

# **MANUTENÇÃO DE CONVERSORES DE FREQUÊNCIA. UM CASO NA INDÚSTRIA DE ENERGIA ELÉCTRICA E AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

**JOÃO CATALÃO**

Professor Auxiliar

Departamento de Engenharia Electromecânica (UBI)

catalao@ubi.pt

**NUNO PINTO**

Mestre em Engenharia Electromecânica (UBI)

Engenheiro da ABB Portugal

nuno.pinto@pt.abb.com

**CARLOS CABRITA**

Professor Catedrático

Departamento de Engenharia Electromecânica (UBI)

cabrita@ubi.pt

Universidade da Beira Interior

Departamento de Engenharia Electromecânica

Edifício 1 das Engenharias

6201 – 001 Covilhã

## **RESUMO**

Este artigo descreve os aspectos gerais de um modelo de manutenção industrial, numa empresa do sector de energia eléctrica e automação industrial. Nomeadamente, será abordada a manutenção de conversores de frequência, que constitui um dos serviços prestados por um dos departamentos da empresa em Portugal, a equipamentos adquiridos pelos clientes das mais variadas indústrias não só no nosso país mas também no estrangeiro. São igualmente apresentados alguns exemplos de anomalias detectadas através de intervenções de manutenção preventiva.

## 1. INTRODUÇÃO

Devido às exigências de produção nos dias que correm, é cada vez mais importante trabalhar com elevados níveis de fiabilidade e disponibilidade de máquinas e equipamentos. Para que essa filosofia seja possível, a manutenção industrial tem um papel preponderante.

De entre os vários modelos de manutenção industrial, salientam-se os seguintes, clássicos: a Manutenção Produtiva Total (*TPM – Total Productive Maintenance*) e a Manutenção Centrada na Fiabilidade (*RCM – Reliability Centered Maintenance*). Ambos os modelos têm sido aplicados com êxito na indústria, a nível mundial, no decorrer das últimas duas décadas.

O primeiro modelo caracteriza-se pelo envolvimento e participação de todos os recursos humanos nos objectivos e actividades produtivas das empresas, obrigando ao estabelecimento de programas de manutenção preventiva que cubram o ciclo de vida dos equipamentos, e a promoção da execução de operações de manutenção por parte dos operadores dos próprios equipamentos, sendo o objectivo fundamental a maximização da disponibilidade dos equipamentos de produção, através da meta “zero falhas” (Varela, 2002; Wireman, 2004; Cabrita, 2004).

Quanto ao segundo modelo, incentiva e promove a utilização de políticas de manutenção que se fundamentam não só no conhecimento exaustivo das funções dos equipamentos, no contexto em que operam, mas também no conhecimento profundo de todos os seus tipos de falhas e avarias e suas consequências previsíveis (Moubray, 1997; Assis, 2004; Cabrita, 2007).

Como é sabido, a manutenção desempenha um papel crítico no que diz respeito ao cumprimento dos objectivos previamente especificados de fiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade, e segurança (*RAMS – Reliability, Availability, Maintainability, Safety*). Contudo, atingir esses objectivos requer uma mudança radical nas atitudes e práticas adoptadas para a manutenção industrial. Ou seja, deverá haver uma migração das políticas de manutenção tradicionais, isto é, da manutenção correctiva, que é reactiva e funcional, para uma política de manutenção pró-activa, baseada na fiabilidade e no controlo preditivo de condição, e que se encontre plenamente integrada na actividade global da unidade fabril (SKF, 2005; [www.skf.com](http://www.skf.com), 2009; Hansen, 2001; Cabrita, 2006).

## **2. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA**

A empresa objecto deste estudo, a ABB Portugal, integra o Grupo ABB, que se tornou líder em tecnologias de energia e automação. O Grupo ABB opera em cerca de 100 países e emprega aproximadamente 120000 colaboradores directos. Em 1988 os Grupos ASEA, Sueco, e BBC-Brown Boveri, Suíço, decidiram fundir-se para formar a ABB, Asea Brown Boveri, dando origem a um dos maiores grupos empresariais no mundo.

Um historial valioso iniciado em finais do século XIX, pleno de notáveis investigações e inovações tecnológicas, algumas das quais marcos mundiais na história do desenvolvimento das engenharias electrotécnica e mecânica, está por trás do prestigiado Grupo ABB. Destaca-se o pioneirismo na fabricação de alternadores, transformadores e motores, no transporte de energia em corrente contínua de alta tensão (HVDC), e no projecto e fabricação do primeiro robot industrial. Saliente-se ainda que ambas as empresas têm sido autênticos potentados tecnológicos no domínio da tracção eléctrica ferroviária, tendo a ASEA construído, em 1967, a primeira locomotiva eléctrica equipada com motores de corrente contínua e rectificadores a tiristores.

Em Portugal, reflectindo as características do mercado local, a ABB cresceu principalmente a partir dos anos 50, cedo iniciando importantes acordos de cooperação técnica que possibilitaram à indústria electromecânica pesada significativa fabricação nacional, envolvendo apreciável transferência de tecnologia da Asea e Brown Boveri (hoje ambas ABB) da Suécia e da Suíça para Portugal. Mais tarde, nos anos 90, a ABB geriu e deteve o controlo accionista dessa mesma indústria portuguesa que ajudara a emergir com sucesso nos anos 60 a 90 como resposta à necessidade de equipar o país com as infra-estruturas produtiva energética e industrial adequadas. Como consequência, surge a tecnologia ABB nos grandes alternadores e motores de alta tensão da maior parte das centrais de produção hidroeléctrica e termoeléctrica nacionais, e ainda em equipamentos para o transporte e distribuição de energia. Na indústria de processo – nomeadamente da pasta e papel, cimentos, química, petrolífera, petroquímica –, os produtos e sistemas ABB têm assinalável presença, o mesmo podendo dizer-se para a infra-estrutura portuária e do transporte ferroviário.

A ABB em Portugal tem actualmente cerca de 400 funcionários e 95 milhões de Euros de volume de negócios anual, possuindo instalações em Oeiras (Sede), Perafita, Porto e Coimbra, como se apresenta no mapa da Figura 1.



Figura 1 – Localização das instalações da ABB em Portugal.

As instalações têm vindo a ser progressivamente adequadas ao crescimento da Empresa e à funcionalidade que os vários departamentos necessitam para desenvolverem de uma forma sustentada a sua actividade. Nas Figuras 2 e 3 mostram-se respectivamente as instalações da sede em Oeiras e da delegação da ABB *Service* em Coimbra, onde se situa o departamento de manutenção de *drives* (convertidores de frequência/variação de velocidade, para motores eléctricos de corrente alternada, síncronos e assíncronos) e *Field Service*.



Figura 2 – Instalações da ABB Portugal em Oeiras (Sede).



Figura 3 – Instalações da ABB Portugal em Coimbra (Delegação).

Em Portugal, a empresa encontra-se presentemente organizada em cinco áreas de negócio, muito devido ao seu crescimento, e que se discriminam de seguida:

- Sistemas de energia,
- Produtos de energia,
- Produtos de automação,
- Engenharia, gestão e serviços de manutenção,
- Robótica.

Cada área de negócio tem a sua actividade bem definida, oferecendo deste modo soluções globais aos clientes, que vão desde a venda do universo de produtos da marca ABB, passando pelo comissionamento e assistência técnica e culminando em muitos casos, em projectos chave na mão com manutenção incluída, envolvendo deste modo diferentes departamentos e áreas de negócio em simultâneo.

No que respeita ao universo de produtos comercializados pela ABB em Portugal, pode ser consultado no portal internet da empresa, <http://www.abb.pt>, o guia de produtos e serviços para as áreas de tecnologias de energia e automação, entre outras informações.

Em Portugal, a empresa tem clientes em diversos sectores industriais, como por exemplo, indústrias de produção de pasta de papel e papel, indústrias de produção de cimento e derivados, indústrias de fundição, indústrias de exploração de minérios, indústrias de transformação de produtos alimentares, indústrias farmacêuticas, indústrias vidreiras, e indústrias cerâmicas entre outras.

Do vasto leque de clientes, fazem parte, por exemplo, os seguintes:

- Grupo PORTUCEL SOPORCEL,
- Grupo CIMPOR,
- SIDERURGIA NACIONAL,
- GALP ENERGIA,
- EDP – Central Térmica de Sines,
- AUTOEUROPA,
- REPSOL,
- Grupo SECIL,
- EFACEC,
- CONTINENTAL MABOR.

O departamento de manutenção de *drives* foi criado com vista a oferecer aos clientes da ABB serviços altamente especializados na área de assistência técnica e manutenção aos produtos da marca, assim como o fornecimento de peças de reserva. A principal actividade do *Service* em Coimbra está relacionada com accionamentos e variação de velocidade, ou seja, manutenção, assistência técnica, comissionamento e peças de reserva para conversores de frequência da marca ABB. A delegação em Coimbra é constituída em termos de recursos humanos por 1 Quadro Superior – Chefe de Departamento, 5 Quadros Superiores – Engenheiros Electrotécnicos, 3 Quadros Intermédios – Técnicos Especializados, 1 Técnico Estagiário e 2 Técnicas Administrativas. Os serviços prestados pelo departamento, são na sua maioria efectuados nas instalações dos clientes, onde habitualmente são ou estão instalados os equipamentos que accionam máquinas e equipamentos das instalações industriais.

Na área de accionamentos e variação de velocidade, a oferta de produtos é enorme, como quase em todas as restantes áreas de negócio da empresa, conforme é possível consultar no portal internet do Grupo ABB. Importa referir que, na tecnologia de conversores de frequência, a marca ABB é líder de mercado, tendo esta liderança sido adquirida ao longo de vários anos de experiência acumulada com a indústria de pasta de papel e papel. Esta experiência acabou com naturalidade, por se estender a outras áreas industriais em todo o mundo.

### 3. TECNOLOGIA DOS CONVERSORES DE FREQUÊNCIA ABB

O princípio de funcionamento de um conversor de frequência ABB (Figura 4) é baseado, numa primeira fase, na rectificação da energia eléctrica por vários componentes de *hardware* (módulos tiristor-díodo, Figura 5).

Numa segunda fase, a energia inicialmente rectificada é armazenada temporariamente num banco de condensadores, e depois modulada por IGBT'S (inversores, Figura 6), manobrados por outro *hardware*, obtendo-se no final novamente uma tensão AC, permitindo deste modo regular e controlar a velocidade de motores AC.

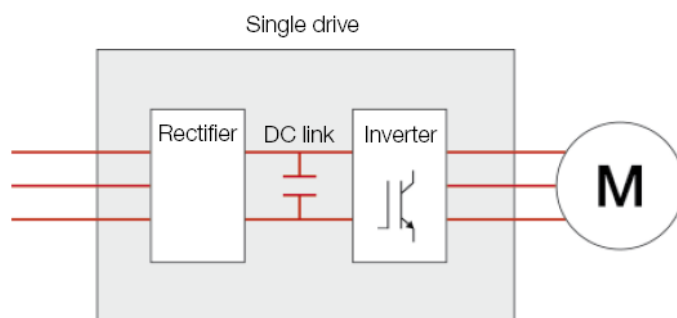


Figura 4 – Princípio de funcionamento de um conversor de frequência ABB.



Figura 5 – Módulo tiristor-díodo.



Figura 6 – Módulo IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*).

Todo o *hardware* envolvido na construção de um conversor *Single Drive* (Figura 7) é no seu todo controlado por *software* que é instalado numa carta de hardware, habitualmente designada de carta de comando e controlo.



Figura 7 – Duas variantes do produto ACS800 *Single Drive*.

Mais recentemente, foi desenvolvido um outro tipo de conversores, designados de *Multidrive* (Figuras 8 e 9), diferindo dos *Single Drives* no seguinte: a etapa de rectificação é muito semelhante (desenvolvida, contudo, para elevadas potências), diferindo essencialmente na etapa de inversão (Figura 10), onde existem vários inversores em paralelo associados ao barramento DC, cada um accionando um motor diferente; as etapas de rectificação e inversão são comandadas e controladas por uma carta de comando e controlo (Figura 11), estando estas interligadas por uma rede de fibra óptica.

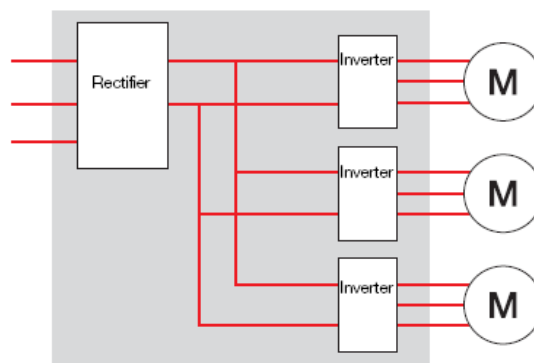


Figura 8 – Princípio de funcionamento do conversor de frequência *Multidrive*.



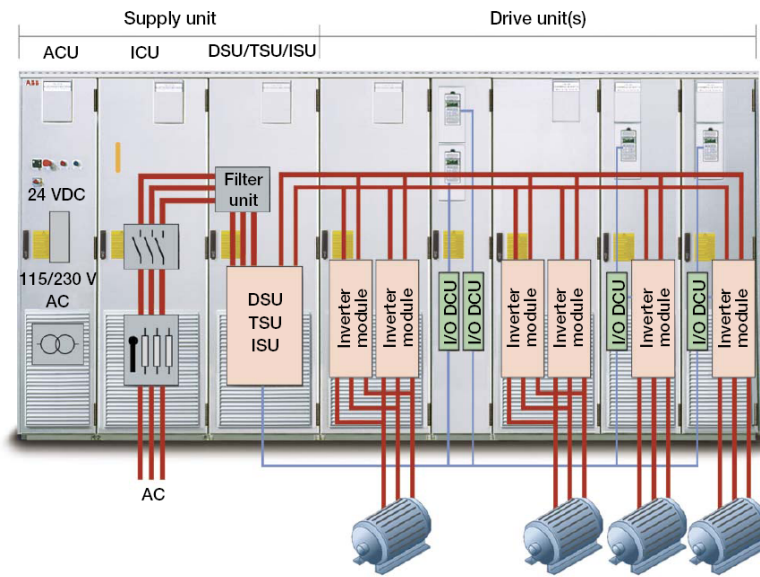


Figura 9 – Exemplo de um conversor de frequência *Multidrive*.

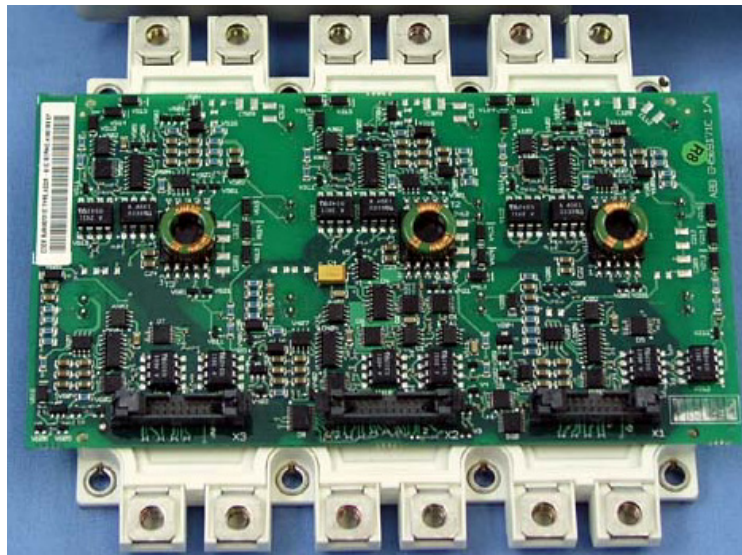


Figura 10 – Módulo IGBT, utilizado tipicamente em unidades *Multidrive*.

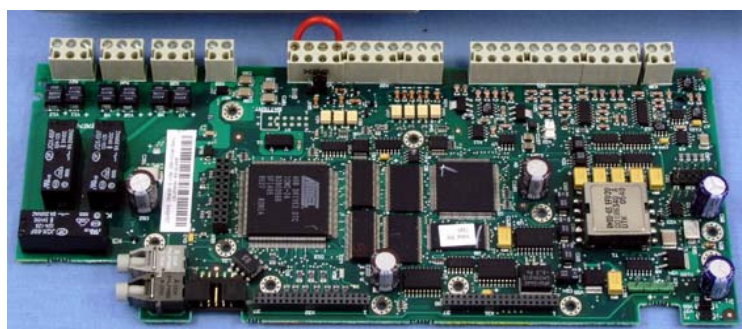


Figura 11 – Carta de controlo RMIO-02, para unidades *Single Drive* e *Multidrive*.

Com os *Multidrives* podem-se controlar sistemas de elevada complexidade, como por exemplo uma máquina de papel onde são necessários múltiplos accionamentos em simultâneo, reduzindo de modo muito significativo o espaço necessário à instalação dos accionamentos. Com a tecnologia associada aos *Multidrives* é possível instalar vários módulos em paralelo, para accionar equipamentos de elevada potência e binário.

#### **4. MANUTENÇÃO DE CONVERSORES DE FREQUÊNCIA ABB**

A manutenção de conversores de frequência ABB compreende essencialmente a manutenção preventiva e a manutenção correctiva. A manutenção preventiva é efectuada de modo a evitar a indisponibilidade dos equipamentos, substituindo os componentes susceptíveis de sofrer maior desgaste com a utilização contínua dos accionamentos. A manutenção correctiva é utilizada nas situações de falhas ou avaria dos conversores, quer ao nível do *hardware*, quer ao nível do *software* (Pinto, 2009). A fábrica recomenda que seja seguido o plano de manutenção preventiva periódica constante do documento DOCMSACS80001 (Figura 12), para o caso do conversor ACS800.

Na manutenção preventiva está ainda subjacente uma actividade de conservação, que visa a limpeza do *hardware* (cartas electrónicas, barramentos AC e DC, unidades de ventilação, etc.) dos equipamentos, assim como a inspecção, medição e ensaio de alguns componentes electrónicos e mecânicos, de forma a verificar-se o seu estado de desgaste devido a uma utilização continuada. A manutenção preventiva deve ser realizada pelo menos uma vez por ano, dependendo das condições onde se encontram instalados os conversor. Em instalações sujeitas a condições ambientais severas, é recomendável realizar manutenção preventiva com uma periodicidade de quatro meses.

As boas práticas e o fabricante, ABB, recomendam que as unidades sejam instaladas em salas eléctricas com temperatura controlada, abaixo dos 22°C, e, de preferência, pressurizadas. Poderá numa análise preliminar indiciar uma situação de luxo ou um exagero, mas na realidade, é uma forma excelente de se obter uma elevada taxa de disponibilidade dos equipamentos, reduzir as taxas de avaria e falhas de *hardware*, manter uma boa conservação dos equipamentos e rentabilizar o investimento efectuado num conversor de

frequência, sobretudo os de potências consideráveis, cujos custos são muito elevados.

<b>ABB</b>		<b>Maintenance Schedule</b>			<b>DOCMSACS80001</b>	
Issued by	Date	Language	Revision	Page		
ABB Oy, Product Support	07.02.2007	en	E	1 (2)		
Creator name	Kimmo Hirvonen	Distribution	Public			

**ACS800 Drives**

<b>Legend:</b>	
Replacement of component (At rated load and ambient conditions)	R
Inspection (visual inspection, correction and replacement if needed)	I
Performance of on-site work (commissioning, tests, measurements, etc.)	P

	Years from start-up																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<b>Start-up</b>	P																					
<b>Cooling</b>																						
> <b>Air Cooled Unit:</b>																						
> Internal/additional cooling fan for ACS800-01/-11/-31,104, IP21 and IP55		I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R
> Cooling fan (ACS800-01/-02/-04/-07/-11/-17/-31/-37/-104/DSU)		I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I
> Cooling fan for TSU		I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R
> Enclosure extension cooling fan (ACS800-02)		I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R
> Extra cooling fans inside cabinet (ACS800-x7, ACS800 md)		I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I
> Extra IP54 cooling fan on roof of cabinet (ACS800-07, ACS800 md)		I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I
> <b>Liquid-Cooled Unit:</b>																						
> Cooling fans		I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I
> Add coolant inhibitor		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I
> Heat exchanger		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
> Cooling water pump		I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I
> Cooling water pipe connections		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<b>Aging</b>																						
> Electrolytic capacitors (DC circuit)													R								R	
> Memory backup battery replacement in the APBU-xx unit		I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I
<b>Connections &amp; Surroundings</b>																						
> AINT+ flat cables													R								R	
> Tightness of terminals								I													I	
> Quick connector of the converter module (ACS800-x7/ and ACS800 md)				I			I			I			I			I			I			I
> Door filters (IP20 ... 42)		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
> Door filters (IP54 and above)		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
> Condition of contactors																						
> Fiber optic cables (connections)																						
> Dustiness, corrosion and temperature		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
> Quality of supply voltage		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<b>Improvements</b>																						
> Based on product notes		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<b>Measurements</b>																						
> Basic measurements with supply voltage		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
<b>Spare Parts</b>																						
> Spare parts		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
> DC circuit capacitors reforming		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

© Copyright 2007 ABB Oy. All rights reserved.

Specifications subject to change without notice.

Figura 12 – Plano de manutenção preventiva de conversores de frequência ABB, ACS800.

Tendo em conta o documento técnico ABB 3AFE 6479 9819, os cálculos dos *MTBF – Mean Times Between Failures* (Tempos Médios Entre Falhas) para

unidades em funcionamento são baseados na população total de unidades instaladas e na média de ocorrência de falhas em condições normais de funcionamento.

A disponibilidade intrínseca  $D_i$  de um equipamento ACS800, assim como de todos os restantes, é calculada pela seguinte expressão:

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

representando  $MTTR$  os *Mean Times To Repair* (Tempos Médios De Reparação).

Presentemente os valores de  $MTBF$  para produtos ACS800 são os seguintes:

- ACS800-01/11/31 – 61,8 anos, 174559 unidades entregues,
- ACS800-02/04/07/17/37 – 36,4 anos, 31064 unidades entregues,
- ACS800 *Multidrive* – 29,0 anos, 20140 unidades entregues.

Com base na experiência prática, os valores de  $MTTR$  para os produtos ACS800 são os seguintes:

- ACS800-01 – 35min,
- ACS800-02/04 – 1h30min,
- ACS800-07 – 2h,
- ACS800 *Multidrive* – 2h.

## **5. EXEMPLOS DE ANOMALIAS DETECTADAS ATRAVÉS DE INTERVENÇÕES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

No decurso das intervenções periódicas de manutenção preventiva efectuadas aos equipamentos, muitas vezes encontram-se situações como as que se documentam seguidamente com algumas imagens (Pinto, 2009).

A situação documentada na Figura 13 é uma ocorrência comum, sobretudo em estações de tratamento de águas residuais, ETAR, em virtude do meio ambiente ser muito agressivo (gases, humidade) neste tipo de instalações.

Um dissipador de calor em mau estado de conservação ou limpeza, Figura 14, é uma situação que levará a um funcionamento deficiente ou mesmo à paragem e avaria do equipamento, em virtude de não se conseguir dissipar em

boas condições o calor gerado pelos componentes do circuito de potência, nomeadamente rectificadores e inversores.

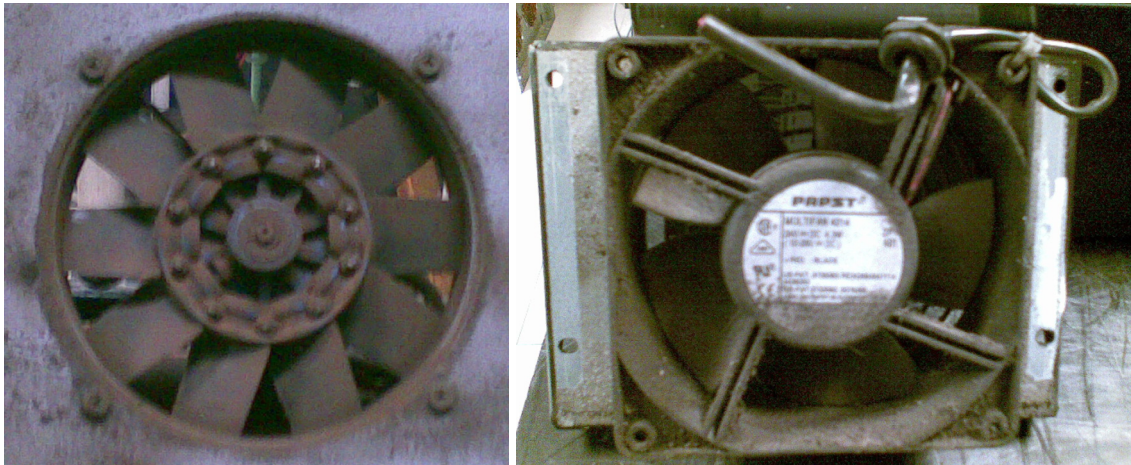


Figura 13 – Sujidade, corrosão e mau funcionamento de unidades de ventilação.

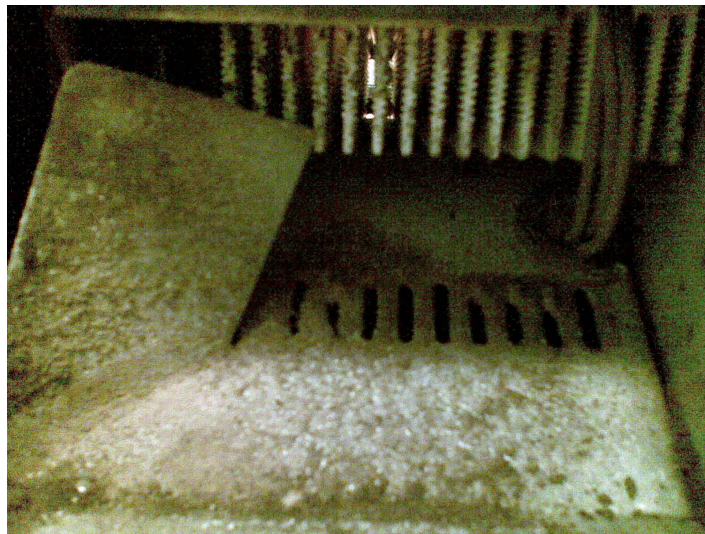


Figura 14 – Dissipadores de calor dos módulos de potência (rectificação e inversão) com os canais entupidos.

Na Figura 15 mostra-se um barramento DC comum a alguns módulos inversores em paralelo, que contém muita poeira, apresentando na zona de aperto manchas negras, características de pontos quentes, e após observação mais detalhada durante a intervenção de manutenção preventiva ao equipamento, apresenta também inícios de picagem no barramento. O uso intensivo de equipamentos com ventilação insuficiente, Figura 16, leva a uma



degradação rápida dos componentes electrónicos que constituem parte do *hardware* de um conversor de frequência.



Figura 15 – Barramento DC com sujidade intensa e indícios de pontos quentes e picagem.

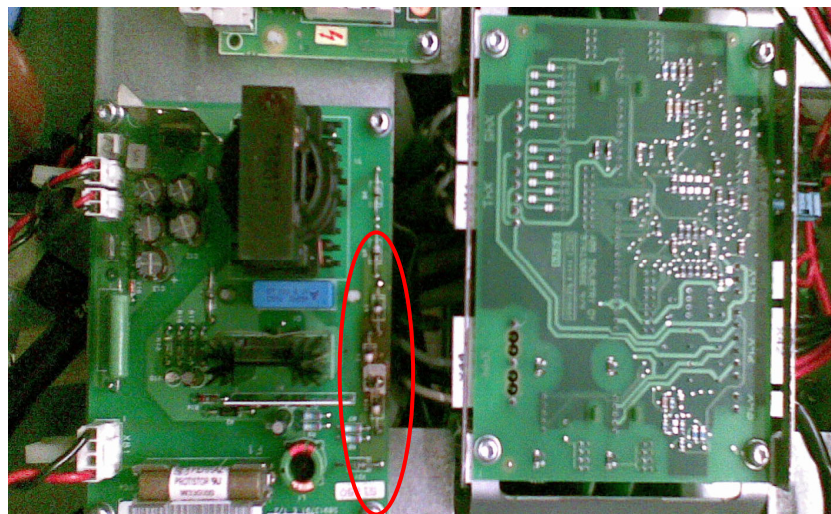


Figura 16 – Fonte de alimentação (à esquerda) com indícios de uso intenso com ventilação deficiente.

Os apertos mal efectuados também são causadores de problemas graves, que podem mesmo levar a situações de rebentamento de bancos de condensadores, e aparecimento de pontos quentes, entre outras anomalias. A Figura 17 mostra um banco de condensadores com um ponto incorrectamente apertado, que causou um aquecimento anormal na zona de aperto, e originou o rebentamento do condensador localizado naquela posição.



Figura 17 – Parafuso de um condensador electrolítico com aperto incorrectamente controlado.

Na Figura 18 apresenta-se um equipamento nunca sujeito a acções de manutenção preventiva. O seu estado de sujidade é de tal forma intenso que impede uma boa dissipação térmica do calor gerado pelas cartas electrónicas e pelos componentes de potência. Para além do que a figura documenta, o equipamento apresenta problemas com as unidades de ventilação que mal funcionavam, assim como com a carta de controlo e comando que apresentava já as entradas analógicas danificadas.

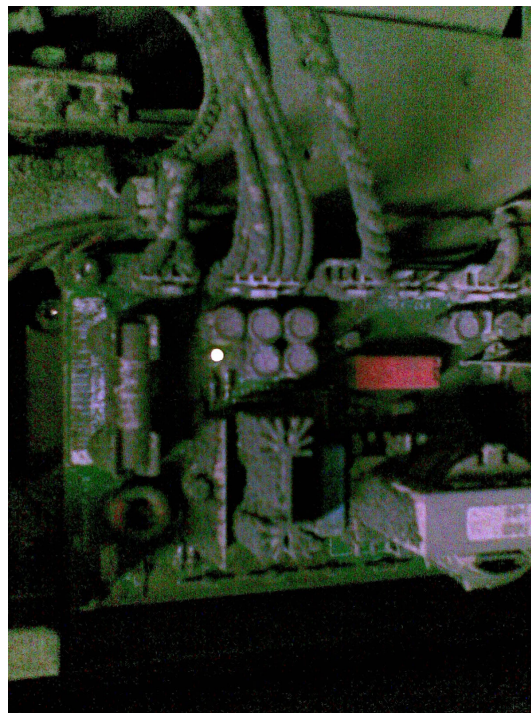


Figura 18 – Aspecto de um equipamento que nunca sofreu intervenções de manutenção preventiva.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Numa cultura empresarial cada vez mais competitiva, importa mais que nunca realçar a importância fundamental da manutenção na estrutura das empresas. Com a elaboração deste artigo pretende-se chamar a atenção para que a manutenção de máquinas, equipamentos e instalações industriais seja efectuada com grande rigor e organização, não descurando obviamente os custos associados.

Este trabalho, realizado sobre o tema da manutenção de conversores de frequência, no âmbito da indústria de energia eléctrica e automação industrial, foi norteado pelos seguintes propósitos:

- Reafirmar a importância crescente de se adoptarem práticas rigorosas, controladas e organizadas em manutenção industrial.
- Desenvolver novas técnicas e metodologias de conduzir a manutenção industrial a bom porto de uma forma cada vez mais eficaz e eficiente.
- Destacar que, em equipamentos eléctricos e electrónicos, devido não só à sua elevada complexidade tecnológica mas também à sua importância crucial para o bom desempenho dos processos produtivos onde se encontram inseridos, a manutenção deverá ser encarada cada vez mais como uma actividade imprescindível para se atingirem com sucesso os objectivos de negócios previamente especificados para as unidades fabris. Ou seja, que representa um factor chave para a optimização da eficiência dos activos.

A manutenção executada com rigor, controlo e uma boa organização, representa para a estrutura de uma empresa um valor acrescentado de extrema importância. É pois através de boas práticas de manutenção que equipamentos, máquinas e instalações são conservados e disponibilizados em boas condições operacionais e com níveis de produção aceitáveis.

A manutenção de equipamentos eléctricos ou electrónicos deve também ser levada em consideração, em virtude das mais-valias que esta pode trazer. Muitas empresas, simplesmente ignoram a manutenção de conversores de frequência, assumindo na sua ignorância que é um mau investimento verificar periodicamente a condição deste tipo de equipamentos. Na generalidade dos casos em que não é efectuada a manutenção de conversores de frequência, quando surge algum problema com os equipamentos, passados alguns anos



de entrada em serviço, os problemas são de tal ordem que a melhor solução é a substituição por unidades novas. A experiência mostra que nestes casos, o ciclo de vida desses equipamentos é inferior a metade do que se verifica com os equipamentos sujeitos a uma política rigorosa e eficaz de manutenção preventiva, sistemática e condicionada.

Assim sendo, as contribuições deste artigo, que se baseia na dissertação de mestrado do segundo autor (Pinto, 2009), são as seguintes:

- Mesmo em equipamentos eléctricos e electrónicos, apesar da sua fiabilidade ser extremamente elevada, é essencial que sejam realizadas acções de manutenção preventiva.
- As acções de manutenção planeada devem ser entendidas de forma inequívoca como sendo acções que visam a obtenção da disponibilidade máxima dos equipamentos.
- Salientar que, nas pequenas e médias empresas, é de extrema importância criar ou melhorar, caso já existam, os planos de manutenção com vista a aumentar a competitividade das mesmas, de modo a que tenham possibilidades de sobreviver num mercado cada vez mais globalizado e exigente.
- Alertar para o bom desempenho e para o aumento da segurança das instalações industriais.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

C. Varela Pinto, “Organização e Gestão da Manutenção”. Edições Monitor, Lisboa, 2002.

Tery Wireman, “Total Productive Maintenance”. Industrial Press, New York, 2004.

C. Pereira Cabrita, “TPM – Manutenção Produtiva Total. Teoria, Métodos, Indicadores de Desempenho”. Edição do autor, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2004.

John Moubray, “Reliability-Centered Maintenance”. Industrial Press, New York, 1997.

Rui Assis, “Apoio à Decisão em Gestão da Manutenção. Fiabilidade e Manutenibilidade”. Edições Técnicas Lidel, Lisboa, 2004.

C. Pereira Cabrita, “RCM – Manutenção Centrada na Fiabilidade. Teoria, Métodos, Indicadores de Desempenho, Exercícios Práticos”. Edição do autor, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2007.

SKF Reliability Systems, “O Guia para a Optimização da Eficiência dos Activos e Melhoria dos Resultados”. Publicação 5160 PT, 2005.

<http://www.skf.com>.

Robert Hansen, “Overall Equipment Effectiveness: A Powerfull Production Maintenance Tool for Increased Profits”. Industrial Press, New York, 2001.

C. Pereira Cabrita, “Manutenção Industrial. Novas Filosofias e Práticas”. Edição do autor, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2006.

Nuno Pinto, “Manutenção de Conversores de Frequência no Âmbito de uma Empresa do Sector Eléctrico”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Electromecânica, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2009.