

# NEUTRO À TERRA

Honrando o compromisso que temos convosco, voltamos à vossa presença com a publicação da 16ª Edição da nossa revista “Neutro à Terra”. A terminar um ano que foi difícil, mas que ao mesmo tempo permitiu podermos viver sem a Troika, esperamos que por muito tempo, ou para sempre, a indústria eletrotécnica que não esteve imune às dificuldades que todos sentiram, manteve apesar de tudo uma dinâmica muito apreciável. No âmbito da nossa revista, esta dinâmica fez-se sentir fundamentalmente no interesse que algumas empresas do setor eletrotécnico manifestaram pelas nossas publicações, demonstrando vontade em colaborar connosco não só com a publicação de artigos técnicos, mas também colaborando no desenvolvimento de assuntos técnico-científicos em que vários dos autores da nossa revista se encontram envolvidos.

José António Beleza Carvalho, Professor Doutor



Máquinas e Veículos Elétricos  
Pág.05



Produção, Transporte e Distribuição Energia  
Pág. 23



Instalações Elétricas  
Pág. 37



Telecomunicações  
Pág.51



Segurança  
Pág. 61



Gestão de Energia e Eficiência Energética  
Pág.65



Automação, Gestão Técnica e Domótica  
Pág. 79



## Índice

### 03| Editorial

### 05| Máquinas e Veículos Elétricos

Requisitos do projeto elétrico de motores de indução para acionamento por variador de velocidade

Henrique Gonçalves

Types and construction of power transformers.

Manuel Bolotinha

Utilização de um veículo elétrico para abastecer uma residência no horário de ponta.

Horst Huldreish Ardila Hamada Marques, Fernando Maurício Dias

### 23| Produção, Transporte e Distribuição de Energia

Impacto da introdução de baterias de armazenamento de energia em Smart Grids.

Diogo Soares, Judite Ferreira, José Puga

Previsão do diagrama de carga de subestações da REN utilizando redes neuronais.

Silvana Mafalda Rocha, Maria Teresa Costa, Manuel João Gonçalves

### 37| Instalações Elétricas

Interruptores (mecânicos) para instalações elétricas fixas, domésticas e análogas.

António Augusto Araújo Gomes

Análise da Qualidade de Energia. Instalações elétricas com Miniprodução.

Carlos Silva, Roque Brandão

### 51| Telecomunicações

ITD3 – Dimensionamento das redes de cabos coaxiais.

José Eduardo Pinho, Marco Rios da Silva, Sérgio Filipe Ramos

ITUR2 – Dimensionamento das redes de cabos coaxiais.

Sérgio Manuel Correia Vieira, Marco Rios da Silva, Sérgio Filipe Ramos

### 61| Segurança

NFPA 850. Fire trace e os fogos em turbinas de vento.

Carlos Neves

### 65| Gestão de Energia e Eficiência Energética

Tecnologias de produção de frio: Estudo e análise de medidas de eficiência energética.

Fernando Barrias, Teresa Nogueira, João Pinto

Redução de consumos na iluminação pública.

Pedro Caçote, Roque Brandão

### 79| Automação, Gestão Técnica e Domótica

SMARTPANEL: Medição, controlo e monitorização num clique.

Luís Carvalho, Paulo Vaz

### 85| Autores

## FICHA TÉCNICA

DIRETOR:

José António Beleza Carvalho, Doutor

SUBDIRETORES:

António Augusto Araújo Gomes, Eng.º  
Roque Filipe Mesquita Brandão, Doutor  
Sérgio Filipe Carvalho Ramos, Doutor

PROPRIEDADE:

Área de Máquinas e Instalações Elétricas  
Departamento de Engenharia Electrotécnica  
Instituto Superior de Engenharia do Porto

CONTACTOS:

jsc@isep.ipp.pt ; aag@isep.ipp.pt

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL:

ISSN: 1647-5496

Estimados leitores

Honrando o compromisso que temos con vosco, voltamos à vossa presença com a publicação da 16ª Edição da nossa revista “Neutro à Terra”. A terminar um ano que foi difícil, mas que aomesmotempo permitiu podermos viver sem a Troika, esperamos que por muito tempo, ou para sempre, a indústria eletrotécnica que não esteve imune às dificuldades que todos sentiram, manteve a par de tudo a dinâmica muito apreciável. No âmbito da nossa revista, esta dinâmica fez-se sentir fundamentalmente no interesse que algumas empresas do setor eletrotécnico manifestaram pelas nossas publicações, demonstrando vontade em colaborar conosco não só com a publicação de artigos técnicos, mas também colaborando no desenvolvimento de assuntos técnico-científicos em que vários dos autores da nossa revista se encontram envolvidos.

Um facto importante, que se deve destacar, é o crescimento exponencial que se tem verificado da procura e visualização da revista “Neutro à Terra” um pouco por todo o mundo, destacando-se nestes casos os Estados Unidos. Assim, mantemos o compromisso de publicar um artigo de natureza mais científica em língua inglesa, nesta edição um interessante artigo sobre Transformadores, “Types and Construction of Power Transformers”, da autoria do Engenheiro Manuel Bolotinha.

Ainda num âmbito mais científico, destaca-se a publicação do artigo “Requisitos do Projeto Elétrico de Motores de Indução para Acionamento por Variador de Velocidade”, da autoria do Doutor Henrique Gonçalves, um investigador sobre o assunto que também exerce as suas atividades na WEG – Euro Indústria Elétrica, SA.

Nesta edição da revista merecem particular destaque vários assuntos que corresponderam a trabalhos de investigação realizados no ISEP, muitos deles em colaboração com várias Empresas, tendo vários deles correspondido a trabalhos realizados no âmbito de dissertações de mestrado.

Destacam-se ainda a publicação de outros interessantes artigos no âmbito das Instalações Elétricas (IntERRUPTORES mecânicos para instalações elétricas fixas, domésticas e análogas), no âmbito das Telecomunicações (ITUR2 – Dimensionamento das redes de cabos coaxiais), no âmbito da Segurança (NFPA 850. Fire trace e os fogos em turbinas de vento) e no âmbito da Gestão de Energia e da Eficiência Energética, com um artigo sobre tecnologias de produção de frio e outros sobre redução de consumos de energia elétrica e iluminação pública.

Estando certo que esta edição da revista “Neutro à Terra” apresenta artigos de elevado nível técnico e científico, como elevado interesse para todos os profissionais do setor eletrotécnico, satisfazendo assim novamente as expectativas dos nossos leitores, apresento os meus cordiais cumprimentos e desejo a todos um Bom Ano de 2016.

Porto, 29 dezembro de 2015

José António Beleza Carvalho

### Visualização de páginas por país

---

Entrada	Visualizações de páginas
Portugal	15729
Estados Unidos	2353
Brasil	1070
Alemanha	337
Angola	142
Rússia	128
Reino Unido	127
França	80
Andorra	75
Espanha	73



## TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE FRIO : ESTUDO E ANÁLISE DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

### 1. Introdução

Ao longo dos últimos anos tem sido crescente a preocupação com os consumos energéticos, sendo necessário intervir de forma a reduzir os consumos e assim manter a sustentabilidade do planeta.

A indústria alimentar é dos setores mais importantes, sendo os sistemas de refrigeração os seus principais consumidores de energia elétrica (EE), ocupando assim a maior parte da fatia do consumo da instalação, cerca de 75% [1]. Desta forma surge o presente artigo que pretende identificar oportunidades de eficiência energética na indústria alimentar, nomeadamente, no setor das carnes. Foram estudadas duas instalações e identificadas as possíveis medidas de redução dos consumos de EE.

### 2. Sistemas de refrigeração

A refrigeração é o ato de arrefecer, trata-se da remoção de calor em que os seus princípios básicos assentam fundamentalmente nas leis da física e da termodinâmica.

Para a compreensão da refrigeração e dos seus ciclos começamos por analisar o ciclo de Carnot. Trata-se de um ciclo termodinâmico ideal em que a máquina térmica é o mais eficiente possível entre dois níveis distintos de temperatura.

Os componentes são: o compressor, um motor e dois permutadores de calor.

Na prática este ciclo torna-se impossível de aplicar, pois é difícil efetuar a compressão até ao ponto de vapor saturado e a expansão. Assim, o ciclo mais amplamente utilizado nos sistemas de refrigeração é o de compressão a vapor como ilustra a Figura 1.

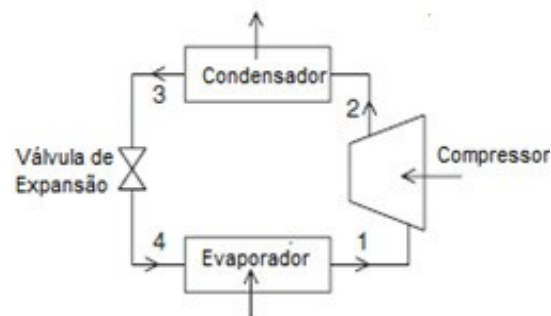


Figura 1. Diagrama do ciclo de compressão a vapor

Os processos deste ciclo são os seguintes [2]:

- (1-2): Compressão adiabática reversível. Um fluido a baixa pressão é comprimido o que leva ao aumento da sua pressão e temperatura;
- (2-3): Rejeição reversível de calor a pressão constante. Durante este processo o fluido liberta o calor;
- (3-4): Expansão irreversível a entalpia constante. O fluido refrigerante ao atravessar a válvula de expansão vê reduzida a sua pressão e temperatura;
- (4-1): Absorção reversível de calor a pressão constante. Como o fluido a baixa pressão e temperatura, o calor à sua volta é absorvido.

#### 2.1. Componentes dos Sistemas de Refrigeração

São vários os componentes mecânicos necessários num sistema de refrigeração. Os principais são:

- Compressor;
- Condensador;
- Evaporador;
- Válvula de expansão.

Compressor:

No ciclo de refrigeração, o compressor tem duas funções principais: uma é promover a movimentação do fluido refrigerante e evaporador, de modo que a temperatura e a pressão desejadas possam ser mantidas. A segunda função é aumentar a pressão do fluido através da compressão, o que leva ao aumento da temperatura. Devido a este aumento de pressão, o fluido refrigerante sobreaquece o fluido através do sistema.

Condensador:

A finalidade do condensador num ciclo de compressão de vapor é fazer a permutação de calor, entre o fluido refrigerante e o fluido absorvedor, em que normalmente é o ar ou a água [3]. Os tipos de condensadores utilizados na refrigeração são de três tipos: arrefecido a ar, arrefecido a água ou evaporativo. No ar condicionado utiliza-se maioritariamente condensadores arrefecidos a ar, enquanto que na refrigeração são os evaporativos os mais utilizados.

Evaporador:

O evaporador é um permutador de calor que promove a transferência de calor entre o fluido refrigerante e o meio que se pretende arrefecer. A função do evaporador é arrefecer o ar ou o líquido, que por sua vez arrefece a carga. Os tipos de evaporadores são arrefecidos a ar ou a água. Um evaporador arrefecido a ar é constituído por serpentinas com malhas, tendo instalados um ou mais ventiladores, no arrefecido a água as serpentinas encontram-se submersas em água.

Válvula de Expansão:

As válvulas de expansão surgem no circuito para reduzir a pressão do fluido refrigerante e controlar a quantidade de fluido que entra no evaporador. Classificam-se de acordo com o método de controlo, as principais são: válvulas termostáticas, válvulas eletrónicas e tubos capilares.

Outros Componentes:

Ao longo do circuito de refrigeração existem ainda outros componentes, destacando-se os sistemas de controlo, que

permitem controlar os vários componentes do circuito e promover a comunicação entre eles de forma a dar resposta às necessidades da instalação.

## 2.2. Consumos de Energia

Relativamente aos consumos energéticos na refrigeração, na indústria alimentar, estes ocupam mais de 50%, o que globalmente é cerca de 15% a 17% do total de energia elétrica produzida [4].

Para um melhor conhecimento de como se distribuem os consumos nas instalações de refrigeração, nomeadamente num armazém de refrigeração, segue-se a Figura 2 que mostra o consumo de energia elétrica correspondente aos vários componentes presentes nas instalações de frio [2]. É possível verificar a grande fatia da refrigeração, 54%, que aliada à descongelação atingirá os 75% [1].

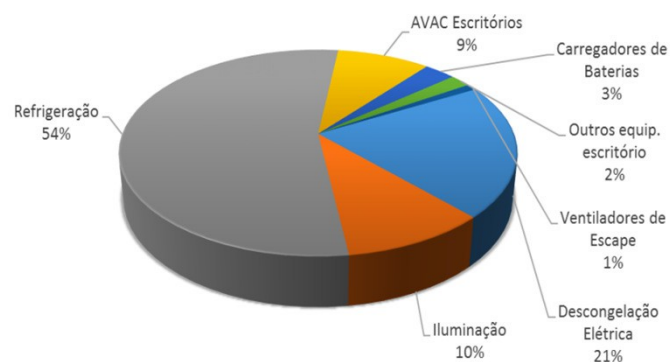


Figura 2. Distribuição dos consumos elétricos num armazém de refrigeração

## 2.3. Medidas de Eficiência Energética

Na área da refrigeração podem ser implementadas várias medidas ao nível da eficiência energética. Algumas destas medidas passam por: utilizar equipamentos mais eficientes, reparar os isolamentos das portas e fazer as devidas manutenções.

Com base numa pesquisa pelas várias oportunidades de eficiência energética com os respetivos valores percentuais da possível poupança energética, foram encontrados alguns documentos.

Para os variadores de velocidade estes valores foram obtidos a partir de: [4]; [5] e [6]. Os valores de iluminação foram através de [7] e as restantes oportunidades com base em [6]. Através dos estudos referidos de forma a sintetizar os tipos de medidas de eficiência energética apresenta-se a Tabela 1.

Tabela 1. Oportunidade de Eficiência Energética nos Sistemas de Refrigeração

Oportunidade de Eficiência Energética	Poupança de Energia (%)
Variadores de Velocidade nos Motores e Ventiladores	15-40%; 34%; 7-17%
Controlo dos Ventiladores dos Condensadores	14 %
Controlo dos Ventiladores dos Evaporadores	16 %
Limpeza e Manutenção	20%
Isolamento	14 %
Proteções das portas	16 %
Iluminação LED	8%
Iluminação T5 de alta eficiência	5 %
Controlo da descongelação	30 %
Controlo de sobreaquecimento	5 %
Controlo de subarrefecimento	4%
Válvula de expansão	5%
Temperatura do produto	12%
Ajustes da temperatura da câmara	5%

### 3. Metodologia de auditoria aos sistemas de refrigeração

Para o desenvolvimento da metodologia de auditoria aos sistemas de refrigeração, partiu-se de métodos já existentes bem como da reflexão de ideias sobre como se prevê que as auditorias decorram metodologicamente necessários ao seu sucesso.

De uma forma geral são quatro as fases principais a serem seguidas.

A primeira, fase de planeamento, consiste em preparar todo o desenvolvimento das auditorias, inicia-se com a definição

do âmbito e objetivos das auditorias, serão escolhidas as instalações a serem estudadas. Concluída toda a fase de planeamento segue-se a fase crucial do trabalho, a fase de campo, em que consiste fundamentalmente na recolha à instalação e recolha de toda a informação. Com toda a informação obtida no trabalho de campo segue-se a fase de organização da informação, tratamento e o seu estudo. Por último com todos os dados obtidos e tratados é feita a sua análise e são retiradas as devidas conclusões de forma a dar resposta ao objetivo inicial da auditoria.

O diagrama da Figura 3 representa todas as fases necessárias e um breve descrição de cada fase.

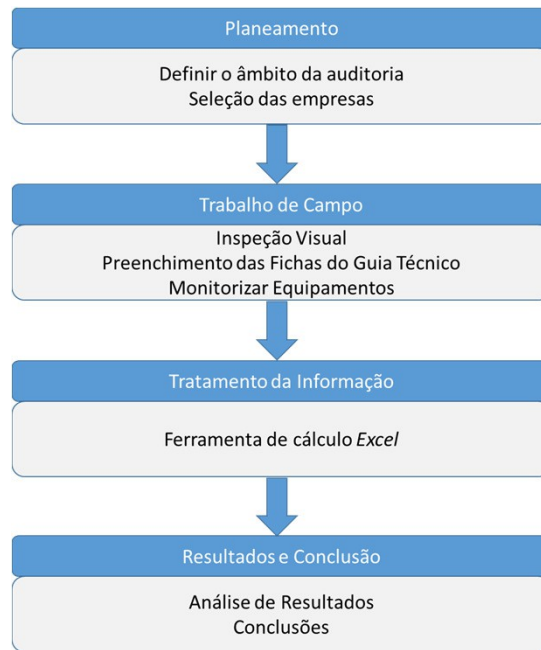


Figura 3. Diagrama da metodologia desenvolvida

Para este tipo de auditorias é indispensável a utilização de algum equipamento que facilite a auxiliar nas tarefas no momento do trabalho de campo (segunda fase da metodologia). Idealmente o equipamento necessário será:

- Medidor de distâncias laser;
- Termómetro;
- Câmara termográfica;
- Luxímetro;
- Pinça amperimétrica;

- Voltímetro;
- Analisador/monitorizador de energia;
- Câmara fotográfica;
- Caudalímetro;
- Medidor de pressão e temperatura do circuito de refrigeração.

Da informação recolhida na fase de campo destaca-se a apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Informação a recolher nas instalações

Informação a recolher	Descrição
Dados genéricos sobre a empresa	Setor; Ano; Renovações; Atividades internas; Quantidade de produto (t); Faturas de Energia Elétrica.
Informação das câmaras frigoríficas	Dimensões (m <sup>3</sup> ); Equipamentos: Evaporador, Iluminação, Ventiladores; Tipo de câmara (refrigeração/congelamento).
Hábitos de utilização	Tempo de abertura das portas; Quantidade de produto nas câmaras; Temperatura do produto quando colocado.
Inspeção visual aos equipamentos	Isolamentos; Gelo; Sujidade.
Manutenções	Planos de manutenção; Técnicos responsáveis.
Monitorizar equipamentos	Condensador, Evaporador, Compressor, Sistema total de frio.

Para implementar a metodologia desenvolvida é assim necessário começar por identificar o âmbito e o objetivo das auditorias. Para apresentar o trabalho o âmbito foi identificar as oportunidades de eficiência energética nos sistemas de refrigeração.

Começa-se por selecionar as empresas a serem alvo deste estudo, após a seleção fez-se um primeiro contacto no sentido de explicar o objetivo deste estudo. De seguida segue-se a visita à instalação, aqui destaca-se a utilização de todo o material anteriormente referido bem como registar toda a informação. Por último com toda a informação faz-se uma análise técnica da instalação e são obtidas as melhorias de eficiência energética passíveis de implementar.

#### 4. Casos de estudo

São apresentados dois casos de estudo de duas instalações do mesmo setor, em que são mostrados os principais resultados obtidos das auditorias e as respetivas propostas de melhoria.

##### 4.1. Instalação (A)

Esta primeira instalação insere-se no setor de abate de gado, onde é feito o seu armazenamento e a sua comercialização.

A nível de câmaras de refrigeração possui nove câmaras sendo duas de descongelamento. O ciclo termodinâmico é o de compressão a vapor. Sabe-se que ao longo dos anos a instalação sofreu várias melhorias e viu-se um número de câmaras a aumentar. A data de construção das câmaras bem como do seu equipamento é do início dos anos 90. Mais tarde foram feitas melhorias, no ano 2000 e mais recentemente em 2005. Esta instalação tem a sua alimentação em baixa tensão especial (BTE). Os equipamentos de frio instalados datam sensivelmente do ano de 2000 e 2005.

##### 4.1.1 Resultados

A área total a refrigerar é de cerca de 1600 m<sup>3</sup>. As temperaturas das câmaras de refrigeração são de 0 a 2°C e da congelamento de -18°C. A potência instalada referente aos compressores é de 46 kW, sendo que a potência total instalada acrescentando os compressores, os motores dos ventiladores e a iluminação perfaz um total de 53,8 kW.



Relativamente à fatura energética a instalação apresenta um custo total anual de EE de 34441,18€ e um consumo anual de energia de 196705 kWh (Figura 4).

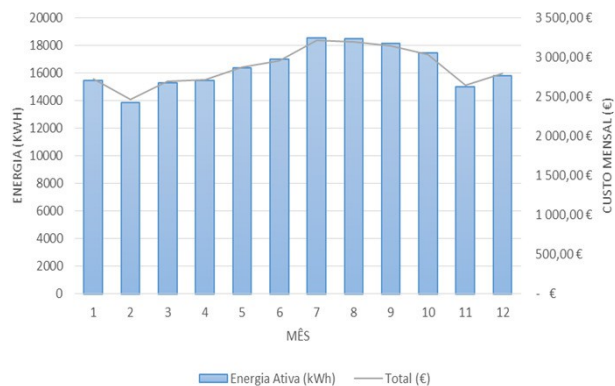


Figura 4. Evolução dos consumos e custo ao longo de um ano na instalação (A)

Do gráfico da figura 4 conclui-se que os meses de maior consumo são os meses de verão, já os de menor consumo são novembro e fevereiro, o mês de dezembro apresenta um valor relativamente elevado comparativamente a novembro, este facto deve-se à época festiva natalícia e de ano novo.

Além da energia ativa a instalação apresenta valores significativos de energia reativa, o valor total anual de reativa foi de 31359 kVAr e o respetivo custo de 714,66€. Dada a quantidade de motores e de iluminação fluorescente é notório o valor elevado da energia reativa.

Após recolhida a informação durante a auditoria, fez-se o seu tratamento e obteve-se a Tabela 3, que apresenta os dados gerais da instalação. Partindo dos valores da Tabela 3 foram calculados os valores dos indicadores que se apresentam na Tabela 4.

Os indicadores da instalação têm utilidade quando comparados com outros valores de instalações semelhantes, assim é possível perceber onde se encontram os maiores desvios e desenvolver um plano de melhorias.

Tabela 3. Dados gerais da instalação

Descrição	Valor
Consumo Total Anual de EE	196705 kWh
Quantidade de Produto Anual	3120 t
Volume Total das Câmaras	1605,02 m <sup>3</sup>
Potência Total dos Compressores	45,93 kW
Potência Instalada de Frio	53,76 kW
Custo Anual EE	34441,18 €

Tabela 4. Indicadores da instalação

Indicador	Valor
Consumo Específico de EE	63,05 kWh/t
Consumo de EE por Volume das Câmaras	122,56 kWh/m <sup>3</sup>
Quantidade de Produto por Volume	1943,90 kg/m <sup>3</sup>
Potência Instalada por volume	33,49 W/m <sup>3</sup>
Potência dos compressores por volume	28,62 W/m <sup>3</sup>
Custo de EE por Tonelada	11,04 €/t
Custo médio anual do kWh	0,1751 €/kWh

Da inspeção visual e com auxílio da câmara termográfica verificaram-se alguns pontos no interior das câmaras com possíveis perdas, nomeadamente nos isolamentos das portas e nos carris de entrada das carcaças para as câmaras. Relativamente à presença de gelo verificou-se um bloco de gelo assente no evaporador localizado na câmara de congelação. A iluminação no interior das câmaras é feita automaticamente e o tipo de lâmpadas utilizadas são fluorescentes do tipo T5 de 49W com balastos ferromagnéticos. No exterior, a nível dos compressores estes apresentavam alguma ferrugem, os isolamentos encontravam-se degradados e reparou-se a fuga de óleo nos compressores. Uma das unidades de refrigeração do exterior encontrava-se com ventilação obstruída por parte de um muro, o que se encontrava assim a funcionar em esforço.

Relativamente aos hábitos de utilização, os funcionários da instalação não têm grandes cuidados com as portas decais, mantendo as abertas por períodos prolongados em momentos sem necessidade. Os motores dos ventiladores não possuem qualquer tipo de controle de velocidade, estando apenas ligados ou desligados. Uma das portas positivas de existência de cortinas de lã na câmara de congelamento.

#### 4.1.2 Soluções Sugeridas

Com base nos resultados de sua análise, reparou-se a instalação e sugeriram-se várias melhorias. Das várias melhorias sugeridas seguem-se as seguintes:

- Isolamento nas tubagens que ligam os compressores aos evaporadores;
- Manutenções;
- Variadores de velocidade;
- Substituição de balastros ferromagnéticos por eletrônicos;
- Corrigir o fator de potência;
- Melhorar os hábitos de gestão da abertura das portas decais;
- Alterar a localização da unidade de refrigeração;
- Estudar a possibilidade de instalar uma central de frio;
- Estudar a possibilidade de substituição da iluminação fluorescente por LED.

Destas soluções, algumas apresentam custos relativamente baixos com melhorias significativas, tais como fazer uma revisão do isolamento e manutenção ao nível dos vários equipamentos, como compressores e evaporadores. Controlar melhor o tempo em que as portas decais se encontram abertas também será uma medida interessante na medida em que diminui a variação de temperatura que, reduzirá o número de arranques do sistema de refrigeração.

#### 4.2. Instalação (B)

À semelhança da instalação (A) está a ser instalado no mesmo setor, já ao nível das suas funções para além da comercialização e armazenamento, esta instalação efetua

abate de gado, tendo assim uma área dedicada ao matadouro. A alimentação é feita em Média Tensão (MT) havendo um transformador de 630 kVA. O sistema de refrigeração é centralizado, composto por dois compressores com controle de carga. O ciclo termodinâmico é de compressão a vapor, tendo como fluido refrigerante o amoníaco.

#### 4.2.1 Resultados

A instalação possui 18 câmaras, sendo as mais pequenas com volume a ordenados  $37\text{m}^3$  e as maiores de  $250\text{m}^3$ , o somatório do volume de cada câmara perfaz um total de  $2460\text{m}^3$ . Tratam-se de câmaras de refrigeração sendo o seu valor de temperatura interior compreendido entre  $0$  a  $2^\circ\text{C}$ . Relativamente aos componentes consumidores de EE no interior das câmaras, os ventiladores e os evaporadores têm uma potência de  $370\text{W}$  e a iluminação é do tipo T5 de  $49\text{W}$ , utilizando balastros ferromagnéticos.

A potência instalada dos principais equipamentos da instalação de frio apresenta-se distribuída por componente e como se apresenta na Tabela 5.

Tabela 5. Potência de frio instalada

Equipamento	Potência (kW)
Compressores	90
Ventiladores	15,17
Torre de refrigeração	8,25
Iluminação	3,97
Total	117,40

O consumo total de EE anual é de  $747081\text{kWh}$  e o respetivo custo total de  $85355,11\text{€}$ . Tal como na instalação (A) o perfil de consumo segue a mesma tendência, verificando-se os meses de maior consumo no verão e o de menor no inverno, como ilustra a Figura 5.

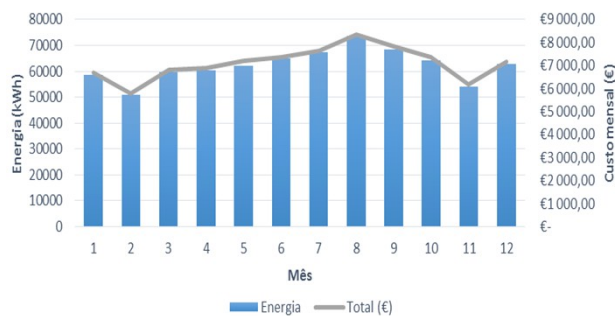


Figura 5. Evolução dos consumos e custo ao longo de um ano na instalação (B)

A relação entre o consumo de EE e a quantidade de produto em toneladas que passa pelas instalações, representa-se no gráfico da Figura 6.

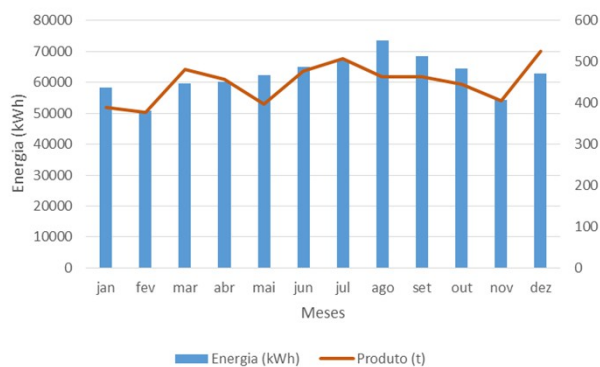


Figura 6. Relação entre o consumo de EE e quantidade de produto em toneladas

Daqui observa-se, de modo geral, uma evolução coincidente dos consumos com a quantidade de produto, com exceção do mês de agosto e dezembro em que esta tendência não se verifica, como são os meses de extremo uso seja o mais quente e mais frio conclui-se que a temperatura exterior tem uma maior influência nos consumos do que a quantidade de produto, neste caso a carne e derivados, presentes no interior das câmaras.

Com os dados recolhidos é possível obter indicadores acerca das instalações. A Tabela 6 resume os valores totais para o cálculo dos indicadores apresentados na Tabela 7.

Tabela 6. Dados gerais da instalação

Descrição	Valor
Consumo Total Anual de EE	747081 kWh
Quantidade de Produto Anual	5394,80 t
Volume Total das Câmaras	2460,33 m <sup>3</sup>
Potência Total dos Compressores	90 kW
Potência Total de Frio	117,40 kW
Custo Anual EE	85355,11 €

Tabela 7. Indicadores da instalação

Indicador	Valor
Consumo Específico de EE	138,5 kWh/t
Consumo de EE por Volume das Câmaras	303,7 kWh/m <sup>3</sup>
Quantidade de Produto por Volume	2193 kg/m <sup>3</sup>
Potência Instalada por volume	47,7 W/m <sup>3</sup>
Potência dos compressores por volume	36,6 W/m <sup>3</sup>
Custo de EE por Tonelada	15,82€
Custo médio anual do kWh	0,1143 €/kWh

Após a verificação dos níveis de isolamento, verificou-se a existência de gelo em todas as tubagens. A empresa apresentou preocupações e grandes exigências a nível de um abastecimento da abertura e fechamento das portas, tanto das câmaras como das portas de caixas.

Um problema verificado foi com a descongelação, que não está implementada de forma automática. As câmaras de refrigeração não possuíam isolamentos secundários.

#### 4.2.2 Soluções Sugeridas

Apresentam-se as melhorias propostas para a instalação (B):

Isolamentos;

- Manutenções;
- Variadores de velocidade;
- Substituição de balastos ferromagnéticos por eletrónicos;

- Estudar a possibilidade de substituição da iluminação fluorescente por LED;
- Automatizar a descongelação;
- Atualizar o sistema de gestão da refrigeração para um mais atual.

Como observado na instalação (A) aqui a questão dos isolamentos e manutenções também seria uma possível medida de melhoria. A instalação de variadores de velocidade também passa por ser uma medida interessante, no sentido que permitirá ajustar a velocidade dos ventiladores conforme as suas necessidades, ao invés de se encontrar ligado, à velocidade máxima, ou desligado.

## 5. Conclusões

Partindo do histórico dos consumos de EE a longo de um ano e da quantidade de produto da instalação (B), verificaram-se que as condições ambientais, nomeadamente a temperatura externa, tem um maior impacto nos consumos do que a quantidade de produto que passa pelo interior das instalações. Dos indicadores para cada instalação são notórias as diferenças ao nível dos consumos específicos, verificando-se assim que a instalação (B) tem valores superiores a da (A), pois deve-se a factos dos processos internos serem de certa forma distintos, pois a instalação (B) faz abatedegado. O custo médio do kWh é inferior na instalação (B) onde a quietram valores de tarifários relativos à MT, já na instalação (A) o custo é superior pois é alimentada em BTE.

Das medidas sugeridas destaca-se uma melhoria na gestão comportamental, sendo esta uma medida de custo nulo ou reduzido que poderá ter grande influência nos consumos, pois a abertura e fecho de portas permite infiltrações de ar a temperaturas superiores que conduzem à necessidade de maior consumo de energia do sistema de refrigeração para manter a temperatura da câmara.

De uma forma geral e com base nestas duas instalações conclui-se que a área de refrigeração tem bastante margem de aumento de eficiência energética.

Para finalizar, este trabalho apresenta assim uma metodologia de auditorias orientada para os sistemas de refrigeração, o que poderá servir como base para eventuais trabalhos futuros.

## Referências

- [1] Alexander, B. Lekov, Thompson Lisa, T. McKane Aimee, Alexandra Rockoff, and Piette Mary Ann. Opportunities for Energy Efficiency and Automated Demand Response in Industrial Refrigerated Warehouses in California, 2009.
- [2] Dinçer, I., and M. Kanoglu. 2010. Refrigeration Systems and Applications. Wiley, 2ª ed., 2010
- [3] Hundy, G. F., A. R. Trott, and T. C. Welch. 2008. Refrigeration and Air Conditioning. BH, 4ª ed., 2010.
- [4] Mulobe, N. J., and Z. Huan. 2012. Energy efficient technologies and energy saving potential for cold rooms. Paper read at Industrial and Commercial Use of Energy Conference (ICUE), 2012 Proceedings of the 9th, 15-16 Aug. 2012.
- [5] Mulobe, N.J. Huan, Z. "Optimal Energy Saved Using Variable Air Ventilation for Cold Rooms." IEEE, 2014
- [6] Evans, J.A., E.C. Hammond, A.J. Gígiel, A.M. Foster, L. Reinholdt, K. Fikiin, and C. Zilio. 2014. "Assessment of methods to reduce the energy consumption of food cold stores." Applied Thermal Engineering, vol. 62, pp. 697-705, 2014.
- [7] Trust, Carbon. Refrigeration Systems - Guide to key energy saving opportunities, 2011

## Notas soltas:

Portaria n.º 252/2015, de 19 de agosto

Procede à alteração da Portaria n.º 949-A/2006, de 11 de setembro, que aprovou as Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT), nos termos previstos no artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 226/2005, de 28 de dezembro, por aditamento da secção 722 – Alimentação de veículos elétricos, à parte 7 das RTIEBT – Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão.



## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO :



António Augusto Araújo Gomes

aag@isep.ipp.pt

Mestre em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.  
Professor do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Coordenador de Obras na CERBERUS-Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Prestação, para diversas empresas, de serviços de projeto de instalações elétricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultoria técnica.



Carlos André Rodrigues da Silva

1030399@isep.ipp.pt

Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.  
Diretor Técnico de Projeto e Gestão de Centrais Fotovoltaicas da empresa CAPA.



Carlos Valbom Neves

c.neves@tecnisis.pt

Com formação em Engenharia Eletrotécnica, pelo Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, e licenciatura em Gestão de Empresas, tendo colaborado com a FESTO, PHILIPS, ABB–Asea Brown Boveri, Endress & Hauser e TECNISIS. É especialista em Instrumentação, Controlo de Processos Industriais e em Sistemas de Aquecimento e Tração Elétrica. Tem cerca de 25 anos de experiência adquirida em centenas de projetos executados nestas áreas. Vive no Estoril, em Portugal.

### TECNISIS

Tecnisis é especialista em Sistemas de extinção automática de incêndios, em instrumentação industrial, em sistemas para zonas perigosas ATEX e em medição de visibilidade e deteção de incêndios em túneis rodoviários. A Tecnisis tem 25 anos de atividade em Portugal com milhares de aplicações em todos os segmentos da indústria.  
www.tecnisis.pt



Diogo Filipe Pinto Dantas Soares

diogodantas.soares@gmail.com

Licenciado e Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.  
Estagiário na EDPP Produção, Direção de Gestão de Obras – Gestão de Obras e Equipamentos (DGO–GOEQ), desde Junho 2015.



Fernando Jorge Justo Taveira Barrias

1070157@isep.ipp.pt

Licenciado e Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.  
Realizou um estágio curricular na empresa SKK – Refrigeração e Climatização, Lda sobre a temática da eficiência energética nos sistemas de refrigeração, resultando na dissertação de mestrado.



Fernando Mauricio Teixeira De Sousa Dias

fmd@isep.ipp.pt

Doutor em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Elétricos de Energia. Título de Especialista na área de Eletricidade e Energia.  
Professor Adjunto no Instituto Superior de Engenharia do Porto, departamento de Engenharia Eletrotécnica.  
Diretor da Revista ELEVARE da área de equipamentos de elevação. Membro da Comissão Técnica CT-63 Ascensores e Montagem de Cargas. Presidente da Assembleia Geral da ONG Engenho & Obra.

## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO :

Henrique Nuno Baptista Gonçalves

ngoncalves@gmail.com

Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica de Computadores.

Desde 2015 até à data: Engenheiro – Pesquisa, Desenvolvimento e Certificação, WEGeuro-Indústria Eléctrica, S.A.. De 2009 a 2014, Investigador Auxiliar no Grupo de Eletrónica de Potência e Energia – Centro Agoriti – Universidade do Minho. De 2006 a 2009, Professor de Informática, Ministério da Educação – Direção Regional de Educação do Norte. De 1999 a 2006, Docente no Instituto Politécnico de Bragança – Departamento de Eletrotécnica. De 1998 a 1999, Investigadora na EFACEC Universal Motors S.A. – Departamento de Estudos Estratégicos.



Horst Huldreish Ardila Hamada Marques

ho\_huldreish@hotmail.com

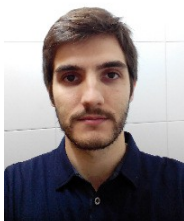
Brasileiro, ingressou entre os 5 primeiros alunos no curso técnico de mecânica em 2008, na Escola Técnica Estadual Prof. Basílio de Godoy. Formado com bolsa de estudos integral em Engenharia Elétrica – Sistemas de Potência, Energia e Automação pela Universidade Presbiteriana Mackenzie, UPM, ganhou prêmios pela 3ª melhor média geral do curso e 3º melhor Trabalho de Conclusão de Cursos dos formandos daquele semestre. Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISEP, foi o 1º aluno deste curso a concluir o acordo bilateral de Dupla Titulação celebrado entre UPM e ISEP, fazendo uma dissertação conjunta com orientadores brasileiro e português. Atualmente, trabalha como Engenheiro de Compras na Siemens LTDA."



João Paulo Pinto

jpp@skk.pt

Licenciado em Eng. Mecânica na FEUP, tem um DES pelo Institut Français du Pétrole, um MBA pelo então Instituto Superior de Estudos Empresariais da Universidade do Porto tendo realizado várias formações executivas em diversas escolas, em particular, em Harvard, MIT e Insead. Depois de ter sido consultor na Accenture, esteve 18 anos no Grupo Sonae onde foi administrador de várias empresas, em vários setores de atividade e em vários países. Em Março de 2014 fundou a SKK, Lda empresa da qual é CEO



José Eduardo Mendes Saavedra De Pinho

1060398@isep.ipp.pt

Frequentou a Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia (LEE-SEE) no Instituto Superior de Engenharia do Porto – Instituto Politécnico do Porto (ISEP/IPP), tendo completado o grau em 2014/2015. As suas áreas de interesse estão vocacionadas para as telecomunicações, bem como energias renováveis.



José Ricardo Teixeira Puga

jtp@isep.ipp.pt

Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica de Computadores.

Professor da unidade curricular de Eletromagnetismo, no Instituto Superior de Engenharia do Porto. Detém ainda responsabilidades de vice-diretor da Licenciatura de Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia e de Vice-Diretor do Centro de Prestação de Serviços – TID.



Luis Ricardo Matos Cunha Vianade Carvalho

luiscunhacarvalho@gmail.com

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica de Computadores pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, e Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto. Desde Outubro de 2015 que desempenha funções na Schneider Electric Portugal, como Field Sales Specialist Engineer.

## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO :



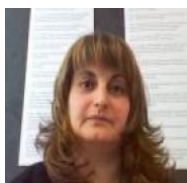
**Manuel Bolotinha** [manuelbolotinha@gmail.com](mailto:manuelbolotinha@gmail.com)  
Licenciou-se em 1974 em Engenharia Eletrotécnica no Instituto Superior Técnico, onde foi Professor Assistente.  
Tem desenvolvido a sua atividade profissional nas áreas do projeto, fiscalização e de obra e gestão de contratos de empreitadas de instalações elétricas, não só em Portugal, mas também em África, na Ásia e na América do Sul.  
Membro Sênior da Ordem dos Engenheiros e Membro da Cigré, é também Formador Profissional, credenciado pelo IEF, conduzindo cursos de formação, de cujos manuais é autor, em Portugal, África e Médio Oriente.



**Manuel João Dias Gonçalves** [mdg@isep.ipp.pt](mailto:mdg@isep.ipp.pt)  
Licenciado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.  
Exerce funções docentes no Instituto Superior de Engenharia, na categoria de Professor Adjunto, no Departamento de Engenharia Eletrotécnica.



**Marco Aurélio Rios da Silva** [masi@isep.ipp.pt](mailto:masi@isep.ipp.pt)  
Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia (MEESEE) no Instituto Superior de Engenharia do Porto – Instituto Politécnico do Porto (ISEP/IPP). Desde outubro de 2007 que desempenha funções no GECAD, como investigador. As suas áreas de investigação são relacionadas com gestão dos recursos energéticos distribuídos.



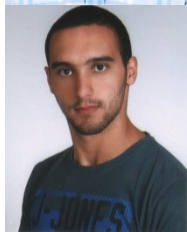
**Maria Judite Madureira Da Silva Ferreira** [mju@isep.ipp.pt](mailto:mju@isep.ipp.pt)  
Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.  
Professora de diversas unidades curriculares em Engenharia Eletrotécnica, no Instituto Superior de Engenharia do Porto. É também detentora do cargo de diretora da Licenciatura de Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia e de diretora do Centro de Prestação de Serviços – TID.



**Maria Teresa Do Valle Moura Costa** [mco@isep.ipp.pt](mailto:mco@isep.ipp.pt)  
Licenciada em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, recebeu o grau de Mestre em Investigação Operacional e Engenharia de Sistemas, pelo Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa e o grau de Doutora em Ciências de Engenharia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.  
Exerce funções docentes no Instituto Superior de Engenharia, na categoria de Professor Adjunto, no Departamento de Matemática. Ocupa o cargo de Diretor de Curso de Licenciatura em Engenharia de Sistemas.



**Paulo Martins Vaz** [paulo.vaz@schneider-electric.com](mailto:paulo.vaz@schneider-electric.com)  
Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica – Ramo de Eletrónica, Instrumentação e Computação pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.  
Key Account Panel Buiders na Schneider Electric – Acompanhamento Técnico-Comercial Rede de Fabricantes de Quadros Elétricos, aconselhamento de produtos e soluções à escala das necessidades do mercado.



**Pedro Miguel Soares Caçote** [1130264@isep.ipp.pt](mailto:1130264@isep.ipp.pt)  
Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.

## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO :



Roque Filipe Mesquita Brandão

rfb@isep.ipp.pt

Doutorem Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Eléctricos de Energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.  
Professor Adjunto no Instituto Superior de Engenharia do Porto, departamento de Engenharia Eletrotécnica.  
Consultor técnico de alguns organismos públicos na área da eletrotécnica.



Sérgio Filipe Carvalho Ramos

scr@isep.ipp.pt

Doutorado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pelo Instituto Superior Técnico de Lisboa. Docente do Departamento de Engenharia Eletrotécnica do curso de Sistemas Eléctricos de Energia do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Prestação, para diversas empresas, de serviços de projeto de instalações elétricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultoria técnica. Investigador no GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia e Computação Inteligente para a Inovação e o Desenvolvimento), do ISEP.



Sérgio Manuel Correia Vieira

1110096@isep.ipp.pt

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia no ISEP (2015). Estágio curricular no GECAD onde desenvolveu uma aplicação de auxílio ao dimensionamento de redes de cabo coaxial nas ITUR Privadas (2015). Aluno do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia no ISEP. Curso Profissional de Técnico de Instalações Eléctricas na Escola Secundária Carlos Amarante em Braga (2011). Estágio na empresa OTISE Elevadores, delegação de Braga, na área de manutenção e reparações de elevadores (2011).



Silvana Mafaldada Silva Rocha

1131360@isep.ipp.pt

Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia no Instituto Superior de Engenharia do Porto – Instituto Politécnico do Porto (ISEP/IPP). Licenciada em Ciências de Engenharia – Perfil de Engenharia Eletrotécnica na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP). As suas áreas de interesse estão vocacionadas para as energias renováveis e sistemas eléctricos de energia.



Teresa Alexandra Ferreira Mourão Pinto Nogueira

(tan@isep.ipp.pt)

Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e uma experiência de 20 anos de docência no ISEP. Desde 2010 é diretora do curso de mestrado em Eng.ª Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia. Áreas de trabalho: mercados de eletricidade, energias renováveis, eficiência energética e qualidade de serviço eléctrico.  
Trabalhou 5 anos como projetista de máquinas elétricas: transformadores e aparelhos elétricos.



