



Eficiência Energética em Ar Comprimido

Abhay Costa

Especialista Serviço Após Venda

31 de Outubro de 2012



/ Abhay Costa

AGENDA

- **Custos de exploração de sistemas de ar comprimido**
- **Tipos de compressores e métodos de compressão**
- **Sistemas de tratamento de ar comprimido**
- **Seleção de equipamentos de produção e tratamento de ar comprimido**
- **Redes de Ar Comprimido**
- **Recuperação de energia calorífica**
- **Casos Práticos**

O QUE É O AR COMPRIMIDO?

CUSTOS DE EXPLORAÇÃO DE SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO

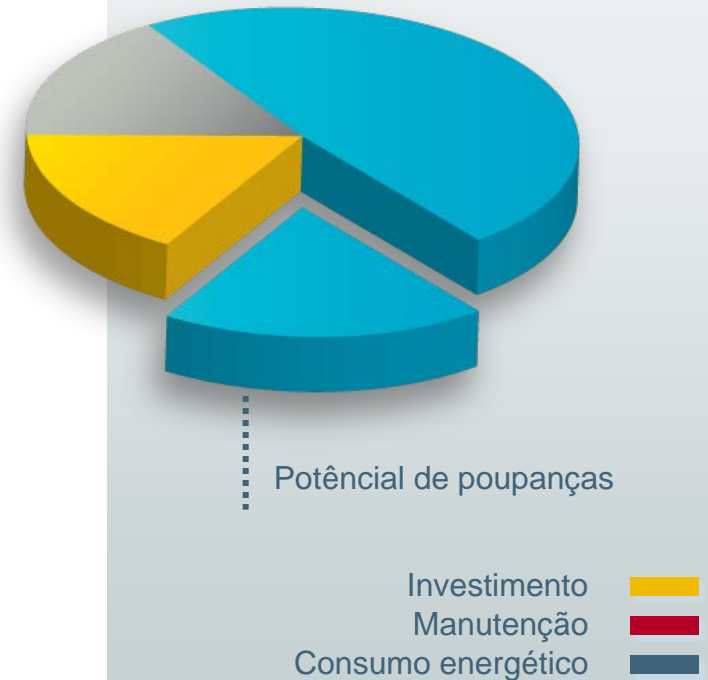
ENERGIA

Consumo energético total das instalações

- Os Compressores representam normalmente de 2% a 40% (12% em média na Europa)

Custo no ciclo de vida útil

- 70% dos custos no ciclo de vida útil de uma central de ar comprimido são gastos em energia



CUSTOS DE EXPLORAÇÃO DE SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO

ENERGIA

Consumo energético total das instalações

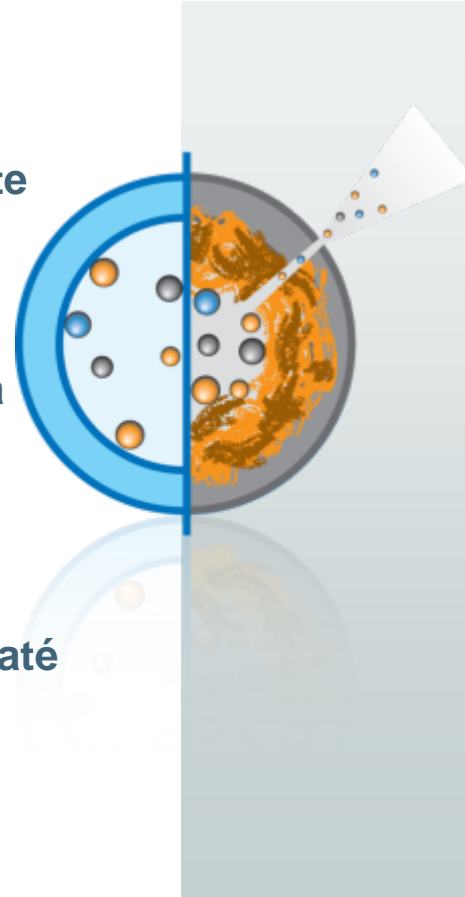
- Os Compressores representam normalmente de 2% a 40% (12% em média na Europa)

Custo no ciclo de vida útil

- 70% dos custos no ciclo de vida útil de uma central de ar comprimido são gastos em energia

Fugas de ar

- As fugas nas tubagens podem representar até 20% do consumo total de ar



CUSTOS DE EXPLORAÇÃO DE SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO

ENERGIA

Consumo energético total das instalações

- Os Compressores representam normalmente de 2% a 40% (12% em média na Europa)

Custo no ciclo de vida útil

- 70% dos custos no ciclo de vida útil de uma central de ar comprimido são gastos em energia

Fugas de ar

- As fugas nas tubagens podem representar até 20% do consumo total de ar

Flutuações na rede de distribuição

- Em geral, mesmo sem debitem para a rede, os compressores consomem até 20% da sua potência nominal



CUSTOS DE EXPLORAÇÃO DE SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO

ENERGIA

Consumo energético total das instalações

- Os Compressores representam normalmente de 2% a 40% (12% em média na Europa)

Custo no ciclo de vida útil

- 70% dos custos no ciclo de vida útil de uma central de ar comprimido são gastos em energia

Fugas de ar

- As fugas nas tubagens podem representar até 20% do consumo total de ar

Flutuações na rede de distribuição

- Em geral, mesmo sem debitemos para a rede, os compressores consomem até 20% da potência nominal

Assistência

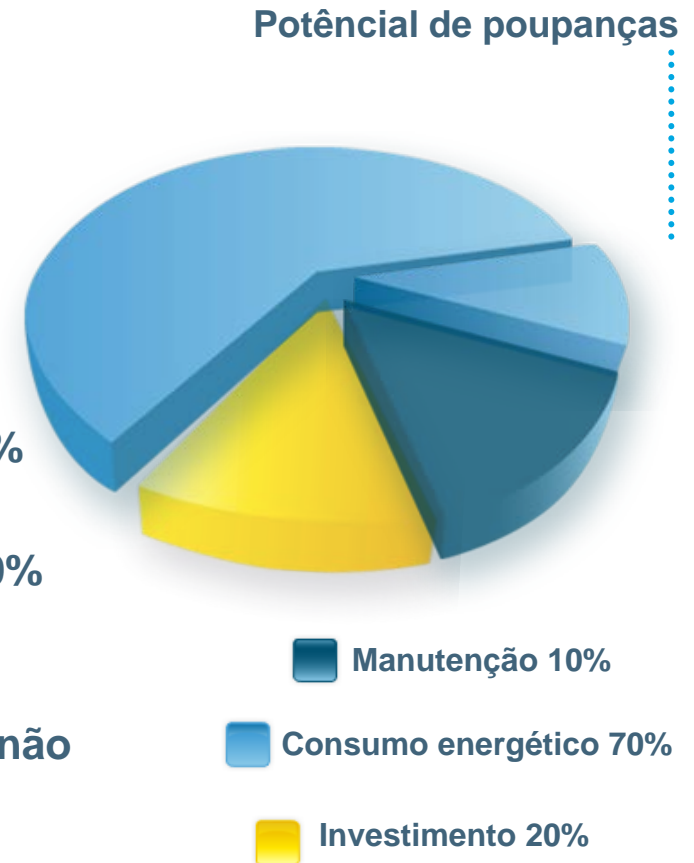
- A manutenção adequada reduz o consumo energético



O Valor do Ar Comprimido

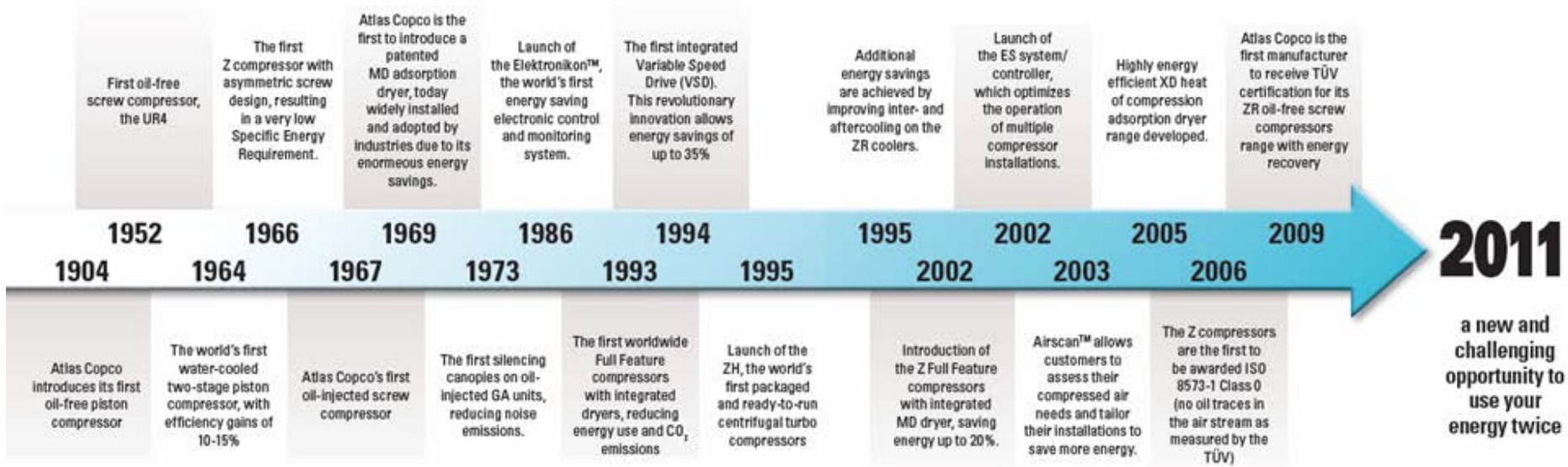
ALGUNS FACTOS E NÚMEROS ÚTEIS

- 70% do total dos custos são gastos em energia
- 1 x kW de ar comprimido = 8 x kW em electricidade
- 1 bar de redução na pressão, reduz a energia em 7%
- Típicamente, após 5 anos, as fugas representam 20% do consumo total de ar
- A maioria dos sistemas não pára durante as horas não productivas devido a fugas na instalação
- A selecção de máquinas de uma forma criteriosa possibilita futuras poupanças



Na Atlas Copco

Poupar energia é o nosso modo de vida

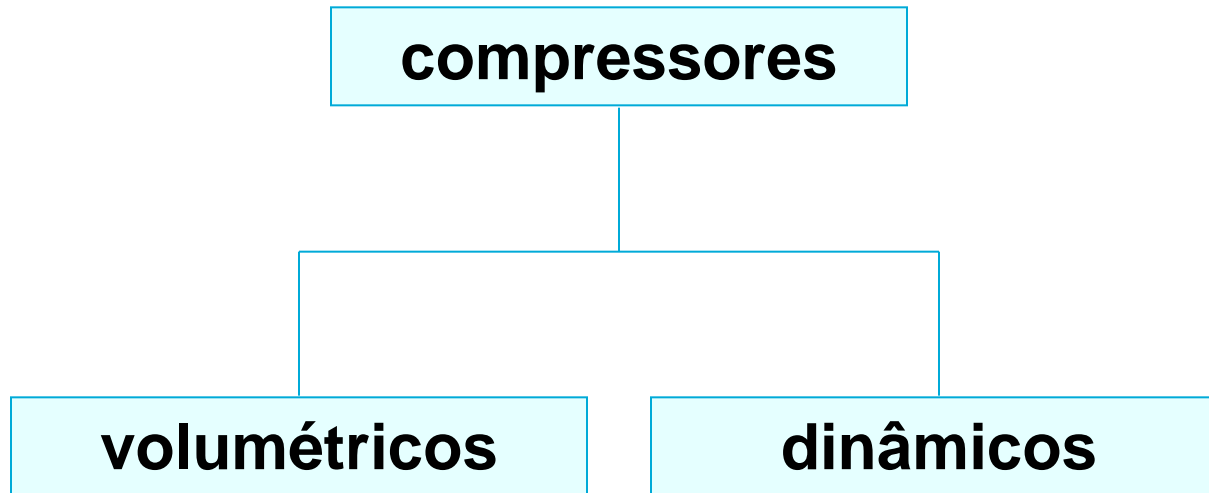


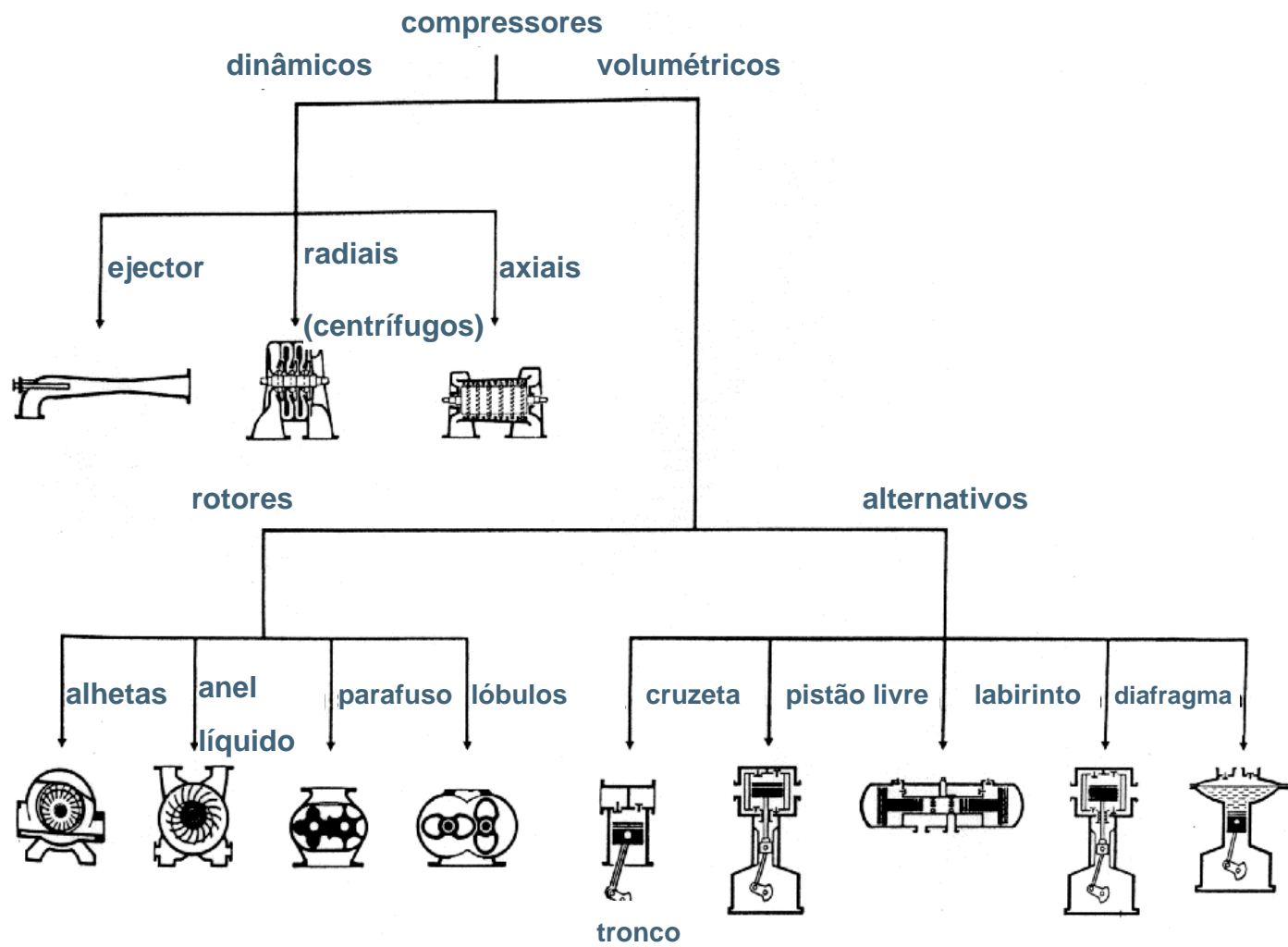
Um século de inovações em sistemas que poupam energia

Mais de 400 patentes

TIPOS DE COMPRESSORES

MÉTODOS DE COMPRESSÃO





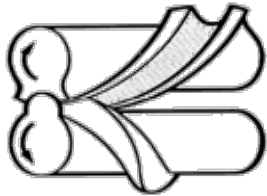
PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

Compressão volumétrica

A redução do volume do gás provoca um aumento de pressão

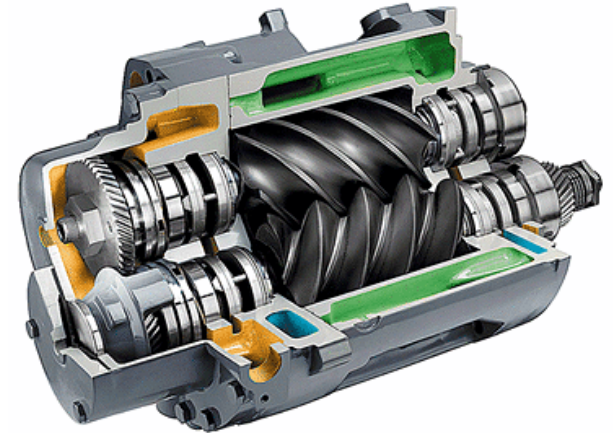
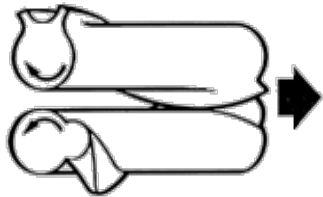
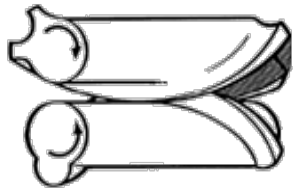
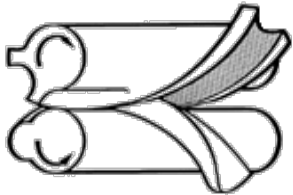


COMPRESSOR DE PARAFUSO



Rotor Fêmea

Rotor Macho



Compressão volumétrica aplicada ao compressor de parafuso

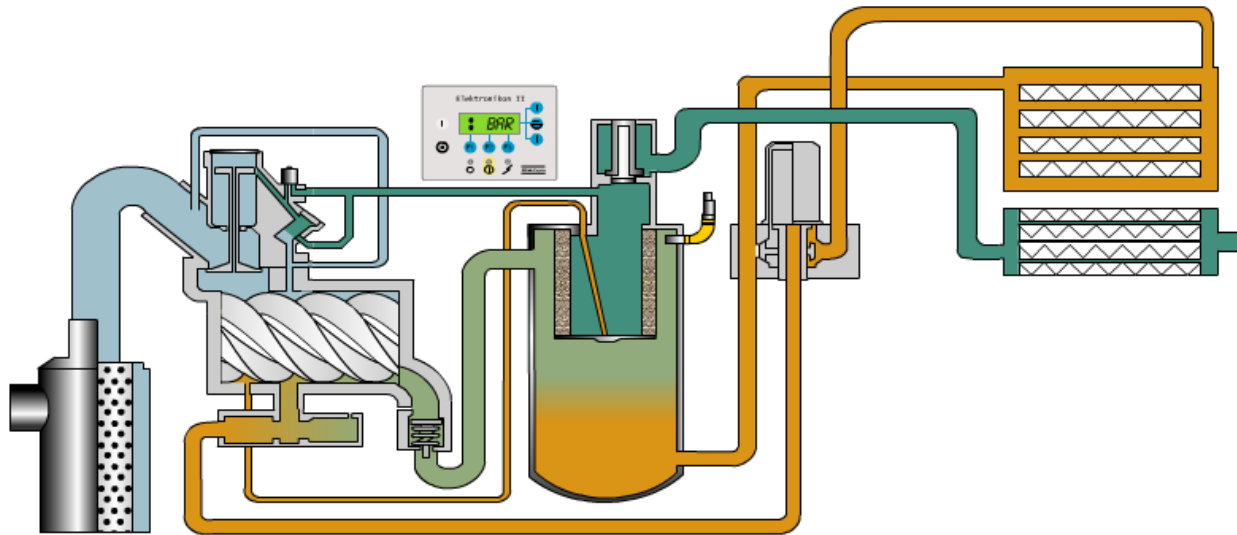
O volume do ar ou gás é progressivamente reduzido ao longo do parafuso, causando um aumento de pressão

OIL-INJECTED COMPRESSION PRINCIPLE

SHADING/OFF | ANIMATION:



Suction filter Suction valve Compressor element Non return valve Oil separator Minimum pressure valve Aftercooler



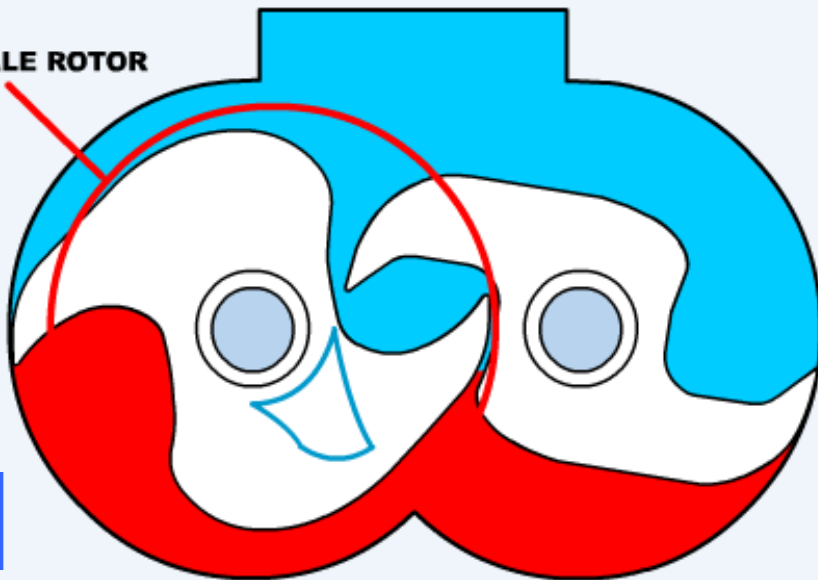
Elemento de “Dente” ou de “Unha”



Animation double tooth compressor

CROSS-SECTION

FEMALE ROTOR



1 2 3 4

ISOMETRIC VIEW



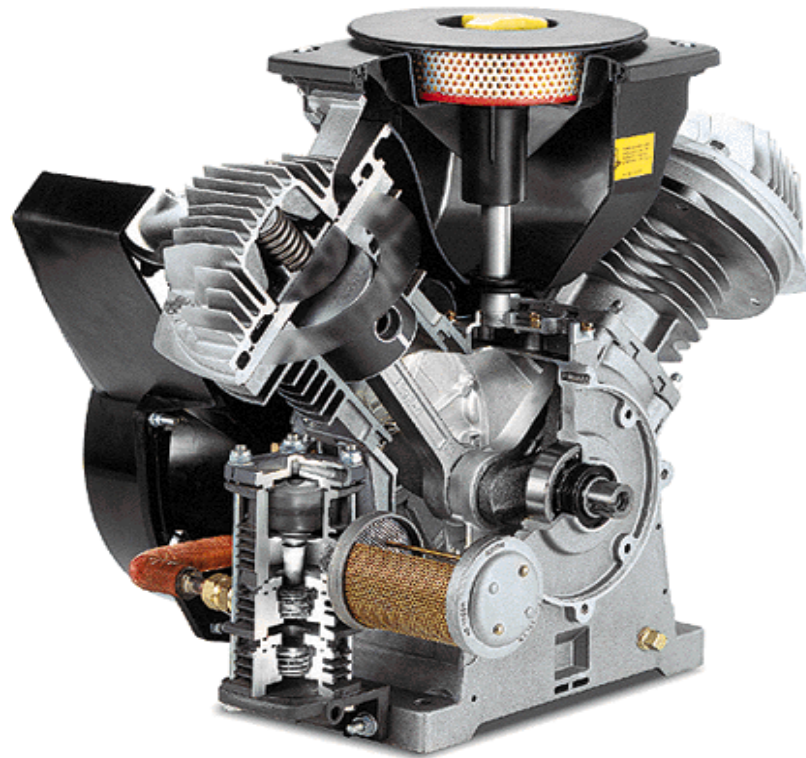
PHASE 3

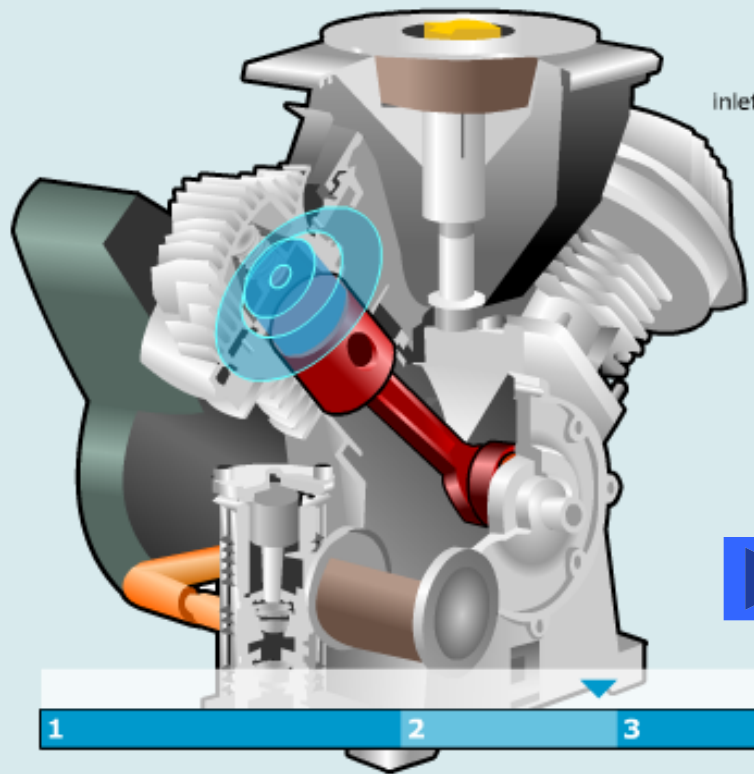
Compression takes place
The male and female rotor
turn towards each other,
decreasing the free space,
resulting in an increase
in pressure.

LEGEND

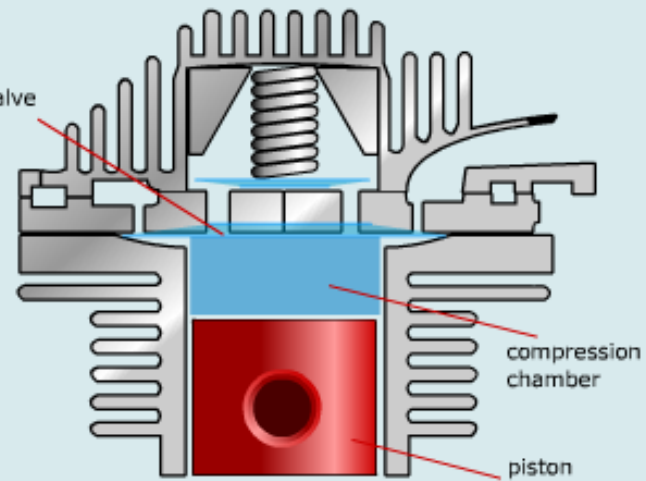
 INTAKE	 COMPRESSION
 TRANSPORT	 DELIVERY

Compressor de Pistão





Inlet valve

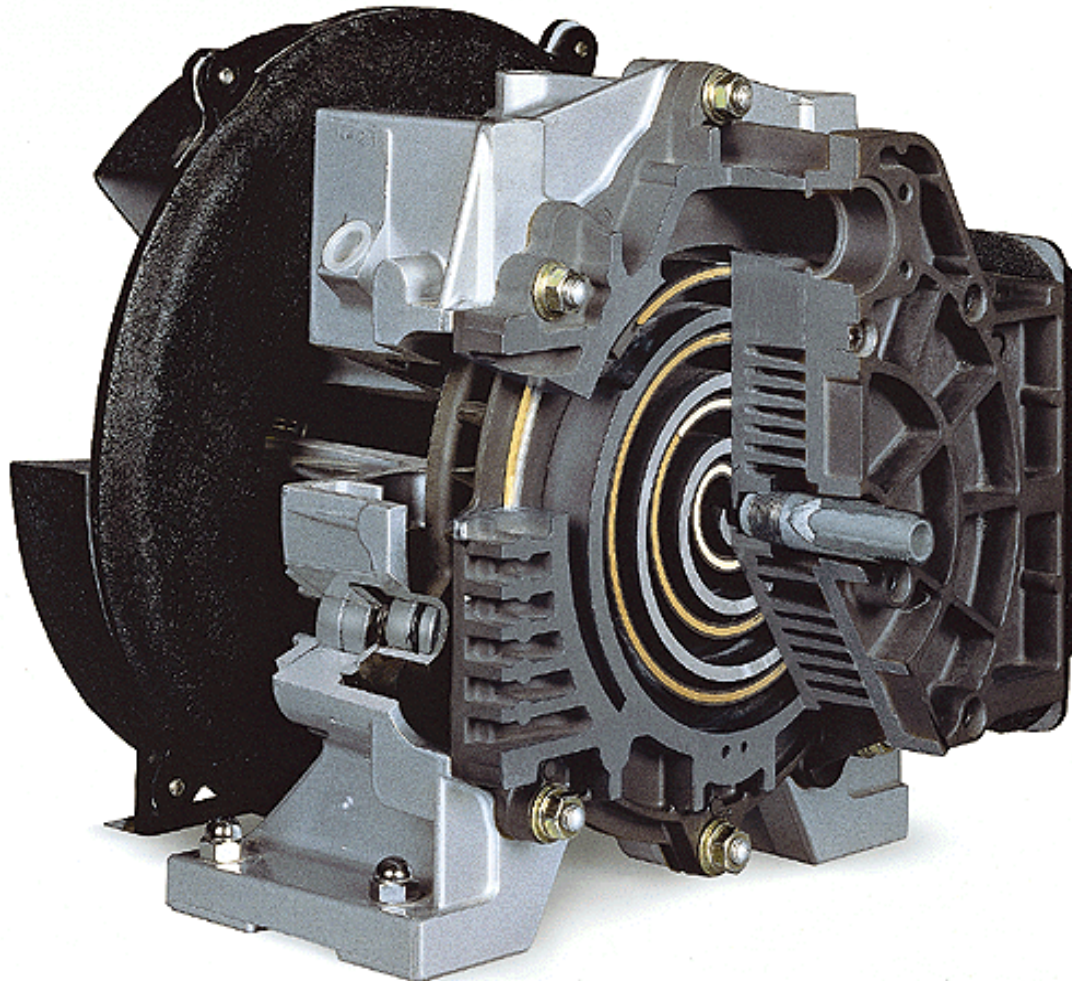


compression chamber

piston

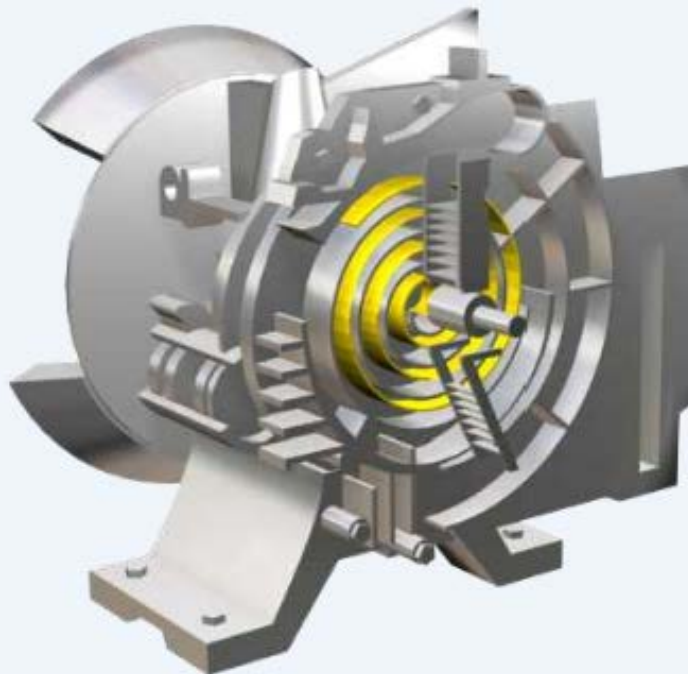
2 Subsequently, after the piston has passed its turning point, the inlet valve closes as the air pressure starts to increase. As the volume of the compression chamber decreases, the air pressure increases.

Compressor Orbital “Scroll”



Animation of a Scroll Element

ISOMETRIC VIEW



FRONT VIEW



EXPLANATION



A scroll compressor is a type of oil-free rotating displacement compressor, i.e. it compresses a specific amount of air in an ever decreasing volume. The compressor element consists of a fixed spiral in an element housing and a motor powered eccentric, moveable spiral. The spirals are mounted with 180° phase displacement to form air

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

Compressão dinâmica

Velocidade (Energia cinética)

$$1/2 mv^2$$

Convertida em pressão

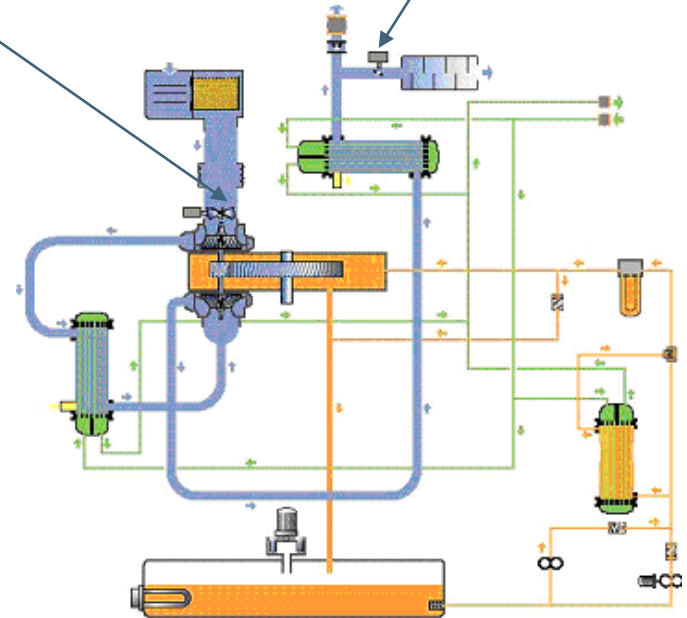
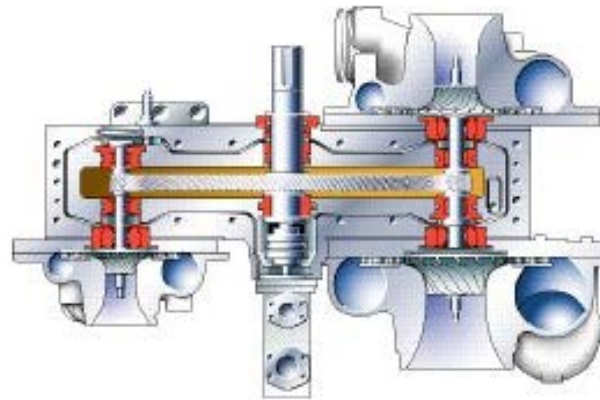


COMPRESSOR CENTRÍFUGO

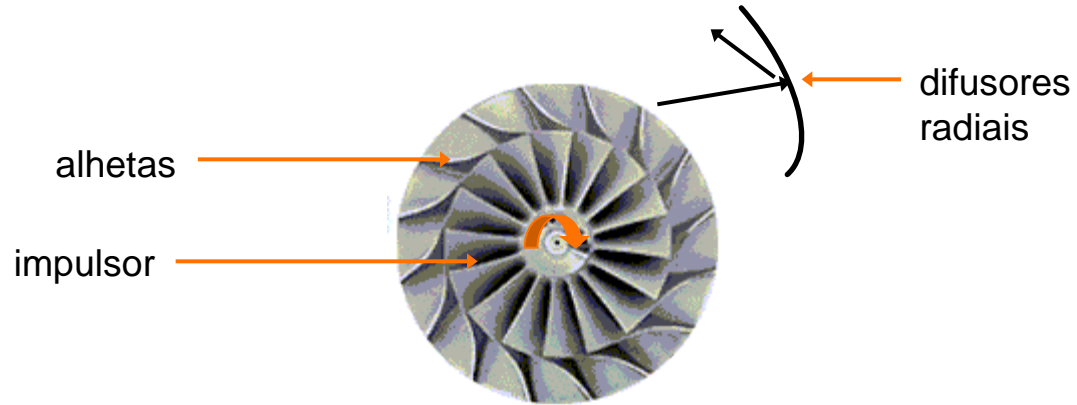


Inlet Guide Vanes - IGV

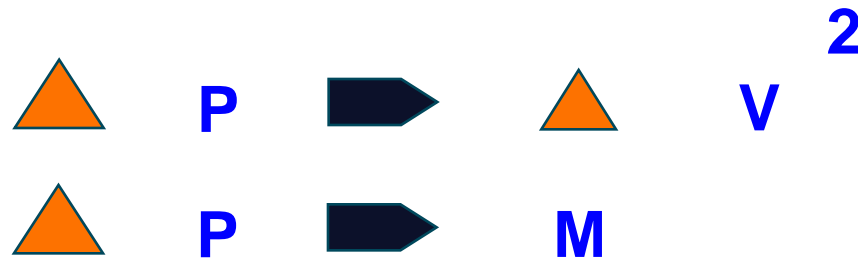
Blow Off Valve - BOV



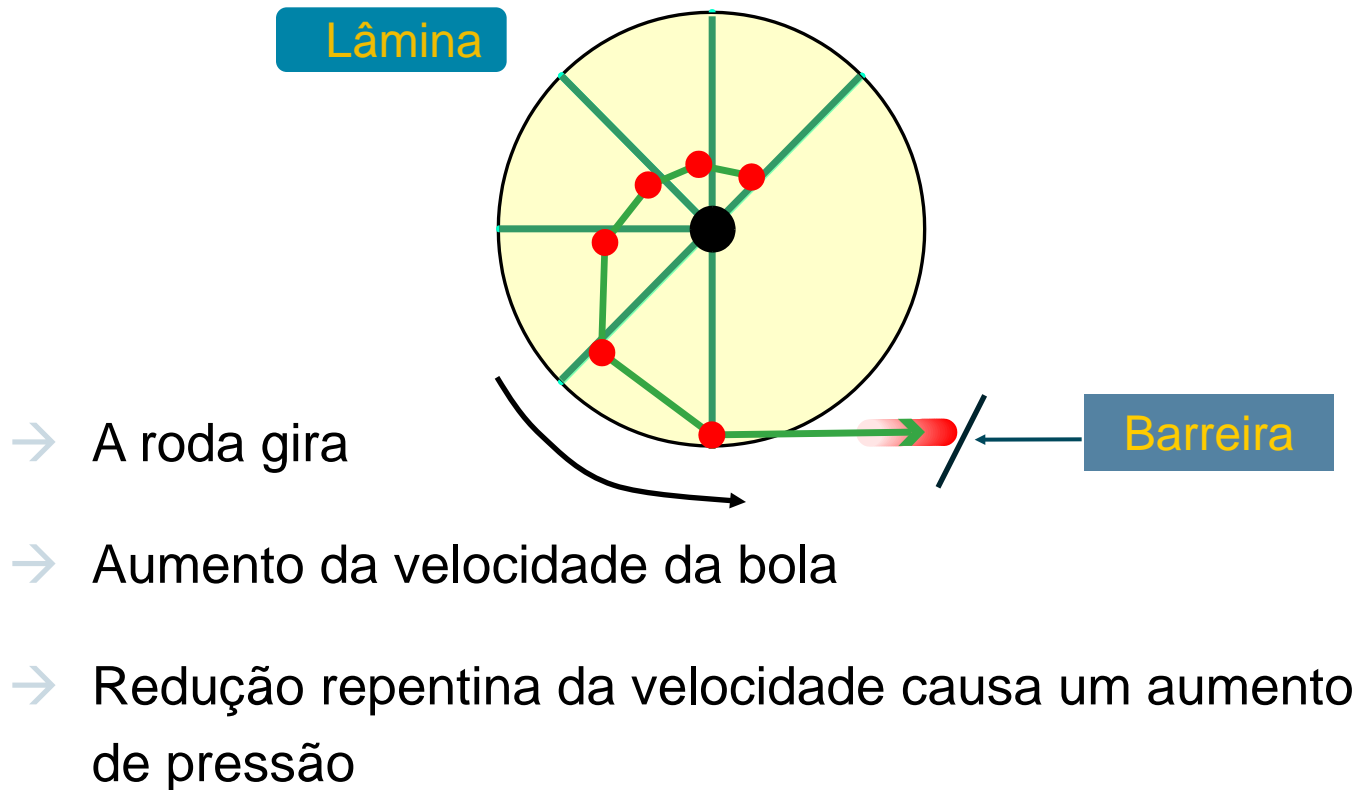
Compressor centrífugo



O aumento de pressão segue o princípio de Bernoulli



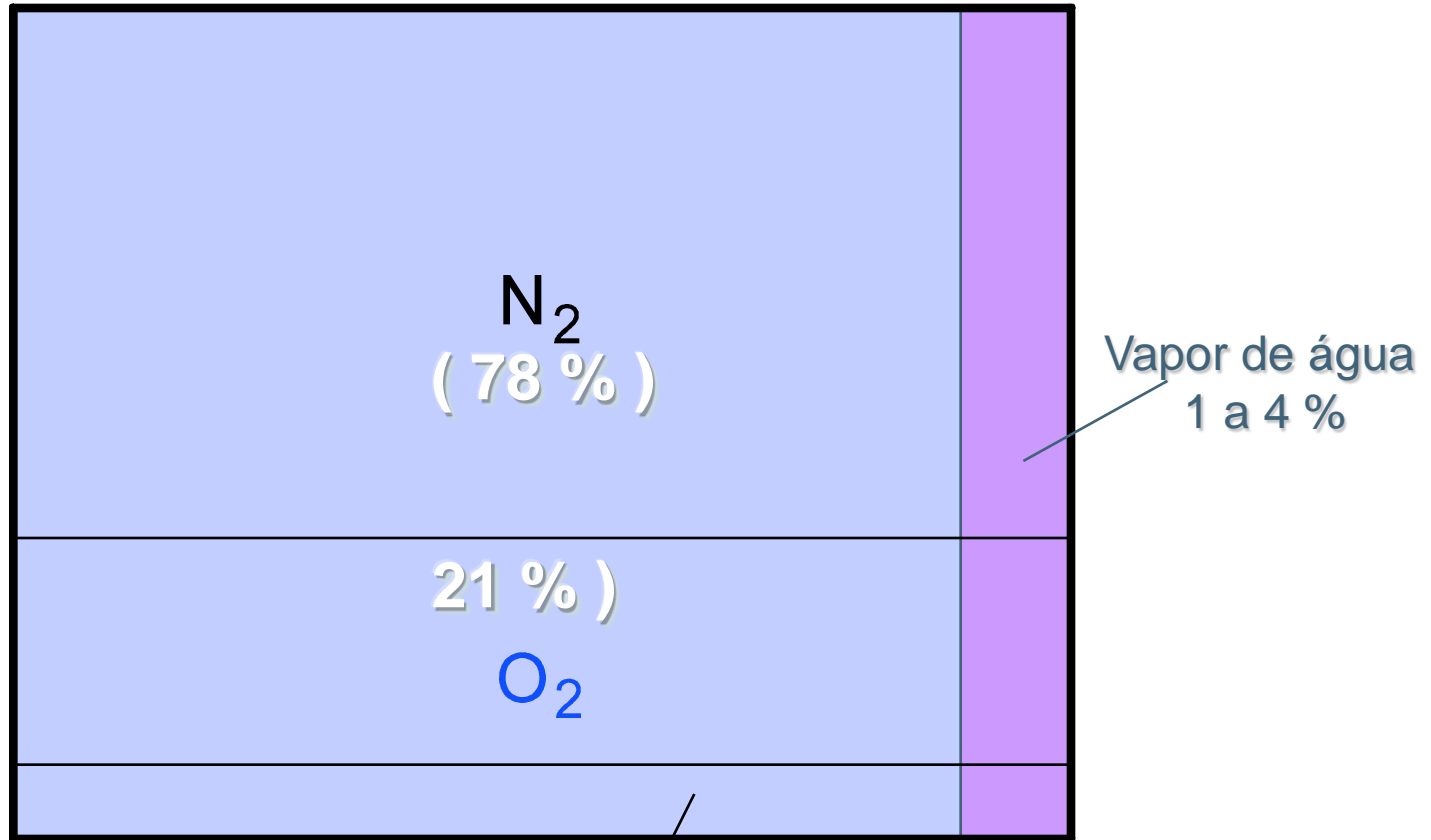
Compressor centrífugo



SISTEMAS DE TRATAMENTO DE AR COMPRIMIDO

- Tipos de Secadores
- Sistemas de filtragem
- Separadores de óleo

COMPOSIÇÃO DO AR COMPRIMIDO



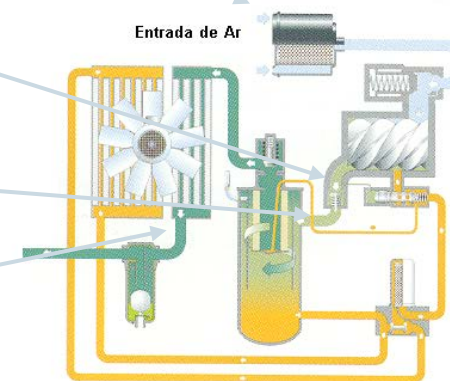
Outros (1%)
(Argon=0,9 %)

Teor de humidade no ar atmosférico depende da temperatura ambiente

$$\text{Humidade Relativa} \Rightarrow \frac{\text{Conteúdo de H}_2\text{O Actual}}{\text{Máx. Conteúdo Possível de H}_2\text{O}} = \text{RH (\%)}$$

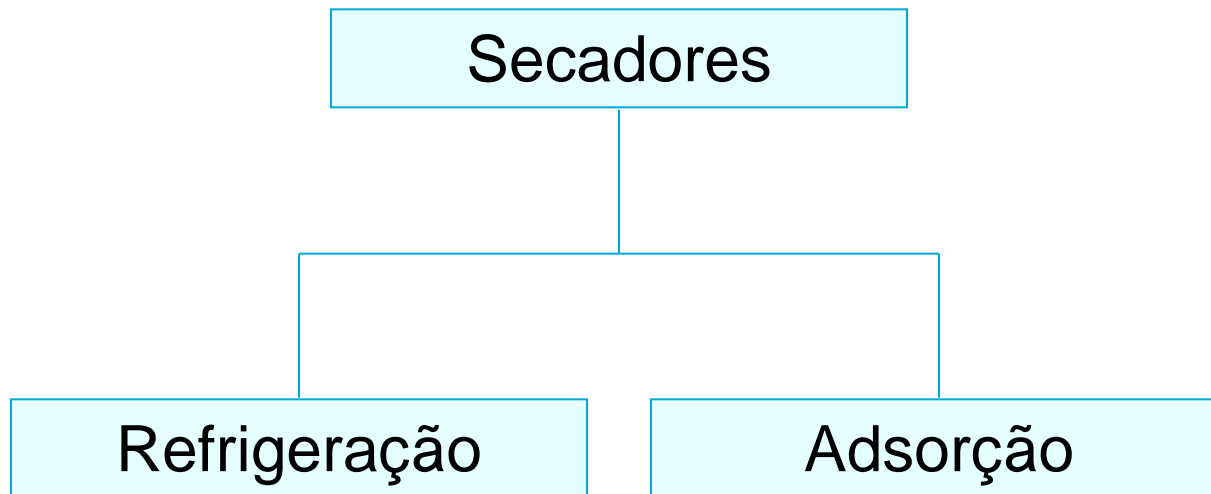
A compressão do ar => aumento de concentração de humidade

- Exemplo:
- P atm; Tamb. 10°C; 100%HR => 9,40g/m³ vapor de água
- Compressão a 10bar(e) => Tar Comp. = 90°C
- P 10bar(e) => redução de volume 10 vezes
- => 94g/m³ => T Sat = 65°C
- Arrefecimento => 10bar (e), Tar Comp 20°C < T_{sat}
- => Condensação de água no interior das tubagen
- Secagem => Redução T_{sat} => Ponto de orvalho à pressão PDP



- Ar de Entrada
- Ar Húmido
- Ar Seco
- Mistura Ar/Óleo
- Condensados
- Óleo

TIPOS DE SECADORES



Secadores de Refrigeração - FD

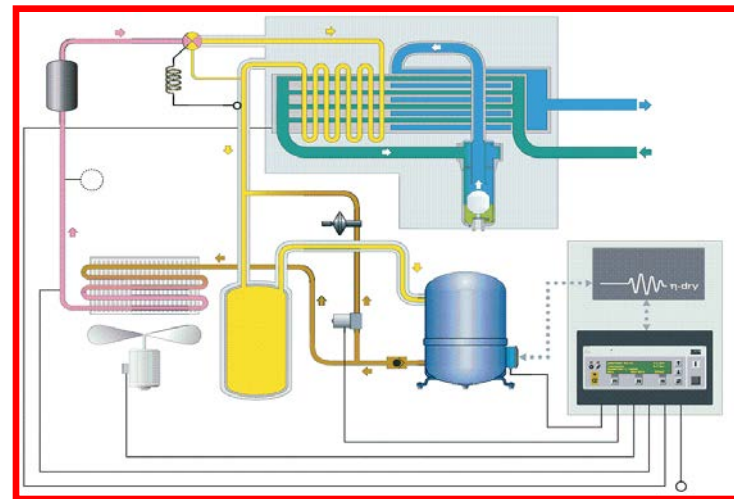
Secagem obtida por arrefecimento do ar comprimido seguido de um reaquecimento

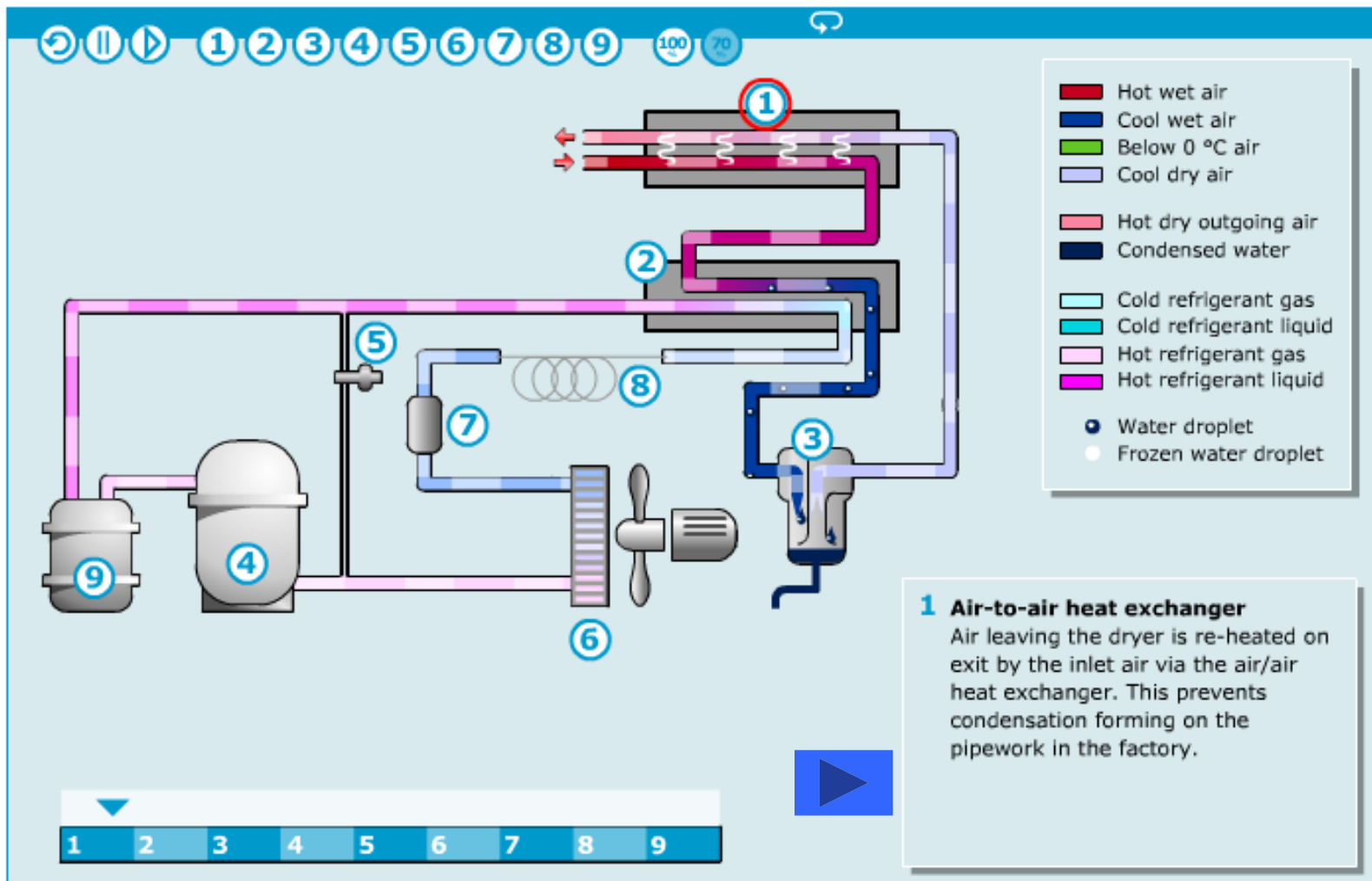
Ponto de orvalho na ordem dos $+3^{\circ}\text{C}$

Princípio de funcionamento

Aplicações Tipo:

- Prevenção contra corrosão das tubagens
- Decapagem
- Ferramentas
- Industria Alimentar
- ...





Secadores de Adsorção

Secagem obtida pela passagem do ar comprimido através de uma torre carregada de material dessecante, poroso com elevado poder de atracção de moléculas de água

Poder de atracção das moléculas de água reduz à medida que o dessecante fica saturado
=>Regeneração do dessecante

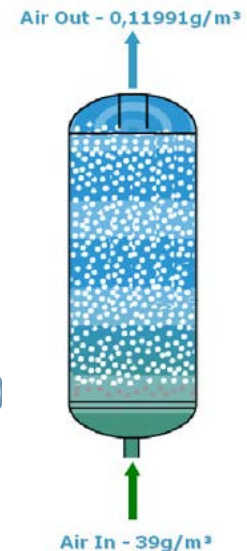
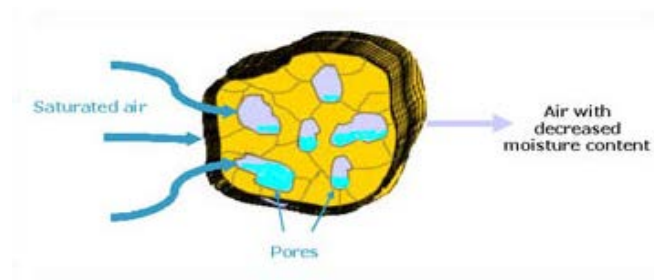
Regeneração – remoção das moléculas de água retidas nos poros do dessecante, devolvendo-lhe as suas propriedades originais

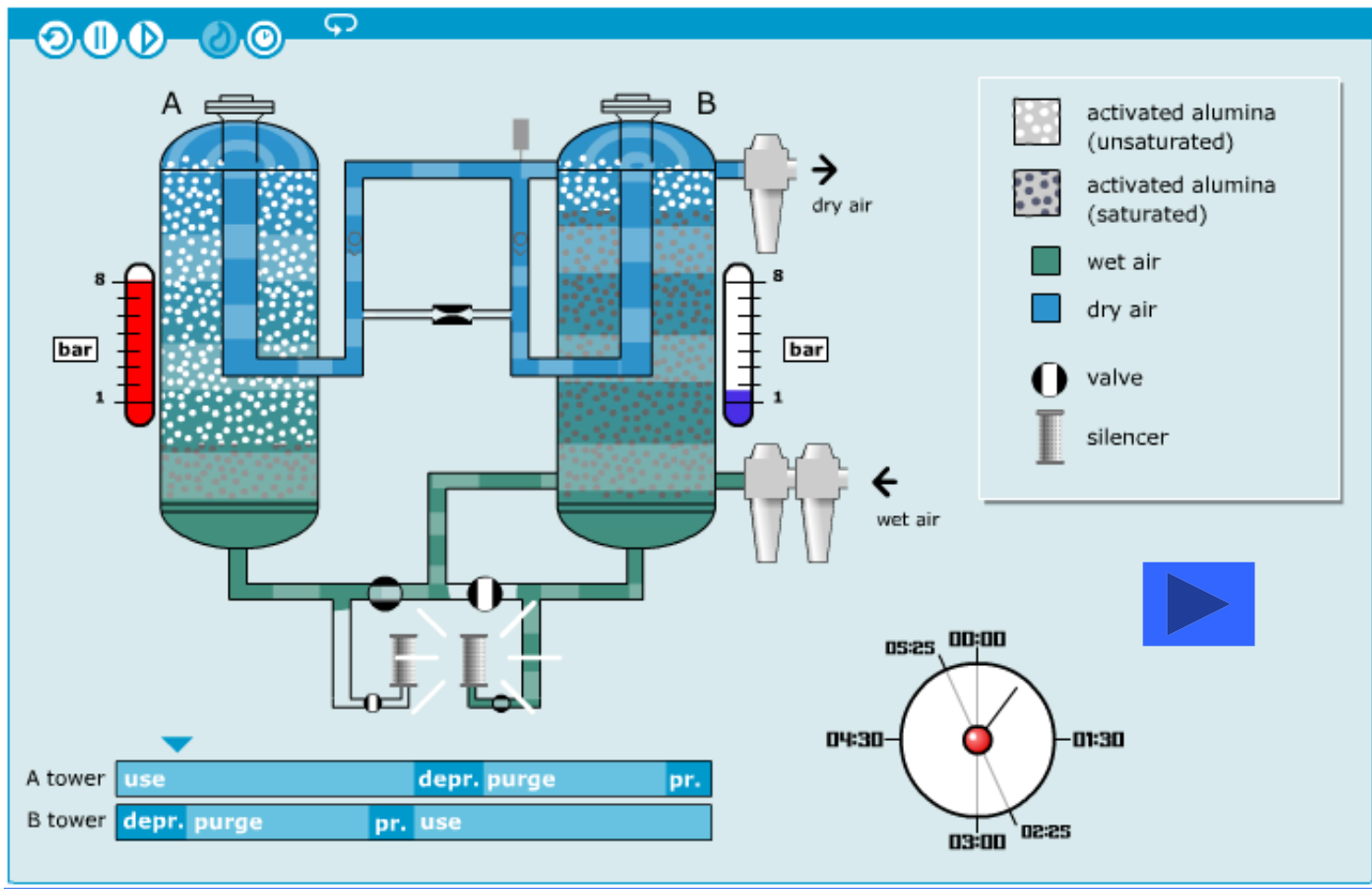
Pontos de orvalho entre os -20°C e -70°C

- Tipos de material dessecante:
- $-20^{\circ}\text{C} \leq \text{PDP} \leq -40^{\circ}\text{C}$ – Alumina Activada; Sílica Gel
- $-40^{\circ}\text{C} < \text{PDP} \leq -70^{\circ}\text{C}$ – Crivo Molecular

Aplicações tipo:

- Ar de instrumentação
- Pintura
- Contacto com produtos que reagem agressivamente com a humidade(cloro...)
- ...





Secadores de Adsorção

Tipos de secadores adsorção:

Regeneração com purga de ar seco - CD

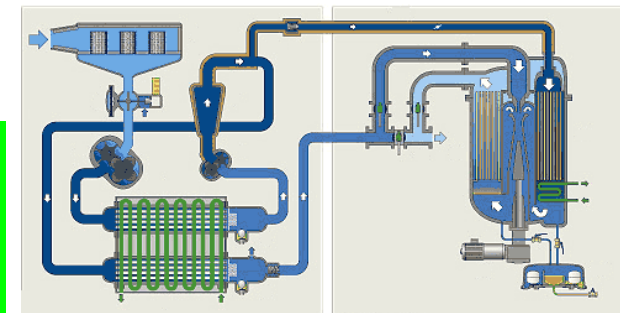
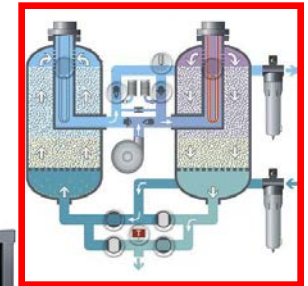
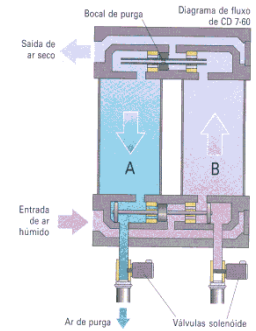
- PDP entre -20°C e -70°C
- Regeneração - Aprox 15% de ar comprimido
- Dissecante – Alumina activada

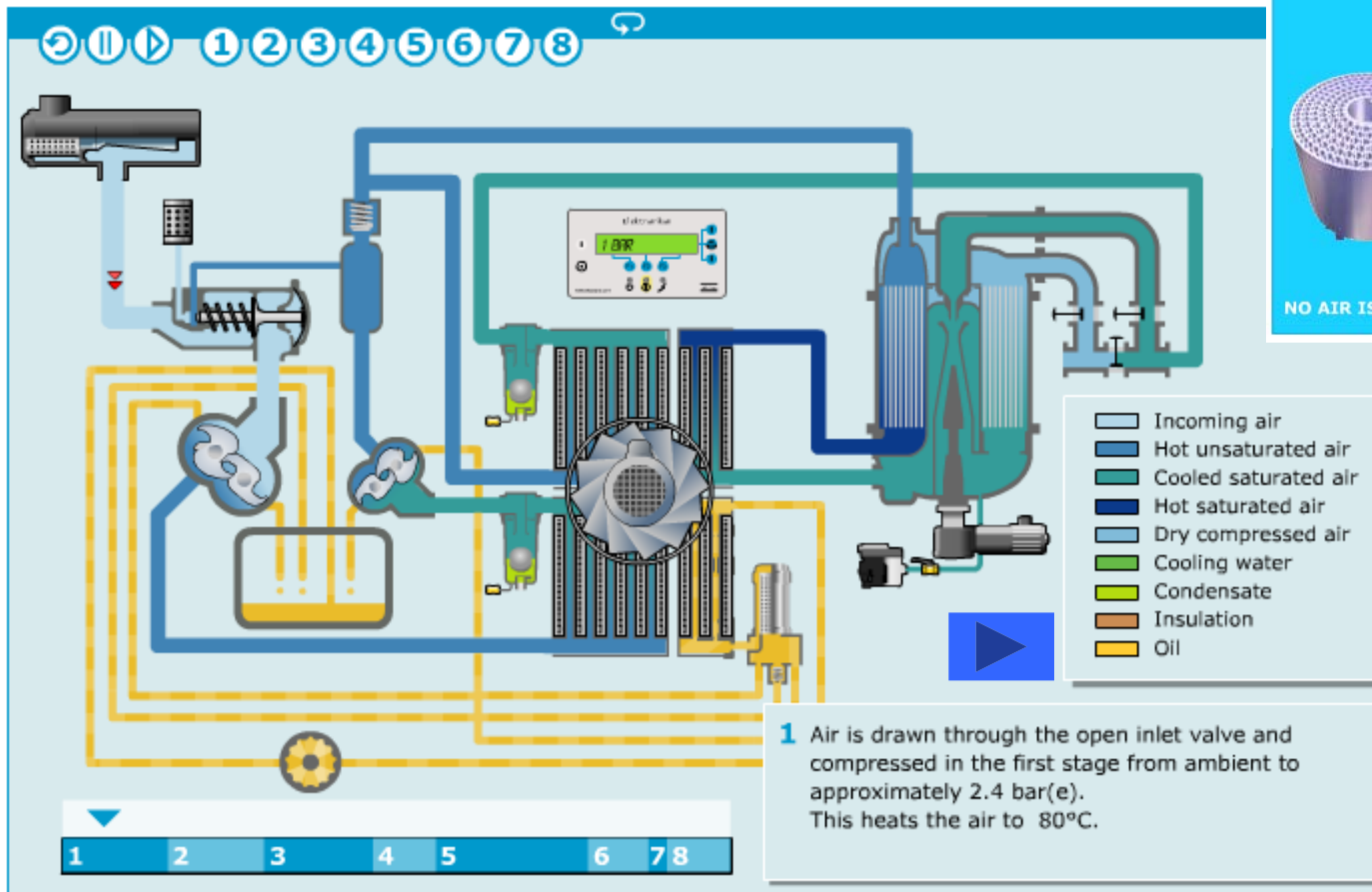
Regeneração com ar quente atmosférico - BD

- PDP entre -20°C e -70°C
- Arrefecimento – Aprox 2% de ar comprimido
- Ar de regeneração aquecido por resistências de baixa potência
- Ventilador de baixa potência
- Dissecante – Sílica Gel

Regeneração com ar quente de compressão - MD

- PDP na ordem dos -30°C
- Sem perdas de ar comprimido na regeneração
- Sem consumo energético
- Dissecante – Sílica Gel





MD Dryer Rotor

All moisture is removed by adsorption in the drying segment of the silicagel impregnated rotor.

The regeneration airstream bypasses the aftercooler and passes through the regeneration segment of the rotor.

Still hot, this airstream is used to evaporate moisture from saturated portions of the rotor. The regeneration air flow is mixed with the main flow in the ejector nozzle.

NO AIR IS WASTED!



TIPOS DE FILTROS

Filtros Coalescentes – DD

- Para utilização geral
- Remoção de água líquida e óleo até 0,1 ppm
- Fluxo – do interior para o exterior

Filtros Coalescentes – PD

- Filtragem fina
- Remoção de água líquida e óleo até 0,01 ppm
- Fluxo – do interior para o exterior



TIPOS DE FILTROS

Filtros de Partículas – DDp

- Para Filtragem de partículas secas
- Remoção de partículas até $1 \mu\text{m}$
- Fluxo – exterior para o interior

Filtros de Partículas – PDp

- Para Filtragem de partículas secas
- Remoção de partículas até $0,01 \mu\text{m}$
- Fluxo – exterior para o interior



TIPOS DE FILTROS

Filtros de carvão activado – QD

- Para remoção de vapores de óleo
- Remoção de vapor óleo até 0,003 ppm
- Fluxo – do interior para o exterior
- Para temperaturas superiores a 40°C não se dá a absorção dos vapores de óleo
- Tempo de vida útil do elemento filtrante ≤ 1000 h
- Para aplicações com pequenos caudais para determinados consumidores.

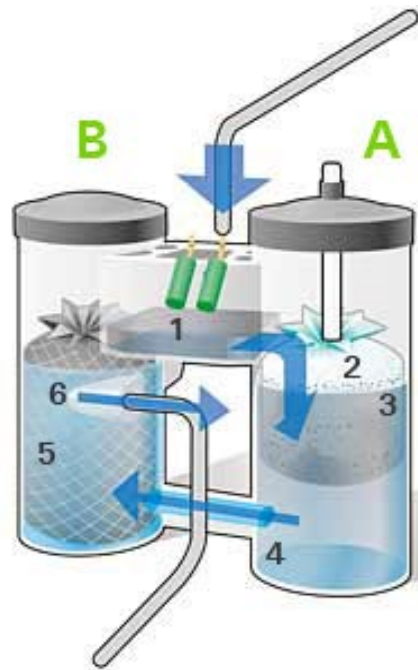
Para elevados consumos de ar comprimido torna-se mais rentável a utilização de compressores isentos de óleo



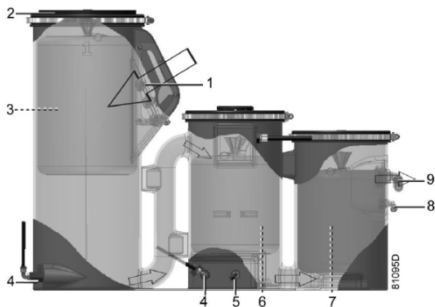
*Valvula de drenagem automática EWD,
standard para todos os filtros 520F – 7200F*

SEPARADORES DE ÓLEO

Durante o arrefecimento do ar comprimido proveniente de compressores lubrificados, há a formação de condensados que contêm óleo. Os separadores OSC, são concebidos para separar este óleo e absorvê-lo em filtros, resultando daí condensados que satisfazem os requisitos da legislação ambiental.



- 1 - Entrada de condensados
- 2 - Indicador de assistência
- 3 - Silenciadores
- 4 - Filtro oleofilico
- 5 - Primeira torre
- 6 - Saída de condensados



SELECÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE PRODUÇÃO E TRATAMENTO DE AR COMPRIMIDO

Questões a ter em conta:

Caudal?

Pressão?

Aplicação?

Condições do meio ambiente?

Qualidade dos equipamentos?

Preço dos equipamentos?

Caudal

Calcular os consumos individuais.

Atribuir coeficientes de utilização.

Estimar margem de reserva.

**Entrar em linha de conta com possibilidades de
ampliação a curto ou médio prazo.**

Pressão

Baixa pressão: Usada no transporte pneumático, indústria vidreira, ambiente. Normalmente entre 0,5 Bar e 3,5 Bar

Pressão normal: Utilizada na maioria das aplicações (mais de 90 % das indústrias). Normalmente entre 7 e 10 Bar.

Alta Pressão: Utilizada em indústrias específicas tais como pneus, plásticos e processos químicos. Normalmente entre 12 e 14 Bar

Pressões especiais

Arranque pneumático de motores:	20 a 40 Bar
Fabrico de recipientes PET:	40 Bar
Enchimento de garrafas:	200 a 300 Bar
Processos químicos:	1000 Bar

Qualidade do ar comprimido

Determinada pela aplicação:

- Existe contacto com produtos alimentares?
- A humidade é agressiva ou mesmo perigosa no processo? (Processamento de Cloro)
- Existe risco de perda de produção com a existência de partículas de óleo ou poeira? (Pintura)
- O nível de poeiras é crítico para a produção?
- O meio ambiente não permite a exaustão para a atmosfera de ar comprimido com vapores de óleo?

Determinada pelas condições do meio ambiente:

- Temperatura ambiente?
- Pressão ambiente?

Optimização da selecção de compressores

Compressores carga vazio:

- Eficientes em perfis de consumo com poucas flutuações
- Quando utilizados em perfis intermitentes o facto de necessitarem de trabalhar em vazio => consumo de energia sem produção de ar comprimido => desperdício de energia.
- Arrancador DOL, YD ou arrancador suave
- Potências 5 kW - 750kW



Optimização da selecção de compressores

Compressores VSD (velocidade variável):

- Eficientes em perfis com elevada intermitência => redução de até 35% nos consumos de energia.
- Redução obtida devido à eliminação da operação em vazio.
- Pressão na rede constante
- Arranque com aceleração progressiva => arranque suave
- Funcionamento suave: sem picos de corrente, sem tensões mecânicas
- Potências 7kW - 900kW

Optimização da selecção de compressores

Compressores Centrífugos:

- Eficientes em perfis de consumo de elevado caudal e muito constantes (Potências 350kW - 8,5MW)
- Quando utilizados em perfis intermitentes o facto de necessitarem de fazer “blow off” => Potência consumida \approx Abertura min. IGV para um débito inferior
- Arrancador DOL, YD ou arrancador suave

Sistemas de tratamento de ar comprimido

Secadores de refrigeração:

- Caudal a tratar constante => Secador de refrigeração de velocidade fixa.
- Caudal a tratar variável => Secador de refrigeração VSD (velocidade variável) => desaceleração do compressor de frio => consumo \approx ao seu regime.



Sistemas de tratamento de ar comprimido

Secadores de Adsorção:

- Quanto > o ar de purga gasto, para garantir o caudal de ar seco necessário > o compressor => Potência consumida superior.
- Devem ser utilizados secadores com controlo de ciclo por PDP (Ponto de orvalho à pressão) => prolongamento do ciclo de secagem até que seja atingido o PDP mínimo desejado.
- Sempre que possível ($PDP \leq -30^{\circ}\text{C}$ e ar isento de óleo), devem ser utilizados secadores sem consumo de ar comprimido para regeneração do tipo MD.

Secadores de Adsorção:

Controlo de ciclo por PDP - Resumo:

- Torre regenerada em espera => redução do nº de ciclos de secagem => menos consumo de ar de purga
- 1 l/s a 7bar(e) => 0,35kW de potência consumida pelo compressor => Poupança energética obtida por redução do ar de purga.
- Duração do tempo de espera dependente de 4 parâmetros:
 - 1) PDP desejado
 - 2) Temperatura de entrada do ar comprimido
 - 3) Pressão de admissão
 - 4) Caudal de ar a tratar

Sistemas de tratamento de ar comprimido

Sistemas de filtragem:

- Consoante os requisitos do processo fabril devem ser dimensionados sistemas de filtragem de ar comprimido de baixa perda de carga.
- Aumento da pressão de trabalho do compressor em 1bar => aumento da potência consumida em 7%.
- Filtros de carvão activado para remoção de vapores de óleo => filtragem de ar para pequenos pontos de consumo
- Processos dependentes de isento de óleo => compressores isentos de óleo

Dimensionamento de redes de ar comprimido

**Perda de carga baixa => redução da pressão de trabalho do compressor
=> redução da potência consumida**

Lei de Darcy

$$\Delta p = f \times \frac{Q_v^{1.85} \times L}{d^5 \times p}$$

Δp - Perda de carga admissível (bar(e))

f - Factor de fricção

Q_v - Capacidade nas condições FAD (l/s)

L - Comprimento total da tubagem (m)

d - Diâmetro da tubagem (mm)

p - Pressão absoluta inicial (bar(a))

Considerações:

$\Delta P = 0,1$ bar(e)

Resolvendo em ordem a d obtém-se o diâmetro dos troços de tubagem

Redes de ar comprimido Airnet Alumínio anodizado



Poupança de tempo

- **O AIRnet pode ser instalado por apenas uma pessoa.**
- **Um sistema AIRnet pode ser montado num terço do tempo de um sistema convencional.**
- **A manutenção da rede é igualmente rápida.**
- **Todos os componentes são facilmente expansíveis e reutilizáveis.**
- **O AIRnet é compatível com quaisquer tubagens e equipamento já existentes.**
- **Para minimizar o tempo de paralisação, a instalação pode ser pressurizada imediatamente após o fim da montagem.**

Redes de ar comprimido Airnet

Construído para durar

- **O sistema de tubagens AIRnet é resistente à corrosão, choques mecânicos, fogo, variações térmicas e condições meteorológicas exteriores.**
- **Maior longevidade do equipamento.**
- **Aumenta o tempo de vida útil dos elementos de filtragem.**



Redes de ar comprimido Airnet



Gastos reduzidos de energia

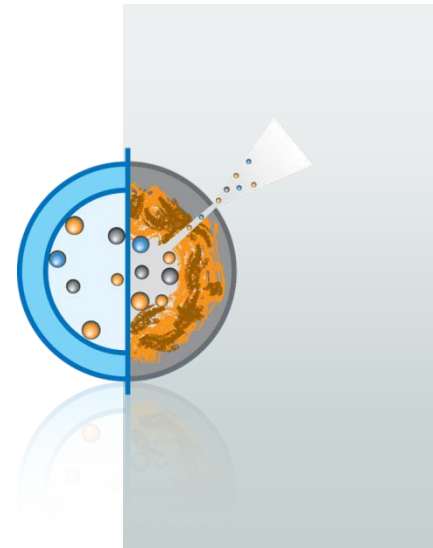
- O AIRnet reduz os custos de operação devido à sua superfície interior lisa de alumínio.
- Os tubos e as uniões sem corrosão minimizam os riscos de fugas e as quedas de pressão.
- Uma redução da queda de pressão de 1 bar resulta em poupanças de energia de 7% da potência total instalada do compressor.



Eliminação de fugas de ar comprimido

- Orifício de 1mm => fuga de 1l/s a 7 bar(e) => 0,35kW de potência consumida pelo compressor
- Percorrer regularmente as tubagens de ar comprimido detectando e eliminando possíveis fugas

Hole diameter: mm	1	3	5	10
Leakage, (l/s) at 6 bar	1	10	27	105
Power loss, kW at the compressor	0,3	3,1	8,3	33



Recuperação de energia

- Cerca de 80% da potência necessária ao veio do compressor é dissipada no seu sistema de arrefecimento de óleo e recuperável na forma de água quente para uso industrial.
- Cerca de 4% perde-se no ar comprimido
- Em compressores arrefecidos a ar, os restantes 14% poderão ser utilizados para aquecimento de espaços.

Exemplo:

Compressor arrefecido a ar de 90 kW => 72kW recuperáveis no arrefecedor de óleo e cerca de 16kW no sistema de ventilação

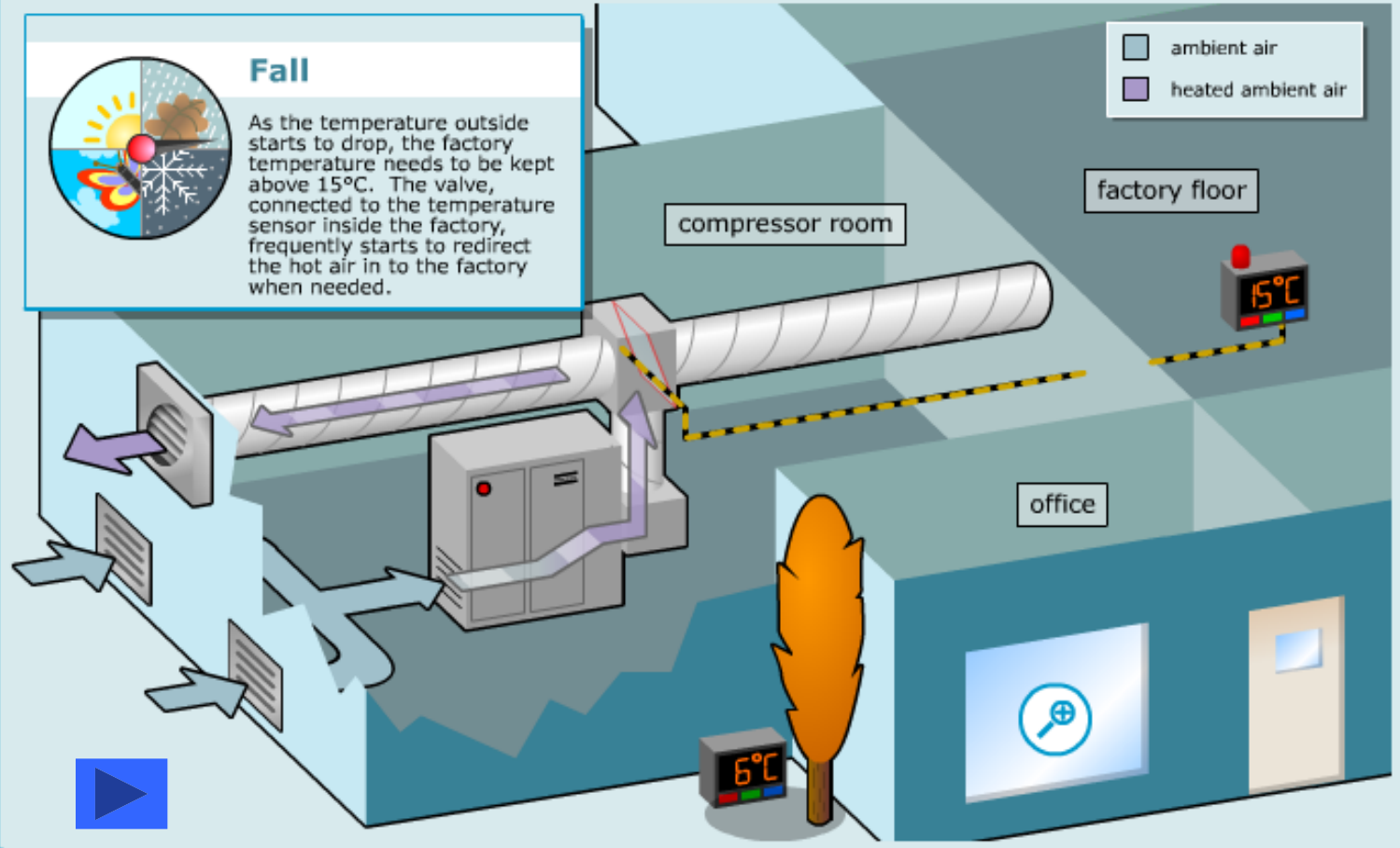




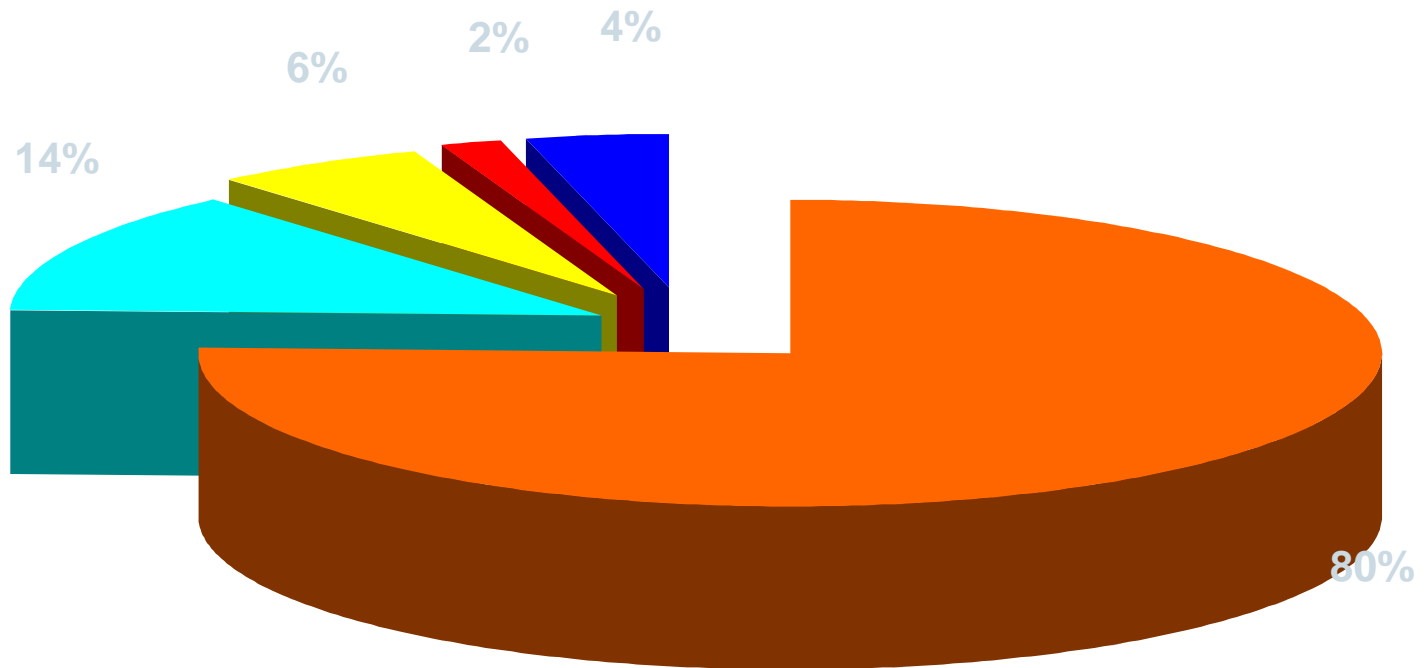
Fall

As the temperature outside starts to drop, the factory temperature needs to be kept above 15°C. The valve, connected to the temperature sensor inside the factory, frequently starts to redirect the hot air in to the factory when needed.

- ambient air
- heated ambient air



Balanço térmico de um compressor lubrificado - % potência requerida ao veio



⇒ **94% da energia recuperável**

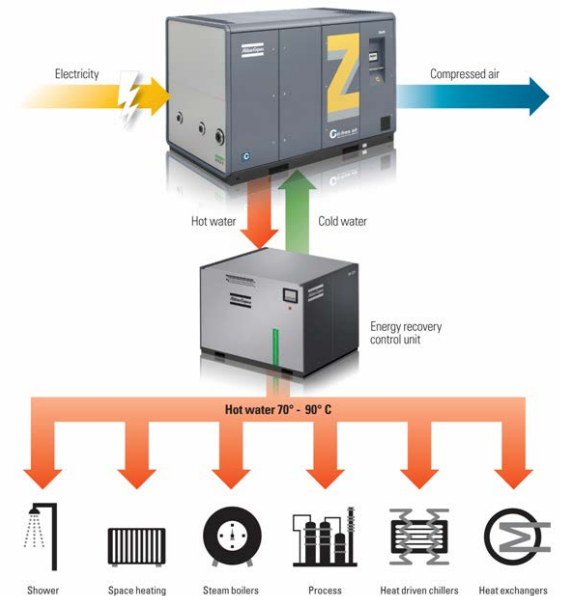
- | | | |
|---------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Arrefecedor de óleo | Arrefecedor de ar | Perdas no motor eléctrico |
| Perdas por radiação | Remanescente no ar comprimido | |

Recuperação de energia

➤ Em compressores com injeção de óleo, a recuperação de energia é conseguida através de um permutador óleo/água (1 unidade por compressor), podendo ser adquirido uma unidade exterior ou integrado no compressor.



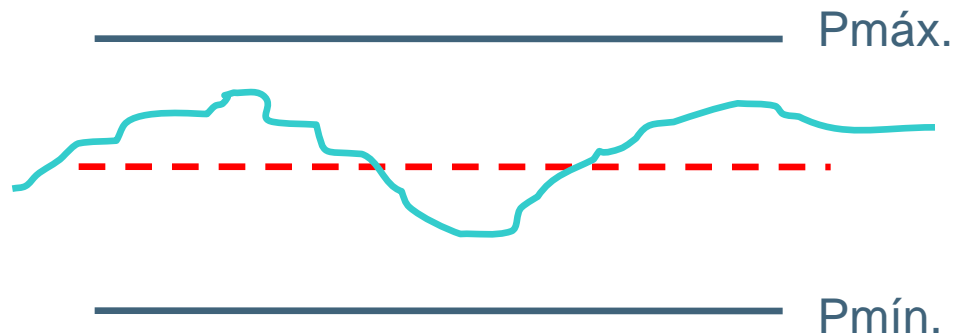
➤ Em compressores isentos de óleo, a recuperação de energia é conseguida através de um permutador água/água (é possível ligar vários compressores a uma unidade), podendo ser adquirido uma unidade exterior ou integrado no compressor.



Gestão de Centrais / Auditorias Energéticas

Sistemas de controlo de Centrais de Ar Comprimido:

- **Optimização do recursos disponíveis para a produção e tratamento de ar comprimido tendo em vista a redução dos custos energéticos.**
- **Manter a pressão na rede de ar comprimido estável**



Sistemas de Gestão de Centrais

Gestor Básico :
**Compressores
carga/vazio**



Gestor Standard :
**Compressores
carga/vazio + VSD**

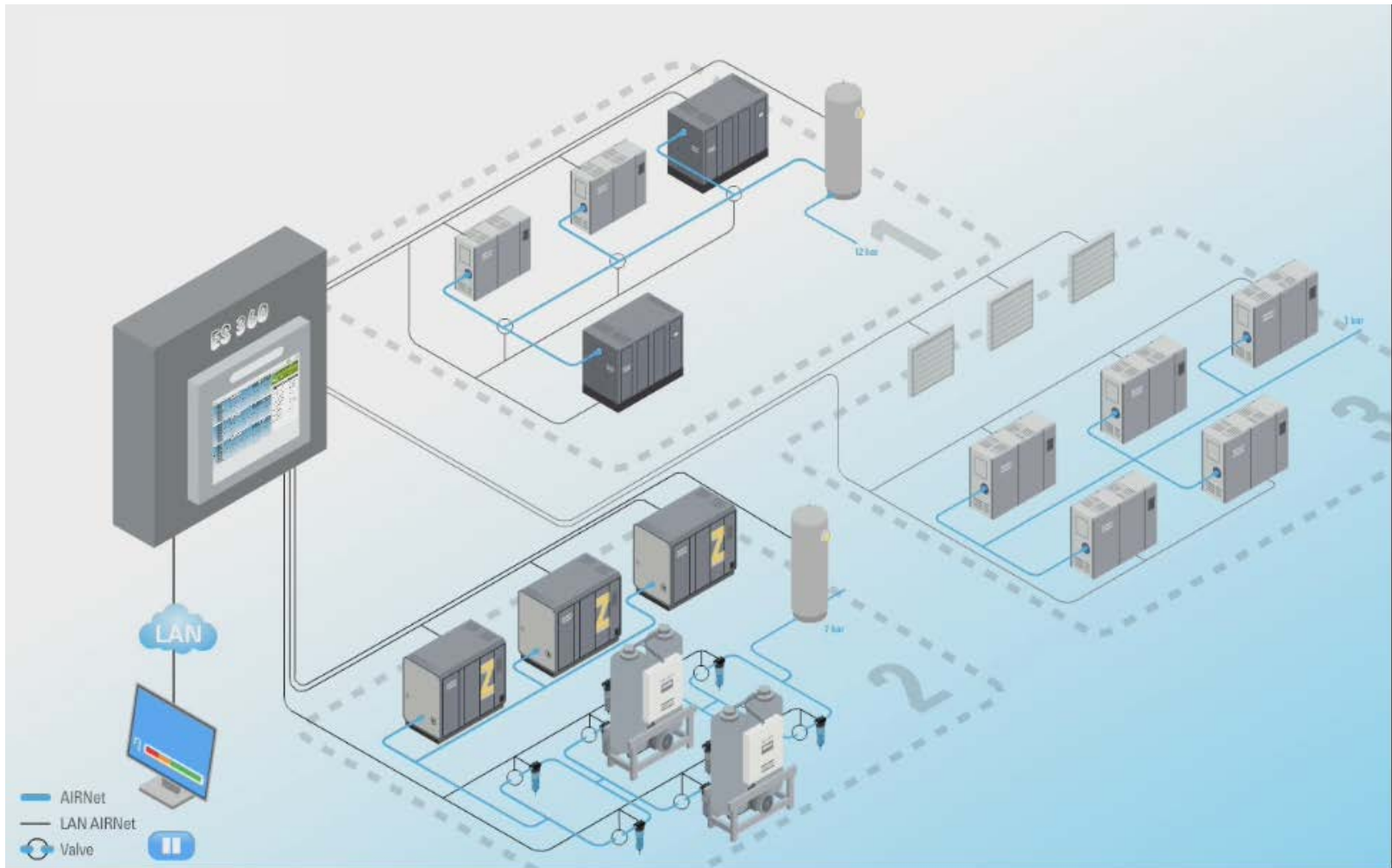


▪ Gestor Avançado :
**Compressores
carga/vazio + VSD +
Turbo**



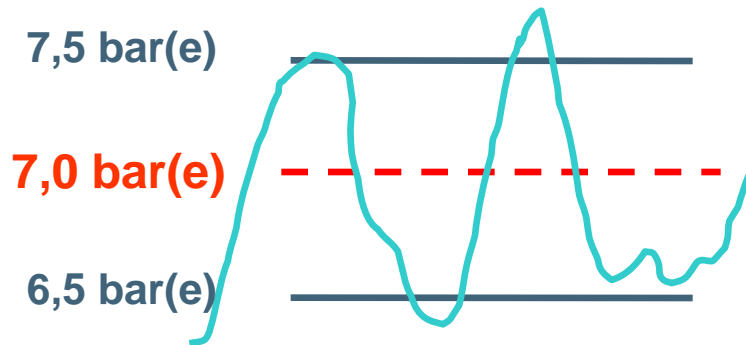
Instalação Típica



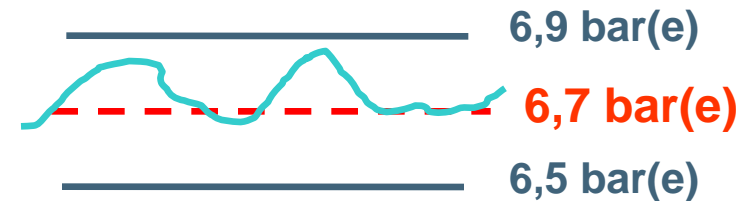
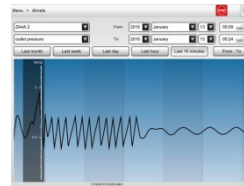


Sistema de Optimização de Centrais Economizador de Energia

Sem Sistema de Gestão



Com Sistema de Gestão



1 - Redu o da pressão média » Menor consumo energético dos compressores

2 - Redu o da pressão média » Redu o das fugas

Economizador de energia



Banda de pressão reduzida:

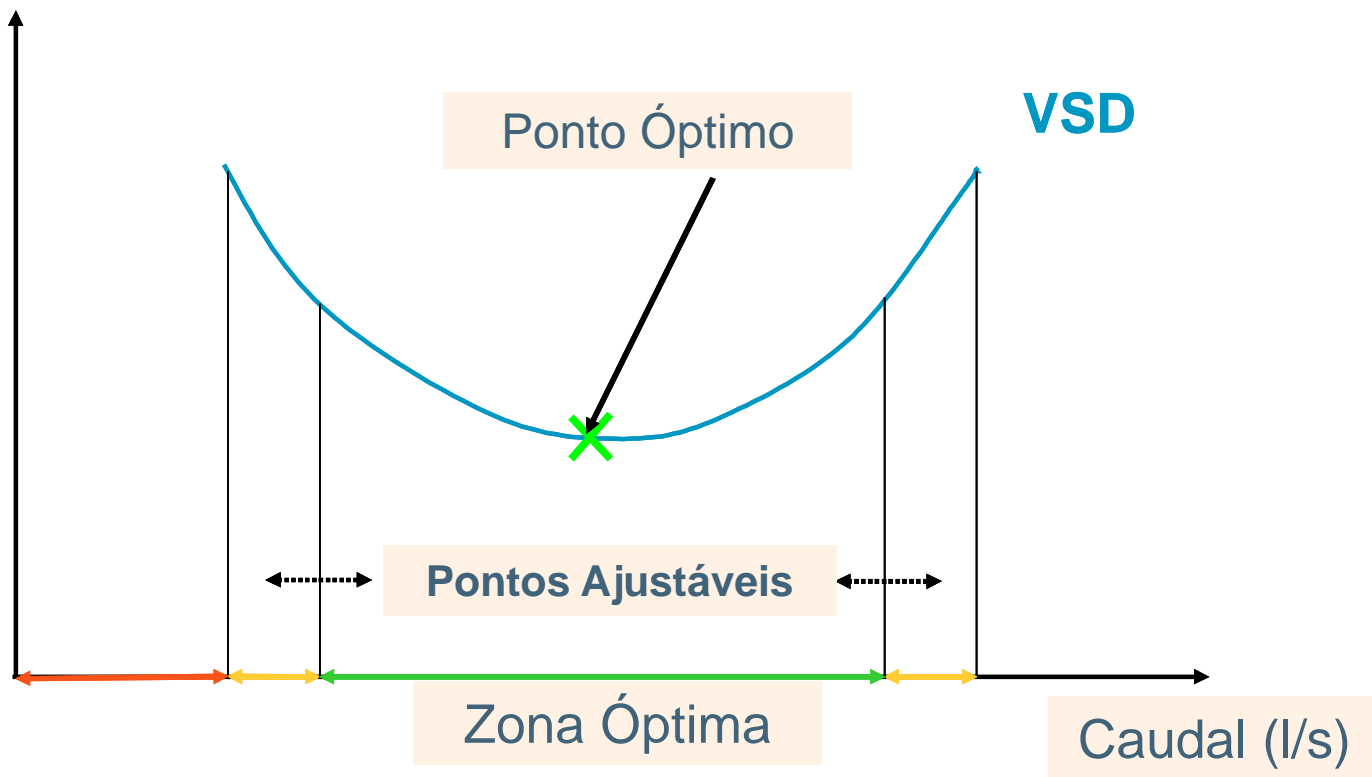


Pressão média inferior

- **Menos energia consumida pelos compressores**
- **Menos fugas de ar comprimido**

Controlo de Compressores VSD

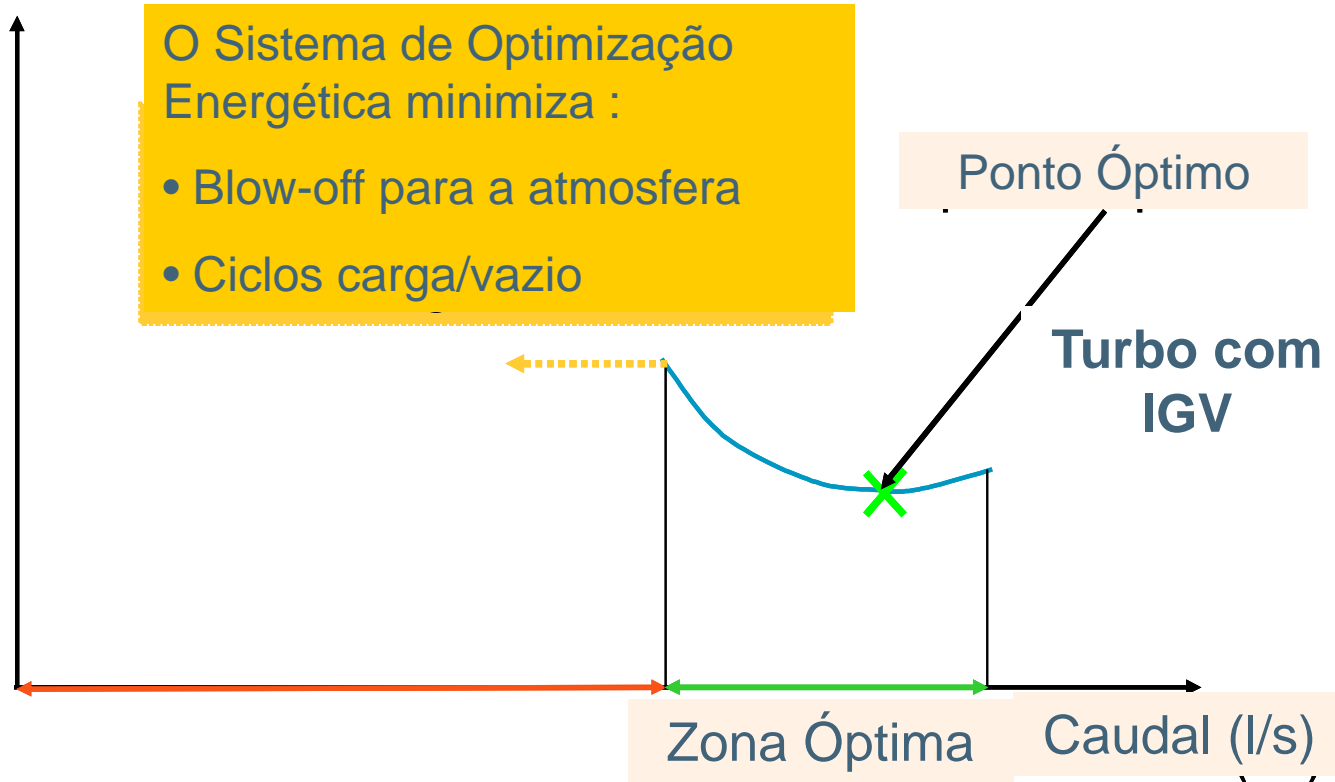
Energia Específica Requerida (J/l) = S.E.R.



**Compressores VSD em operação na sua zona de maior eficiência:
Menos energia consumida pelos compressores**

Controlo de Compressores Turbo

Energia Especifica Requerida (J/l)



Compressores turbo em funcionamento fora da sua zona de blow-off:
Menor desperdício de ar comprimido para a atmosfera
Redução dos custos energéticos

Resumo

Pressão estável na rede através de:

- **Banda de pressão reduzida**

Poupança de energia através de:

- **Banda de pressão reduzida => Pressão média inferior**
 - Redução da energia específica dos compressores (SER)
 - Menos fugas de ar comprimido
- **Compressores em operação na sua zona óptima**



Gestores de Centrais
Poupanças Energéticas
mas
Como Quantificar ?



Auditoria prévia à Instalação



AirScan™

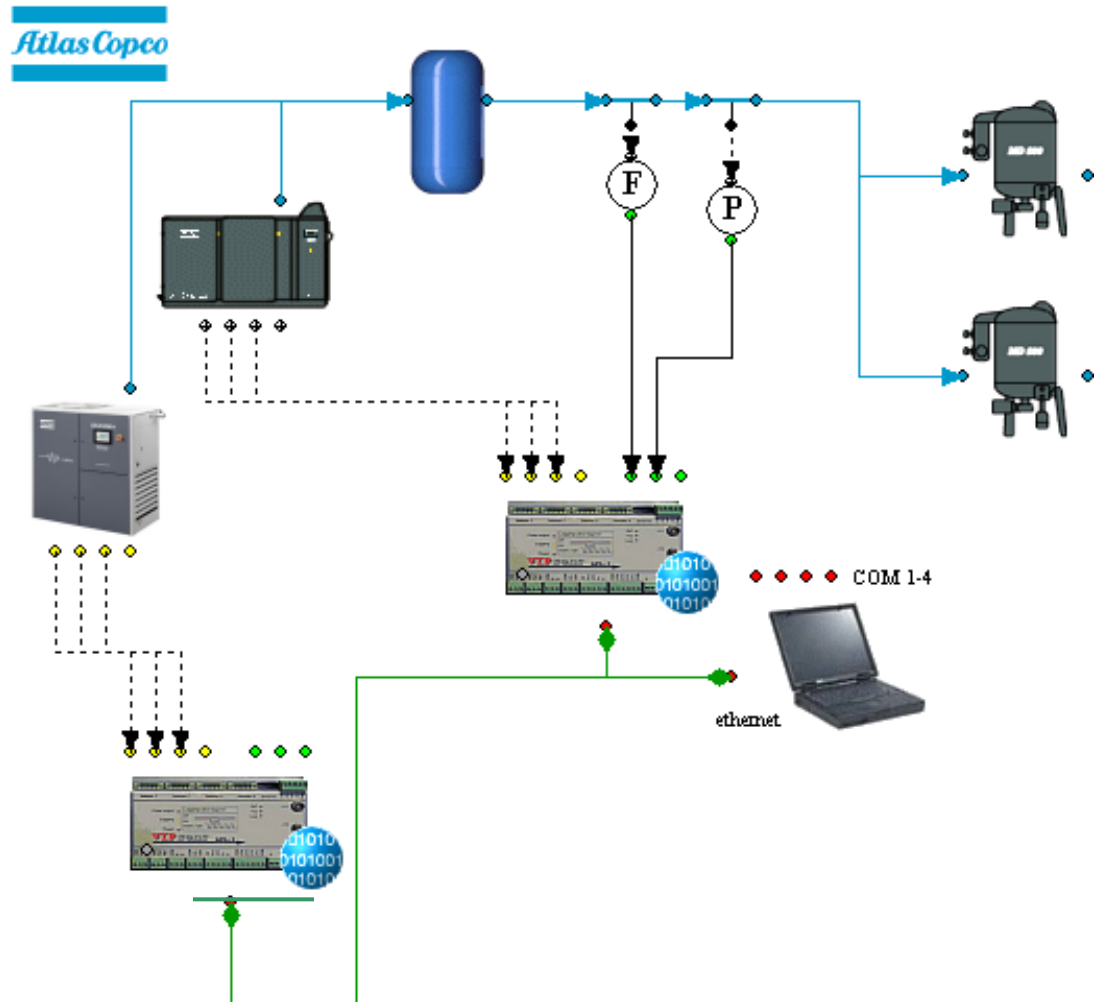


FERRAMENTAS ESPECIAIS

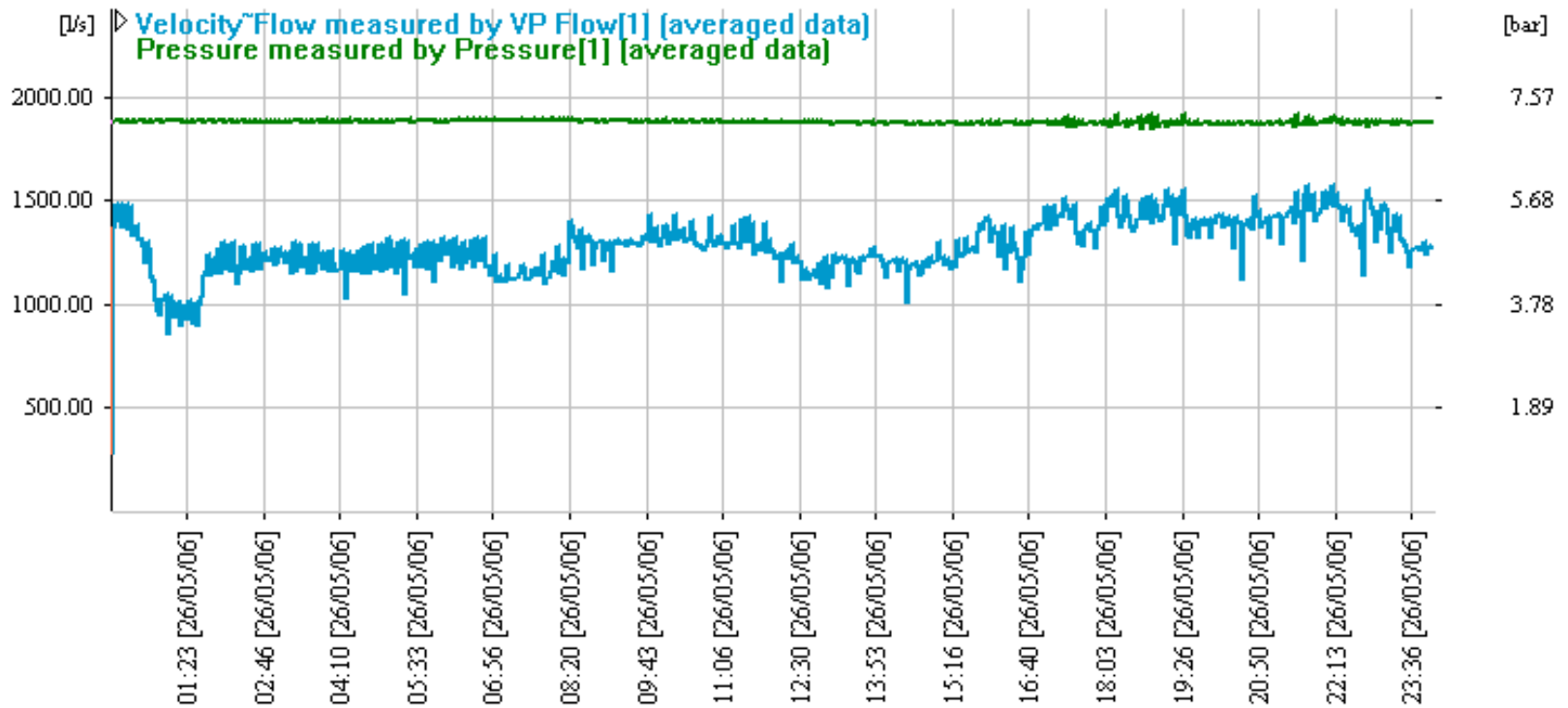
**OS SERVIÇOS DE AUDITORIA AirScan™,
PODEM SER REALIZADOS EM SEPARADO
EX. DETECÇÃO DE FUGAS PARA POSTERIOR CORRECÇÃO**



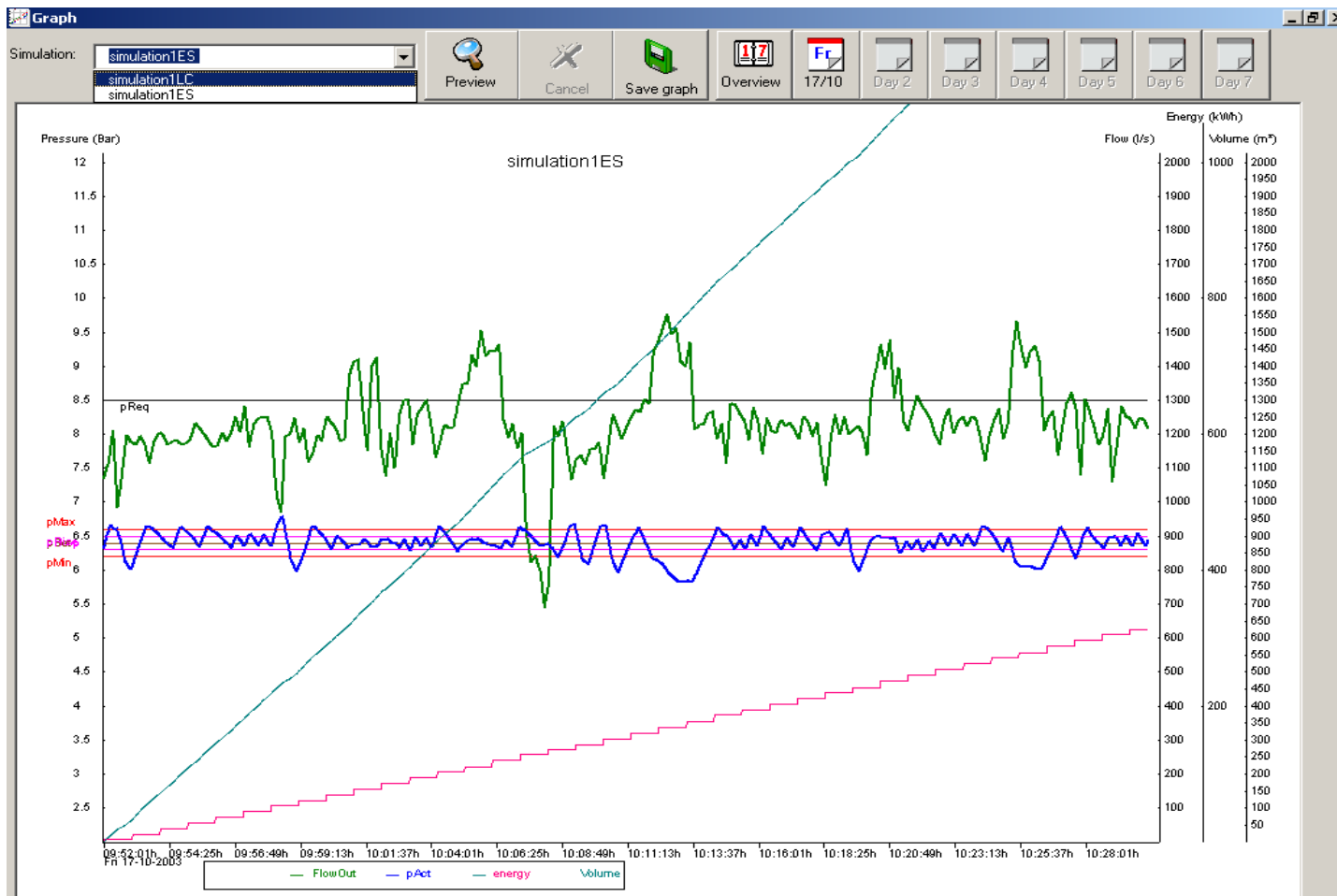
Colocação do Equipamento de medição durante um determinado período de tempo



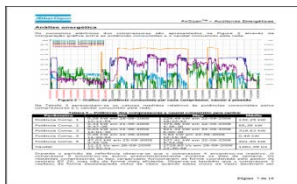
RECOLHA DE DADOS (perfil de consumo)



SIMULAÇÃO DE DIVERSOS CENÁRIOS



ELABORAÇÃO DE RELATÓRIO DETALHADO



AirScan Copco AirScan™ - Auditorias Energéticas

5.0 - Conclusão

Sumário da Auditoria

Com base nas medições de caudal realizadas, estima-se que as necessidades de volume de ar comprimido de C.A.C.I.A. sejam de **37.768.932,40 m³** por ano.

Para satisfazer esse volume de ar comprimido, estima-se que atualmente a C.A.C.I.A. consuma **5.210.465,20 kWh** por ano. Considerando que o kWh custe 0,05 €, a produção anual de ar comprimido custará aproximadamente **300.627,91 €**.

A emissão anual de CO₂ estimada é de **2.219.636,08 kg/m³**.

Um dos parâmetros essenciais na análise de eficiência energética de uma central de ar comprimido é designado por SER (Specific Energy Requirement). SER, quantifica a energia consumida para produzir um litro de ar comprimido.

A central de ar comprimido de C.A.C.I.A. apresenta um SER de **476,84 J/l**.

No que diz respeito à capacidade de reserva do parque de máquinas, considera-se que esta é adequada, dado que a central utiliza no máximo 64% e em média 20% da sua capacidade.

Pelo que pode-se considerar que para a avaria de um qualquer compressor, existe sempre um outro em reserva de capacidade igual ou superior.

Análise das Quedas de Pressão

As quedas de pressão representam comportamentos não desejáveis nos rede de ar comprimido. De forma geral as quedas de pressão ocorrem por dois motivos: 1) Insuficiência de fornecimento de ar comprimido; 2) Incapacidade de gestão dos compressores de forma adequada.

Existem depois outras ocorrências que podem motivar quedas de pressão como sendo avarias, falhas de tensão, estrangulamentos na rede, etc.

No período de referência foi registada apenas uma queda de pressão relevante. Esta ocorreu no dia 21 de Setembro às 16:21 h, tendo sido causada por uma falha de tensão.

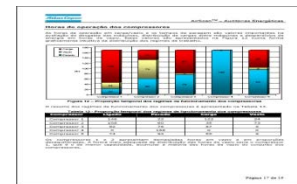
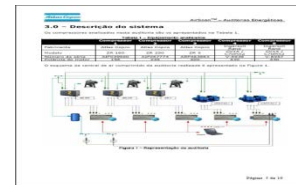
As restantes quedas de pressão registadas estão associadas a alterações bruscas no consumo de ar comprimido.

Eficiência Energética

A eficiência energética da central é fortemente prejudicada pelo facto dos compressores CENTAC possuírem um "runDown" de caudal de apenas 10%. Sempre que é necessário reduzir o caudal abaixo de 10 % o compressor abre a válvula de escape e entra na pior situação no que diz respeito a eficiência energética. Com a válvula de escape aberta o compressor comprime ar e depois liberta-o para a atmosfera, consumindo exactamente a mesma energia que na situação de válvula de escape fechada.

A eficiência energética da central é também prejudicada pelo facto dos compressores CENTAC não estarem integrados num gestor de centrais.

Página 18 de 19



Quantificação de
poupanças,
apresentação de
resultados, proposta
de alterações

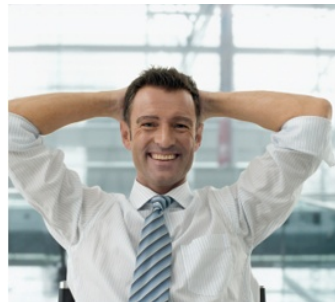


AirOptimizer™ – Vantagens

- **Redução de Consumo Energético.**
- **Redução da manutenção do equipamento.**
- **Mais baixos custos operacionais (energia + manutenção);
menos horas de funcionamento das unidades.
Monitorização pode ser incluída**
- **Acordo de Manutenção incluído.**
- **As poupanças podem cobrir os custos de manutenção.**
- **Menos paragens de produção.**
- **Melhoria da qualidade de produção.**

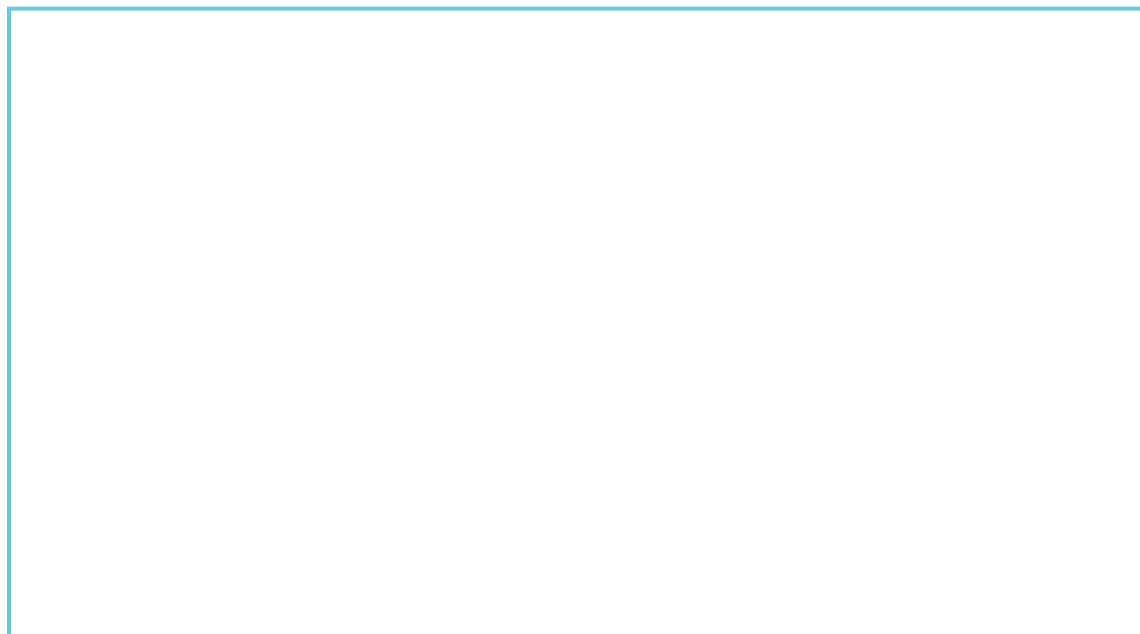
AirOptimizer™ – Vantagens

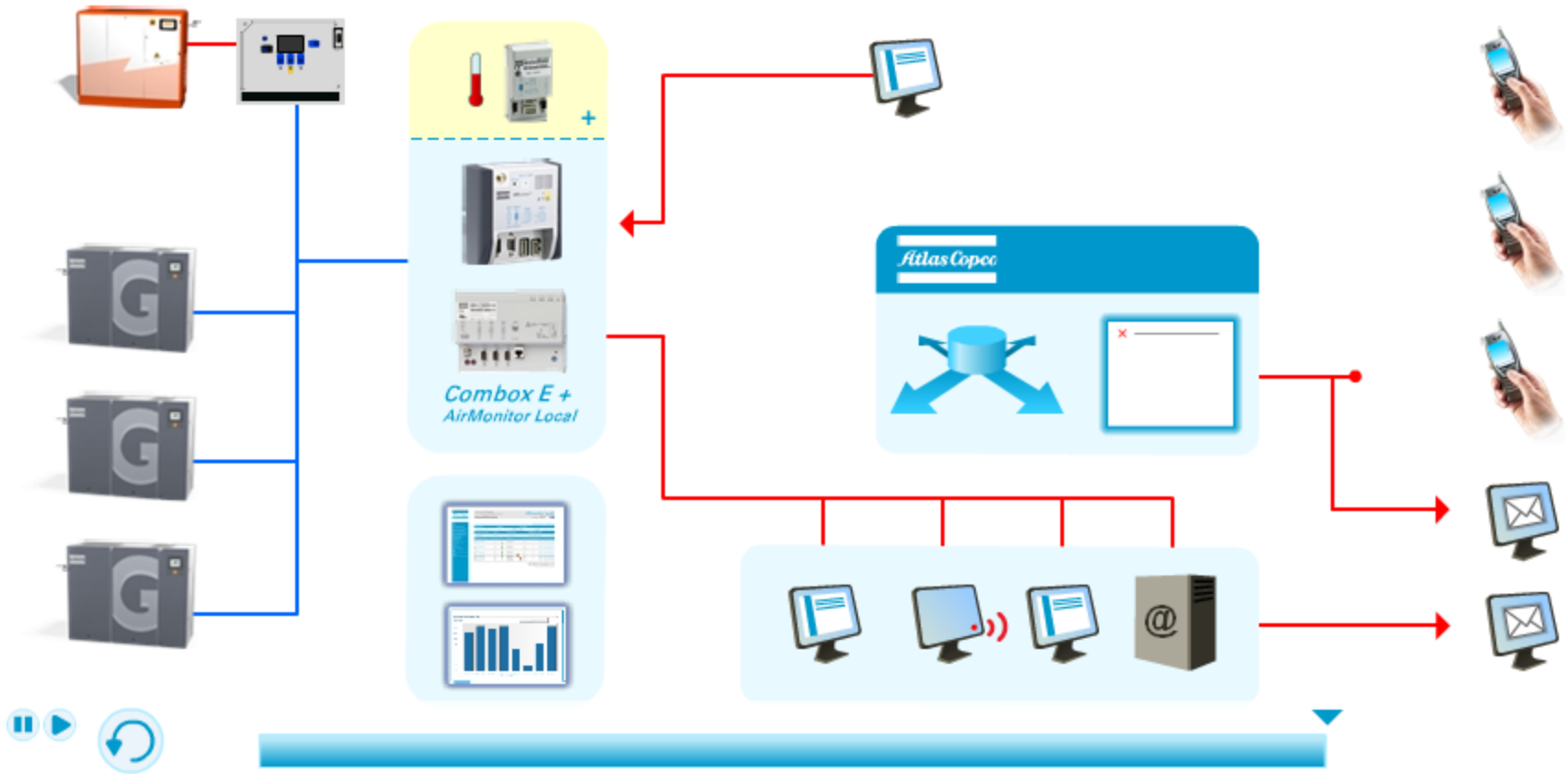
- Desenvolvimento de parceria para implementação de melhorias contínuas.
- Financiamento de projectos via programas de incentivos.
- Sem investimento de hardware.
- Regulação do sistema da responsabilidade do fabricante.



Monitorização de Centrais

Sistemas de Monitorização de Centrais





Serial Number : API123123

ZT22VSD_08

Languages English

- Analog Inputs
- Counters
- Digital Inputs
- Digital Outputs
- Convertors
- Special Protections
- Service Plan

Analog Inputs Value

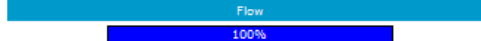
Compressor Outlet	7.9 bar
Dp Air Filter	-0.014 bar
Oil Pressure	2.0 bar
Intercooler	2.00 bar
Compressor Outlet	64 °C
Element 1 Outlet	226.7 °C ⚠
Element 2 Inlet	53.7 °C
Element 2 Outlet	203.9 °C
Oil Injection	48.2 °C
Dryer PDP	5 °C
Ambient Air	24 °C

Counters Value

Running Hours	1255 hrs
Loaded Hours	527 hrs
Motor Starts	1241
Load Relay	2152
VSD 1-20% RPM	31 %
VSD 20-40% RPM	4 %
VSD 40-60% RPM	56 %
VSD 60-80% RPM	2 %
VSD 80-100% RPM	7 %
Dryer Starts	452
Fan Starts	882
Accumulated Volume	987000 m3
Module Hours	1000 hrs

Convertors Value

MOTOR 1 : SIEMENS µ-MASTER	4319 rpm
----------------------------	----------



Info

Machine Status	Load
----------------	------

Digital Inputs Value

Emergency Stop	Closed
Overload Fan Motor	Closed
Condensate Drain IC	Closed
Condensate Drain AC	Closed
Condensate Drain Dryer	Closed
Pressure Setting Selection	Setpoint 1

Digital Outputs Value

Fan Motor	Closed
HP-LP Feedback Valve	Open
Blowoff	Closed
General Shutdown	Closed
Dryer Motor	Open
Automatic Operation	Closed
General Warning	Open
Run Enable Main Motor	Closed
Running	Closed
Drain	Open
2nd Blowoff	Closed
Anti Condensation Motor	Open

Special Protections

Main Motor Converter Alarm	OK
No Valid Pressure Control	OK
Module Failure	OK
Dryer Freeze Protection	OK
Dryer Dewpoint Protection	OK

Service Plan Level

Running Hours	A	<div style="width: 2745px; height: 10px; background-color: green;"></div> 2745
Running Hours	B	<div style="width: 6745px; height: 10px; background-color: green;"></div> 6745
Running Hours	C	<div style="width: 14745px; height: 10px; background-color: green;"></div> 14745
Running Hours	D	<div style="width: 38745px; height: 10px; background-color: green;"></div> 38745
Running Hours	I	<div style="width: 745px; height: 10px; background-color: blue;"></div> 745

ComboxE (4 machines)

Airnet

Overview

MeasurementPoints

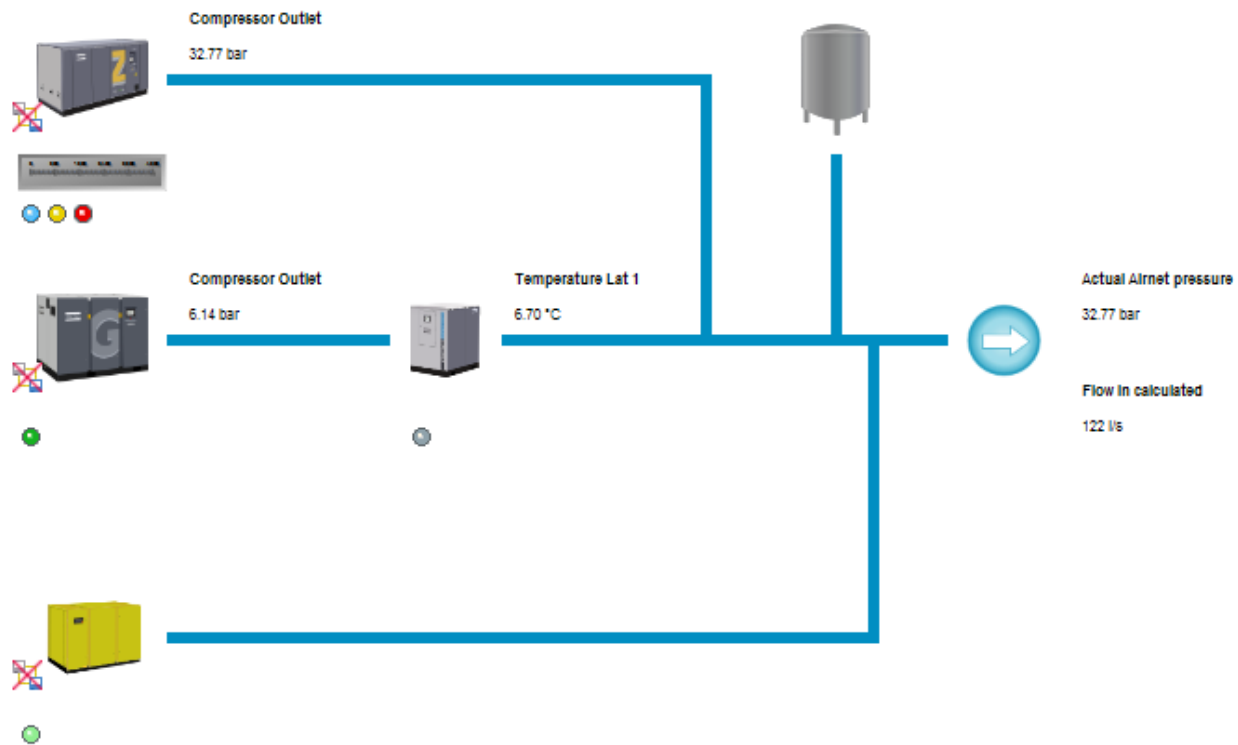
Trend

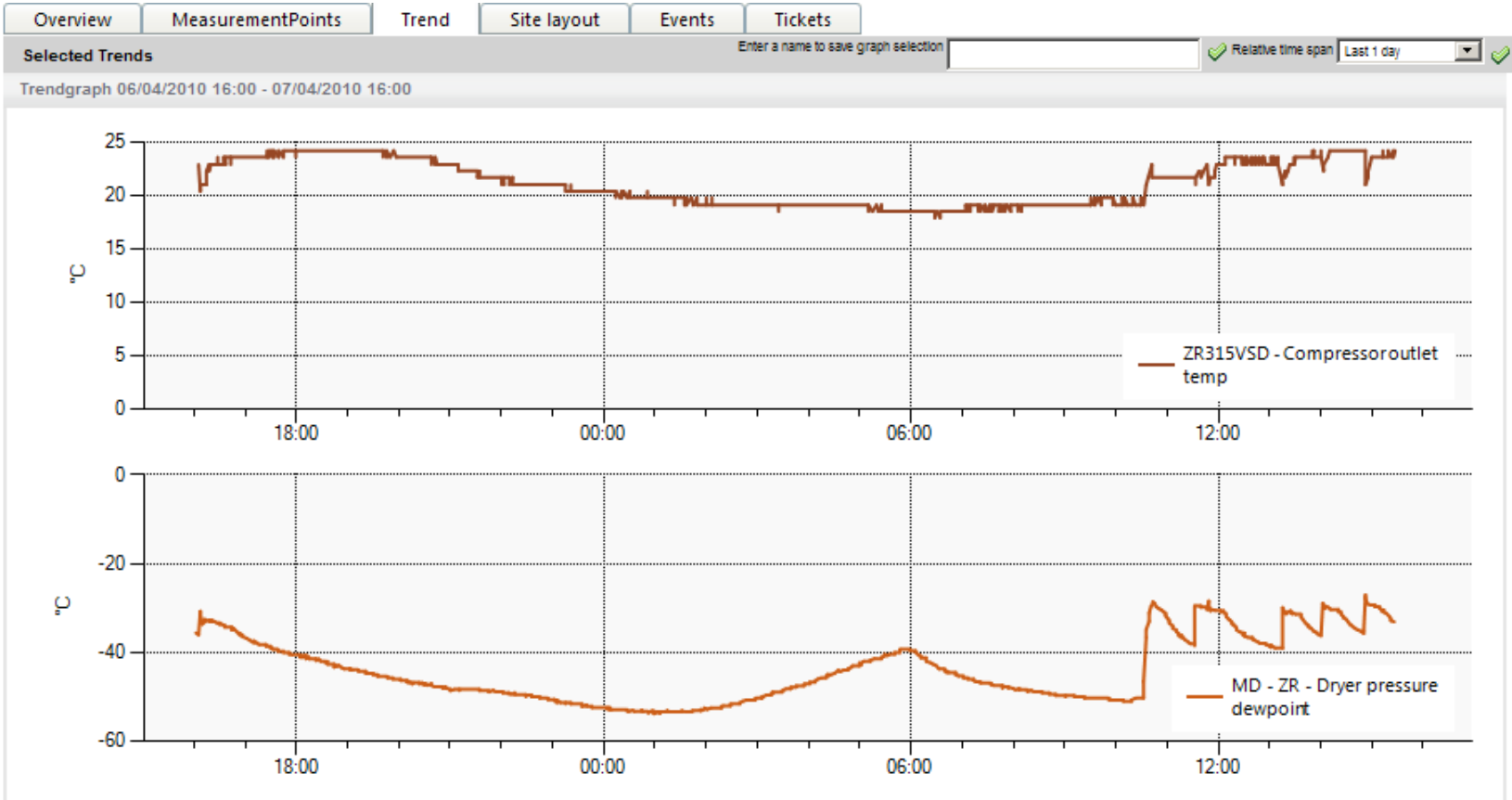
Site layout

Events

Tickets

ComboxE (4 machines) Site layout





ES360

Airnet

Capacity

Status Chart

Table

Performance Report

Performance report

Report Interval 7 Days

End date 07/04/2010

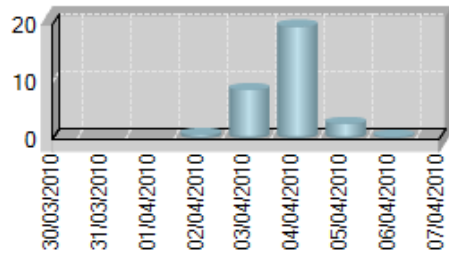


Airnet Performance

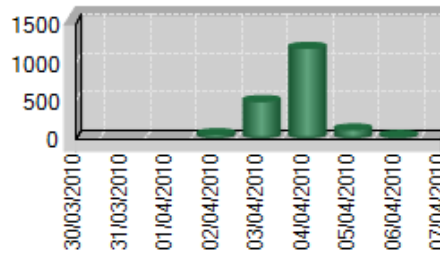
Performance parameters for the selected interval

Accumulated Volume 31 m³ (x1000) Total energy 1,815.90 kWh Specific energy 209.72 j/l Energy cost 3631.79 € Specific Energy cost 116.51 €/m³ (x1000)

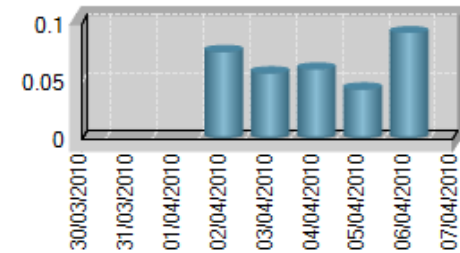
Airnet Volume



Energy Consumed

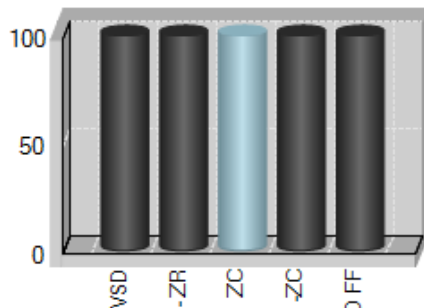


SER

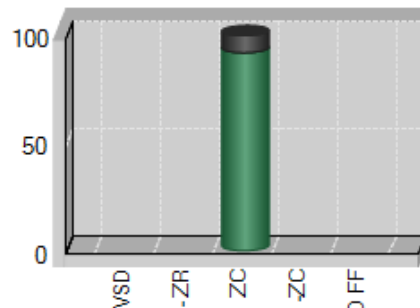


Compressor Performance

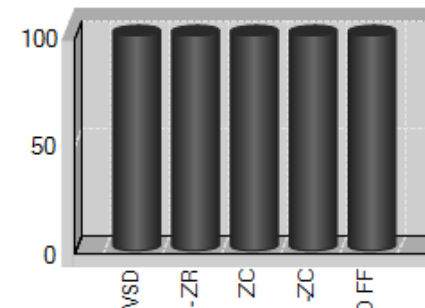
Running hrs / Calendar hrs



Loaded hrs / Running hrs



Not available / Calendar hrs



Casos Práticos

Estudo comparativo de selecção de um compressor:

ESTUDO COMPARATIVO

Utilizador

Santos & Ca. Lda.

DATA : 05-04-2011

1- CONDIÇÕES PREVISTAS:

COMPRESSOR ISENTO DE ÓLEO

CAUDAL NECESSÁRIO MÉDIO

PRESSÃO DE OPERAÇÃO

TEMPERATURA MÉDIA DE ADMISSÃO

Nº DE HORAS DE TRABALHO POR DIA

Nº DE DIAS / ANO

PREÇO DE KWH

DADOS

35	M3/MIN
7	BAR (e)
20	°C
24	
330	
0,09	€

7920

2 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS COMPRESSORES:

COMPRESSOR TIPO

CAPACIDADE

PRESSÃO

POTÊNCIA EM CARGA

POTÊNCIA EM VAZIO

PERCENTAGEM DE TEMPO DE CARGA

PERCENTAGEM DE TEMPO DE VAZIO

POTÊNCIA DE REGIME

M3/MIN

BAR(e)

KW

KW

%

%

KW

DADOS DADOS

	A	B
CAPACIDADE	38,6	37,9
PRESSÃO	7	7
POTÊNCIA EM CARGA	221,2	242
POTÊNCIA EM VAZIO	37	40
PERCENTAGEM DE TEMPO DE CARGA	90,7%	92,3%
PERCENTAGEM DE TEMPO DE VAZIO	9,3%	7,7%
POTÊNCIA DE REGIME	204,0	226,5

3 - CONSUMO DE ENERGIA POR ANO

	A	B
€/ANO	145426	161480

4 - POTÊNCIA E CUSTOS DE ENERGIA PARA VÁRIAS CAPACIDADES:

	CAUDAL	POTÊNCIA DE REGIME		CUSTO ENERGIA / ANO	
		KW	KW	ESC	ESC
	M3/MIN	A	B	A	B
DADOS :	35	204,0	226,5	145426	161480
	30	180,2	199,9	128418	142485
	25	156,3	173,2	111411	123489
	20	132,4	146,6	94404	104494
	15	108,6	119,9	77396	85498

- NO ESTUDO ACIMA NÃO ENTRAMOS EM CONSIDERAÇÃO COM OS SEGUINTE FACTORES QUE AGRAVAM OS CUSTOS DE OPERAÇÃO NO CASO DO B :
 - . MAIOR POTÊNCIA INSTALADA
 - . MAIOR PICO NO ARRANQUE
 - . RENDIMENTO DOS MOTORES
 - . PROTECÇÃO DO MOTOR ELECTRICO (A =IP54 / B= IP23)
 - . NECESSIDADE DE FILTROS DE ADMISSÃO ESPECIAIS NO B

- . CORRECÇÕES DA CAPACIDADE E POTÊNCIA PARA ISO 1217
(20°C T.AR 20°C T.AGUA 1 BAR PRES. ADMIS)

5 - Custos de investimento

	A	B
Investimento	100000	95000 €
Taxa de Juro	0,15	0,15
Amort .nº anos	5	5
Componente anual do investimento	29832	28340 €/ano

6 - Custos de manutenção

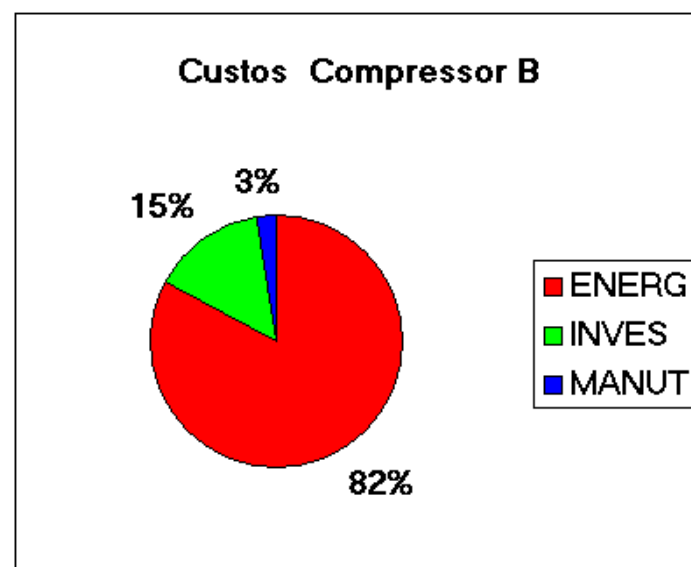
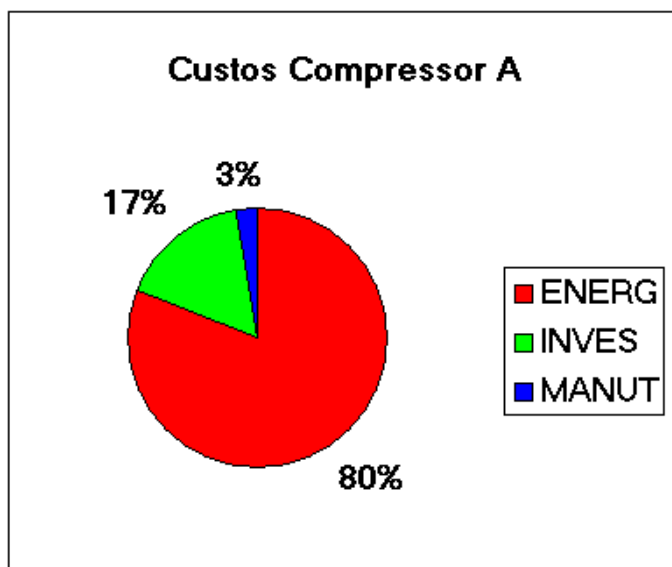
	A	B
Oleo	2000	3000 €/ano
Consumiveis	1000	2000 €/ano
MDO	1000	1000 €/ano

ou

	A	B
Contrato de manutenção	4500	5050 €/ano
(Responsabilidade total)		

7 - Custos Totais de exploração

		A	B
Custos de energia	ENERG	145426	161480
Custos de investimento	INVES	29832	28340
Custos de manutenção	MANUT	4500	5050
Custos Totais		179758	194870



Estudo comparativo entre uma central com/sem recuperação de energia:

DADOS INICIAIS:	
Preço de electricidade:	0,1 €/kWh
Juros para cálculo:	12 %
Período depreciação:	10 anos
Regime anual:	6.000 h/ano

		Comp. 1	Comp. 2	Comp.3	Secadores	TOTAL
Consumo anual:						
Electricidade	MWh/ano	1.200	550	400	133	2.294
Água (sist. circulação)	m3/ano	---	---	---	---	---

Custos de operação						
Electricidade	€/ano	120.000	55.500	40.000	13.300	229.400
Água	€/ano	1.000	500	300	0	1.650

Custos anuais sem recuperação de energia						
	€/ano	152.500	75.000	51.000	22.500	301.000
Custos operacionais	€/ano	121.000	56.000	40.300	13.300	230.600
Despesas de capital	€/ano	25.000	15.000	8.000	7.000	55.000
Manutenção	€/ano	6.500	4.000	2.700	2.200	15.400

Produção de ar comprimido	Mm3/ano	12.660	5.770	3.640	---	22.070
----------------------------------	----------------	---------------	--------------	--------------	------------	---------------

		Comp. 1	Comp. 2	Comp.3	Secadores	TOTAL
Recuperação de energia						
Custo da energia (alternativo)	€/kWh	0,08	0,08	0,08	---	---
Período de recuperação	meses/ano	10	10	8	---	---
Grau de recuperação	%	93	93	93	---	---
Qtd de energia recuperada	MWh/ano	874	402	234	---	1.510

		Comp. 1	Comp. 2	Comp.3	Secadores	TOTAL
Custo anual com recup. de energia	€/ano	82.500	43.000	32.000	22.500	180.000
Poupanças com energia recup.	€/ano	70.000	32.000	19.000	---	121.000
Custo específico sem recup. de energia	€/m3	0,0120	0,0130	0,0140	0,0012	0,0136
Custo específico com recup. de energia	€/m3	0,0065	0,0075	0,0088	---	0,0082

Cálculo do custo de fugas:

- Orifício de 1mm => fuga de 1l/s a 7 bar(e) => 0,35kW de potência consumida pelo compressor
- 20 orifícios de 1mm ao longo da rede => $0,35 \times 20 = 7\text{kW}$
- Custo de energia de 0,08 €/kWh => $7 \times 0,08 = 0,56 \text{ €}$
- Unidade fabril que trabalha 24 h/dia e 7 dias por semana durante 50 semanas por ano => $0,56 \times 24 \times 7 \times 50 = 4.704 \text{ €/ano}$
- Conselho prático:
Para estimar as fugas de uma rede de ar comprimido, isolar o reservatório dos compressores e garantir que não há consumo de ar comprimido na rede e verificar o tempo que o reservatório demora a baixar 1 bar de pressão.

Má utilização do ar comprimido:

- **Cliente queixa-se de repetidos abaixamentos de pressão na rede.**
- **Após medição do caudal e pressão, é confirmado que os abaixamentos de pressão são cíclicas e repetem-se durante a mudança de turnos.**
- **Embora o cliente garanta que não há alteração do consumo de ar comprimido na fábrica, os trabalhadores são observados a utilizar manguueiras de ar comprimido para limpeza de modo a retirar a poeira resultante dos trabalhos.**
- **Foi proposto ao cliente proibir os colaboradores de utilizar o ar comprimido como meio de limpeza. Devido à impossibilidade desta acção (facilidade de utilização das manguueiras, simplicidade do processo), foi proposto a aplicação de um redutor de pressão à entrada das manguueiras, de 7 bar (pressão da rede), para 3 bar, de forma a reduzir o consumo de ar comprimido. Esta medida permitiu eliminar o problema inicial.**
- **Perigo:**
Partículas soltas serem projectadas a alta velocidade com risco elevado de lesões graves!

Regulação correcta:

- Uma central com três compressores carga/vazio de 630 kW.
- O caudal consumido durante a operação normal é equivalente ao caudal de um compressor.
- Durante alguns períodos do dia existem picos que necessitam de dois compressores a debitar para a rede.
- Devido à má regulação das pressões de carga e vazio dos compressores foi verificado que o segundo compressor tinha uma percentagem de funcionamento em carga muito inferior às horas totais de funcionamento da unidade (carga + vazio).
- Ao aumentar a banda de pressão do 2º compressor (redução da pressão de carga), permitiu-se que esta unidade desligasse com mais frequência, reduzindo o consumo energética da central e os gastos de manutenção (menos horas de trabalho).

Manutenção adequada:

- **Unidade fabril com um compressor.**
- **Devido à impossibilidade da unidade poder parar durante as horas de laboração, não foi efectuada a manutenção preventiva adequada ao compressor.**
- **O equipamento teve uma avaria grave que implicou a sua paragem durante 1 semana.**
- **Quanto representou esta paragem forçada à unidade fabril?**
- **Soluções:**
 - **1. 100% de redundância. Unidade de reserva com capacidade para compensar a paragem da unidade principal.**
 - **2. Manutenção preventiva aquando de paragens fabris ou fora da hora de laboração.**

Rede bem dimensionada:

- **Unidade fabril com 30 anos.**
- **Consumo de ar comprimido duplicou desde o início de funcionamento.**
- **Central de compressores duplicou em potência para 100 kW de potência instalada.**
- **Rede de ar comprimido com diversas alterações dentro da fábrica.**
- **Colector principal dentro da central é a mesma desde o arranque. Com a introdução das novas unidades aumentou-se o número de curvas e contracurvas de ligação ao colector. Perda de carga dentro da sala de compressores de 1 bar.**
- **Com a substituição de uma das unidades mais antigas, avançou-se para novas tubagens dentro da central permitindo reduzir a pressão de trabalho em 1 bar. 1 bar traduz-se em 7% de energia que representa nesta central, 7kW.**

Reservatórios de Ar Comprimido:

➤ **P (bar) x V (litros) > 3000 => Decreto Lei 97/2000**

1. Certificação do reservatório com ensaio hidrostático de 5 em 5 anos.

2. Calibração do manómetro anual, com o selo do certificado visível.

3. Válvula de segurança, com ensaio periódico e respectiva calibração.

➤ **Purgar o reservatório regularmente, caso contrário o volume útil do mesmo será inferior sendo a restante ocupada com água, com a consequente degradação interna do mesmo.**

Instalação de Variadores de Velocidade em Compressores Carga/Vazio:

- A Atlas Copco é pioneira desde 1994 na utilização deste tipo de tecnologia de velocidade variável (VSD).
- Ao longo de 20 anos de pesquisa e desenvolvimento contínuo, a Atlas Copco concebeu equipamentos preparados para a variação de velocidade, tendo especial atenção no correcto dimensionamento dos seus componentes, tais como o motor eléctrico, rolamentos, sistema de arrefecimento, variador de velocidade, entre outros.
- No caso dos compressores de velocidade fixa, os componentes atrás referidos não possuem as características necessárias, pelo que a alteração para variação de velocidade de compressores de velocidade fixa (controlo carga/vazio) pode acarretar os seguintes riscos:
 - a) Aquecimento do motor a baixa rotação, devido a arrefecimento insuficiente, facto que para ser evitado implicaria a diminuição de banda de variação, tornando a alteração ineficaz no que respeita a poupança de energia;
 - b) Necessidade de aplicação de rolamentos especiais;
 - c) Possibilidade de ocorrência de frequências de ressonância mecânica, será necessário efectuar um estudo de vibrações;

Instalação de Variadores de Velocidade em Compressores Carga/Vazio:

- d) Abaixamento da pressão de injeção de óleo no circuito de lubrificação;**
- e) Perturbações na rede eléctrica e interferências rádio eléctricas;**
- f) Conformidade. Salientamos que a aplicação de um variador e a alteração do sistema de controle do compressor configura uma modificação do equipamento pelo que o Certificado de Conformidade com as directivas 98/37/CE e 89/336/EC deixa de ser válido.**

Apostados na produtividade sustentável.