas
- . programação pelo utilizador
- . instalação de novas funções e possibilidade de adaptação das existentes às condições da instalação
- . possibilidade de expansão do sistema
- . arquivo , processamento e consulta de dados sobre o funcionamento da instalação.

O suporte físico destes sistemas é habitualmente o mini-computador podendo a sua arquitectura ser do tipo concentrado ou de processamento distribuído.

Quando a arquitectura é concentrada todas as entradas e saídas do sistema estão ligadas à unidade central enquanto que em processamento distribuído, os pontos de controlo podem ser ligados a unidades de campo remotas .Nos sistemas centralizados como o próprio nome indica todo o controlo é efectuado pela unidade central sendo normalmente utilizados nas instalações de pequena dimensão ou quando a informação necessária ao controlo está muito espalhada pela instalação.Em certos casos também

é possível utilizar concentradores de dados para facilitar a transmissão para a unidade central embora não possuam capacidade própria de controlo.

As *unidades de campo* são normalmente microprocessadores podendo ser "inteligentes" ou "não inteligentes" [PAY84].

"Não inteligentes" - são aquelas unidades que não possuem programas próprios residentes em memória os quais permitam fornecer estratégias aos pontos de saída do sistema independentemente dos programas que estão contidos na unidade central. Ao contrário destas unidades, as que são designadas "inteligentes" possuem essa capacidade de processamento. A importância destas últimas unidades está patente no exemplo seguinte: num sistema com unidades remotas "não inteligentes", se o cabo de comunicação entre estas unidades e a unidade central fôr acidentalmente cortado as cargas ligadas àquelas unidades assumem um estado de avaria pré determinado enquanto que se fossem unidades inteligentes continuariam a controlar os pontos aos quais estavam ligadas de acordo com o *software* residente em memória.

A grande vantagem dum sistema de processamento distribuído com unidades remotas "inteligentes" está no facto de que em caso de acidente, continuará a existir a supervisão do sistema durante algum tempo.

A configuração dos sistemas de processamento distribuído inclui sempre uma unidade central CPU ( Central Processing Unity ), periféricos (consolas, impressoras, registadores), memória principal, equipamento de campo FID ( Field Intelligent Device ), e *software*. Um esquema simplificado deste tipo de sistema poderá ser observado na figura 3.2.

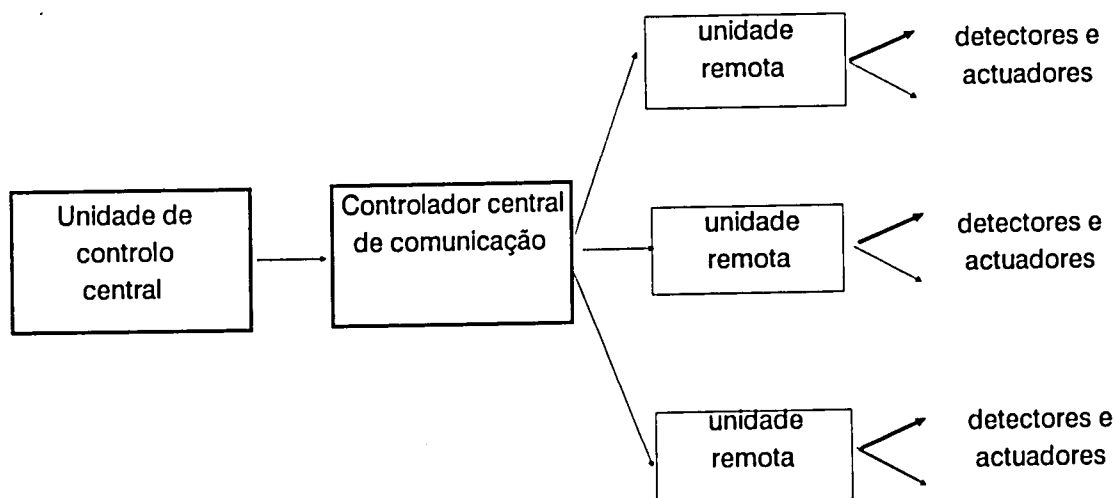


Figura 3.2 - Sistema com arquitectura distribuída

Este tipo de sistema é muito flexível e eficaz e a sua modularidade trás grandes vantagens em relação à sua manutenção pois esta poderá resumir-se à simples substituição de unidades.

Contudo o custo do investimento dum sistema destes, assim como a necessidade de técnicos de apoio especializado para a sua rentabilização constituem por vezes uma desvantagem.

O papel do utilizador é muito importante pois as funções fornecidas pelo fabricante são conseguidas por software, podendo ser alteradas de acordo com a instalação em causa além de poderem ser implementadas funções adicionais ( software) se fôr necessário.

### **3.3- FUNÇÕES BÁSICAS DOS S.G.E.**

Neste subcapítulo serão abordadas algumas funções básicas efectuadas por este tipo de sistemas as quais se aplicam a uma grande gama de equipamentos e instalações .Podemos dividi-las em dois grandes grupos que são as funções de controlo e as funções de supervisão [THU85].

#### **3.3-1- Funções de controlo**

Nas funções de controlo estão incluídas as seguintes:

- . Controlo horário de cargas
- . Controlo do ciclo de trabalho (duty cycling)
- . Controlo do Ponta
- . Controlo do factor de potência
- . Arranque optimizado de cargas
- . Controlo de iluminação
- . Armazenamento de energia
- . Controlo de arranque e paragem óptimos

##### **3.3-1.1-Controlo horário de cargas**

Esta função consiste em ligar e desligar equipamento (ou sistema) a controlar, baseado num mapa de dia e hora pré estabelecido , ou seja numa pré-programação temporal. Esta função é bastante fácil de instalar, manter e operar fornecendo um grande potencial de poupança de energia quando o sistema funciona em horas de desocupação.É possível elaborar programas para todas as cargas a controlar por períodos de tempo relativamente longos (pelo menos um mês) [MEC81].

Um exemplo de aplicação desta função consiste em fazer o controlo automático de iluminação e o arranque automático de equipamentos tal como fornos ou sistemas de ar condicionado para se obterem



respectivamente as condições nominais de funcionamento e as condições ambientais desejadas no momento necessário.

### **3.3-1.2- Controlo do ciclo de trabalho (duty cycling)**

É uma estratégia utilizada que consiste em desligar equipamento no período de funcionamento normal por intervalos de tempo curtos, pre-determinados. Este tipo de controlo é aplicado a processos com constantes de tempo elevadas de forma a não prejudicar o seu funcionamento normal.

Por exemplo: os ventiladores dum sistema AVAC são feitos para trabalhar em condições de máximo de carga podendo eventualmente bombear mais ar do que o necessário. Por isso em cada hora de operação normal devem ser desligados por períodos cíclicos de 15 minutos sem afectar as condições de conforto ambientais [ THU85 ].

A aplicação desta técnica deve ser cuidadosa quando se trata de motores com potência inferior a 250Hp. Para decidir ou não da sua utilização nestes casos, devem ser analisados os seguintes pontos:

- . Qual o número de paragens e arranques num dado período de tempo.
- . Percentagem de tempo em que o motor deve estar em funcionamento e parado.
- . Inércia externa, ou seja, a quantidade de peso que o motor deve mover e qual a velocidade correspondente.
- . Nível de carga, ou seja, a capacidade para a qual o motor está a operar quando em funcionamento.

No que diz respeito à temperatura ambiente os sistemas S.G.E. mais sofisticados possuem registadores de temperatura e utilizam a informação fornecida por estes aparelhos para modificar automaticamente o comprimento do ciclo de trabalho (duty cycle) quando a temperatura tende a afastar-se do valor pré-determinado.

Quando existem outros tipos de controlo activos tais como o controlo da ponta deve ser estabelecida uma boa coordenação entre ambos para que os seus efeitos não se anulem.

Para não acontecer o desgaste excessivo e o envelhecimento prematuro dos equipamentos sob a acção desta função é necessário não lhes impor ciclos de trabalho ou de comutação muito curtos. Os aparelhos cujo princípio de funcionamento se adapta a este tipo de controlo são habitualmente os fornos, grupos compressores, ventiladores, sistemas de ar condicionado, bombas e carregadores de baterias.

### 3.3-1.3- Controlo da Ponta

Esta função é de extrema importância visto que se a potência tomada em qualquer momento ultrapassar a potência do contrato, aquela é facturada com um peso de 80% nesse mês e com um peso de 20% até haver o ajuste do contrato de fornecimento de energia ou então houver uma ponta superior pois a potência tomada superior à de contrato passa a ser considerada a nova potência de contrato até ao termo do mesmo. Como sabemos a potência é taxada pela Empresa distribuidora de electricidade através da fórmula  $PF = 0.2PC + 0.8PT$  que consta do sistema tarifário em vigor no nosso país [5].

Esta função tem por objectivo conseguir que não seja excedido um máximo de carga pré-determinado que é estabelecido consoante a instalação em questão, através do deslastre de cargas.

Existem vários algoritmos que levam a cabo esta função os quais de uma forma geral registam a carga base ou essencial, e prevêm se o limite préestabelecido irá ser excedido ou não. Se aquele limite for ultrapassado terá de haver deslastre de carga segundo uma tabela de prioridades que é previamente elaborada tendo em atenção que, em cada momento, as cargas menos críticas sejam as primeiras a ser deslastradas. A carga base dum instalação é normalmente constituída por a maior parte do sistema de iluminação, da maquinaria de produção e elevadores. Também aqui à semelhança da função anterior as cargas que podem ser deslastradas são caracterizadas por elevadas constantes de tempo tal como aquecedores, ventiladores, exaustores, bombas, compressores, fornos de indução, fornos de arco, centrais de refrigeração e carregadores de baterias.

Descrevem-se de seguida alguns tipos de controladores de ponta[MAR84]:

De curva de carga ideal (CCI)

De comparação de frequências (CFR)

De Predição (CPR)

Como sabemos da legislação portuguesa a potência tomada num mês é a maior potência média de qualquer período de 15 minutos solicitada pelo consumidor durante esse mês. Designaremos este período de 15 minutos por período de monitorização da potência (PM) ou período de integração (PI).

#### Controlador de curva de carga ideal

Este controlador é programado com uma curva de carga ideal que é calculada de forma que a energia total consumida até ao final do período

$T_M$  do período PI ou seja o declive da recta de evolução do consumo de energia eléctrica será dado pela seguinte expressão matemática :

$$P_{med_{max}} = W / T_M$$

Sempre que a curva de carga real ultrapassar a curva de carga ideal deverá ser deslastrada carga segundo uma tabela de periodidades. Esta situação está representada pelo ponto B da figura 3.3 . Normalmente neste tipo de controlador no fim de cada período PI todas as cargas deslastradas são postas em funcionamento podendo este procedimento trazer graves consequências sob o ponto de vista de pedido de consumo.

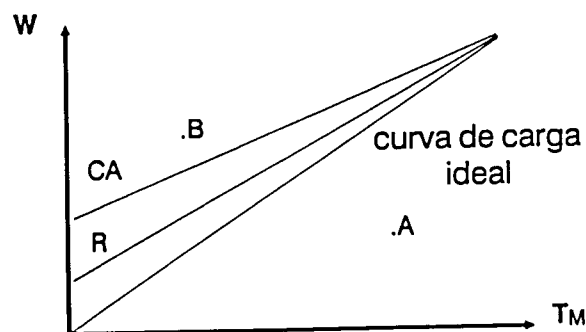


Figura 3.3 - Controlador de curva de carga ideal

Na prática existem variantes deste controlador consistindo uma dessas variantes na existência de curvas adicionais à curva de carga ideal que dizem respeito a cada carga comutável. Por cada carga comutável existem duas curvas sendo uma delas a curva de arranque CA e a outra a curva de religação R como mostra a figura 3.3.

#### Controlador por comparação de frequências

De forma a evitar as consequências decorrentes do facto de se religarem todas as cargas deslastradas ao mesmo tempo no início de cada período de PI é preferível definir o período de monitorização da potência de uma forma deslizante. Neste caso aquele período é dividido em subperíodos curtos durante os quais a potência solicitada pelo consumidor é integrada e registada. No fim do período de facturação são então pesquisados os conjuntos de subperíodos contíguos que perfaçam um período PI completo de forma deslizante para detectar aquele em que a solicitação de potência foi máxima sendo este o valor de potência tomada naquele período de facturação. Em termos de controlo como não há referência para o início e o fim do período PI a única solução será monitorizar a potência solicitada pela instalação, compará-la com um limite pré-fixado e deslastrar carga

pela instalação, compará-la com um limite pré-fixado e deslastrar carga sempre que fôr necessário. A informação da potência solicitada à rede provém do contador de energia sob a forma de impulsos em que a cada impulso corresponde um quantidade fixa de energia consumida. Neste tipo de controlador faz-se a comparação do valor da energia consumida ou seja da frequência de impulsos do contador de energia com a frequência interna de emissão de impulsos do controlador que corresponde ao limite de potência pré-fixado .

#### Controlador de predição

Este tipo de controlador baseia-se na previsão do consumo até ao final do período de integração PI.

A condição para que não haja cortes de carga traduz-se matematicamente pela seguinte expressão:

$$\int_0^{t_1} p(t) dt + p(t_1)(T_M - t_1) \leq W_M$$

em que  $p(t)$  é a medida instantânea de potência solicitada à rede,  $t_1$  é o instante em que foi medido o valor corrente de potência  $p(t_1)$ ,  $T_M$  é a duração do período de monitorização de potência e  $W_M$  é a energia máxima que pode ser consumida naquele período ou seja a que corresponde à potência média vezes a duração  $T_M$ .

Pela inequação acima referida podemos fazer uma projecção do consumo de energia ou seja se a partir do instante  $t_1$  a potência solicitada se mantivesse nesse valor é ou não violado o limite máximo  $W_M$ . Se houver violação então são efectuados os deslastres necessários. Sempre que aquela condição não é violada é estudada a hipótese de religar carga anteriormente deslastrada efectuando-se uma projecção idêntica do consumo mas com uma potência  $p(t_1)$  superior para entrar em consideração com a solicitação da carga que vai entrar em serviço.

Quando se trata do controlo da ponta deve ser analisada a eficiência eléctrica da instalação que se determina calculando o factor de carga ou o factor de utilização da instalação [THU85].

**Factor de carga** - é a razão entre a energia consumida durante um certo período de tempo ( mês ) e a máxima energia que poderia ser utilizada nesse mesmo período.

A expressão matemática que permite calcular este factor é a seguinte:

$$FC = [(W_{hp} + W_{hc} + W_{hv}) / P_t * 30 * 24] * 100 \%$$

**Factor de utilização** - é a razão entre a energia consumida num certo período de tempo e a potência tomada ( ou de contrato ) em igual período. A expressão matemática que permite calcular este indicador é a seguinte:

$$FU = ( Whp + Whc + Whv ) / Pt \text{ ( horas )}$$

Para melhor compreender a importância destes indicadores observemos o seguinte exemplo: Suponhamos que certa fábrica consome 800.000Kwh de energia operando continuamente durante um período facturável de 30 dias para o qual é estabelecido um pico de carga de 2000Kw.

O factor de carga desta instalação é de 55 %. O factor de carga óptimo seria 1.0 o qual traduziria um consumo constante igual a 2000 Kw. A diferença ( 1-0.55 = 0.45 ) dá uma ideia do potencial de redução do pico de carga daquela instalação.

Nesta instalação o factor de utilização mensal seria de 400 horas.

#### **3.3-1.4- Controlo de arranque e paragem óptimos**

Existem sistemas mecânicos que servem áreas que não estão ocupadas nas 24h do dia podendo por isso serem desligados em horas de desocupação. Dadas as elevadas constantes de tempo inerentes aos processos térmicos dos sistemas de condicionamento ambiente estes devem ser ligados algumas horas antes da ocupação para se atingir as condições ambientais desejadas. Esta função pretende minimizar a energia requerida para manter aquelas condições através de deslastre de cargas. Nos sistemas mais antigos este deslastre é pré-fixado independentemente das condições de espaço e tempo enquanto que os mais modernos calculam automaticamente a inércia térmica do edifício, ou seja, a capacidade do sistema, quer para aquecer quer para arrefecer em relação aos tempos de arranque e de corte e as condições meteorológicas. Determinam o número de horas mínimas de operação do sistema de forma a satisfazer os requisitos térmicos do edifício. Um processo semelhante pode ser utilizado para desligar equipamento de condicionamento de ambiente antes das horas de desocupação. Por vezes é necessário verificar se há vantagem económica em manter o edifício durante a noite em (*stand-by*) ou seja numa temperatura mínima constante em vez de desligar totalmente os aparelhos. Com estas formas de actuar é possível fazer grande poupança de energia como se pode observar na figura 3.4 [PAY84].

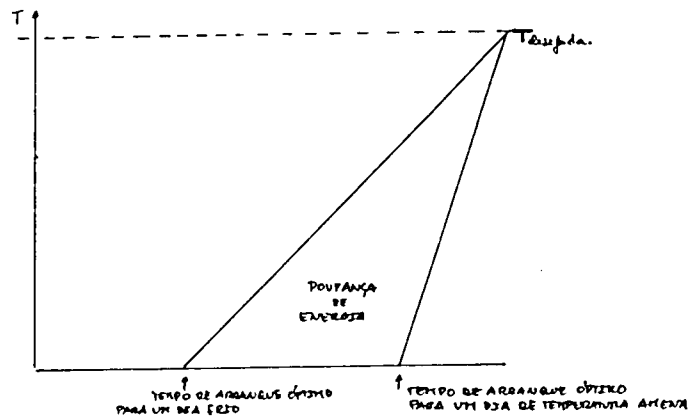


Figura 3.4- Arranque ótimo dum sistema de climatização

### 3.3-1.5- Arranque escalonado de cargas

Quando vários equipamentos tem de arrancar ao mesmo tempo o que acontece normalmente no arranque de uma fábrica ou processo produtivo existe grande probabilidade de ser ultrapassada a ponta definida para a instalação em questão se não forem tomadas as devidas precauções.

O sistema de gestão pode introduzir um atraso entre cada ligação de forma a controlar a máxima ponta admissível sempre de acordo com a produção. Esta função é muito importante aquando duma falha de energia pois todos os equipamentos podem eventualmente ser ligados ao mesmo tempo após a restituição da alimentação [PAY84].

### 3.3- 1.6- Controlo do factor de potência

Esta função tem por objectivo manter o factor de potência da instalação ou dum conjunto de instalações, em certo valor que para Portugal se estima em 0.98. Para isso, o sistema regista continuamente o valor desta grandeza e se, aquele valor descer abaixo do desejado, o sistema introduz automaticamente e nos locais convenientes, um ou mais bancos de condensadores estáticos [1].

Como sabemos os condensadores só compensam a energia reactiva nas partes da instalação a montante deles podendo a compensação ser de tipo individual, por grupos de receptores ou central.

#### Compensação individual

No caso de transformadores de potência geralmente compensa-se no lado de baixa tensão admitindo-se a máxima potência de compensação de 5 a 10 % da potência do transformador em KVA de forma a evitar efeitos de ressonância.

No caso de motores eléctricos o factor de potência varia com as características de construção com o número de polos e principalmente com o nível de carga sendo tanto menor quanto maior for o número de pólos e quanto menor for a carga.

#### Compensação por grupos

Opta-se por este tipo de compensação quando existem várias máquinas com o mesmo regime horário. Este processo pode conduzir à redução da potência total dos condensadores a utilizar assim como os encargos da instalação.

#### Compensação central

É a situação mais vulgar em que os condensadores estão ligados ao barramento do quadro geral. Neste caso para dimensionar a potência dos condensadores necessários à correcção do factor de potência necessitamos de conhecer o número de horas mensais de horas de cheia de funcionamento da instalação e o valor de excesso da sua energia reactiva

$$QVA_{rh} = R_c (\text{excesso}) / n^{\circ} \text{ dias/mês} * 14 \text{ horas}$$

#### 3.3-1.7- Controlo de iluminação

O controlo de iluminação é normalmente limitado a um controlo horário podendo no entanto conseguir-se maiores poupanças de energia através da utilização de sensores de intensidade luminosa e ou detectores de presença que desligam certos circuitos de iluminação sempre que não seja necessário[2].

#### 3.3-1.8- Armazenamento de energia

Esta é uma técnica que utiliza a energia eléctrica nocturna, mais barata, para armazenar calor ou frio que será depois utilizada nas horas mais carregadas da rede normalmente para condicionamento ambiente. Os reservatórios de armazenamento são de vários tipos utilizando desde a água sob pressão, areia até aos tijolos cerâmicos [THU85].

Um sistema de gestão de energia controla a ligação e corte dos sistemas de armazenamento tendo em atenção sobretudo as tarifas de energia eléctrica.

Estes sistemas são muito importantes aquando da utilização de fontes de energia renováveis para armazenar energia nos períodos em que a produção excede o consumo. Esta energia suplementar será utilizada quando as condições atmosféricas (vento, sol, etc) forem adversas para uma ampla produção de energia.

### **3.3-2 - Funções de supervisão**

Os sistemas S.G.E. podem e devem ser utilizados como já foi dito para entrada e mudança de variáveis nos programas residentes mas além disso para funções de manutenção, diagnóstico de má função do sistema e equipamento, revisão do estado das entradas e saídas do sistema, chamada de informação localizada e/ou acumulada pelo sistema automaticamente. Todo este conjunto de funções constitui a chamada supervisão da instalação [PAY84].

A possibilidade de supervisão da instalação é do maior interesse pois pode ser utilizada na realização de auditorias energéticas as quais constituem um passo decisivo em qualquer programa de conservação de energia eléctrica.

A supervisão da instalação é feita com base em registos de todas as grandezas necessárias para uma cobertura completa do funcionamento da instalação com uma frequência constante de acordo com o tipo de grandeza assim como o registo de determinadas situações ( anómalas )

Nas funções de supervisão podem incluir-se as seguintes:

- . Gestão da manutenção
- . Registo dos consumos de energia eléctrica
- . Registo de alarmes
- . Outros registos
- . Monitorização

#### **3.3-2.1- Gestão da Manutenção**

Os sistemas S.G.E. são capazes de registar o estado de manutenção e de funcionamento do equipamento a partir dos registos de pontos particularmente importantes os quais sinalizam o estado do equipamento.

Por exemplo: Uma pressão baixa num ventilador dum sistema de ar em movimento pode significar sujidade ou tapulho nos filtros, bem como uso ou desgaste das correias.



Por exemplo: excessiva temperatura no ar de retorno poderia indicar defeito nos humidificadores (dampers) do ar de saída.

O tempo de funcionamento do equipamento pode ser acumulado tendo por objectivo um esquema de manutenção preventiva baseado nas horas de operação de cada unidade.

### **3.3-2-2- Registo de consumos de energia**

Qualquer sistema de gestão de energia deverá acumular toda a informação que é possível recolher sobre os consumos de energia podendo incluir-se nesta informação os seguintes exemplos de dados:

#### **Temperatura**

- . Leituras instantâneas e médias das últimas 24h
- . Média diária para os últimos 30 dias
- . Temperaturas máxima e mínima diária para os últimos 30 dias

#### **Factor de utilização**

- . Pico diário ( kw) e tempo de ocorrência nos últimos 30 dias
- . Utilização ( KWh) diária para os últimos 30 dias

### **3.3-2.3- Registo de alarmes**

Todas as situações perigosas ou anómalas devem ser registadas podendo ocorrer a actuação de um aviso sonoro e/ou luminoso. O registo dos alarmes verificados na instalação e no sistema permite efectuar a localização e explicação de todo o tipo de anomalias assim como a correlação que possa existir entre estas e as suas causas .

Devem ser registadas também todas as avarias de equipamento e as ultrapassagens dos valores limites de todos os parâmetros do sistema.

### **3.3-2.4- Outros registos**

Nos sistemas de controlo da ponta é importante o registo de todos os deslapses efectuados e de todas as manobras das cargas. Além dos relatórios dos deslapses podem também obter-se:

- Tempos de paragem ( shed ) diários para cada carga nos últimos 30 dias
- Acumulação dos tempos de funcionamento num dia típico para os últimos 30 dias. Todas estas informações podem servir para ajudar a detectar avarias ou a esclarecer responsabilidades no caso de menor produção o que é relevante dado a tradicional relutância do sector produtivo ao controlo da energia que lhe é fornecida.

Um dos objectivos de toda esta informação é a afinação ,quando possível, da programação do sistema S.G.E. de forma a obter a sua eficiência máxima permitindo resolver problemas relacionados com diversas situações que envolvem os principais componentes do sistema

### **3.3-2.5- Monitorização**

Os sistemas de gestão de energia devem permitir fazer a monitorização em tempo real do estado de toda a instalação e evolução dos consumos de energia.Os écrans de monitorização podem ser quadros de valores numéricos,gráficos ou quadros sinópticos.

## **3.4-INSERÇÃO DUM S.G.E. NUM SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DA PRODUÇÃO**

### **3.4.1-Introdução**

Na indústria hoje em dia é possível encontrar-se sistemas informáticos que desempenham tarefas relacionadas com controlo de qualidade,gestão de stocks, contabilidade, controlo de máquinas de comando numérico, robots, etc.A não integração ou interligação destes vários sistemas poderá trazer níveis incomportáveis de complexidade de funcionamento assim como de manutenção.A importância desta integração de serviços está sobretudo na facilidade de transmissão de informação útil dum dado sistema para outro que poderá processar aquela mesma informação com vista à obtenção de outros dados importantes.

Para se conseguir a interligação dos vários sistemas é necessário estabelecer meios de comunicação adequados entre os vários sistemas.A nível industrial utilizam-se as redes locais de comunicação para ambientes industriais caracterizadas pela sua elevada robustez , fiabilidade e facilidade de interligar um número elevado de sistemas heterogéneos.

### **3.4-2- Níveis dum sistema integrado de gestão de produção**

Os sistemas de produção integrada por computador ( PIC ) ou "Computer Integrated Manufacturing" ( CIM ) são normalmente subdivididos em cinco níveis hierárquicos . Esta divisão permite simplificar extremamente a análise e implementação dos vários sistemas informáticos existentes numa dada empresa mas nas pequenas e médias empresas alguns destes níveis poderão estar fundidos num só [STE87].

No nível 1-Ligação ao processo - encontramos os equipamentos de produção constituídos pelas mais diversas máquinas desde motores,relés,sensores,leitores ópticos,etc.

No nível 2 -Célula de trabalho- é feito o controlo em tempo real de vários processos fabris a partir da informação obtida das máquinas e outro equipamento do nível 1, e das ordens de controlo que são recebidas de níveis superiores. Normalmente isto é conseguido através de autómatos programáveis (PLC's) e sistemas baseados em microprocessadores com controladores diversos incluídos ou não nos equipamentos produtivos.

No nível 3-Departamento - é feito o controlo supervisor de áreas restritas assim como optimização de processos o que é conseguido através de computadores de processo, minicomputadores e estações de trabalho gráficas (workstations).

No nível 4-Fábrica -é feita a coordenação entre as várias áreas individuais do nível 3 assim como a gestão de recursos o que se pode conseguir através de minicomputadores, sistemas de CAD ( Projecto assistido por Computador ) e CAP ( Planeamento assistido por Computador ). É neste nível que se inserem os programas de gestão de energia de que temos vindo a falar além dos de planeamento de produção e de gestão da manutenção..

No nível 5-Empresa - são tomadas as decisões pelos gestores da empresa com base nas informações obtidas dos quatro níveis inferiores assim como de informação externa. Os sistemas informáticos deste nível incluem aplicações financeiras, de gestão de empresas, vendas e marketing, contabilidade e investigação

### **3.4-3- Redes de comunicação para ambientes industriais.**

Ao nível da indústria existe um protocolo de comunicação desenvolvido pela General Motors designado por MAP (Manufacturing Automation Protocol) que é hoje em dia aceite como estandardizado [RAN90]. Para sistemas ou sub-sistemas de redes de comunicação com restrições de tempo real existe o protocolo designado por MiniMAP. No que diz respeito à interligação de sensores e actuadores, autómatos programáveis e equipamentos de aquisição de dados e controlo junto do processo existe um tipo de redes desenvolvidas especialmente para isso que são designadas por Fieldbus.

No nível 5 embora haja grande quantidade de informação a transmitir o tempo de resposta não é crítico pelo que as redes normalmente utilizadas são do tipo TOP (Technical and Office Protocol) que possui fácil interligação com a rede MAP, ou então Ethernet que é ainda largamente utilizada em instalações industriais.

## **CAPÍTULO IV - Descrição dum sistema integrado de gestão de energia**

4.1-Introdução.....	45
4.2-Especificações do sistema.....	45
4.3-Funções do sistema.....	46
4.4-Acesso ao sistema.....	58
4.5-Conclusões.....	59

# CAPITULO IV

## 4.1-INTRODUÇÃO

Tem por objectivo este capítulo a descrição dum sistema integrado de gestão de energia eléctrica com a designação GEE 130. desenvolvido no INESC por um grupo de trabalho de I&D sob a responsabilidade do Professor Borges Gouveia. Este projecto de I&D foi realizado ao abrigo de um programa de I&D financiado pelo Ministério da Indústria e Energia com a designação de Contrato de Desenvolvimento Industrial e Gestão Económica de Energia.

## 4.2 - ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA

Este sistema tem uma arquitectura distribuída como mostra a figura 4.1.

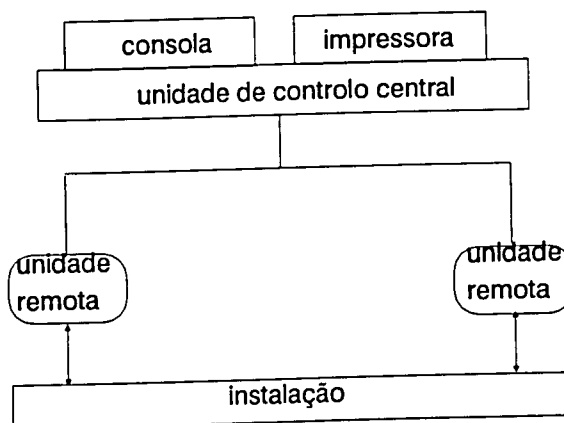


Figura 4.1- Arquitectura do sistema

A configuração escolhida é constituída por uma unidade central ligada pela rede de comunicação BITBUS a um conjunto de unidades remotas inteligentes. Este tipo de configuração permite reduzir drasticamente a cablagem necessária à instalação uma vez que é colocada uma unidade em cada zona ou sector da instalação que se pretende monitorizar e/ou controlar. O sistema integra como componentes um computador pessoal (IBM PC ou compatível com o sistema operativo MS-DOS) e um conjunto

de autómatos programáveis da gama média da AEG por razões de ordem económica e atendendo ao facto de utilizarem a rede de comunicação BITBUS.

Os autómatos são de construção robusta e possuem métodos fiáveis de processamento e comunicação o que confere ao sistema uma elevada fiabilidade. O programa que corre nos autómatos programáveis está guardado em memória não volátil o que lhes permite entrar em funcionamento imediatamente após o restabelecimento da alimentação na sequência de uma falha de energia.

O sistema tem implantadas as funções de controlo da ponta, controlo do factor de potência e controlo horário de cargas. Além disto o sistema armazena em disco para posterior consulta, os consumos totais de energia eléctrica da instalação consumidora e de cada uma das 15 cargas que suporta bem como todos os deslastes efectuados pelo sistema, todas as manobras das cargas e todas as situações anómalas verificadas na instalação e no sistema.

#### 4.3 - FUNÇÕES DO SISTEMA

As funções do sistema serão descritas em detalhe nos pontos seguintes e repartem-se entre o autómato e o PC [3].

Cabem ao PC as funções relacionadas com a parametrização dos algoritmos, o armazenamento de informação e a interacção com o operador. O PC processa e regista numa base de dados os consumos de energia eléctrica, os alarmes e as ocorrências verificadas no sistema. Através do PC os operadores poderão alterar os parâmetros dos algoritmos de controlo que correm no autómato, visualizar em tempo real o estado da instalação e do sistema (funções de monitorização) e consultar os dados armazenados automaticamente na base de dados.

Cabem ao autómato as funções de aquisição de dados e controlo. Este tem de efectuar a contagem dos impulsos provenientes dos contadores de energia eléctrica da instalação sendo por isso necessário que cada ponto da instalação no qual se pretende fazer contagens disponha de um contador de energia eléctrica com saída impulsional. Por outro lado deve correr os algoritmos de controlo da ponta, de correcção do factor de potência e de controlo horário de cargas e armazenar em memória os consumos de energia, os alarmes e as ocorrências verificadas no sistema durante pelo menos uma hora para posterior transferência para o PC.

As funções implementadas podem dividir-se em dois grandes grupos que se designam por funções de programação e supervisão.

As funções de programação são:

- .. controlo da ponta
- .. controlo do factor de potência
- .. programação horária

As funções de supervisão são:

- .. Listagem de consumos
- .. Listagem de custos
- .. Monitorização
- .. Ocorrências/alarmes
- .. Utilitários

Nas funções de supervisão o sistema permite analisar e interpretar o comportamento da instalação e do próprio sistema quer em tempo real (funções de monitorização) quer em tempo diferido (históricos).

#### 4.3-1- Funções de Programação

Nas funções de programação a aplicação desenvolvida permite programar todos os parâmetros dos algoritmos implementados no sistema.

A figura 4.2 mostra o ecrã que permite visualizar o menu completo de programação deste sistema de gestão de energia eléctrica.

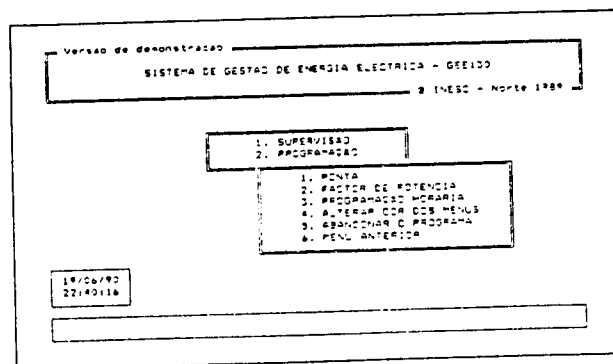


Figura 4.2 -Menu de programação

#### 4.3-1-1-Controlo da Ponta

Os parâmetros do algoritmo de controlo da ponta implementado no autómato programável foram divididos em dois grupos: parâmetros globais e sequências de deslastres. Esta divisão é devida à necessidade de coordenação desta função com a função de controlo horário de cargas

como já foi mencionado aquando da explicação destas funções no capítulo III.

Os parâmetros globais dividem-se em dois grupos que são os parâmetros globais 1 e 2.

Os parâmetros globais 1 incluem:

- .Período de integração ( PI )
- .Intervalo mínimo entre religações ( TRm )
- .Ponta de tempo inicial ( K x PMA )
- .Tempo inicial ( TI )
- .Tempo de manobra do geral ( TMG )

Os parâmetros globais 2 incluem:

- .O nome de cada carga
- .Factor de escala dos contadores de energia activa e reactiva
- .Potência nominal de cada carga
- .Tempo mínimo entre manobras sucessivas do circuito de comando de cada carga

A figura 4.3 mostra um écran com um exemplo destes dois parâmetros globais.

CONTROL DA PONTA - PARÂMETROS GLOBAIS 1					
Parâmetros	Descrição	Alcance	Unidades	Defeito	Valor
PI	Período de integração	1-60S	Seg.	000	004
TRm	Int. mín. entre religações	1-120	Seg.	10	1
K	Ponta de T. inicial = K x PMA	1-9.9	-	2	2.0
TI	Tempo inicial	1-91	Seg.	200	030
TMG	Tempo de manobra do geral	1-91	Seg.	30	1

CONTROL DA PONTA - PARÂMETROS GLOBAIS 2					
NG	Nome da carga	F. Contad. kWh/imp.	F. Contad. kVarh/imp.	P. Nom. (kW)	Tempo (Seg)
0	GERAL	5.000	5.000	1000	1
1	CARGA 1	1.000	1.000	1000	1
2	CARGA 2	1.000	1.000	1000	1
3	CARGA 3	1.000	1.000	250	1
4	CARGA 4	1.000	1.000	1000	1
5	CARGA 5	2.000	1.000	2500	1
6	CARGA 6	1.000	1.000	300	1
7	CARGA 7	1.000	1.000	500	1
8	CARGA 8	1.000	1.000	200	1
9	CARGA 9	2.000	1.000	2000	1
10	CARGA 10	1.000	1.000	030	1
11	CARGA 11	1.000	1.000	0	1
12	CARGA 12	5.000	1.000	0	1
13	CARGA 13	1.000	1.000	0	1
14	CARGA 14	1.000	1.000	0	1
15	CARGA 15	1.000	1.000	0	1

Figura 4.3 -Exemplo dos parâmetros globais

Dada a importância desta função do sistema é de olhar atentamente para cada um destes parâmetros. O período de integração (PI) é como sabemos de 15 minutos para o sistema tarifário português. A programação do valor c : PI : deve para que o sistema "vigie" o comportamento do relógio da entidade distribuidora de energia e o substitua em caso de falha emitindo um sinal de alarme por esse facto.



O intervalo mínimo entre religações ( TRm ) serve para escalonar as religações no início dum período de integração após os deslastes efectuados no período anterior.

A introdução da constante K durante um tempo inicial ( TI ) do período de integração, deve-se à necessidade de religar todas as cargas no início de cada período de integração que por razões óbvias vão sendo religadas intervaladamente no tempo. O algoritmo durante o tempo inicial deve "ver" um valor de ponta de  $K \times PMA$  que é designado por "ponta de tempo inicial" sendo PMA o valor da ponta máxima admissível. O valor atribuído à constante K pode ir de 1 a 9.9 sendo um dos critérios utilizados nesta atribuição a relação matemática  $K \times \text{ponta} > \text{Potência instalada}$ . Neste caso existe a garantia de que todas as cargas serão religadas. Se quisermos limitar a potência a religar então será de considerar a relação  $k \times \text{ponta} < \text{Potência instalada}$ .

O valor da constante K pode variar de período para período de integração assim como o valor do intervalo TI tornando este algoritmo bastante potente e adaptativo às necessidades da produção durante cada período de integração.

O tempo inicial (TI) durante o qual é válida a constante K deve ser ponderado atendendo ao compromisso entre o tempo mínimo em que se pretende uma religação "fácil" das cargas e a possibilidade de a ponta vir a ser excedida nesse período de integração.

Estes parâmetros podem ser alterados e enviados para o autómato por iniciativa do gestor do sistema. Todas as alterações efectuadas nestes parâmetros ficam registadas na base de dados podendo constituir elemento de futuras análises no caso de menos eficiência ou de avaria do sistema. Dentro da função controlo da ponta existe um sub menu designado por "1. Alterar prioridades" que permite efectuar as seguintes operações :

1. Activar sequências de deslastre
2. Criar sequências de deslastre
3. Alterar sequências de deslastre
4. Retirar sequências de deslastre

Destas funções é importante analisar com algum pormenor a alteração de sequências de deslastre pois é possível aqui modificar a ponta controlada pelo sistema, a ponta de deslastre geral, a prioridade e o *off-set* de cada carga.

Entende-se por ponta controlada o valor de potência correspondente ao consumo de energia eléctrica que a instalação não deve ultrapassar em qualquer período de integração de 15 minutos.

Entende-se por potência de deslastre geral o limite máximo absoluto da ponta o qual se for ultrapassado origina o deslastre de toda a instalação.

As prioridades indicam a sequência de deslastre das cargas. A carga que tem atribuído à prioridade o algarismo mais elevado é a primeira a ser deslastrada seguindo a sequência de deslastres a ordem numérica decrescente. As cargas com prioridade nula nunca são deslastradas excepto no caso de haver um deslastre geral da instalação.

O *off-set* representa a quantidade de energia que cada carga deve consumir na pior situação num período de 15 minutos e depende da potência nominal da carga, do valor da ponta programada e das prioridades atribuídas às cargas. Este valor reservado para cada carga é um parâmetro importante do algoritmo de controlo da ponta e deve ser estabelecido cuidadosamente para cada regime de produção para que se possa minimizar o consumo de energia eléctrica e evitar o deslastre por tempo excessivo.

O gestor do sistema pode criar quantas sequências de deslastre quiser podendo-as alterar ou mesmo apagar a qualquer momento. A activação de uma sequência de deslastre previamente criada pode ser feita automaticamente pela função de controlo horário de cargas.

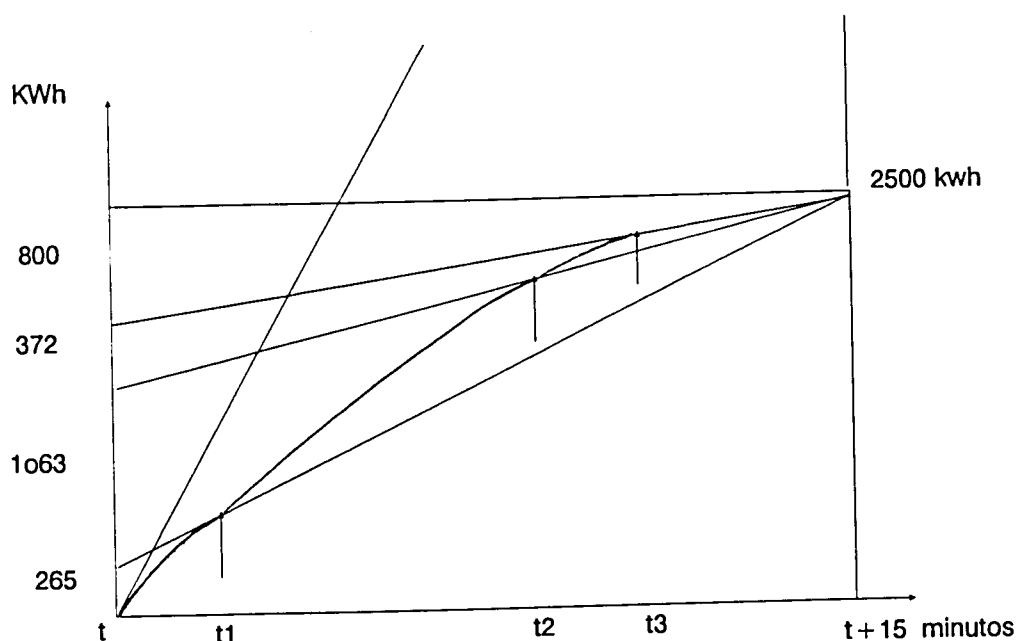
Esta função do controlo da ponta é extraordinariamente importante sob o ponto de vista do gestor de energia. O ponto de partida para futuras análises com vista à redução da ponta é a observação atenta dos gráficos de barras dos registos dos consumos de energia diários, quer do consumo geral quer do consumo de cada carga existente na instalação. A abordagem do tema "redução da ponta" pode ser encarada sob dois pontos de vista isto é, ou por simples corte de energia acima dum determinado valor que depende da instalação em causa com a deslocação desse excedente de energia para os períodos de consumo seguintes se for possível ou necessário ou então por transferência de consumos para períodos do dia em que a facturação de energia é mais baixa. Esta última forma de actuação está no âmbito do planeamento energético da empresa.

Para melhor se compreender o algoritmo implementado para o desempenho da função de controlo da ponta será apresentado aqui um exemplo dum dada instalação com apenas quatro cargas uma das quais se designa por carga base ou seja aquela que por necessidade da produção não pode ser desligada de forma alguma.

Suponhamos que numa certa unidade fabril é necessário controlar a ponta aos 10000 KW o que significa que em cada 15 minutos do período de integração só é possível consumir 2500 KWh de energia. Suponhamos que a carga base ou seja aquela que não pode ser deslastrada consome 800KWh o que significa que num período de 15 minutos as cargas deslastráveis já só podem consumir 1700 KWh. Suponhamos então que todas as cargas a funcionar consomem 4000 KWh nesse período de tempo o que significa que reservado o valor de 800 KWh para a carga base o

conjunto de cargas deslastráveis pode no máximo consumir 3200 KWh num período de integração. Conhecidas as potências nominais de cada uma daquelas cargas (  $P_1 = 2000\text{Kw}$   $P_2 = 700\text{ Kw}$  e  $P_3 = 500\text{Kw}$ ) o algoritmo atribui os off-sets de defeito proporcionalmente àquelas potências nominais sendo a constante de proporcionalidade neste exemplo de  $1700/3200$  ou seja para a carga deslastrável de potência nominal 2000 KW o valor do off-set de defeito será dado pela expressão  $2000 \times ( 1700 / 3200 )\text{KW}$ .

A figura 4.5 representa a atribuição de off-sets por defeito para as cargas do exemplo dado acima.



**Figura 4.5-Diagrama de controlo da ponta**

No início do período de integração e durante o tempo inicial (TI) arrancam todas as cargas intervaladas no tempo sendo efectuados os deslastres necessários a partir do momento em que termina o período de tempo inicial. Este algoritmo adapta-se à situação de cargas existentes uma vez que se uma carga não estiver ao serviço o algoritmo passa a "ver" apenas as restantes cargas deslastráveis.

Durante o período de integração o algoritmo vai calculando em cada instante de tempo o valor da potência  $dW/dt$  e a sua projecção no fim do período de integração. É este valor de projecção da potência que pode ir até  $k \times \text{PMA}$  durante o tempo inicial podendo no entanto ultrapassar o valor



da ponta máxima admissível em qualquer instante do período de integração.

Se por qualquer motivo for desligada uma carga no processo fabril e o cálculo daquela projecção de potência estiver abaixo do valor de PMA o algoritmo calcula a energia que sobra em relação ao valor máximo de energia a consumir durante o período de integração e procura religar a carga de prioridade seguinte desde que a sua potência nominal corresponda a um consumo de energia até ao fim do período de integração inferior ou igual àquele valor de energia.

Ainda nesta figura é possível ver a necessidade da introdução da constante  $k$  já referida atrás para que no início do período de integração durante um certo tempo (TI) a potência  $dW/dt$  vista pelo algoritmo seja de  $k \times PMA$ .

O conjunto de rectas de deslastre pode ser mais alargado ou apertado o que significa ter offsets respectivamente maiores ou mais pequenos. No caso de ser apertado o tempo entre deslastres é pequeno e o crescimento da curva é mais pronunciado até atingir a recta relativa à carga base seguindo-a até ao fim do período. Quando o conjunto das rectas é mais alargado o crescimento da curva é mais suave e os deslastres mais espaçados.

Ainda sob este ponto de vista é interessante analisar o que se passa em presença de cargas térmicas controladas por termostato. Neste caso o aspecto do andamento da curva seria o mostrado na figura 4.6 uma vez que desligada a carga por actuação do termostato a temperatura desce naturalmente e quando atinge um determinado valor a carga é religada por actuação do termostato. Para evitar aquela oscilação da curva o algoritmo utiliza uma banda morta não definível pelo utilizador, entre valores de deslastre e religação.

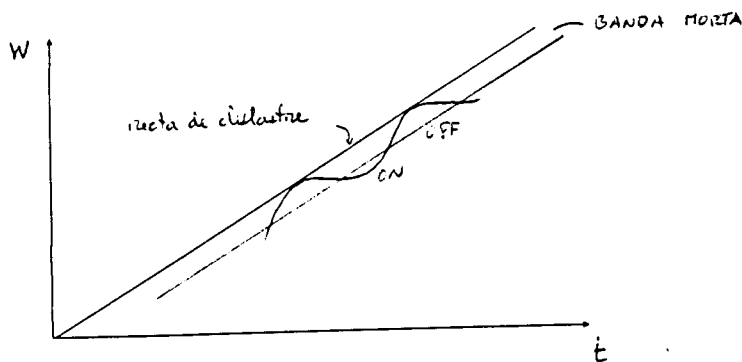


Figura 4.6- Carga controlada por termostato

Este algoritmo de controlo da ponta tem vantagens nítidas sobre o algoritmo de curva de carga ideal pois tem parâmetros tais como o período

de tempo inicial (PI) e a constante K que são passíveis de serem alterados em cada período de integração . Também a actualização da inclinação das rectas associadas às cargas deslastráveis de cada vez que é desligada uma carga no processo fabril é um factor muito importante deste algoritmo uma vez que pode permitir por exemplo o adiamento de um deslastre que seria inevitável se não houvesse aquele reajuste.Outra vantagem consiste na possibilidade de poder alterar localmente no processo(botoneiras) a ordem de prioridades durante o período de integração ou seja trocar a posição de algumas das rectas de deslastre da figura 4.5.

#### **4.3-1-2 - Programação do factor de potência**

Esta função permite programar a " $\text{tg } \sigma$ " a controlar pelo sistema, e inserir informações como a capacidade total, o número de escalões das baterias de condensadores instalados e a razão de transformação.O sistema permite a existência de vários pontos de controlo do factor de potência.

#### **4.3-1-3 - Programação horária**

A programação horária permite uma condução automática do sistema durante um período igual ou inferior a dois meses a partir da data actual.

Na programação diária é possível especificar para cada um dos 96 períodos de 15 minutos que constituem um dia ou para cada um dos três períodos tarifários, o estado de todas as cargas ( ligado ou desligado ), a sequência de deslastre a activar e ainda a configuração da função de controlo da ponta.

Podendo especificar o programa diário para cada dia do mês ou semana, é possível programar com uma precisão de 15 minutos todos os parâmetros de controlo do sistema para um período de dois meses.

Após elaborar os diversos tipos de programas diários com os parâmetros correspondentes aos comportamentos desejados para o sistema, o operador poderá elaborar a partir daqueles , diversos programas semanais.

A programação por um período superior ao semanal é efectuada seleccionando os programas semanais ou diários anteriormente elaborados.

Esta função é a mais versátil de todas as funções implementadas por este sistema e pode ser utilizada para fazer o arranque automático de fornos, grupos compressores, sistemas de ar condicionado ,ou simplesmente para colocar os parâmetros dos algoritmos de controlo nos valores óptimos para cada situação do dia,da semana ou do ano.

#### **4.3 -2- Funções de supervisão**

As funções de supervisão permitem analisar e interpretar o comportamento da instalação e do próprio sistema quer em tempo real quer em tempo diferido. O menu de supervisão mostra o conjunto de operações que é possível ao utilizador executar que são:

1. Listagens de consumos
2. Custos de energia eléctrica
3. Monitorização
4. Alarmes/ocorrências
5. Utilitários

##### **4.3-2-1- Registo de consumos de energia eléctrica**

O sistema regista automaticamente numa base de dados os consumos de energia activa e reactiva por cada uma das quinze cargas controladas e por toda a instalação em cada um dos 96 períodos de quinze minutos que constituem um dia. Todos os registos são sincronizados com as contagens da EDP, quer no que respeita aos períodos de integração quer aos períodos tarifários.

O sistema faz resumos diários e mensais que são os consumos de energia eléctrica acumulados, máximos e mínimos verificados em cada um dos períodos referidos. Se para obter o consumo anual de uma dada carga a aplicação tivesse de somar os consumos verificados em cada um dos 35064 intervalos de 15 minutos que o constituem o tempo necessário para a consulta seria intolerável.

O registo permanente de todos os consumos de energia eléctrica na base de dados exigiria um espaço em disco demasiado elevado pelo que após um intervalo de tempo programável os registos dos consumos em intervalos de 15 minutos são apagados da base de dados sendo possível gravá-los em *disquete* para posterior análise. Os resumos diários e mensais não são apagados da base de dados.

Com base nestes registos podem ser feitas consultas aos consumos de energia eléctrica de certo dia, semana, mês ou ano quer sob a forma de uma listagem de valores numéricos quer sob a forma gráfica. Estas listagens assim como todas as que serão referidas de seguida podem ser obtidas no écran ou na impressora.

É ainda possível verificar as facturas emitidas pelo distribuidor de energia eléctrica, analisar com rigor o processo energético, realizar auditorias energéticas e detectar avarias no funcionamento dos equipamentos.

Dentro do menu de listagens de consumos existem os sub menus de registo diário, semanal, mensal e anual como se pode ver na figura 4.7.

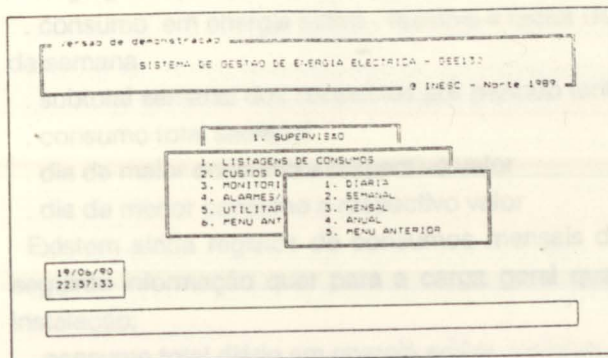


Figura 4.7 Menu da listagem de consumos

Dos dois écrans de listagem de consumos diários podem obter-se as seguintes informações:

- . consumo de energia activa , reactiva por período de integração de cada carga e da carga geral.
- . factor de potência por período de integração de cada carga e da carga geral.
- . consumo total diário por período tarifário (horas-cheia, vazio e ponta )
- . consumo total diário
- . período de consumo máximo e respectivo valor
- . período de consumo mínimo e respectivo valor

Ainda dentro dos registos de consumos é possível obter os gráficos dos consumos diários da carga geral e de cada carga da instalação como se pode ver no exemplo representado na figura 4.8.

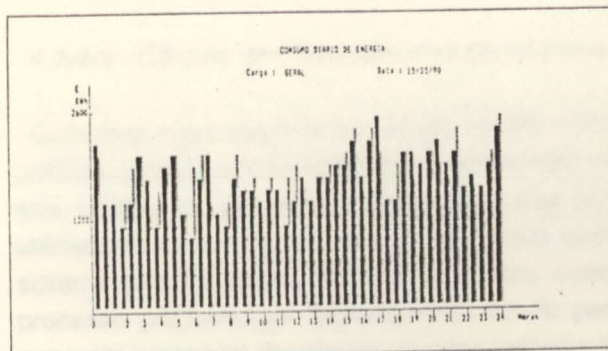


Figura 4.8 -Gráfico de consumo diário da carga geral

No menu de registo dos consumos semanais é possível obter informações semelhantes às obtidas para os consumos diários quer para a carga geral quer para cada carga:

- . consumo em energia activa , reactiva e factor de potência par cada dia da semana

- . subtotal semanal dos consumos por período tarifário

- . consumo total semanal

- . dia de maior consumo e respectivo valor

- . dia de menor consumo e respectivo valor

Existem ainda registos de consumos mensais dos quais se obtem a seguinte informação quer para a carga geral quer para cada carga da instalação:

- . consumo total diário em energia activa , reactiva e factor de potência

- . subtotal mensal dos consumos por período tarifário

- . total mensal

- . dia de maior consumo e respectivo valor

- . dia de menor consumo e respectivo valor

- . potência tomada mensal e dia de ocorrência

- . diagramas de carga mensal

A listagem anual fornece as seguintes informações :

- . consumo total mensal em energia activa, reactiva e factor de potência

- . subtotal anual dos consumos por período tarifário

- . total anual

- . mês de maior consumo e respectivo valor

- . mês de menor consumo e respectivo valor

- . maior potência mensal e data de ocorrência

- . diagramas de carga anuais

Ainda relativamente aos consumos mensais e anuais é possível obtê-los sob a forma de gráfico de barras .

#### **4.3-2-2 - Cálculo de custos de energia eléctrica**

Com base nos consumos de energia eléctrica da instalação e no valor da potência tomada armazenados automaticamente na base de dados e ainda nos valores da potência contratada e das tarifas introduzidas pelo utilizador, o sistema pode calcular os custos energéticos da empresa. O sistema permite ainda calcular os custos energéticos por sector ou processo produtivo, por departamento sendo para isso necessário que possuam contagem de energia eléctrica individualizada.



#### **4.3-2-3 - Registo e sinalização de alarmes**

Todos os acontecimentos considerados perigosos para o sistema são registados na base de dados. É registado o momento em que a situação de alarme se iniciou, o momento em que terminou, o operador que tomou conhecimento da mesma e o momento do reconhecimento.

Os eventos mais perigosos são sinalizados com uma etiqueta de alarme no canto superior direito do écran. A etiqueta de alarme só desaparece após a situação de alarme ter desaparecido e este ter sido reconhecido.

As situações de alarme são por exemplo falhas de comunicação entre os elementos do sistema, avarias nos autómatos, anomalias nos algoritmos de controlo e outras.

Também é possível monitorizar em tempo real o estado dos alarmes num écran que mostra graficamente a topologia do sistema e inclui uma indicação dos locais onde se verificam os alarmes.

#### **4.3-2-4 - Registo de ocorrências**

Existem outros acontecimentos que não são perigosos para o sistema mas também são registados na base de dados dado que são da maior importância na análise do comportamento do sistema quer em funcionamento normal quer em condições de defeito. Este registo não é sinalizado e não precisa de reconhecimento por parte do operador. As ocorrências podem ser consultadas isoladamente ou em conjunto com os alarmes verificados num dado intervalo de tempo seleccionado pelo operador.

Designam-se por ocorrências os seguintes acontecimentos:

- .ligação e corte manual de cargas
- .deslastre e religação automáticos de cargas
- .fim de cada período de integração de 15 minutos
- .início de cada período tarifário

As ocorrências também são apagadas da base de dados ao fim de um tempo programável pelo operador visto que o seu armazenamento permanente exigiria um espaço em disco inabastante. Contudo é possível o seu arquivo em *disquete* para posterior consulta.

#### **4.3-2-5 - Monitorização**

Os écrans de monitorização permitem acompanhar em tempo real a evolução do estado de todos os componentes do sistema.

Num destes écrans é possível visualizar os consumos de energia activa das cargas sob a forma de um gráfico de barras .É de referir que a cõr das barras muda sempre que a tendência de evolução do consumo indicar uma ultrapassagem do valor da ponta programada .

Além destes écrans ,é possível ao operador criar écrans de monitorização através de funções disponíveis na aplicação.Estes écrans de monitorização permitem visualizar as variáveis seleccionadas e ainda a alteração do seu estado e do seu valor, o que torna o sistema muito poderoso e versátil.

#### **4.3-2-6 - Utilitários**

Incluem-se neste grupo de funções a gestão de operadores,a realização de cópias de segurança e a indexação da base de dados.

Na gestão de operadores ,o gestor do sistema pode inserir,retirar e listar operadores e cada operador pode alterar o seu próprio código de acesso.

É possível fazer cópias de segurança de toda a base de dados para posterior reposição no caso de avaria e ainda cópias mensais dos consumos de energia eléctrica ou das ocorrências para efeitos de arquivo.

Visto que os operadores não podem abandonar a aplicação devido à utilização do MS-DOS , inclui-se também uma opção de formatação de *disquetes*.

A indexação da base de dados é necessária após se terem verificado algumas situações anómalas sendo no entanto automática na sequência de uma falha de energia e na sequência de uma reposição de cópias de segurança da base de dados.

#### **4.4-ACESSO AO SISTEMA**

O sistema possui um esquema de segurança contra intrusão baseado em códigos de acesso.Qualquer operador deverá obter do gestor do sistema um código de acesso pessoal adequado às suas funções.A base de dados dispõe do nome,senha,código de acesso e nível de acesso de cada operador sendo estes dois últimos sob a forma codificada.

As funções de monitorização em tempo real e consulta de históricos são acessíveis a todos os utilizadores.A função de selecção de prioridades exige um utilizador com nível de acesso superior a 2 e as restantes funções de programação e configuração do sistema tais como programação da ponta e do factor de potência,programação horária de cargas e alteração de écrans de monitorização exigem utilizadores com nível de acesso superior a 3. Apenas os elementos que fazem a manutenção do sistema (nível de acesso 4 ) podem utilizar a opção que pára a aplicação que corre no PC já que é uma operação potencialmente perigosa pois uma paragem superior a uma hora acarreta perda de informação.

no PC já que é uma operação potencialmente perigosa pois uma paragem superior a uma hora acarreta perda de informação.

#### **4.5-CONCLUSÕES**

A arquitectura deste sistema de gestão de energia eléctrica torna-o um sistema seguro, fiável, de fácil manutenção e bastante flexível podendo ser instalado num grande número de empresas adaptando-se à sua forma de produção e de exploração do sistema produtivo. Contribui também para a fiabilidade do sistema a utilização de autómatos com métodos de processamento e comunicação bastante fiáveis.

A utilização da rede BITBUS que apenas necessita dum par de fios entrançados para meio de transmissão contribui também para a fiabilidade do sistema conferindo ao sistema a vantagem de ser suportado por vários fabricantes de placas controladoras e autómatos programáveis.

## **CAPITULO V - Aplicações Industriais**

5.1- Aplicações.....	61
5.2- Aplicações.....	64
5.3- Conclusões.....	71

# CAPITULO V

Tem por objectivo este capitulo a análise dos resultados obtidos da aplicação do sistema integrado de gestão de energia eléctrica GEE 130 em duas empresas situadas na Região Norte.

## 5.1- APLICAÇÃO I

A EUROFER Fábrica de Ferro Maleável S.A. é uma empresa de fundição que utiliza como matérias primas sucatas e lingotes de ferro de várias qualidades para obter como produto final peças de ligas ferrosas com materiais de três tipos de ferro: ferro maleável ( GTS ) , ferro cinzento ( GGL ) e ferro nodular ( GGG ) [3].

### 5.1-1- Descrição do Processo

Esta unidade fabril possui uma subestação com dois transformadores de 7.5 MVA a trabalhar em paralelo sendo a tensão de alimentação 60 KV e o conjunto de equipamentos instalados com uma potência nominal que ultrapassa os 17.5 MV.

No processo de produção distinguem-se quatro fases principais que são: 1-Fusão-Manutenção, 2-Moldação ,3-Tratamento Térmico ( GTS ) e 4-Acabamento - Maquinação.

Na primeira fase as cargas de sucata são fundidas e em seguida o metal é submetido a afinações de composição química e de temperatura.

A fusão é a fase do processo mais consumidora de energia pois põe em funcionamento cinco fornos eléctricos de indução (AA, AB, BBC, INDUTER4, INDUTER5 )cujas características vêm expressas no quadro da figura 5.1.

O tempo de fusão depende das características dos fornos e do metal a produzir mas é constante para determinada razão produto/equipamento.

Quando o metal atinge a temperatura desejada é colocado no estado de manutenção isto é o material dos fornos AA e AB é transportado para um sexto forno de manutenção ( AC ) e o material dos fornos BBC,Induter4 e Induter5 ali se mantém sendo comutados para a posição de manutenção.

Na segunda fase do processo o metal fundido é vazado em moldações dando origem a diferentes peças.Depois de desmoldadas, as peças sofrem uma operação de limpeza e são submetidas a testes de qualidade.

Forno	Função	Cap.(T)	Ciclo(h)	P.no.(KVA)
AA	fusão	8	1,5	2100
AB	fusão	8	1,5	2100
AC	manuten	32		560
BBC	fus/manut	8 + 8	1,5	2400
IND 4	fus/manut	5 + 5	0.75	4000/500
IND 5	fus/manut	5 + 5	0.75	4000/500
Birlec1	trata/termi	23	24	1000
Birlec2	trata/termi	23	24	1000

**Figura 5.1- Características dos fornos**

Só as peças de ferro maleável passam pela terceira fase do processo que se trata do tratamento térmico (processo eléctrico) em que é efectuado um recozimento das mesmas. Por último algumas peças são maquinadas e passam por um controlo de qualidade final seguindo então para o armazém de peças acabadas.

#### **5.1-2- Resultados da instalação dum sistema de gestão de energia**

A empresa EUROFER tinha instalados desde 1973 dois sistemas electromecânicos de controlo de ponta. Estes sistemas estavam instalados em cascata actuando o que estava a montante sobre os fornos de fusão ( AA ,AB ,BBC ) e o que estava a jusante sobre o disjuntor geral de Alta Tensão.

O sistema instalado era tecnologicamente pouco preciso e dispunha apenas de dois escalões de deslastre.

As consequências da existência de apenas dois escalões de deslastre eram desastrosas pois originavam muitas vezes deslastes gerais, acarretando perda de produção, perda de informação dos sistemas informáticos e necessidade de reiniciação de vários processos.

A instalação dum sistema de gestão de energia eléctrica surgiu integrada num plano de reformulação tecnológica e de expansão da instalação com dois novos fornos de indução e de uma nova linha de moldação.

Apesar da instalação do sistema ter sido efectuada numa fase de expansão da empresa como já foi dito anteriormente as melhorias e ganhos conseguidos foram importantes.

A instalação do sistema permitiu efectuar a condução em tempo real da instalação em termos energéticos o que permite detectar situações anómalas numa fase inicial e tomar medidas correctivas em tempo útil assim

como efectuar a análise de consumos eléctricos quer de potência quer de energia.

O sistema permitiu detectar anomalias de funcionamento por comparação de consumos entre fornos idênticos como por exemplo:

Em certa altura o forno BIRLEC1 apresentava um consumo superior ao forno BIRLEC2 para a mesma quantidade de peças tratadas.

Foi então feita uma inspecção ao forno e detectada uma válvula de ventilação aberta indevidamente. Enquanto não foi solucionado o problema o gasto diário suplementar em termos de energia eléctrica foi de 10.000 escudos.

Com o sistema instalado foi possível reduzir o valor da ponta de 11200 KW para 10500 KW gerindo em tempo real a ordem de execução dos deslastres sendo a economia verificada por este facto a seguinte:

-Redução de 12,5 % na potência contratada ( 12000Kw para 10500 Kw ) e redução de 6,3 % na potência tomada (11200 Kw para 10500 Kw ).

Como o nível de tensão da empresa é média tensão a taxa de potência é de 695.80 escudos por KW. A taxa de potência contratada é de  $0.2 \times 695.80$  e a taxa de potência tomada é de  $0.8 \times 695.80$  . Sendo assim a poupança obtida foi de :

$$[0.2 ( 12000-10500 ) + 0.8 ( 11200-10500 ) ] * 695.80 * 12 = \\ = 7 180.000\$00 / ano$$

Por outro lado com a redução dos tempos de deslastres e adopção de melhor estratégia na sua realização foi possível aumentar a capacidade de fusão da fábrica com um valor de ponta muito inferior.

Por exemplo no sector de fusão em Novembro de 1987 o somatório de deslastres foi de 3 fornos ( AA,AB,BBC ) \* 33 horas = 99 horas o que implicou uma perda de produção de  $99 * 2,66 \text{ ton/hora} = 263$  toneladas.

No mesmo sector o somatório dos tempos de deslastre verificados no mês de Abril e Maio de 1990 com o S.G.E. em funcionamento foi de 11 horas o que dá uma perda de produção estimada em apenas 29,3 toneladas.

Portanto a redução de perda de produção foi de 88,9% sendo o valor estimado do aumento de capacidade de fusão de 117 ton/mês.

Através do diagrama de consumo geral da fábrica foi possível detectar um abaixamento dos consumos às horas das refeições e às horas de mudança de turno dos trabalhadores. Cabe aqui um papel importante ao gestor de energia no sentido de sensibilizar os trabalhadores para uma não diminuição de produção nestes intervalos de tempo. Para isso bastaria por exemplo que o trabalhador não abandonasse o seu posto de trabalho antes de entrar ao serviço o seu substituto no turno seguinte.

## 5.2 - APLICAÇÃO II

Esta unidade fabril ,SEGROBE,SA no Castelo da Maia,tem como actividades principais a esmaltagem de componentes e a montagem de fôgões. Sob o ponto de vista energético é a unidade de esmaltagem que tem mais interesse dado que envolve custos elevados.Foi feito um levantamento energético a esta unidade a partir do qual se pode concluir da viabilidade da gestão das cargas [6].

### 5.2-1-Características dos equipamentos da instalação.

Os principais equipamentos instalados nesta unidade são:

- . Forno de esmaltagem
- . Estufa de secagem
- . Unidade de decapagem
- . Compressor de ar

Descrevem-se em seguida algumas características destes equipamentos que são de extrema importância na análise que será feita da possibilidade de redução da ponta.

#### Forno de esmaltagem

O forno é constituído por várias zonas com uma potência total instalada de cerca de 600 KW ,possui dois circuitos de contagem (forno novo e forno velho ) e funciona normalmente das 6h 30m às 17h 30m.

As várias zonas constituintes do forno são:

- Zona 1(forno novo)- 74 KW
- Zona 2(forno velho)- 74 KW
- Zona 3(forno novo)- 74 KW
- Zona 4(forno novo)- 74 KW
- Zona 5(forno novo)- 74 KW
- Zona 6(forno velho)- 74 KW
- Zona 7(forno velho)- 74 KW
- Zona 8(forno velho)- 76 KW
- Motores - 9,8 KW

Existem zonas do forno que podem ser desligadas sem perda de qualidade da produção.São as zonas 4,5 e 6 que ao todo somam 227 KW de potência.Se o forno estiver a trabalhar à temperatura nominal nestas zonas só é possível deslastrá-las por um período não superior a 1 minuto o que se traduz em média por uma queda de temperatura de 30 graus.



### **Estufa de secagem**

Existem duas estufas uma das quais com vários escalões de potência que somam no total uma potência de 255 KW. A constituição das estufas é a seguinte:

- Estufa 1- escalão 1- 65 KW
- escalão 2- 65KW
- escalão 3- 65 KW
- Estufa 2- 60 KW

A estufa funciona normalmente entre as 7h 55m e as 17h 30m e as estufas são passíveis de deslastre por um período não superior a 3 minutos.

### **Unidade de decapagem**

Esta unidade funciona de dia e de noite excepto ao domingo. É constituída por várias zonas que no total somam 132 KW de potência e que são as seguintes:

Zona 1 (F7) Decapante	-24 KW
Zona 2 (F8) Desengordurante	-24 KW
Zona 3 (F9) Água quente	-24 KW
Zona 4 (F10) Ácido	-10 KW
Zona 5 (F11) Ferro/Inox	-17 KW
Zona 6 (F12 ou F13) Secador	-24 KW

Todas as zonas de decapagem são passíveis de serem deslastradas variando a duração máxima do deslastre de zona para zona como se pode ver no quadro seguinte:

	prioridade
Zona 1 - 15 minutos	4
Zona 2 - 15 minutos	6
Zona 3 - 15 minutos	5
Zona 4 - 15 minutos	2 não repetitivos
Zona 5 - 15 minutos	3 não repetitivos
Zona 6 - 15 minutos	1 não repetitivos

Na atribuição da prioridade o maior algarismo significa que se trata de uma carga menos prioritária ou seja aquela que se pode desligar em primeiro lugar.

### **Compressores de ar**

Existem dois compressores um principal com potência nominal de 75 KW e um outro de reserva com potência nominal de 30 KW. Funcionam alternadamente entre as 7h 55m e o fecho da linha de montagem. O compressor não pode ser deslastrado uma vez que as consequências para

### Forno

Analisaremos em primeiro lugar os diagramas do forno que como já foi dito tem dois circuitos de contagem. Verifica-se pela comparação dos diagramas da figura 5.4 que o forno novo (diagrama à direita) atinge o equilíbrio térmico num patamar de valor de potência de consumo bastante mais baixo do que o forno velho (diagrama à esquerda) o que pode levar-nos a concluir que aquando dum possível deslastre será de o fazer ao forno novo pois as perdas são menores.

Os gráficos das figuras 5.3 e 5.4 permitem constatar que a ponta no diagrama de carga geral coincide com a diminuição do consumo dos dois sectores do forno. Este facto permite inferir que se houver um atraso accidental no arranque do forno será de prever um valor de ponta superior. Portanto dado o peso enorme que o forno tem no valor da ponta nas situações de arranque do forno fora do seu horário normal (6h 30m) é importante prever uma sequência de deslastre que inclua o deslastre de zonas do forno em primeiro lugar. Estes deslastres poderão ser por períodos superiores aos previstos para o regime de laboração normal uma vez que enquanto não for atingida a temperatura nominal do forno este não é utilizável para a produção. Só depois de ter sido atingida a temperatura nominal de funcionamento deve ser activada outra sequência de deslastres.

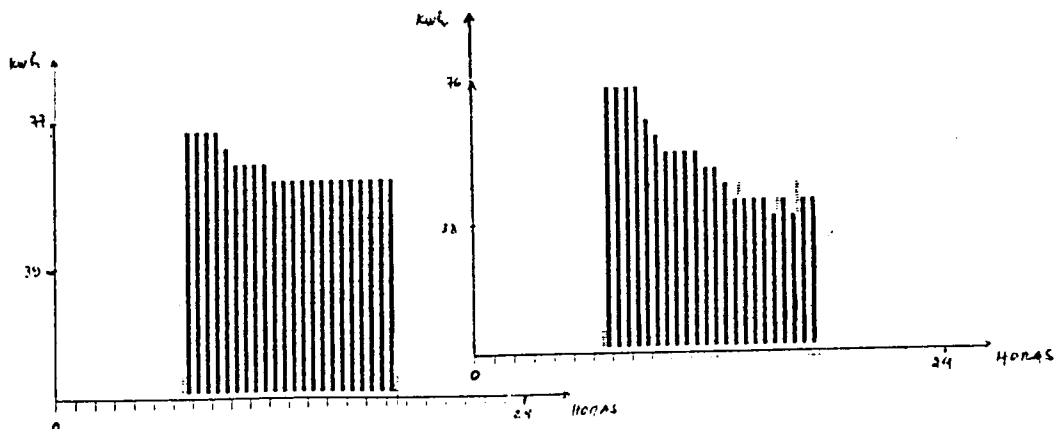


Figura 5.4- Consumo diário dos fornos (forno velho à esquerda)

### Estufas

Estes equipamentos dentro das horas que funcionam têm um consumo bastante constante com se pode ver na figura 5.5 que representa o diagrama de consumo do dia 11 de Setembro de 1989. No período em que se verifica a ponta geral, existem uns picos de consumo das estufas o que poderá significar que com um deslastre adequado das estufas nesse

mesmo período seria possível programar um valor de ponta inferior. É de notar que os valores de consumo das estufas estão bastante abaixo das potências nominais indicadas e portanto a redução da ponta por deslastre das estufas que será calculado no ponto seguinte com base naquelas potências não poderá corresponder ao realmente conseguido.

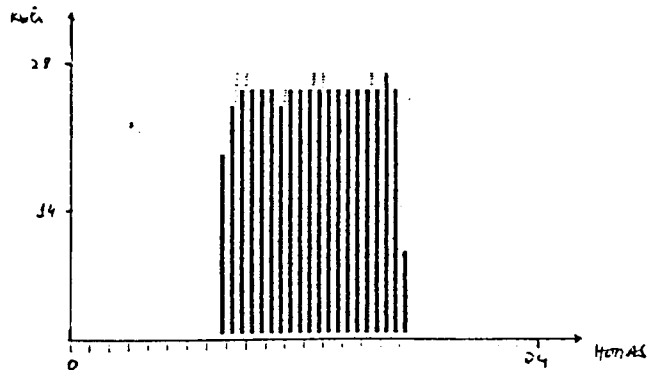


Figura 5.5- Consumo diário das estufas

#### Tanques de decapagem

Pela observação do diagrama de consumo diário da decapagem verifica-se que um pico deste diagrama cai exatamente no período em que se verifica a ponta do diagrama da carga geral para o dia que tem vindo a ser analisado. A figura 5.7 mostra o diagrama de consumo do dia 11 de Setembro de 1989 para o conjunto de cargas que constituem o sector de decapagem.

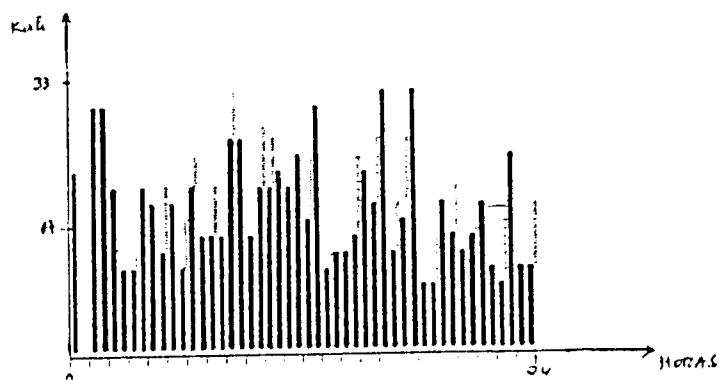


Figura 5.7- Diagrama de consumo da zona de decapagem

Uma vez que podem ser deslastrados por períodos longos é importante jogar com os deslastrés deste grupo de cargas sempre que necessário para efeito de redução da ponta. Não foi possível arranjar um ciclo de funcionamento padrão para este conjunto de cargas ficando ao critério do gestor de energia a sequência de deslastrés a fazer de forma a preservar os sectores mais sensíveis dos deslastrés prolongados.

#### **Outras cargas**

No que respeita ao compressor como já foi dito não é recomendável o seu deslastre. Contudo é conveniente vigiar o seu consumo e sempre que necessário tomar alguma medida correctiva ao seu funcionamento de forma a contribuir para a diminuição do valor da ponta. Uma vez que o compressor arranca normalmente ao mesmo tempo que as estufas será de pensar no deslocamento da sua hora de arranque desde que não faça diferença à produção.

#### **5.2-3- Estudo teórico da redução do valor da ponta.**

A potência de contrato desta unidade fabril é de 1040 KW. Estuda-se neste capítulo qual a redução teórica possível deste valor no sentido de encontrar um valor de ponta a controlar.

Veremos em seguida as reduções teóricas ao valor da ponta que poderão acontecer por meio de deslastrés de cada uma das unidades da instalação.

#### **Forno**

As zonas passíveis de deslastre no forno são como já foi dito anteriormente as zonas 4,5 e 6 que no total têm uma potência de 227 KW. Sabendo que o deslastre não poderá ultrapassar um minuto então por cada período de 15 minutos será possível reduzir  $227 \text{ KWh} / 60 = 4 \text{ KWh}$ . Isto traduz-se em termos de redução do valor da ponta em  $4 \times 4 \text{ KW} = 16 \text{ KW}$ .

#### **Estufas**

Admitindo que as estufas podem ser deslastradas por um período de 3 minutos poder-se-á poupar no total  $(255 \text{ KWh} / 60) \times 3 = 12,75 \text{ KWh}$  por cada período de 15 minutos. Por efeito de deslastre a redução do valor da ponta será de  $4 \times 12,75 \text{ KW} = 51 \text{ KW}$ .

#### **Unidade de decapagem**

Como já foi dito no ponto 5.2-1 as zonas de decapagem são todas passíveis de serem deslastradas pelos períodos de tempo indicados com as prioridades assinaladas. A poupança máxima possível por cada período de 15 minutos será de  $(132 \text{ KWh} / 60) \times 15 = 33 \text{ KWh}$ . Em termos de redução do valor da ponta por efeito de deslastre temos  $4 \times 33 \text{ KW} = 132 \text{ KW}$ .

Efectuados estes cálculos o valor da ponta a controlar seria de  $1040 - (16 + 132 + 51) = 841$  KW. Se não for possível controlar as estufas então será apenas de  $1040 - (16 + 132) = 892$  KW. É importante confrontar estes valores com os gráficos obtidos com a instalação do sistema. Como foi visto no diagrama de consumo diário da carga geral da instalação para o dia 11 de Setembro de 1989 o valor da ponta não controlada era de 928 KW e existia um patamar próximo de 850 KW que se mantinha aproximadamente três horas após a ocorrência da ponta. Perante estes valores e em comparação com os valores de potência a controlar encontrados teóricamente poderemos pensar em princípio controlar a ponta para o valor de 850 KW.

Para isso poderemos efectuar dois tipos de abordagem. Uma delas será cortar a energia acima dos 212,5 KWh e a outra será transferir os consumos acima dos 850 KW ( $4 * 212,5$  KW) para períodos mais favoráveis podendo ser os períodos seguintes. Aquando dum possível deslastre é preciso ter cuidado quando se trata de cargas térmicas controladas por termostato visto que normalmente a temperatura baixa o que vai acarretar um acréscimo de consumo nos períodos seguintes por actuação do termostato. Uma vez que estamos perante cargas térmicas e um diagrama de consumo que mantém o patamar de 212,5 KWh durante bastante tempo a seguir à ocorrência da ponta não será possível controlar a ponta pelo valor de 850 KW sob pena de ocorrer o efeito de 'bola de neve' por carência de energia durante muito tempo seguido podendo eventualmente acontecer que o pedido de consumo mais tarde seja superior ao máximo inicial. Podemos pensar em deslocar para os períodos seguintes alguma quantidade de energia acima do valor de 212,5 KWh que ocorre entre as 8h 15m e as 9h. Se pensarmos em distribuir 37,5 KWh dessa energia durante os 6 períodos seguintes às 9h teria de ser distribuído por cada período de 15 minutos um valor de energia igual a  $37,5 \text{ KWh} / 6 = 6 \text{ KWh}$ . Portanto teremos um valor de ponta controlada de  $4 * (212,5 + 6) \text{ KW} = 874 \text{ KW}$ . Este valor poderá ainda ser mais baixo na prática visto que da energia que não é consumida num dado período nem toda irá transitar para períodos seguintes pois alguma desta energia não chega a ser consumida.

Uma outra abordagem a fazer para conseguir uma redução do valor da ponta seria antecipar alguns consumos de forma a evitar a simultaneidade. No caso particular da SEGROBE esta forma de actuação não é muito viável uma vez que os equipamentos integrados numa cadeia de produção têm habitualmente horários rígidos de início e fim de laboração. Só em casos excepcionais de arranque de equipamento fora das horas normais de funcionamento é que se põe este tipo de abordagem do problema.

Após tudo o que foi dito é de salientar que o valor inicial de ponta a controlar está próximo dos 870 KW podendo ser reduzido ou não. Outro ponto muito importante a salientar nesta indústria é a precaução que se deve ter em relação às situações anómalas sobretudo quando se trata do arranque do forno com atraso. De tudo o que foi dito pode concluir-se que uma boa condução do forno é essencial para poder controlar a ponta em boas condições.

### **5.3-Conclusões**

A utilização dum sistema deste tipo permite otimizar a condução do processo produtivo e energético como se viu na primeira aplicação atrás descrita foi possível aumentar a capacidade de fusão ao mesmo tempo que se conseguiu a diminuição do valor da ponta.

As reduções obtidas nas facturas de energia eléctrica assim como os aumentos de produção permitiram amortizar o sistema num período relativamente curto não entrando em linha de conta com todas as vantagens do controlo em tempo real assim como o registo de informação em Base de Dados.

O desenvolvimento de sistemas que juntamente com a gestão de energia e supervisão integrem outras funções como o planeamento, o controlo de de produção e da qualidade assim como a gestão da manutenção torna-se premente devido à falta de integração generalizada dos produtos existentes no mercado.

Uma vez que um sistema deste tipo contribui para o planeamento e controlo da produção deve ser inserido numa área cujos desenvolvimentos se adequam à produção integrada por computador ( CIM ).

<b>CAPITULO VI -Programa de tarifa óptima</b>	
6.1-Introdução.....	73
6.2-Características do programa desenvolvido.....	74
6.3-Estrutura do programa desenvolvido.....	78
6.4-Conclusões.....	91
6.5-Desenvolvimentos futuros.....	92

# CAPITULO VI

## 6.1- Introdução

O actual sistema tarifário português inclui um conjunto de regras que têm por objectivo fazer com que o consumidor de energia eléctrica saiba gerir melhor a energia eléctrica ao seu dispôr [5]. Normalmente é efectuado um acordo escrito entre a entidade distribuidora de energia eléctrica e o consumidor onde figura a potência de contrato e a opção tarifária cuja escolha fica à responsabilidade do consumidor. A opção tarifária escolhida é válida por um período mínimo de um ano sendo portanto de extrema importância a realização da sua escolha. Uma das vertentes deste programa foi desenvolvida no sentido de efectuar aquela escolha baseada nos consumos de potência e energias activa e reactiva da empresa durante um ano. O programa além de apresentar os custos relativos à opção tarifária óptima apresenta também os custos das outras opções possíveis para o mesmo panorama de consumos. Escolhida a opção tarifária óptima o programa calcula para esta opção vários custos, indicadores importantes sob o ponto de vista de energia eléctrica tais como o factor de carga e o factor de utilização da instalação por sector e/ou no conjunto da empresa se esta possuir mais de um sector de actividade. Todos estes valores podem aparecer sob a forma analítica ou gráfica sendo possível ao operador enviar para a impressora qualquer um dos gráficos elaborados.

Uma outra linha de desenvolvimento deste programa efectua a análise dum diagrama de carga diário duma empresa com base nos dados de potência média tomada em cada intervalo de quinze minutos em que se encontra dividido o dia para efeitos de contagem de energia permitindo efectuar estudos de transferência de carga sempre de acordo com a produção ou com as condições de habitabilidade no caso de se tratar de um edifício cabendo ao gestor de energia o papel da coordenação produção-energia. Estes estudos de simulação de diagramas de carga são importantes pois podem conduzir à redução do custo da factura de energia eléctrica da instalação.

O programa permite ainda efectuar estudos de facturação de energia eléctrica com modificação do nível de tensão, da potência de contrato, do tipo de contagem da energia e do tipo de leitura da potência e energia activa e reactiva. Estes estudos são importantes aquando da realização de auditorias energéticas.



## 6.2- Características do programa desenvolvido

O programa foi desenvolvido em linguagem Turbo Pascal correndo em qualquer PC com sistema operativo MS-DOS. Dada a limitação do número de bytes própria do editor do "TurboPascal" o programa possui além do corpo principal um conjunto de FILES INCLUDES e ainda UNITs para realização de gráficos e quadro de resultados tendo sido todas estas UNITs implementadas neste programa. Este programa representa uma ferramenta simples de análise de consumos e custos assim como de estudos de simulação, úteis para a correcção da utilização de energia eléctrica assim como para estudos de auditoria.

A estrutura do sistema tarifário considera como elementos intervenientes na facturação de energia eléctrica a potência, a energia activa e reactiva.

Cada um dos pontos seguintes descreve algumas das regras referentes à tensão, potência e energias activa e reactiva que estão implementadas neste programa.

### 6.2-1- Tensão

O algoritmo aceita como dado a introduzir pelo operador o valor da tensão da instalação ficando guardado em ficheiro de dados técnicos da empresa esse valor numérico assim como o nível de tensão que o próprio algoritmo associa àquele valor mediante a seguinte base de dados que tem introduzida.

Baixa Tensão BT	tensão $\leq$ 1 kV
Média Tensão MT	1 kV < tensão $\leq$ 45 kV
Alta Tensão AT	45 kV < tensão $\leq$ 110 kV
MAlta Tensão MAT	tensão > 110 kV

Os valores de tensão apresentados referem-se aos valores nominais de tensão composta.

Para cada nível de tensão o algoritmo tem guardadas em ficheiro todas as opções tarifárias possíveis para aquele nível de tensão de acordo com o sistema tarifário em vigor. No nível da média e alta tensão existem três opções tarifárias que são curtas, médias e longas utilizações. As tarifas de energia activa dividem-se em tarifas do período de Inverno e tarifas do período de Verão e dentro de cada período sazonal são diferentes consoante se trata do período diário de hora de ponta, hora de cheia e hora de vazio.

As tarifas de energia reactiva são as mesmas para todas as opções tarifárias dependendo apenas de ser consumo ou fornecimento de energia reactiva à rede.

O ficheiro do nível de baixa tensão tem até à potência contratada de 19,8kVA as opções de tarifa social, simples e bi-horária quer para a potência

quer para a energia activa não havendo taxa de energia reactiva. Para as potências contratadas entre 19,8 kVA (exclusivé) e 39,6 kVA tem as opções de tarifa simples, médias e longas utilizações quer para a potência quer para a energia activa. As taxas de energia activa de médias e longas utilizações dependem da hora do dia ou seja se a energia é consumida em hora de ponta, hora de cheia ou hora de vazio. Para potências contratadas superiores a 39.6 kVA existem as opções de médias e longas utilizações quer para a potência quer para a energia activa e ainda taxas de energia reactiva indutiva e capacitiva. As taxas de energia activa são diferentes consoante a hora de ponta, hora de cheia e hora de vazio.

A opção tarifária é da competência do consumidor de acordo com a utilização anual de potência contratada sendo válida por um período mínimo de um ano.

#### **6.2-2-Potência**

Normalmente é efectuado um acordo escrito entre a entidade distribuidora de energia eléctrica e o consumidor que define entre outras questões a potência de contrato que como o próprio nome indica é a potência que figura naquele acordo. A potência de contrato é um dado introduzido pelo operador e que fica guardado em ficheiro podendo ser modificado quando necessário.

O programa salvaguarda a seguinte disposição em relação à potência de contrato: se não houver um acordo sobre a potência de contrato por ponto de entrega esta não pode ser inferior a 50 % da potência instalada (soma das potências nominais dos transformadores relativos aquele ponto de entrega).

É importante referir que se a potência tomada ultrapassar o valor da potência de contrato o valor desta é actualizado para aquele valor de potência até ao fim do contrato, decorrendo deste facto como já se disse, a importância do controlo da ponta.

Uma empresa pode possuir vários pontos de entrega de energia eléctrica na mesma instalação ou em instalações diferentes. Neste caso o programa assume como potência tomada e potência contratada do conjunto da empresa a soma das várias potências tomadas e de contrato relativas a cada ponto de entrega de energia .

Em relação à potência o algoritmo aceita na entrada de dados quer valores de potência a facturar (PF) quer de potência tomada (PT) relativas a um mês de consumo ou então a potência tomada (PT) dum diagrama de carga diário . A relação matemática entre estas duas potências e a potência de contrato (PC) é dada pela expressão

$$PF = PC - k \times (PC - PT) \quad (1)$$

em que o parâmetro  $k$  toma o valor de 0,8 ou seja o custo da potência a facturar é  $PF_{\text{custo}} = (0.2 PC + 0.8 PT) \times \text{taxa}$  onde é possível ver o peso do custo atribuído à parcela relativa à potência tomada.

Para os fornecimentos de energia eléctrica em baixa tensão com potências contratadas até 39,6 kVA inclusivé a potência a facturar é igual à potência de contrato ou seja  $PF = PC$ .

A potência tomada num período mensal é normalmente a maior potência média verificada em qualquer intervalo de quinze minutos desse período.

Qualquer consumidor pode dispor de medida separada de potência tomada (PT) nas horas de vazio e nas horas fora de vazio. Neste caso a potência tomada na expressão matemática (1) é o valor de potência tomada medida nas horas fora de vazio embora para efeitos de potência contratada se considere a potência tomada em qualquer momento.

O algoritmo distingue as leituras de potência em baixa, média, alta e muito alta tensão. Se nos fornecimentos em média e alta tensão a potência tomada for lida em baixa tensão o algoritmo adiciona-lhe o valor da potência de perdas no ferro dos transformadores que tem guardado em ficheiro e a soma é acrescida de 1 % para atender às perdas nos enrolamentos. Aquela potência de perdas vem mencionada no boletim de ensaio do transformador.

### **6.2-3-Energia activa**

Para efeitos de facturação de energia o sistema tarifário português divide o dia em três períodos designados por horas de ponta (HP) horas de cheia (HC) e horas de vazio (HV). O início e fim de cada um destes períodos depende do período sazonal ou seja da estação de Inverno ou Verão e também da zona ou área geográfica.

O algoritmo aceita dois tipos de contagem de energia activa que se designam por contagem tri-horária ou bi-horária. Na contagem bi-horária o dia está dividido em horas de vazio (HV) e horas fora de vazio (HFV).

O algoritmo toma como dados introduzidos pelo operador ou já existentes em ficheiro os consumos de energia activa de horas de ponta, horas de cheia e horas de vazio no caso de ser uma instalação com contagem de energia tri-horária. No caso de contagem de energia bi-horária apenas introduz os valores de energia das horas fora de vazio e horas de vazio.

O algoritmo guarda o tipo de leitura de energia activa ou seja sabe se é efectuada a contagem de energia em baixa, média, alta ou muito alta tensão. Se nos fornecimentos de média ou alta tensão a contagem de energia for em baixa tensão o algoritmo adiciona à energia medida o valor correspondente às perdas no ferro do transformador e a soma resultante é acrescida de 1% para compensar as perdas nos enrolamentos. As perdas

no ferro são correspondentes a 720h em que 120 são horas de ponta, 290 são horas de cheia e 310 são horas de vazio.

#### **6.2-4- Energia reactiva**

O algoritmo aceita como dados os consumos de energia reactiva indutiva ( consumos de energia reactiva da rede ) e capacitiva ( fornecimento de energia reactiva à rede ).

O algoritmo calcula o factor de potência da instalação como o quociente entre a energia reactiva medida em determinado período e a energia activa medida em igual período a partir dos valores de energia activa e reactiva introduzidos pelo operador ficando depois guardado em ficheiro de consumos.

O algoritmo também distingue o tipo de contagem de energia reactiva ou seja sabe se é contagem de energia reactiva em baixa ,média ou alta tensão. Se nos fornecimentos de energia em média ou alta tensão a contagem de energia reactiva é feita em baixa tensão o algoritmo adiciona ao valor medido de energia reactiva 10% da energia activa medida no mesmo período quando se trata de consumo de energia reactiva da rede e subtrai os 10% quando se trata de emissão de energia reactiva para a rede.

O algoritmo só considera a facturação de energia reactiva em baixa tensão para potências de contrato superiores a 39,6kVA.

Para os fornecimentos em média ,alta e muito alta tensão o algoritmo verifica se a energia reactiva medida fora das horas de vazio ultrapassa o valor correspondente a uma  $\text{tg}\varnothing=0.4$  ou seja 40 % da energia activa medida nesse mesmo período. No caso de ser ultrapassado aquele valor é calculado o custo daquele excesso de energia .

O algoritmo calcula também o custo de energia reactiva fornecida à rede nas horas de vazio.

### 6.3-Estrutura do programa desenvolvido.

#### 6.3-1-Base de Dados

O algoritmo permite guardar em ficheiro um conjunto de n empresas com n sectores de actividade por ano de funcionamento sendo este número limitado pelo espaço em memória. Os dados relativos a cada empresa são divididos em dados técnicos e dados de consumo de potência e energia activa e reactiva cuja estrutura pode ser visualizada na figura 6.1. O número máximo de sectores por empresa é de nove.

Os dados técnicos são constituídos pelos valores numéricos da potência de contrato, da tensão de alimentação e das perdas no ferro dos transformadores por ponto de entrega. Constam ainda deste conjunto de dados o nível de tensão, o tipo de contagem de energia ( tri ou bi-horária ) e ainda um código de caracteres gerado pelo algoritmo a partir do conhecimento do tipo de leituras da potência, energia activa e reactiva.

Os dados de consumo são constituídos pelos valores de consumo de potência , energia activa e energia reactiva mensais ou então por cada período de quinze minutos no caso de se tratar de valores de consumo diário.

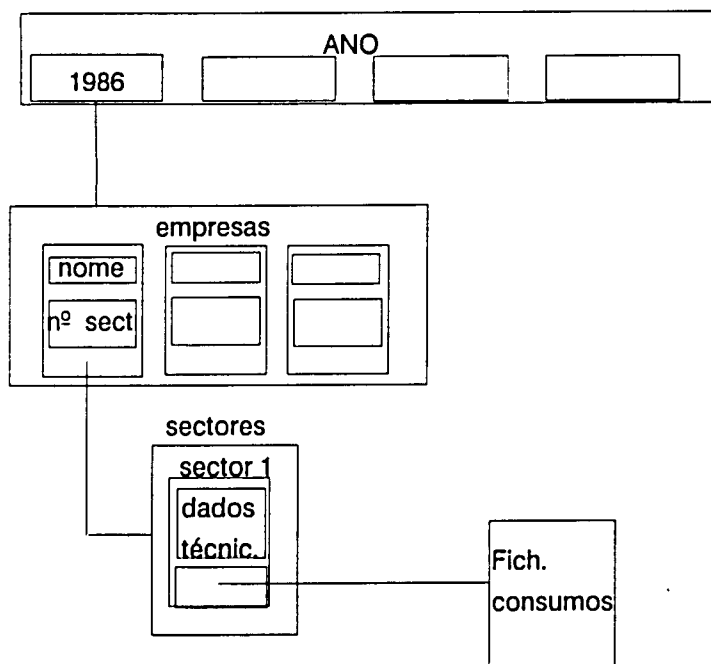


Figura 6.1- Estrutura de dados relativos a uma empresa

### 6.3-3- Sequências de tarefas

A figura 6.2 permite visualizar com facilidade todo o conjunto de tarefas que o programa leva a efeito.

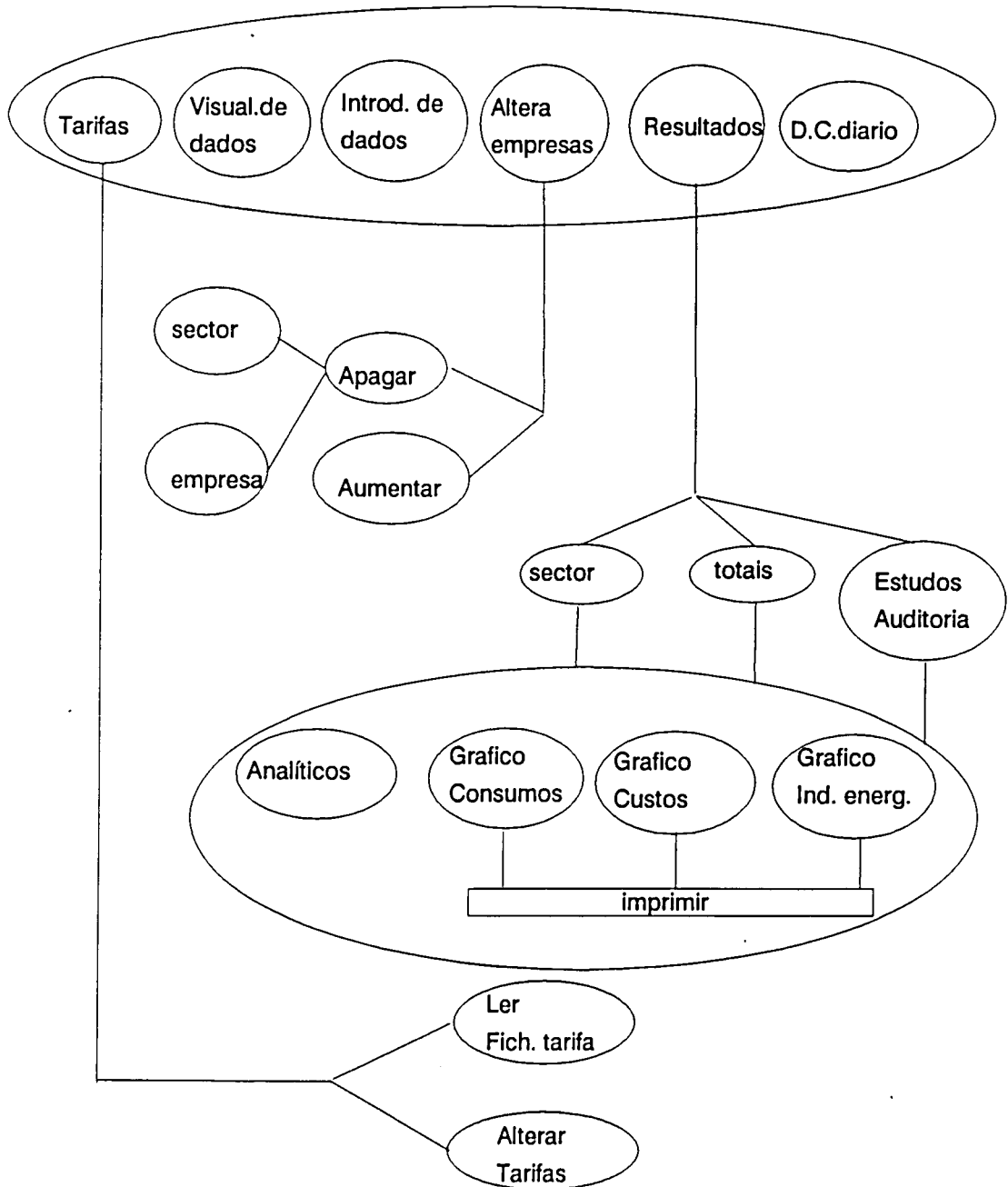


Figura 6.2-Diagrama de tarefas

Além da apresentação de um conjunto de resultados analíticos e gráficos que serão mencionados no ponto 6.3-3-1 o algoritmo permite efectuar outras tarefas também importantes. Como se pode ver na figura anterior o menu principal do programa é constituído pelas seguintes opções:

- 1-Tarifas
- 2-Introdução de dados
- 3-Visualização de dados
- 4-Alteração nas empresas
- 5-Resultados
- 6-D.C.diário

Na primeira opção designada por "Tarifas" o algoritmo permite efectuar a visualização de todos os valores das tarifas de potência e de energia activa e reactiva que constam do sistema tarifário português para os níveis de baixa tensão (BT), média tensão (MT), alta tensão (AT) e muito alta tensão (MAT) quer em contagem tri-horária quer em contagem bi-horária. No ficheiro de baixa tensão aparecem as tarifas quer de potência quer de energia dependentes da potência de contrato.

Ainda nesta tarefa é possível executar a alteração daqueles valores das tarifas de energia eléctrica nos vários níveis de tensão. A figura 6.3 mostra um exemplo da visualização daqueles valores de tarifas em Média tensão para contagem tri-horária e bi-horária.

PROGRAMA TARIFA IDEAL

FICHEIRO BT-MT-AT-MAT ? ou Return

FICHEIRO TAXAS MEDIA TENSÃO tri-horario									escudos
POT	WHPI	WHCI	WHVI	WHPV	WHCV	WHVV	RHC	RHV	
CU	441.40	30.49	13.03	9.77	30.49	13.03	9.77	2.38	1.79
MU	808.80	16.91	9.66	7.46	18.32	10.47	8.75	2.38	1.79
LU	1108.40	16.14	9.23	7.02	16.84	9.63	8.12	2.38	1.79

FICHEIRO TAXAS MEDIA TENSÃO bi-horario							escudos
POT	WHFVI	WHVI	WHFVV	WHVV	RHC	RHV	
CU	441.40	18.02	9.77	18.02	9.77	2.38	1.79
MU	808.80	11.73	7.46	12.71	8.75	2.38	1.79
LU	1108.40	11.20	7.02	11.69	8.12	2.38	1.79

Figura 6.3-Visualização dum ficheiro de tarifas

A segunda opção designada por "Introdução de dados" foi criada para o operador introduzir dados relativos a uma nova empresa ou de um novo sector duma empresa já existente em ficheiro. No caso de ser uma nova empresa é pedido ao operador o número de sectores da empresa. Em seguida e para cada sector da empresa são introduzidos em primeiro lugar os dados técnicos já mencionados no ponto 6.3-2 e só depois os valores de consumos de potência e energias activa e reactiva.

No caso de ser uma empresa já conhecida em ficheiro é pedido ao operador o número do sector e este já devia estar criado na tarefa "alteração empresas" sendo enviada uma mensagem para o ecrã no caso de ainda não estar criado. Também aqui o programa reconhece o número do sector enviando uma mensagem para o monitor no caso de existir um sector com o mesmo número.

Após a introdução dos dados estes aparecem no monitor segundo o quadro de valores mostrado na figura 6.4 sendo possível de imediato alterar qualquer valor dos dados técnicos ou dos consumos.

EMPRESA luangltd  
CONSUMOS sector1

ALTERACOES? Y/N

	P(kw)	Whp(Kwh)	Whc(Kwh)	Whv(Kwh)	Rhc(Kvar)	Rhv(Kvar)	cosφ
NOV	90.00	5000.00	8750.00	3000.00	0.00	0.00	1.00
DEZ	90.00	5000.00	8000.00	2900.00	12000.00	0.00	0.73
JAN	87.00	6000.00	6750.00	2800.00	13000.00	250.00	0.70
FEV	85.00	6000.00	6250.00	2800.00	0.00	0.00	1.00
MAR	80.00	6000.00	6000.00	2800.00	0.00	100.00	1.00
ABR	80.00	5000.00	6750.00	2700.00	0.00	0.00	1.00
MAI	80.00	5000.00	5100.00	2600.00	5000.00	0.00	0.90
JUN	80.00	5000.00	5000.00	2500.00	15000.00	0.00	0.55
JUL	83.00	4000.00	4500.00	2400.00	3000.00	0.00	0.94
AGO	85.00	4000.00	4900.00	2200.00	14000.00	0.00	0.54
SET	85.00	5000.00	6500.00	2500.00	0.00	0.00	1.00
OUT	88.00	6000.00	7500.00	2800.00	0.00	901.83	0.00

OUTROS DADOS sector1  
PC=95.00Kw, Nivel V=AT, cont. TRI-hor  
LEITURAS de P:AT, W:AT, Wr:AT Perdas tot. TRANSF.=110.80 W

**Figura 6.4 - Visualização dos dados introduzidos**

Na realização desta tarefa além de guardar em memória o nome da empresa e número de sectores a ela associado o programa gera a partir do nome da empresa introduzido o nome do ficheiro próprio de sectores e de consumos de cada sector.

Como se pode ver no exemplo da figura 6.4 neste ecrã obtêm-se informações sobre a empresa tal como a potência de contrato, o nível de tensão, o tipo de leitura ( baixa, média ou alta ) da potência e das energias,



o tipo de contagem (bi ou tri horária ) da energia activa e reactiva e ainda o valor das perdas no ferro do transformador além do quadro dos consumos por período sazonal e por período horário. Na última coluna deste quadro são apresentados os valores do factor de potência que como já se disse anteriormente é o algoritmo que o calcula a partir dos dados introduzidos

Na opção designada por "visualização de dados" aparece no monitor um quadro como mostra a figura 6.5 em que se pode ver quais os nomes das empresas já existentes em ficheiro com o número de sectores associado. Após a introdução do nome da empresa desejada pelo operador o programa apresenta um quadro como mostra a figura 6.6 onde são apresentados os vários sectores da empresa solicitada com os respectivos dados técnicos. O operador pode então seleccionar o sector do qual pretende observar os valores dos consumos de potência e energias. O quadro de valores de consumo visualizado no monitor é igual ao quadro mostrado na figura 6.4.

PROGRAMA TARIFA IDEAL  
EMPRESA?  
VISUALIZACAO DE DADOS E CONSUMOS

Nome	Nº de sectores
luangltd	2
citologia	1

**Figura 6.5-Quadro de empresas em ficheiro**

EMPRESA citologia DADOS TECNICOS CONSUMOS sector?

Nº sector	PC Kva/Kw	Tensão KV	contagem	Leit.PWw	pd.Fe Kw
1	100.0	45.0	b	MMM	120.0

EMPRESA luangltd DADOS TECNICOS CONSUMOS sector?

Nº sector	PC Kva/Kw	Tensão KV	contagem	Leit.PWw	pd.Fe Kw
1	95.0	65.0	t	AAA	110.8
2	95.0	65.0	t	AAA	110.8

**Figura 6.6-Quadro de dados técnicos**

Nesta opção também é permitido alterar qualquer valor dos dados técnicos e/ou dos valores de consumos de potência e energias activa e reactiva.

Na opção designada por "Alteração de empresas" o algoritmo permite executar duas tarefas. Uma tarefa permite aumentar o número de sectores de uma empresa já existente em ficheiro. Esta tarefa prepara os ficheiros relativos àquela empresa para receber dados técnicos e de consumos de potência e energias permitindo ao operador introduzi-los quando seleccionar a opção "Introdução de dados".

A outra tarefa está subdividida em duas. Uma destas tarefas permite limpar da memória todos os ficheiros referentes a uma dada empresa. A outra tarefa permite limpar apenas um sector duma empresa já existente em ficheiro. Após a execução de qualquer uma destas tarefas o algoritmo executa uma limpeza e reorganização de todos os ficheiros onde houve alterações.

Na opção designada por "Resultados" o algoritmo permite apresentar os resultados relativos a cada sector duma empresa e também os valores totais do conjunto dos sectores da empresa que serão considerados no ponto seguinte.

#### **6.3-3-1- Apresentação de resultados**

O algoritmo apresenta resultados sob a forma de quadros de valores numéricos e sob a forma de gráficos. Na opção "Resultados" o operador pode seleccionar qualquer uma das seguintes opções por sector:

5-Analíticos

6-Gráficos de consumos

7-Gráficos de custos

8-Gráfico de indicadores energéticos

9-Optimizar

É importante referir que nesta opção o operador também pode alterar se quiser valores de consumo e do quadro técnico para a empresa que pretende estudar. Os resultados analíticos vêm expressos em quadros de valores de três tipos diferentes. O quadro da figura 6.7 mostra os consumos anuais de potência e energia por época do ano com os custos associados por opção tarifária e ainda os custos totais ao ano por opção tarifária podendo inferir-se daqui qual a tarifa óptima para a empresa em questão. O algoritmo assinala no canto direito do monitor com intermitência qual é a opção tarifária óptima.

## SAIDA DE RESULTADOS

## TARIFA IDEAL MEDIAS UTILIZACOES

CONSUMOS			CUSTOS \$		
			C.U.	M.U.	L.U.
P	I	512.00	184780.80	356249.60	527001.60
P	V	501.00	180810.90	348595.80	515679.30
WHP	I	33000.00	937860.00	514800.00	392040.00
WHP	V	29000.00	824180.00	472120.00	344520.00
WHC	I	42500.00	516375.00	379100.00	386325.00
WHC	V	33500.00	407025.00	311550.00	316240.00
WHV	I	17000.00	155040.00	116620.00	108800.00
WHV	V	15000.00	136800.00	118950.00	112500.00
TOTAL			3342871.70	2617985.40	2703105.90

Figura 6.7 - Custos por opção tarifária

Um outro tipo de quadro de valores mostrado na figura 6.8 apresenta os custos mensais de potência ,energia activa energia reactiva e total de potência mais energias sem impostos e com impostos ( FAT e IVA ).

Ainda apresenta o custo médio mensal do KWh e o factor de carga mensal com base na potência de contrato.

QUADRO de CUSTOS .10E3 esc (tarifa óptima)

mes	P	W	RHC	RHV	total	tot+F+I	med/KWh	FC %
NOV	62.622	176.630	0.000	0.000	239.252	302.319	0.0143	24.49
DEZ	62.622	169.254	15.572	0.000	247.448	312.675	0.0146	23.25
JAN	60.535	188.590	18.091	0.430	252.074	318.520	0.0150	22.73
FEV	59.143	187.079	0.000	0.000	227.701	287.723	0.0151	22.00
MAR	55.664	166.328	0.000	0.172	222.164	280.726	0.0150	21.64
ABR	55.664	156.904	0.000	0.000	212.396	268.384	0.0147	21.13
MAI	55.664	149.448	2.198	0.000	207.310	261.957	0.0162	18.57
JUN	55.664	149.923	25.190	0.000	228.579	288.832	0.0163	18.27
JUL	57.751	151.192	0.000	0.000	183.753	232.191	0.0169	15.94
AGO	59.143	128.136	23.908	0.000	211.187	266.855	0.0169	16.23
SET	59.143	185.583	0.000	0.000	220.818	279.026	0.0158	20.47
OUT	61.230	189.634	0.000	1.551	252.416	318.952	0.0154	23.83
tot	704.845	1998.701	84.959	2.153	2705.098	3418.161	0.0159	23.31

Figura 6.8 - Custos e factor de carga mensais

Um terceiro quadro de valores mostrado na figura 6.9 apresenta alguns indicadores energéticos mensais assim como a percentagem de consumo de energia activa nos três períodos horários no caso de ser um sector com contagem tri-horária.

SAIDA DE RESULTADOS

Indicadores energeticos do sector

mes	FUpt	FCpt	FCpc	WHP	WHC	WHV
	horas	%	%	%	%	%
NOV	188.7	26.2	24.5	29.9	52.2	17.9
DEZ	179.2	24.9	23.2	31.4	50.3	18.2
JAN	182.9	25.4	22.7	38.6	43.4	18.0
FEV	182.4	25.3	22.0	39.9	41.5	18.6
MAR	194.1	27.0	21.6	40.5	40.5	18.9
ABR	189.5	26.3	21.1	34.6	46.7	18.7
MAI	166.6	23.1	18.6	39.4	40.2	20.5
JUN	163.9	22.8	18.3	40.0	40.0	20.0
JUL	136.2	18.9	15.9	36.7	41.3	22.0
AGO	134.5	18.7	16.2	36.0	44.1	19.8
SET	169.7	23.6	20.5	35.7	46.4	17.9
OUT	189.0	26.2	23.8	36.8	46.0	17.2

Figura 6.9 -Valores dos indicadores energéticos e % de energia activa

Na opção "gráficos de consumos" como o exemplo mostrado na figura 6.10 permite observar os consumos mensais de potência e energias de HP, HC e HV durante um ano sob a forma de gráfico de pontos.

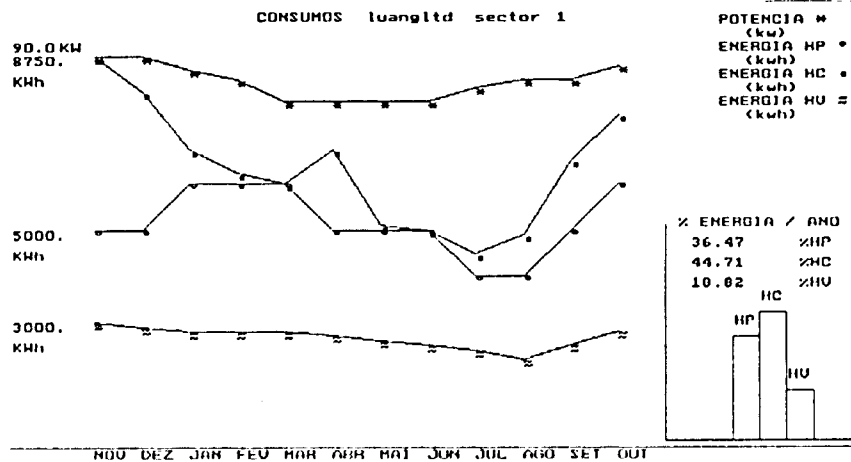


Figura 6.10 -Consumos por mês e % de energia HP HC HV ao ano

Além disso o programa apresenta no canto inferior direito do monitor no mesmo gráfico um gráfico de barras que permite visualizar as percentagens ao ano de energia activa dos diferentes períodos diários. O exemplo da figura traduz uma contagem de energia e potência tri-horária podendo no entanto apresentar gráficos semelhantes com contagem bi-horária.

Na opção "gráfico de custos" o algoritmo apresenta ainda um gráfico onde é possível comparar os custos de energia activa anual por período sazonal por período horário e por opção tarifária como se pode ver na figura 6.11.

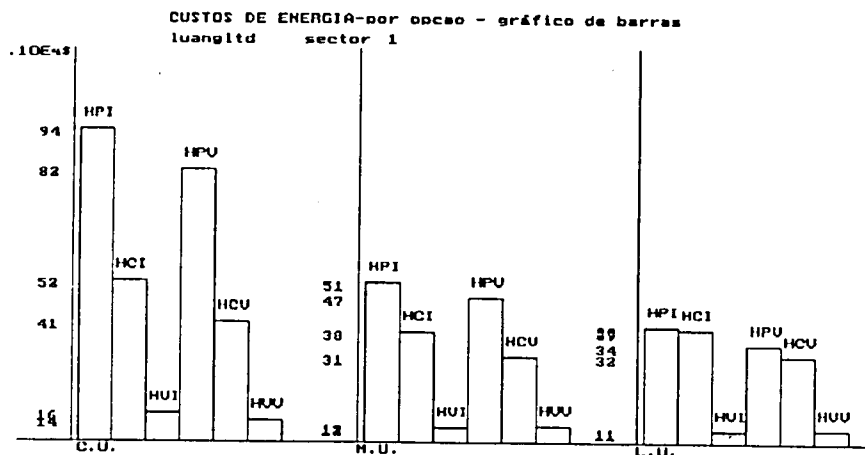


Figura 6.11-Custos de energia activa por opção tarifária

O quadro de custos da figura 6.8 e todos os gráficos de custos foram elaborados com base na opção tarifária óptima.

Na opção "Gráfico de indicadores energéticos" o algoritmo apresenta como mostra a figura 6.12 a relação de dependência entre alguns indicadores energéticos mensais da empresa verificando-se que o custo médio do kWh aumenta sempre que diminui o factor de carga da instalação.

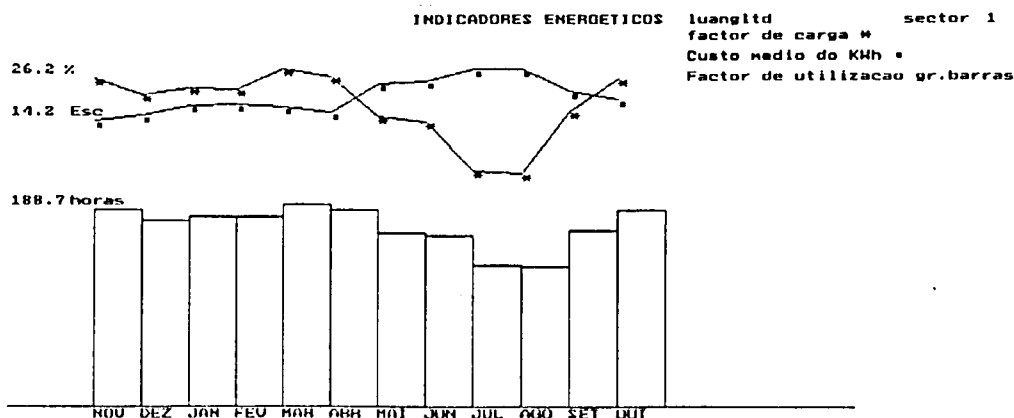


Figura 6.12- Gráfico de indicadores energéticos

Na opção "Optimizar" o algoritmo permite simular diferentes taxas de energia activa ao ano analisando as consequências da transferência de consumos de energia entre diferentes períodos diários sob a forma de custos.

Quando o operador selecciona esta opção é apresentado no monitor um quadro de valores do consumo anual de energia activa parceladamente dividida em energia consumida em horas de ponta (HP) horas de cheia (HC) e horas de vazio (HV) com as respectivas percentagens ao ano. O operador pode então introduzir novas percentagens de energia activa por período diário aparecendo no monitor um quadro semelhante ao anterior para efeitos de comparação como mostra a figura 6.13.

EMPRESA luangltd sector 1  
Introduza novas % de energia

CONSUMOS e % DE ENERGIA ANUAIS

	I	V	Wtot	%
WHP	33000.0	29000.0	62000.0	36.5
WHC	42500.0	33500.0	76000.0	44.7
WHV	17000.0	15000.0	32000.0	18.8
Wtot	92500.0	77500.0	170000.0	

CONSUMOS c/ NOVAS % DE ENERGIA

	I	V	Wtot	%
WHP	27750.0	23250.0	51000.0	30.0
WHC	41625.0	34875.0	76500.0	45.0
WHV	23125.0	19375.0	42500.0	25.0
Wtot	92500.0	77500.0	170000.0	

Figura 6.13-Consumos e % de energia activa anuais

Os resultados daquele estudo são apresentados num quadro de custos comparativos de potência e energia activa fraccionada por estação ( Inverno e Verão ) e por períodos horários .O quadro apresenta o custo total de potência mais energia activa com o respectivo valor de redução do custo e sua percentagem em relação ao custo original.O algoritmo pode apresentar um écran de pelo menos dois estudos alternativos à situação original de consumo como apresenta a figura 6.14.

EMPRESA luangltd sector 1  
 Introduza novas % de energia

CONSUMOS e % DE ENERGIA ANUAIS

	I	V	Wtot	%
WHP	33000.0	29000.0	62000.0	36.5
WHC	42500.0	33500.0	76000.0	44.7
WHV	17000.0	15000.0	32000.0	18.8
Wtot	92500.0	77500.0	170000.0	

CONSUMOS c/ NOVAS % DE ENERGIA

r

	I	V	Wtot	%
WHP	32375.0	27125.0	59500.0	35.0
WHC	37000.0	31000.0	68000.0	40.0
WHV	23125.0	19375.0	42500.0	25.0
Wtot	92500.0	77500.0	170000.0	

CUSTOS COMPARATIVOS \$

	originais	estudo1	estudo2
P	704845.4	704845.4	704845.4
WHPi	514800.0	432900.0	505050.0
WHCi	379100.0	371295.0	330040.0
WHVi	116620.0	158637.5	158637.5
WHPv	472120.0	378510.0	441595.0
WHCv	311550.0	324337.5	288300.0
WHVv	118950.0	153643.7	153643.7
total	2617985.4	2524169.1	2582111.6
reducao		93816.2	35873.7
% reduc		3.6	1.4

Figura 6.14-Quadro de custos comparativos

Também estes cálculos são feitos com base nas taxas de potência e energias activa e reactiva referentes à opção tarifária óptima para um certo nível de tensão.

Para empresas com mais de um sector de actividade o algoritmo oferece um conjunto de resultados analíticos e gráficos de alguma forma semelhantes aos já apresentados para cada sector.

É importante referir que todos os resultados que se apresentam a seguir estão disponíveis para qualquer empresa com apenas um sector de actividade.

Na opção de "Resultados - Analíticos" o algoritmo apresenta um quadro dos valores de consumo totais ( soma dos valores dos vários sectores ) ao mês de potência , de energia activa por período horário e das energias reactiva de horas de cheia e de horas de vazio como se pode ver na figura 6.15 que se encontra na página seguinte.

Um quadro sobreposto ao quadro mencionado anteriormente da figura 6.15 apresenta os valores totais ao ano por sector de potência , energias activas por período horário e de energia reactivas de horas de cheia e de horas de vazio assim como os totais relativos a estas grandezas do conjunto da empresa.

RESULTADOS TOTAIS luangltd QUADRO DE CONSUMOS ANUAIS em KW KWh KVarh

	sector1 ,	sector2	total	C	WrV
P	1013.00	1013.00	2026.00	0.00	0.00
WHP	62000.00	62000.00	124000.00	000.00	0.00
WHC	76000.00	76000.00	152000.00	000.00	500.00
WHV	32000.00	32000.00	64000.00	0.00	0.00
RHC	62000.00	62000.00	124000.00	0.00	200.00
RHV	1251.83	950.00	2201.83	0.00	0.00
jun	160.00	10000.00	10000.00	5000.00	30000.00
jul	166.00	8000.00	9000.00	4800.00	6000.00
ago	170.00	8000.00	9800.00	4400.00	28000.00
set	170.00	10000.00	13000.00	5000.00	0.00
out	176.00	12000.00	15000.00	5600.00	0.00
					1501.83r

Figura 6.15-Consumos totais ao mês

Ainda dentro desta opção o algoritmo permite observar os custos correspondentes às grandezas mencionadas no primeiro quadro de consumos da figura 6.15 ou seja os custos totais ao mês das grandezas potência ,energias activa e reactiva .

Um outro quadro apresenta os totais ao ano por sector correspondentes às mesmas grandezas.

Um último quadro de custos apresenta os valores totais de custo por sector e no conjunto da empresa acrescidos ou não dos impostos que recaem sobre o custo de energia eléctrica que são o FAT e o IVA.Estes três quadros de custos podem ser visualizados na figura 6.16 .

RESULTADOS TOTAIS luangltd  
QUADRO DE CUSTOS TOTAIS ANUAIS 10E4 esc

sector	P	WHP	WHC	WHV	WrC	WrV
1	704845.40	986920.00	690650.00	235570.00	84959.00	2153.16
2	704845.40	986920.00	690650.00	235570.00	84959.00	1634.00

sector	total P+W+Wr	tot.+FAT+IVA	med/KWh
1	270.51	341.82	0.00
2	270.46	341.75	0.00
total	540.97	683.57	15.40

Figura 6.16- Custos totais ao ano



Na opção "gráfico de consumos" o algoritmo permite visualizar um gráfico semelhante ao da figura 6.10 em que os valores são os correspondentes aos totais por mês dos consumos de todos os sectores, de potência, de energia activa de hora de ponta, hora de cheia e hora de vazio.

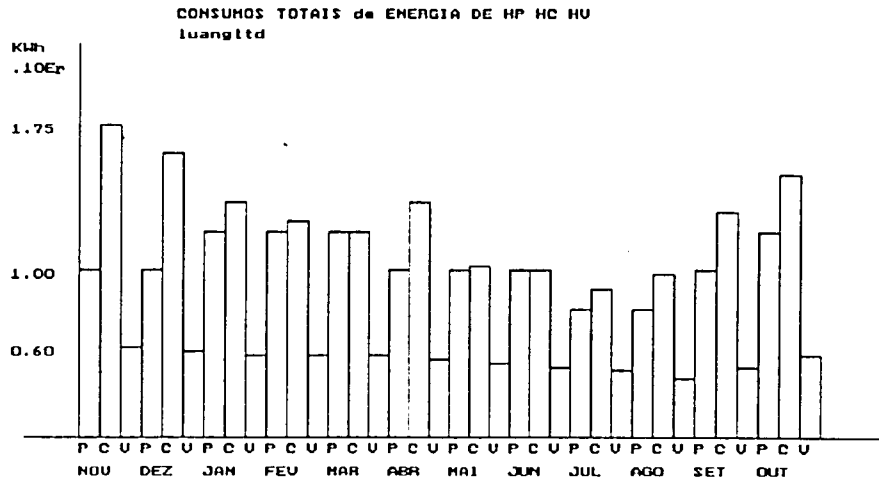


Figura 6.17- Consumos de energia activa por período diário

Ainda nesta opção o algoritmo elabora um gráfico de consumos que apresenta por mês os consumos de energia activa de hora de ponta, hora de cheia e hora de vazio segundo um gráfico de barras como se pode ver na figura 6.17 que permite facilmente analisar a evolução dos consumos nos três períodos horários ao longo do ano assim como determinar qual o mês onde se consome mais nas horas de ponta.

Na opção "gráfico de custos" o algoritmo apresenta um primeiro gráfico no qual existe em gráfico de pontos o total dos custos reais (sem impostos) de potência mais energia activa e reactiva por mês do conjunto dos vários sectores da empresa como se pode ver na figura 6.18.

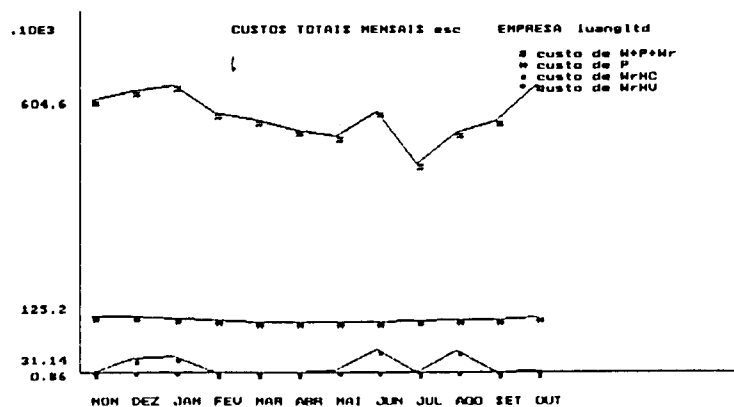


Figura 6.18-Custos de potência, energia activa e reactiva

Ainda neste gráfico aparecem separadamente o gráfico do custo total de potência o gráfico do custo total de energia reactiva de horas de cheia e o gráfico do custo total de energia reactiva de horas de vazio. Uma vez que podem existir valores de custo de energia reactiva bastante mais baixos do que os valores de custos das outras grandezas o algoritmo apresenta um segundo gráfico de custos em que só figuram "ampliados" os custos de energia reactiva como se pode ver na figura 6.19.

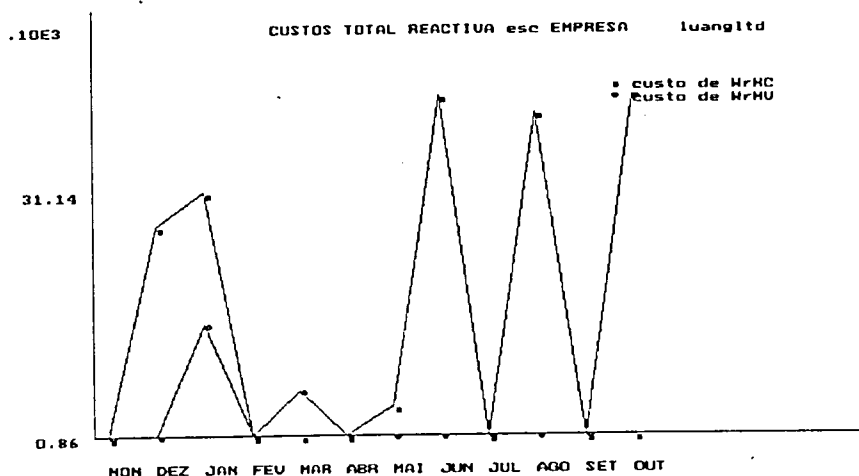


Figura 6.19-Custos de energia reactiva

Na opção "gráfico de indicadores energéticos" o gráfico que o algoritmo apresenta é igual ao do gráfico elaborado para cada sector diferindo apenas nos valores calculados uma vez que se tratam de valores respeitantes à empresa no seu todo.

O programa implementado permite ainda uma saída gráfica dos consumos totais de energia eléctrica duma dada empresa por ano cronológico podendo por isso analisar a evolução das potências e energias quer de cada sector quer da empresa .

Na opção designada por "Estudos auditoria" o programa permite ao operador efectuar estudos da variação da potência de contrato, do nível de tensão da empresa ,do tipo de contagem da energia eléctrica e ainda da leitura das energias activa e reactivas apresentando resultados semelhantes aos obtidos por sector na opção "Resultados". O operador pode variar todas aquelas grandezas ao mesmo tempo e obter resultados por sector e/ou no total da empresa.

A opção "Diagrama de Carga diário" não está totalmente implementada não sendo por isso possível apresentar neste trabalho os resultados obtidos.

Embora tenham sido apresentados gráficos exemplo apenas para contagem de energia tri-horária o algoritmo elabora gráficos em tudo semelhantes aos apresentados, para o tipo de contagem de energia bi-horária e para os vários níveis de tensão ou seja para baixa, média, alta e muito alta tensão.

#### **6.4-CONCLUSÕES**

Uma vez que o programa desenvolvido permite ao operador calcular custos com diferentes alternativas para a tensão, tipo de contagem e de leitura de potência e energias activa e reactiva sobre os mesmos valores de consumos é sem dúvida nenhuma uma ferramenta importante de auditoria energética.

Uma vez que o algoritmo permite a introdução de várias empresas é possível analisar um conjunto de empresas do mesmo tipo de forma a inferir dentro do possível um padrão de utilização de energia eléctrica num certo sector de indústria nacional.

É possível utilizar este software para cálculo de custos de potência e energia diários utilizando como dados os valores médios de contagem dos períodos de integração de quinze minutos ao longo das 24 horas do dia.

Neste caso cada um dos gráficos obtidos anteriormente analisaria apenas um conjunto de 12 períodos de integração ou seja um grupo de três horas do dia. A análise destes gráficos é muito importante pois permite visualizar com pormenor a transferência de consumos para períodos horários com taxas de facturação mais baixas tendo sempre em linha de conta as necessidades da produção.

A possibilidade que o algoritmo oferece ao operador de alterar os valores das taxas de potência e energias assim como os valores dos impostos FAT e IVA é muito importante dada a dinâmica do processo energético que o sistema tarifário tem necessariamente que acompanhar.

## 6.5-DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Tendo sido apenas desenvolvida a parte respeitante a consumos de energia eléctrica é possível no entanto com facilidade expandir aquele software para a análise de consumos e custos não eléctricos podendo assim permitir inserir também a introdução de um conjunto de informação essencial sob o ponto de vista energético para efeitos de cálculo do custo de energia no produto final assim como levar a cabo um programa de auditoria energética que inclua todas as formas de energia utilizadas na indústria.

Seria possível também e de todo o interesse o desenvolvimento de um algoritmo dentro deste programa que permitisse fazer a optimização dos recursos energéticos dentro duma certa instalação de fabrico com vista por exemplo à redução da ponta ,quer numa situação de funcionamento normal quer numa situação anómala ou seja aquando da avaria duma ou mais unidades constituintes daquela instalação de fabrico tendo por base os dados obtidos em tempo real dos consumos energéticos e de potência da instalação.

Seria interessante implementar um programa com base nos valores do diagrama de carga diário (potência e energias) e nas características importantes das principais cargas consumidoras de energia eléctrica na instalação tais como potência nominal, período de funcionamento, prioridade de deslastre ,tempo de deslastre, tempo de religação mínimo e outras que optimizasse o diagrama de carga segundo um compromisso de três vectores que são a produção, a ponta e a facturação.de energia eléctrica. Este algoritmo permitiria por exemplo estudar a optimização energética do processo fabril face a situações anómalas na instalação.

## Referências Bibliográficas

- [PAY84] William Payne, Energy Management and Control Systems handbook ,Fairmont Press 1984.
- [MEC81] Milton Meckler ,Energy Conservation in buildings and industry Macgraw Hill , 1981.
- [THU 85] Albert Thumann,The Energy Management Systems sourcebook Fairmont Press, 1985.
- [RAB88] Veronika A. Rabl ,IEEE Tutorial Course -Fundamentals of Load Management , IEEE , New York , 1988.
- [FER 88] João Jesus Ferreira, O programa Valoren e os Recursos Energéticos Endógenos , Direcção Geral de Energia (CCE) , 1988.
- [LIM 88] José Luis Lima,Gestão do Consumo de Energia Regulamento de Gestão do Consumo de Energia ( R.G.C.E. ) Direcção Geral de Energia ( CCE ), 1988.
- [CAN82] Don L. Cannon , Understanding Electronic Control of Energy Systems , Texas Instrument Learning Center, Dalas 1982.
- [GAR84] Philip Gardner, Energy Management System in Buildings Pratical lessons , EnergyPublications , 1984.
- [MAR84] A. gomes Martins,"O controlo de consumos no âmbito da utilização eficiente da energia eléctrica ", dissertação apresentada a doutoramento em Engenharia Electrotécnica , Coimbra,1984.
- [STE87] Donald E. Stern,Tying Islands of Automation into CIM Systems,BEC Professional,1987.
- [RAN90] Paul G. Ranky,Computer Networks for Word Class CIM Systems,Surrey,UK,CIMware Ltd. ,1990.
- [1] Energy Manager's Workbook vol2, Energy Publications , Great Britain 1985.
- [2] Energy Manager's Workbook , Energy Publication , Cambrige, 1982.

[3] Alves, A. C. ; Teixeira, J. ; Carneiro, L. Maia ; Gouveia, J.B. ;  
Mendonça, J. M. , Gestão de Energia em instalações  
industriais ,Experiência concreta na indústria da fundição  
Endiel 89 , Porto ,1989.

[4] Ministério da Indústria e Energia - Plano Energético Nacional  
Documentos Parte I,II,III , Secretaria de estado da energia.

[5] Tarifário de venda de Energia Eléctrica  
EDP-Electricidade de Portugal,1991.

[6] Relatório da instalação do GEE 130 na SEGROBE.





FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



000006441