



mais de 15 anos
a reduzir a sua
fatura de energia

IPMVP – Medição e Verificação de projetos de eficiência energética



Eficiência Energética na indústria – Novas oportunidades



mais de 15 anos
a reduzir a sua
fatura de energia

CARLOS GASPAR

DIRECTOR TÉCNICO
carlos.gaspar@cmfg.pt



Apartado 215
2431-903 Marinha Grande - Portugal
Tel. +351 244 566 800 Fax. +351 244 566 082



mais de 15 anos a reduzir a sua fatura de energia

16

ANOS DE ATIVIDADE

200

CLIENTES SATISFEITOS

1000

MEDIDAS DE
ECONOMIA DE ENERGIA
IMPLEMENTADAS

70

PRENs APROVADOS

110

REPs ENTREGUES

10

MILHÕES DE EUROS
ECONOMIZADOS



IPMVP – Medição e Verificação de projetos de eficiência energética

IPMVP®

‘International Performance Measurement & Verification Protocol’

CMVP®

‘Certified Measurement and Verification Professional’



O que é a M&V

“Medição e Verificação (M&V) é o processo de utilização de medições para determinar corretamente a poupança real obtida numa instalação por um plano de gestão de energia.”

Ref: IPMVP Vol I, 2010, Secção 9



Objetivos da M&V

- Aumentar a poupança de energia**
- Documentar transações financeiras**
- Aumentar o financiamento para projetos de eficiência**
- Melhorar projetos de engenharia, operação e manutenção das instalações**
- Gerir orçamentos de energia**
- Aumentar o valor dos créditos de redução de emissões**
- Suportar a avaliação de programas (ex. FEE) de eficiência**
- Potenciar a compreensão da gestão de energia como ferramenta de política de gestão**



Objetivos da M&V

A M&V fornece

Provas

da eficácia da gestão de energia



IPMVP

A equação de Base de poupança do IPMVP

Poupança reportada para qualquer período

=

Consumo de energia do período do consumo de referência (baseline)

-

Consumo de energia do período de reporte

+/-

Ajustes

Dois Métodos Base:



Método da Medição Isolada

- **Opção A** (mais simples – mais barata – maior erro)
 - Medição isolada de um parâmetro chave (ex. potência)
 - Estimativa dos restantes (ex. horas de funcionamento)
- **Opção B** (mais complexa – mais cara – menor erro)
 - Medição de todos os parâmetros (ex. consumo de energia durante o período de reporte)



Método da Medição de Toda a Instalação

- **Opção C** (mais dados disponíveis)
 - Necessita tanto dos dados do período de referência como dos dados do período de reporte
- **Opção D – simulação calibrada** (quando não há dados no período de referência)
 - Os dados têm de ser ‘produzidos’ sob circunstâncias controladas. (ex. simulação dinâmica de edifícios)

IPMVP – Plano de M&V

Um plano de M&V é a ferramenta essencial para a demonstração do desempenho energético da medida a implementar.

- Deve ser executado durante a conceção da MEE**
- Na seleção do método de M&V devemos ter em atenção a relação *custo do M&V vs custo da MEE* (não deve ser superior a 5% do investimento global)**
- O custo do M&V deve ser incluído quando se avaliar economicamente o projeto**
- Deve conter a metodologia e os dados do período de referência para o cálculo da medida**



IPMVP – Plano de M&V



Deve conter:

- O objetivo da Medida de Economia de Energia
- A fronteira do sistema
- Os efeitos interativos (para além da fronteira)
- Consumo do período de referência
- Seleção das variáveis independentes e seus valores durante o período de referência
- Condições estáticas dentro da fronteira durante o período de referência
- Definir o período de reporte
- Quais as condições padrão para os ajustes
- Definir a Opção A, B, C ou D
- Tarifário de energia a ser usado
- Pontos de contagem, especificações e procedimentos
- Custos esperados
- Formato e frequência dos relatórios de reporte
- ...

Substituição de luminárias T8 por T5 (456 lumin.)

	Local	Horas de funcionamento	Potência média de funcionamento [kW]	Consumo	Custo*
				[kWh]	[€]
Cenário Referência	Preparação de Pastas	3.332	1,83	6.094	646,00
	Serviços Administrativos	1.839	3,73	6.861	728,21
	Serviços Auxiliares	1.835	4,05	7.429	788,47
	Prensas	4.160	2,08	8.667	916,67
	Linhas Vidrado	4.672	8,87	41.452	4.399,36
	Fornos	8.760	0,55	4.783	507,62
	Total			21,11	75.288
Cenário Previsto	Preparação de Pastas	3.332	1,09	3.639	382,54
	Serviços Administrativos	1.839	2,30	4.222	447,81
	Serviços Auxiliares	1.835	2,49	4.572	484,86
	Prensas	4.160	1,15	4.776	504,84
	Linhas Vidrado	4.672	5,46	25.509	2.705,36
	Fornos	8.760	0,34	2.943	312,16
	Total			12,82	45.661
Economia	Preparação de Pastas	3.332	0,74	2.456	263,46
	Serviços Administrativos	1.839	1,44	2.639	280,40
	Serviços Auxiliares	1.835	1,56	2.857	303,61
	Prensas	4.160	0,94	3.892	411,82
	Linhas Vidrado	4.672	3,41	15.943	1.694,00
	Fornos	8.760	0,21	1.840	195,46
	Total			8,29	29.627



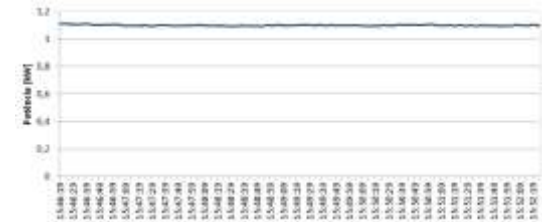
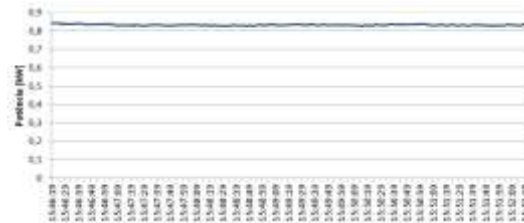
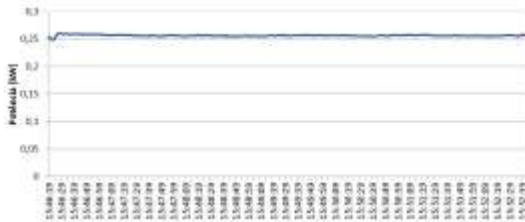
IPMVP – Casos práticos

- **Substituição de luminárias T8 por T5 (456 lumin.)**
 - 📌 **Opção A do IPMVP**
 - 📌 **Fronteira: Sistema de iluminação alvo de intervenção**
 - 📌 **Consumo de energia inicial estimado: 77.288 kWh/ano**
 - 📌 **Custo anual: 7.986,33 €/ano (0,1061 €/kWh)**
 - 📌 **Potência inicial: 21,11 kW**
 - 📌 **Variáveis independentes: horas de funcionamento: *consultar tabela***
 - 📌 **Fator estático: horas de funcionamento em cada espaço**
 - 📌 **Equipamento utilizado: analisador de energia portátil**
 - 📌 **Tempo de monitorização: 5 minutos (potência estabilizada)**

Substituição de luminárias T8 por T5 (456 lumin.)

- Dada a quantidade de equipamentos, serão apenas analisados os consumos de alguns locais pré-determinados, a partir dos quais serão estimados os consumos de energia para a restante instalação.
- Deverá ser quantificada a potência média em cada circuito para que, com os horários de funcionamento apresentados na medida de economia de energia e fornecidos pelo cliente, sejam extrapolados os consumos para todas as situações.

$$kWh_{econ} = (P_{méd. final} - P_{méd. inicial}) \times horas_{final}$$









Substituição de luminárias T8 por T5 (456 lumin.)

	Local	Horas de funcionamento	Potência média de funcionamento [kW]	Consumo	Custo*
				[kWh]	[€]
Cenário Referência	Preparação de Pastas	3.332	1,83	6.094	646,00
	Serviços Administrativos	1.839	3,73	6.861	728,21
	Serviços Auxiliares	1.835	4,05	7.429	788,47
	Prensas	4.160	2,08	8.667	916,67
	Linhas Vidrado	4.672	8,87	41.452	4.399,36
	Fornos	8.760	0,55	4.783	507,62
	Total			21,11	75.288
Cenário Medido	Preparação de Pastas	3.332	1,07	3.566	374,89
	Serviços Administrativos	1.839	2,25	4.138	438,85
	Serviços Auxiliares	1.835	2,44	4.480	475,17
	Prensas	4.160	1,13	4.680	494,75
	Linhas Vidrado	4.672	5,35	24.999	2.651,25
	Fornos	8.760	0,33	2.884	305,91
	Total			12,57	44.748
Economia	Preparação de Pastas	3.332	0,76	2.529	271,11
	Serviços Administrativos	1.839	1,48	2.723	289,36
	Serviços Auxiliares	1.835	1,61	2.949	313,30
	Prensas	4.160	0,96	3.987	421,92
	Linhas Vidrado	4.672	3,52	16.453	1.748,11
	Fornos	8.760	0,22	1.898	201,71
	Total			8,54	30.540

Previsto: 3.148,76 €/ano
Dif.: +3%

Substituição de Motores e Instalação de VEVs

-  Opção B do IPMVP
-  Fronteira: Turbo-diluidor
-  Variáveis independentes: tempo de func./ciclo e quantidade de ciclos
-  Ajustes: tipo de pasta produzida
-  Equipamento utilizado: analisador de energia portátil
-  Tempo de monitorização: mínimo 2 ciclos

Sector/Equipamento	Designação	Tempo de funcionamento anual	Potência Absorvida	Consumo
		h/ano	kW	kWh/ano
Turbo-Diluidor 1	Motor de acionamento	4.160	49,78	207.070
Turbo-Diluidor 2	Motor de acionamento	4.160	48,80	203.010
Turbo-Diluidor 3	Motor de acionamento	4.160	50,16	208.675

Substituição de Motores e Instalação de VEVs

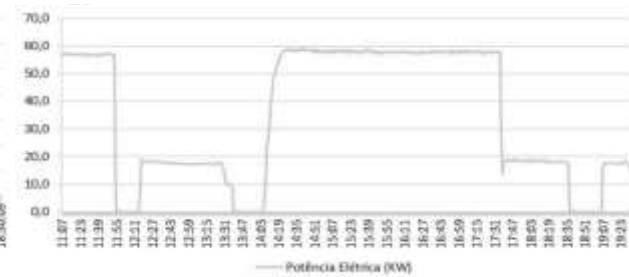
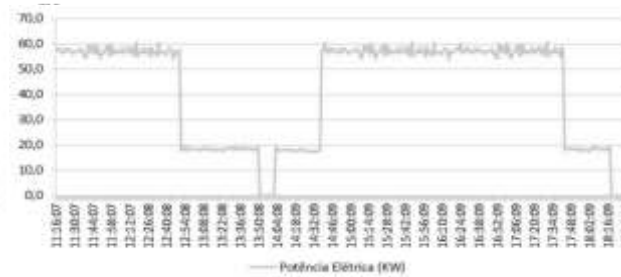
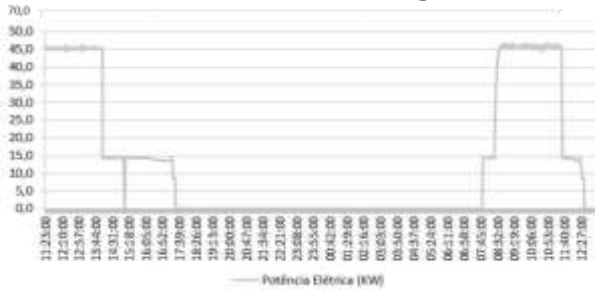
- A aplicação de um sistema de variação de velocidade nos Turbo-diluidores permitirá uma modulação da velocidade de rotação dos mesmos de acordo com a etapa do processo de diluição

	N.º Horas [h]	Representatividade [%]	Velocidade Motor [rpm]	Regime de Carga [%]
Carga	0,5	12,5%	990	66,67%
Diluição	3	75%	1.485	100%
Descarga	0,5	12,5%	990	66,67%
TOTAL	4	100%	-	-

$$kWh_{econ} = (P_{méd. final} - P_{méd. inicial}) \times horas_{de cada ciclo} \times número de ciclos anuais$$

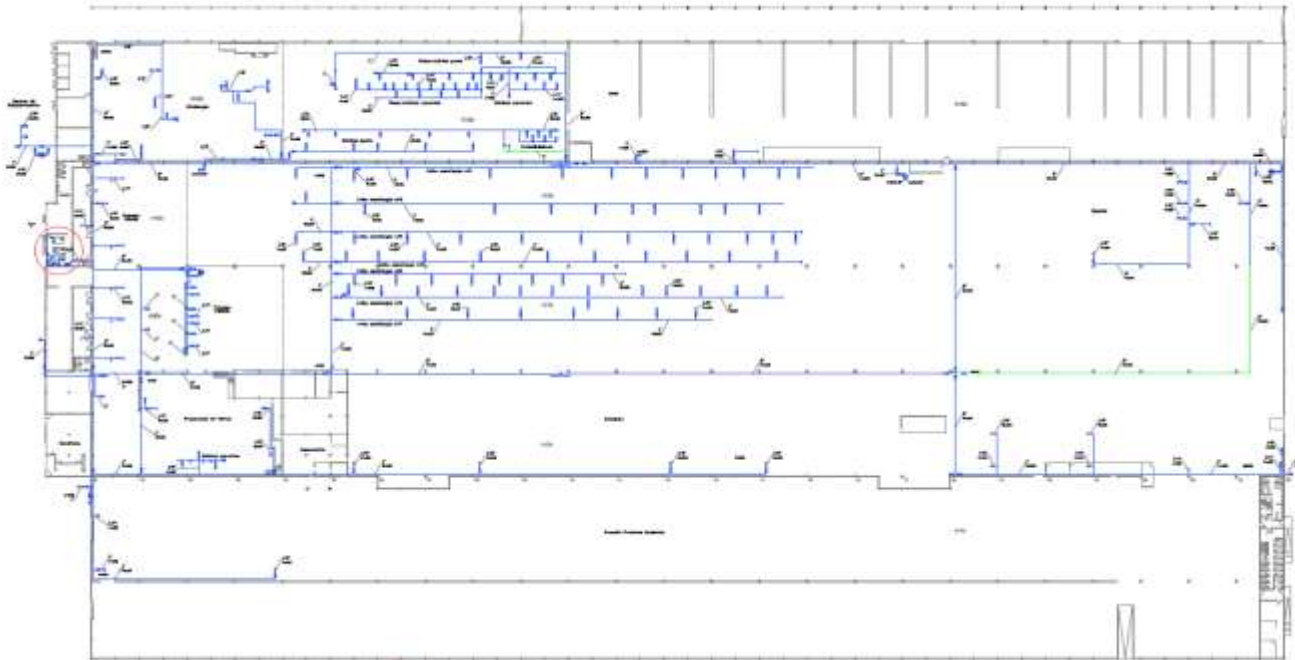
$$P_{méd. final} = \frac{1}{n} \sum_{1}^n P_{méd. ciclo} (n)$$

Substituição de Motores e Instalação de VEVs

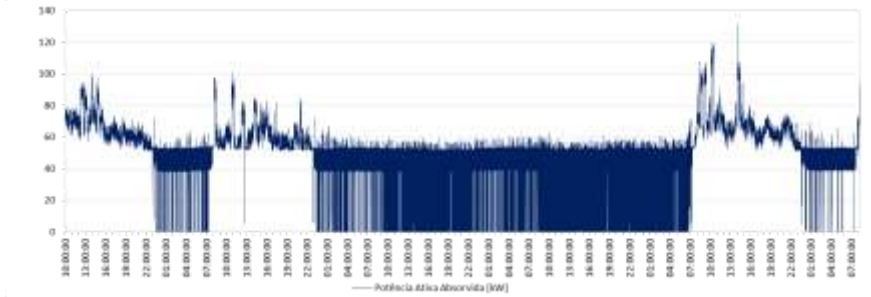


	Local / Aplicação	Potência Motor (kW)	Gama de frequências (Hz)	Nº de Horas de Funcionamento (h)	Pot. Méd. Funcionamento [kW]	Consumo Anual de Energia (kWh)	Custo Médio do kWh (€/kWh)	Custo Anual Energia (€)	Economia de energia		
									(kWh)	(€)	(%)
Situação Inicial	Turbo Diluidor 1	42-63	50	4.160	49,78	207.085	0,1025	21.234,48	-	-	-
	Turbo Diluidor 2	42-63	50	4.160	48,80	203.008	0,1025	20.816,44	-	-	-
	Turbo Diluidor 3	42-63	50	4.160	50,16	208.666	0,1025	21.396,57	-	-	-
	Total		-			618.758		63.447,49			
Solução Proposta	Turbo Diluidor 1	75	35 - 50	4.160	45,48	189.197	0,1025	19.400,24	17.888	1.834,24	8,64%
	Turbo Diluidor 2	75	35 - 50	4.160	45,13	187.741	0,1025	19.250,94	15.267	1.565,50	7,52%
	Turbo Diluidor 3	75	35 - 50	4.160	44,24	184.038	0,1025	18.871,30	24.627	2.525,27	11,80%
	Total					560.976		57.522,48	57.782	5.925,01	9,34%
Solução Instalada	Turbo Diluidor 1	75	33 - 50	4.160	37,54	156.166	0,1025	16.013,24	50.919	5.221,24	24,59%
	Turbo Diluidor 2	75	33 - 50	4.160	47,51	197.653	0,1025	20.267,32	5.355	549,12	2,64%
	Turbo Diluidor 3	75	33 - 50	4.160	47,24	196.523	0,1025	20.151,43	12.143	1.245,14	5,82%
	Total					550.341		56.431,99	68.417	7.015,50	11,06%

Reestruturação da rede de ar comprimido

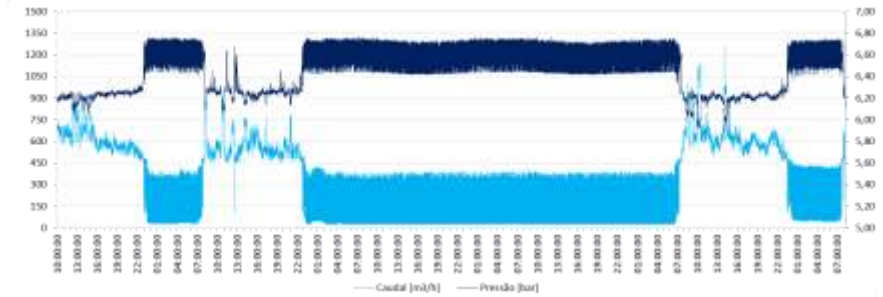


Reestruturação da rede de ar comprimido



	Caudais médios	Consumo anual estimado	Representatividade
	[m ³ /h]	[m ³]	
Fim de semana	105,4	263.192,1	8,3%
Semana (dia)	595,9	2.488.273,7	78,7%
Semana (noites)	196,3	409.823,3	13,0%
Total		3.161.289,1	100%

	Horas de funcionamento	Potência média de funcionamento [kW]	Consumo [MWh/ano]	Custo anual
				[€]
Cenário de referência	8.760	43,2	378,1	38.757,49
Cenário previsto	8.760	34,3	300,7	30.822,11
Economia		8,8	77,4	7.935,38



Consumo específico_{ref}=0,1390 kWh/m³

Reestruturação da rede de ar comprimido

- Opção B do IPMVP
- Fronteira: rede de ar comprimido
- Variáveis independentes: Tempo de func. e Caudal de ar comprimido
- Fatores estáticos: Pressão média de Produção
- Equipamento utilizado: analisador de energia portátil e caudalímetro portátil de ar comprimido
- Tempo de monitorização: mínimo 7 dias

$$kWh_{econ(Fds)} = (Volume_{Fds\ final} \times CEE_{final}) - (Volume_{méd.\ Fds\ inicial} \times CEE_{inicial}) \times n^{\circ} \text{ de fins de semana}$$

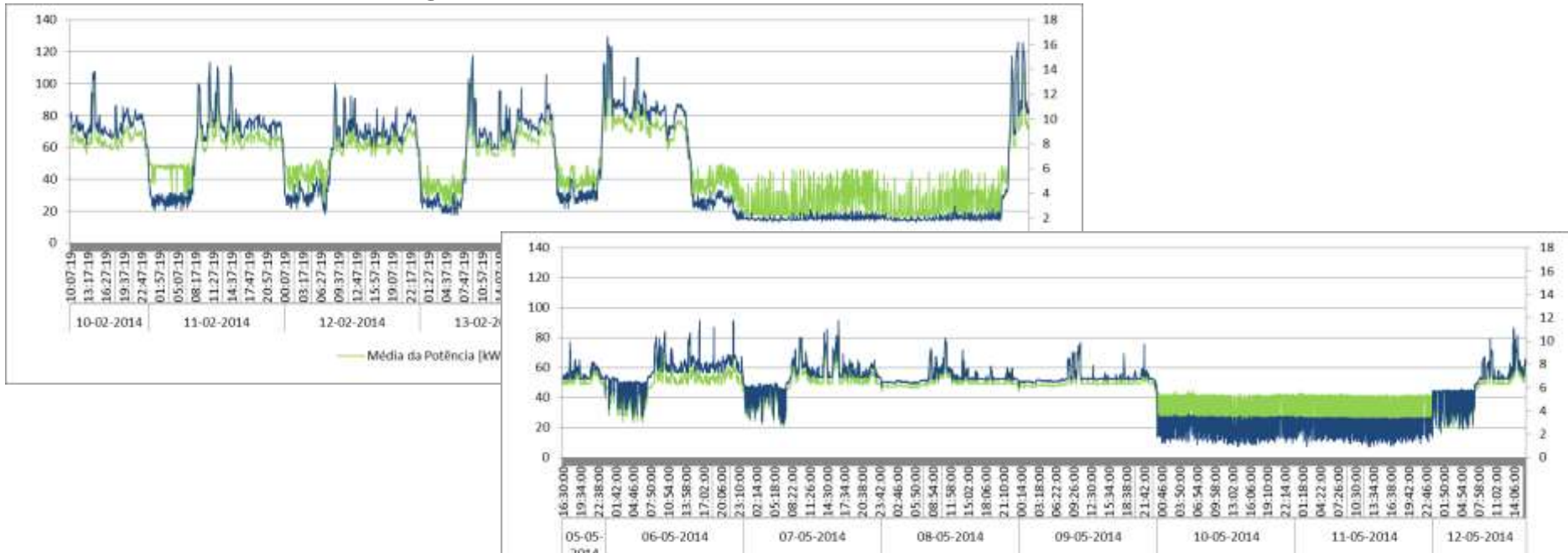
$$kWh_{econ(SDia)} = (Volume_{SDia\ final} \times CEE_{final}) - (Volume_{SDia\ inicial} \times CEE_{inicial}) \times n^{\circ} \text{ de dias de trabalho}$$

$$kWh_{econ(SNoite)} = (Volume_{SNoite\ final} \times CEE_{final}) - (Volume_{SNoite} \times CEE_{inicial}) \times n^{\circ} \text{ de noites de trabalho}$$

$$CEE_{final} = \frac{kWh_{final}}{Volume}$$







$$kWh_{econ(TOTAL)} = kWh_{econ(Fds)} + kWh_{econ(SDia)} + kWh_{econ(SNoite)}$$

Reestruturação da rede de ar comprimido



Condições de referência							Cenário estimado							Situação real							
Horas Refª	Pressão refª (bar)	Volume de refª (m³)	Potência refª (kW)	CEE refª (kwh/m3)	Consumo referência (kWh)	Custo referência (€)	Pressão estimada (bar)	Volume estimado (m³)	Potência estimada (kW)	Consumo estimado (kWh)	CEE estimado (kwh/m3)	Economia estimada (kWh)	Economia estimada (€)	Pressão real (bar)	Volume estimado (m³)	Potência real (kW)	Consumo real (kWh)	CEE real (kWh/m3)	Economia real (kWh)		Desvio (%)
8.760	6,5	3.220.241	49,6	0,1350	434.620	44.549	6,10	2.780.289	41,0	359.106	0,1292	75.513	7.740	6,1	2.780.289	41,2	361.241	0,1299	73.379	7.521	-2,8%

Medidas de um PREn

-  **Opção C do IPMVP**
-  **Fronteira: toda a instalação**
-  **Variáveis independentes: Produção**
-  **Fatores estáticos: Produção (81.608,48 t) e preço da energia (423,8 €/tep)**
-  **‘Equipamento utilizado’: faturas de energia e registos de produção**
-  **Tempo de monitorização: 12 meses**

	Ano de Referência
Consumo de energia (tep/ano)	1.574,66
Custos Anuais (€)	667.346,20
Custo unit. (€/tep)	423,80
Produção (t/ano)	81.608,48
Consumo específico (kgep/ano)	19,30

Medidas de um PREn

Medida Nº	Medidas de Economias de Energia	Economia de Energia Anual				Investimento	Pay-back	Red. CO ₂
		kWh/ano	GJ	tep	€	€	Anos	t
A1	Instalação de motores de alto rendimento	276.528	995,5	59,5	25.196,66	76.846,88	3,05	129,97
A2	Substituição Luminárias T8 por T5	50.437	181,6	10,8	4.595,70	21.499,92	4,68	23,71
A3	Substituição de campânulas por LED	33.406	120,3	7,2	3.043,90	18.792,00	6,17	15,70
A4	Instalação de sensores de presença na iluminação	8.326	30,0	1,8	758,61	1.390,00	1,83	3,91
A5	VEV no VT 02 - 18.5kW	18.422	66,3	4,0	1.678,55	7.776,06	4,63	8,66
A6	VEV no VT06 - 37 kW	42.167	151,8	9,1	3.842,18	10.264,86	2,67	19,82
A7	VEV no VT Despoeiramento Branqueadores M1 - 18.5kW	27.351	98,5	5,9	2.492,14	6.854,67	2,75	12,85
A8	VEV no VT Despoeiramento Branqueadores M2 - 18.5kW	41.504	149,4	8,9	3.781,73	7.157,70	1,89	19,51
A9	VEV VT Despoeiramento M1 - 55 kW	144.149	518,9	31,0	13.134,54	15.040,76	1,15	67,75
A10	VEV VT Despoeiramento M2 - 55 kW	166.478	599,3	35,8	15.169,11	15.949,85	1,05	78,24
A11	Eliminação de Fugas de Ar Comprimido	50.112	180,4	10,8	4.566,09	0,00	0,00	23,55
A12	Instalação de Redutores de pressão nas tomadas de limpeza a ar comprimido	1.104	4,0	0,2	100,60	250,00	2,49	0,52
A13	Formação e sensibilização	59.219	213,2	12,7	5.395,95	3.500,00	0,65	27,83
A14	Sistema de Gestão de Energia	44.415	159,9	9,5	4.046,96	30.050,00	7,43	20,87
Total		963.618	3.469,0	207,2	87.802,71	215.372,69	2,45	452,9

Medidas de um PREn

	Ano de Referência	Economia	Estimado
Consumo de energia (tep/ano)	1.574,66	207,18	1.367,48
Custos Anuais (€)	667.346,20	87.802,71	579.543,48
Custo unit. (€/tep)	423,80	-	423,80
Produção (t/ano)	81.608,48	-	81.608,48
Consumo específico (kgep/ano)	19,30	2,54	16,76

	Real (após 1 ano)	Economia Real
Consumo de energia (tep/ano)	1.467,48	211,53
Custos Anuais (€)	640.584,93	89.649,26
Custo unit. (€/tep)	436,52	423,80
Produção (t/ano)	87.856,20	81.608,48
Consumo específico (kgep/ano)	16,70	16,70

$$tep_{econ} = Consumo_{inicial} - \frac{consumo\ esp \cdot real\ final}{1000} \times produção_{inicial}$$



mais de 15 anos
a reduzir a sua
fatura de energia

**Muito Obrigado
Pela V/ Atenção**



mais de 15 anos
a reduzir a sua
fatura de energia

CARLOS GASPAR

DIRECTOR TÉCNICO
carlos.gaspar@cmfg.pt



Apartado 215
2431-903 Marinha Grande - Portugal
Tel. +351 244 566 800 Fax. +351 244 566 082