

# SELAGEM INOVADORA DE MOTORES ELÉTRICOS INDUSTRIAIS PARA ATMOSFERAS EXPLOSIVAS

mercado nacional e internacional  
implanta solução técnica  
desenvolvida e patenteada  
pela Petrobras

---

Paulo Roberto Leite Nóbrega  
Roberval Bulgarelli

## RESUMO

---

Este artigo apresenta o histórico de pesquisa, desenvolvimento e aplicação de novo dispositivo do tipo labirinto “U”, desenvolvido na Petrobras para a selagem de eixos e caixas de mancais de máquinas rotativas, tais como motores elétricos e bombas centrífugas. O objetivo deste novo dispositivo é o de aumentar o grau de proteção contra o ingresso de água e poeira em motores elétricos e bombas centrífugas industriais, bem como elevar os índices de confiabilidade e de vida útil destes importantes acionadores elétricos e máquinas para a indústria do petróleo. Após diversos ensaios em laboratórios independentes e em fabricante de motores elétricos, este novo dispositivo foi adotado para utilização também em motores elétricos industriais para instalação em atmosferas explosivas contendo gases inflamáveis e de poeiras combustíveis. Esta boa prática, patenteada pela Petrobras e licenciada para fabricação pelos grandes fabricantes mundiais de selos mecânicos e labirintos para máquinas rotativas, foi incorporada nas Normas Técnicas Petrobras N-0553 e N-0906 sobre bombas centrífugas e N-2919 sobre motores elétricos industriais.

**Palavras-chave:** Labirinto Tipo “U”. Selagem. Proteção contra Ingresso. Motores elétricos industriais. Atmosferas explosivas. Bombas centrífugas industriais.

## ABSTRACT

---

*This article presents the historical research, development and application of new labyrinth device type “U”, developed by Petrobras for the sealing of axes and rotating machinery bearing housings, such as electric motors and centrifugal pumps. The objective of this new device is to increase the degree of protection against ingress of water and dust in industrial electric motors and centrifuges pumps, increasing the reliability and life cycle of these important electric drives and machines for the oil industry. After several tests in independent laboratories and manufacturer of electric motors, this new device has been adopted for use in industrial electric motors for installation in explosive atmospheres containing flammable gases and combustible dusts. This good practice has been patented by Petrobras and licensed for use by major global sealing manufacturers, being incorporated in Petrobras Technical Standards N-0553 and N-0906, on industrial centrifugal pumps, and N-2919 on industrial electric motors.*

**Keywords:** *“U” type labyrinth. Sealing. Ingress protection. Industrial electric motors. Explosive atmospheres. Industrial centrifugal pumps.*

# 1 INTRODUÇÃO

Mancais são componentes projetados para assegurar a posição de trabalho de eixos rotativos. Os mancais de motores elétricos industriais e bombas centrífugas, normalmente formados por rolamentos de esferas, utilizam lubrificante para assegurar o afastamento entre as partes, o qual deve estar livre de contaminantes, tais como água e poeira.

A região por onde o eixo atravessa as tampas da caixa mancais fica vulnerável, tornando-se necessário algum tipo de vedação. O mais tradicional componente de vedação são os retentores de borracha, que recebem o nome de protetor de mancais.

A utilização destes protetores está ligada ao método de lubrificação utilizado em motores elétricos; o mais comum é a lubrificação por graxa. A correta aplicação desses protetores, associada ao método de lubrificação adequado, pode aumentar muito a vida útil dos motores, além de colaborar para a proteção do meio ambiente. Também têm sido verificados casos em que, mesmo com a utilização de modernos protetores, os usuários não têm conseguido os resultados esperados.

Pesquisas de campo realizadas em refinarias de petróleo da Petrobras identificaram problemas em alguns modelos tradicionais de labirintos, aplicados a motores elétricos e bombas centrífugas.

No caso das instalações terrestres e marítimas da Petrobras, os motores elétricos são normalmente instalados em áreas classificadas, contendo atmosferas explosivas de gases inflamáveis ou de poeiras explosivas,

tais como refinarias de petróleo, terminais, estações de bombeio, plataformas de perfuração e de produção e navios petroleiros. Nestas áreas de risco, os motores elétricos necessitam possuir tipos de proteção contra explosão, de acordo com as normas técnicas da Série ABNT NBR IEC 60079 - Atmosferas explosivas, elaboradas pelas Comissões de Estudo do Subcomitê SC-31 do Cobei [1].

Analisando os tipos de falhas comuns em mancais de motores, observou-se que a tradicional proteção contra jatos de água e vazamento de graxa não é suficiente. É necessário impedir também a entrada de vapor e poeiras, também muito nocivos à vida útil dos motores elétricos certificados para instalação em atmosferas explosivas, denominados de motores "Ex". Nestes casos de instalação em atmosferas explosivas, a preocupação com os motores elétricos "Ex" é ainda maior, uma vez que o ingresso de água ou de poeira para o interior do motor elétrico pode provocar a deterioração dos seus materiais isolantes, o que pode ocasionar o surgimento de correntes de fuga e curtos-circuitos, o que pode provocar fontes de ignição.

Além disto, a deterioração da graxa devido a contaminação pelo ingresso de água e poeira pode danificar os rolamentos dos motores "Ex", o que pode ocasionar pontos de elevada temperatura e de vibração, e levar a quebra dos rolamentos, gerando o risco de "roçamento" entre rotor em movimento com o estator. Este tipo de falha pode ocasionar a geração de grande quantidade de faíscas, as quais podem provocar a ignição de uma atmosfera explosiva

que esteja ao redor dos equipamentos de processo instalados ao redor do motor elétrico "Ex". Pode ser verificado nas oficinas de reparo de motores elétricos que a falha mais comum é causada pela falha do rolamento do lado acoplado devido a contaminação do lubrificante por água e poeira.

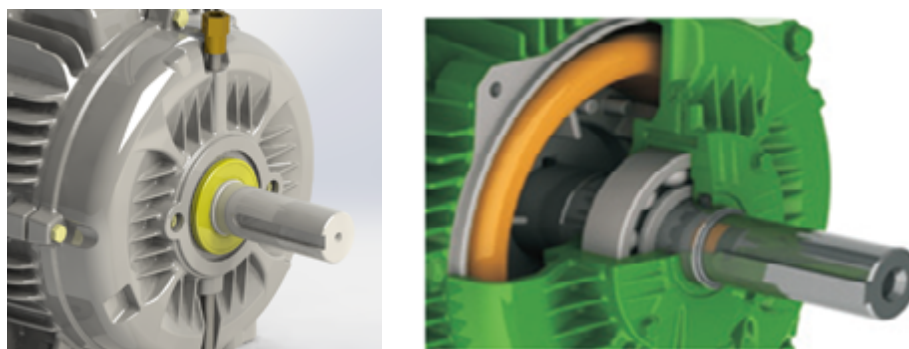
Normas técnicas e práticas recomendadas para a indústria do petróleo orientam que uma bomba centrífuga ou um motor elétrico opere continuamente sem necessidade de reparo por, no mínimo, 25 mil horas [2]. Assim, a utilização de graxa de qualidade e a proteção contra o ingresso de contaminantes externos, representados por água ou poeira, são vitais para que os mancais possam cumprir essa recomendação. A maioria dos motores elétricos industriais instalados em atmosferas explosivas utiliza rolamentos de esfera ou de rolos em seus mancais, protegidos por labirintos, como os detalhes mostrados na Figura 1.

Os corpos rolantes e as pistas dos mancais de motores elétricos "Ex", por meio da rugosidade superficial, ancoram uma finíssima camada de graxa ou óleo que, com o movimento dos corpos sobre as pistas, forma uma fina e

resistente película lubrificante que assegura a separação das partes. Os mancais de rolamento diferem muito dos mancais de deslizamento, sendo esses últimos mais robustos e caros. Já os mancais de rolamentos são práticos e baratos, porém muito sensíveis à contaminação. É reconhecido que mais de 90 % dos rolamentos falham antes de atingir a vida útil determinada pelos fabricantes. Pesquisas e análises têm estabelecido ser a contaminação do lubrificante a causa predominante de falhas [3].

Existem dois conceitos de proteção contra contaminantes externos utilizados em caixa de mancais: o sistema aberto, que se apresenta em duas versões, pressurizado e não pressurizado; e o sistema hermético. Em motores elétricos normalmente é utilizado o conceito aberto, pressurizado ou não. Apesar das normas e práticas recomendadas para a indústria do petróleo, muitos usuários têm atualmente como expectativa o tempo médio entre falhas (TMEF) entre cinco e sete anos; além disso, as plantas têm que lidar com questões de segurança e respeito ao meio ambiente [4].

**Figura 1:** Detalhes de mancais com rolamentos e labirintos em motores elétricos industriais certificados para instalação em áreas classificadas contendo atmosferas explosivas (Motores "Ex").



Fonte: WEG, 2014, 2014a.

## 2 PROTETORES DE MANCAIS

Desde os primórdios da utilização de bombas centrífugas e de motores elétricos, a proteção do lubrificante nas caixas de mancal sempre foi exercida por meio da utilização de alguma proteção como labirintos, selos, retentores ou gaxetas [5].

Admite-se que as caixas de mancais de bombas ou o interior de motores elétricos e seus mancais sofrem a expansão e contração do ar em seu interior. A massa de ar expande-se ou se contrai de acordo com as temperaturas ambiente e de operação do equipamento. A isso chamamos de “respiração da caixa de mancais ou do motor”. Quando o motor é desligado, ele esfria e o ar em seu interior contrai, criando uma leve queda na pressão e um leve vácuo, fazendo com que nova massa de ar entre para equalizar a pressão. Quando começa a operar ocorre o contrário: aquece e o ar em seu interior se expande, fazendo com que parte dele saia pelos labirintos. Isso também ocorre com o motor parado pela simples variação da temperatura ambiente. Considerando que a cada vez que nova massa de ar entra, traz com ela os contaminantes da atmosfera, como poeira e umidade, isso se torna preocupante quando se trata da qualidade do lubrificante e vida útil dos rolamentos.

Somente mais recentemente, ao longo das últimas décadas, as falhas de mancais foram associadas, com maior ênfase, à condição do lubrificante. Era entendido apenas que a principal condição para a graxa ou o óleo deveria ser a de não vazarem. Sendo assim, qualquer recurso era aceito para ser instalado na interface entre o eixo rotativo e a tampa da caixa de mancais das bombas e motores elétricos.

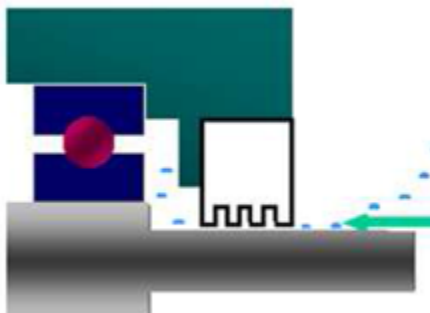
O contaminante mais comum, e provavelmente um dos mais nocivos, é a água. Sua presença na atmosfera como vapor ou como chuva e sua utilização na lavagem industrial fazem com que a maioria dos lubrificantes em uso apresente certa porcentagem de água. A poeira presente no ambiente também é um contaminante muito comum e prejudicial. A água presente na graxa ou no óleo causa o rompimento da película do lubrificante nas zonas de carga, acarretando o contato metálico entre as partes e reduzindo drasticamente a vida dos rolamentos. Os protetores de caixas de mancal são componentes de vedação que têm como objetivo impedir a entrada de contaminantes e impedir a saída de lubrificante.



## 2.1 PROTETORES RESTRITIVOS DE EIXOS E MANCAIS

Os protetores restritivos são os labirintos em suas mais variadas versões. Nessa categoria, a vedação não é hermética por não ter contato entre as partes e permitir a passagem de ar com vapores de água ou inflamáveis. Conforme indicado na Figura 2, a capacidade dos labirintos estacionários de impedir a entrada de água é muito limitada. Devido a isso, a maioria dos fabricantes, ao desenvolver novos modelos, focou seus esforços de projeto para impedir o ingresso de água para o interior da caixa de mancais.

**Figura 2:** Labirinto estacionário típico, projetado para evitar o ingresso de água para o interior da caixa de mancais de uma máquina rotativa, como em um motor elétrico “Ex”.



Fonte: NOBREGA, 2010.

Os projetos mais novos já avançaram quase para o limite do conceito e a maioria suporta até mesmo forte jato de água sobre o componente, o que na verdade não retrata a condição real, pois, normalmente, o que chega ao labirinto é um jato de água de lavagem ou chuva forte. Os labirintos em uso permitem desde uma pequena respiração da caixa e quase zero vazamento, até forte respiração e considerável vazamento [6]. Isto evidencia que a preocupação com a circulação do ar pelo labirinto nunca foi uma preocupação.

Como afirmam Bloch e Rehmann [6], os labirintos permitem a respiração da caixa de mancal. Assim, é preciso ficar claro que os labirintos trabalham pelo conceito de restrição, não há contato, logo, não podem ser chamados de selos. Por esta razão as literaturas técnicas são unânimes em afirmar que os labirintos têm vida útil infinita, uma vez que não havendo contato, não existe desgaste. Se não existir contato, um labirinto nunca pode ser considerado um selo hermético, pois as folgas que separam as partes permitem a passagem de vapores de água ou de gases inflamáveis ou de poeira. Esses componentes são projetados com folgas inerentes ao funcionamento e, assim, uma folga permanece separando o elemento estacionário do rotativo. Exceto em curtos momentos quando esse espaço é preenchido por algum filme de graxa ou de óleo, essa folga é suficiente para permitir a passagem de ar com contaminantes como vapor de água e poeira [3]. Infelizmente, alguns profissionais da área mecânica, e mesmo alguns fabricantes de bombas centrífugas ou motores elétricos “Ex”, por desconhecimento ou descaso, insistem em chamar “labirinto” de “selo”, causando prejuízos por escolha incorreta.



## 2.2 FUNCIONAMENTO DOS LABIRINTOS QUE UTILIZAM CONCEITO EM “L”

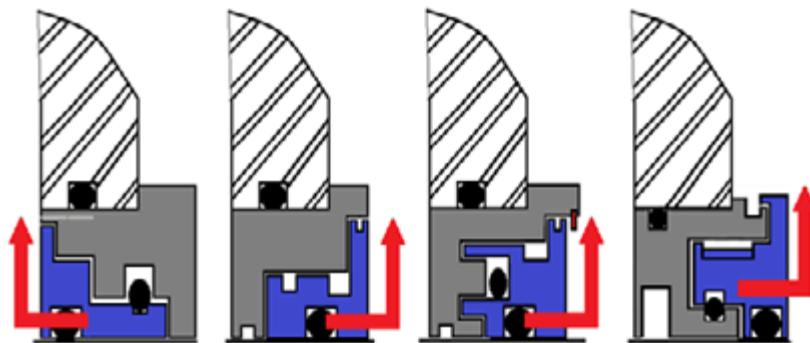
O objetivo da instalação de um labirinto é o aumento de vida útil do motor elétrico ou da bomba centrífuga para que se justifique o investimento. Muitos fabricantes focam seus esforços de projeto para um produto que proteja contra o ingresso de água devido a um jato com alta pressão sobre a caixa de mancais. Quando a atenção é focada somente nesse problema, projetos conhecidos como “L”, como o mostrado na Figura 3, atendem bem. Labirinto tipo “L” utilizam apenas um anel defletor, normalmente externo.

O que pode ser visto nestes casos é que, de fato, os rolamentos apresentam um modesto aumento de vida útil se comparado com os retentores, mas a experiência de campo mostra que ainda assim, acabam apresentando falhas precoces. Mesmo com a utilização de um labirinto “moderno”, ainda podem ser encontrados, nas caixas de mancal, um material com o aspecto de lodo e de sujeira.

Claro que não se devem ignorar outras causas de falhas de rolamentos. Entretanto, se a eficiência de vedação dos labirintos rotativos é tão alta, como é encontrado sujeira em caixas de mancais e ocorrência de falhas de rolamento por problemas de lubrificação? É reconhecido que os labirintos podem causar deslocamento de ar através de suas partes estacionária e rotativa devido ao formato do defletor em “L”.

Se o respiro da caixa for deixado aberto, o leve vácuo criado pelo defletor vai induzir o fluxo de ar para fora, transportando poeiras, sujeira, vapores, umidade do ar e tudo mais que estiver imediatamente próximo no ambiente de instalação da máquina rotativa, através da caixa de mancais, fazendo com que todas estas impurezas sejam misturadas com a graxa ou com o óleo. Essa ação é constante e a quantidade de detritos pode ser grande [3].

**Figura 3:** Modelos tradicionais de labirintos utilizando conceito de vedação com montagens em “L”.



Fonte: NOBREGA, 2010.

**Figura 4:** Protetor restritivo rotativo em “L” provoca o deslocamento do ar e o labirinto age como um “mini compressor”, provocando o ingresso de água e poeira para o interior do motor elétrico “Ex”.



Fonte: NOBREGA, 2010.

A resposta para este problema está, na verdade, relacionada com o desenho de projeto dos labirintos que apresentam uma conhecida, mas pouco percebida, montagem em “L”. A montagem de labirintos na forma de “L” é mais fácil e barata, mas traz um problema pouco comentado. A área da peça rotativa que forma a perna vertical do “L” gira próximo das faces estacionárias, conforme esquematizado na Figura 4, gerando um efeito de bombeio de ar.

Teoricamente, é admitido que, se as duas faces tiverem o mesmo acabamento, a fina camada de ar que fica entre as duas faces deve girar com aproximadamente 50 % da velocidade do eixo. Esse conceito, embora bastante teórico, não é novo, pois é encontrado em muitas literaturas sobre impelidores de bombas e no efeito da lubrificação hidrodinâmica em selos mecânicos. Uma vez que a camada de ar entre as faces do labirinto gira, pode-se admitir que uma força centrífuga atue sobre essa camada de ar causando seu deslocamento radial, no sentido de dentro para fora.

Observando a Figura 4, fica fácil entender que os labirintos, com a configuração em “L”, causam o deslocamento do ar do interior da caixa para o ambiente externo, ou seja, o labirinto age como um “mini compressor”.

Na realidade este entendimento constitui a resposta para boa parte dos problemas de rolamentos em caixas de mancal dotadas de labirintos modernos em motores elétricos “Ex” e em bombas.

Uma hipótese pode ser considerada: como o equipamento rotativo, seja motor ou bomba, tem dois labirintos e os mesmos atuam bombeando ar para fora, é de se esperar que a pressão interna fique abaixo da pressão atmosférica. Essa depressão causa a entrada de nova massa de ar na caixa, trazendo junto umidade, poeira e outros contaminantes para o interior da caixa de mancais. Em contato com a graxa ou óleo, a maior parte da umidade e poeira é assimilada e o ar que sai da caixa é quase limpo, funcionando como um “aspirador” de água e de poeira para o interior do motor elétrico, ocasionando a contaminação da graxa e a falha dos rolamentos e mancais. Por essa razão as falhas de rolamentos nos motores são mais comuns no lado acoplado, pois são os que mais estão expostos a atmosfera agressiva.



Pesquisas de campo realizadas com labirintos do tipo “L” na Petrobras/RPBC envolvendo 111 máquinas rotativas confirmaram a forte incidência de pressão negativa na caixa de mancais [7]. Isto confirma a hipótese de que a configuração em “L” causa o deslocamento de ar por meio de seu anel defletor. Das máquinas industriais pesquisadas, todas elas apresentaram diferenças de pressões devido ao bombeamento de ar, sendo que 70 % apresentaram pressão negativa no mancal.

Pode ser verificado na prática, com base nestas extensivas pesquisas de campo, que os labirintos rotativos em “L” podem ser eficientes para impedir a entrada de água e saída de óleo, mas têm uma séria deficiência pelo fato de induzir a circulação de ar para o interior da máquina rotativa, levando contaminantes para a graxa do motor elétrico “Ex”, causando sua degradação, provocando falhas nos rolamentos. O “possível” jato de água que eventualmente pode ser direcionado para o labirinto, e para o qual o projeto em “L” é tão bem preparado, na verdade, não representa muito se comparado com o fluxo constante de ar que circula através da caixa de mancais, o que ocorre, de forma indesejável, durante todo o tempo em que o motor “Ex” opera.

O mesmo se pode dizer da “respiração da caixa”, que representa pouco se comparada com a ação constante de bombeio de ar. Sem citar nomes ou fabricantes, mas unicamente o conceito, pode ser visto, na Figura 4, que todos eles tem ação de bombeio.

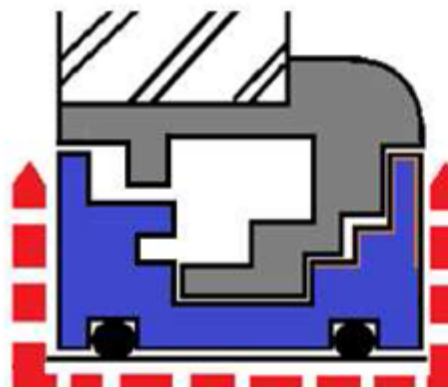
## 3 SOLUÇÃO PESQUISADA: LABIRINTOS COM FORMATO “U”

---

Tendo como motivação as deficiências verificadas nos labirintos em “L” existentes no mercado, foi verificada a necessidade de desenvolvimento de um novo tipo de labirinto, um novo conceito, deixando de lado a ilusória ideia, até então praticada, que a única necessidade é que o labirinto proteja a caixa contra jatos fortes de água e vazamento de óleo. A base para a nova exigência é que o projeto apresente também a eliminação do bombeamento de ar através do labirinto. Ou seja, o novo conceito de selagem por labirinto exige que, além de impedir a entrada de água e evitar o vazamento do Lubrificante, o labirinto também não poderá causar bombeio de ar. Assim, se o bombeio de ar não é mais admitido, os labirintos em “L” passam a ser considerados obsoletos.

Um novo modelo foi então concebido, desenvolvido e patenteado pela Petrobras (Brasil nº PI-0803690-0, USA nº 7,878,508), com a montagem em “U”, conforme Figura 5, onde, por meio do uso de dois defletores, o bombeio acontece para os dois lados e se neutralizam mutuamente, criando uma “zona de equilíbrio”, fazendo com que o deslocamento do ar por ação do labirinto rotativo seja neutralizado. Esse equilíbrio torna o labirinto “U” um componente neutro, fazendo apenas a função de protetor contra entrada de água e saída de lubrificante, porém sem causar deslocamento de ar. Esta é uma solução

**Figura 5:** Labirinto rotativo com formato em “U”: não provoca o efeito de “mini compressor”, impedindo o ingresso de água e poeira para o interior dos mancais dos motores elétricos “Ex”.



Fonte: NOBREGA, 2010.

sem precedente e inovadora, que a Petrobras protegeu por meio de patente tanto o labirinto desenvolvido como o próprio conceito em “U”.

Medições feitas em laboratório nos novos modelos de labirintos “U” indicaram valores de deslocamento de ar muito próximos de zero para esse modelo, raramente oscilando entre 0,09 a 0,17 mm H<sub>2</sub>O. De forma comparativa, nas mesmas condições de testes, o modelo “tradicional” em “L” apresentou valores acima de 1,62 mm H<sub>2</sub>O. Foram também encontrados casos de pressão negativa de até 7,5 mm H<sub>2</sub>O. [7].

Pode ser afirmado que essa ideia é pioneira no atual conceito de que os labirintos não devem causar deslocamento de ar, pois todos os demais modelos verificados têm a característica de fabricação em “L”. Esse tipo de projeto também faz a proteção contra jatos de água e chuva forte. Por não haver deslocamento de ar através da caixa, a entrada de contaminantes é praticamente eliminada, dado ao grau de proteção IP-66 alcançado.

O modelo em “U” neutraliza o efeito de bombeamento e de circulação de ar devido à sua exclusiva e patenteada montagem com defletores paralelos opostos que causam o equilíbrio de pressão entre a parte interna e externa do labirinto.

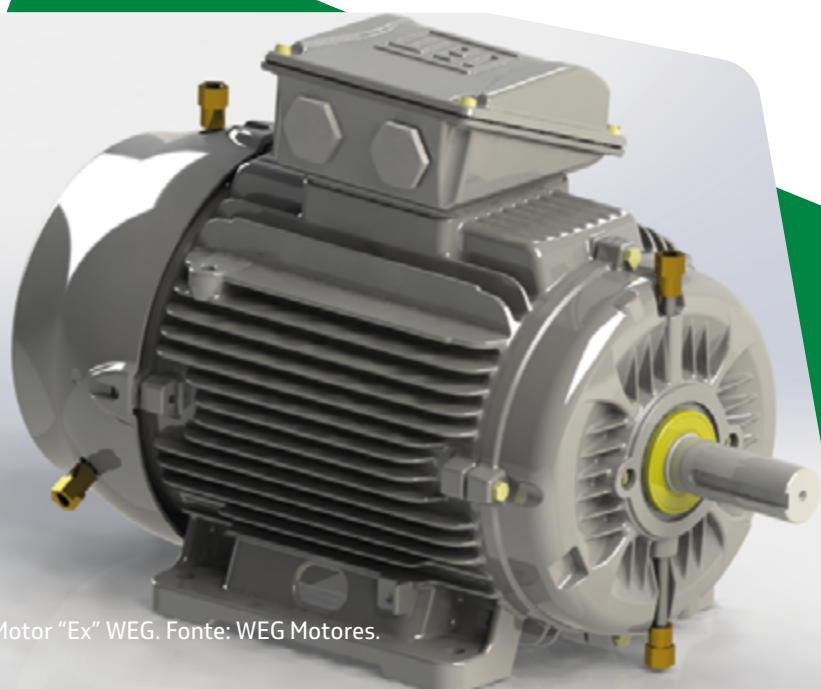
Os labirintos do tipo “U”, após sete anos de testes na Petrobras, foram ainda exaustivamente testados e aprovados por grandes fabricantes mundiais deste tipo de dispositivo de vedação, como a Chesterton/USA, bem como por renomados laboratórios independentes de ensaios, como o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), o Centro de Pesquisas Elétricas (CEPEL), no Rio de Janeiro e a TÜV Rheinland do Brasil. Em todos os testes a que foi submetido o labirinto “U” recebeu grau de proteção IP-66. Já existem mais de 4 mil unidades operando em várias petroquímicas, refinarias, siderúrgicas, empresas mineradoras, consolidando assim a eficiência do conceito em “U”.

De acordo com testes realizados nestes laboratórios e também na WEG, em sua fábrica de motores “Ex” em Jaraguá do Sul/SC, os labirintos do tipo “U” atingiram também o grau de proteção IP66 (NBR IEC 60034-5). Este máximo desempenho de proteção contra o ingresso de água e de poeira se mostrou efetivo não somente em sua condição de labirinto “novo” (como acontece geralmente com outros tipos de labirinto), mas também após o dispositivo ter sido submetido ao teste de envelhecimento acelerado e mantido em operação durante longo tempo, submetido a um grande ciclo de partidas e paradas dos motores elétricos de diferentes tamanhos e carcaças em que foram instalados para testes.

O desempenho da vedação apresentada pelo labirinto em “U” foi tão evidente que este foi o único modelo que a WEG homologou para utilização em motores com névoa (*oil-mist*), onde a pressão interna é levemente positiva. Nesta aplicação, o vazamento de névoa na condição parado é reduzido em quase dez vezes em relação aos modelos em “L”, enquanto que em operação o vazamento é nulo. Alguns modelos no mercado conseguem este grau de proteção somente quando utilizados em conjunto com selo labial (retentor de borracha) e injeção de graxa.

Os retentores de borracha geram sérios problemas de desempenho e drástica queda de desempenho da vedação ao longo dos primeiros meses da vida útil dos motores elétricos “Ex”, levando a ocorrência de vibração e elevação de temperatura dos rolamentos dos mancais, ocasionando a sua falha, da qual decorre a indisponibilidade da máquina acionada e a necessidade de remoção do motor “Ex” para reparos em uma oficina de serviços reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex” certificada [1].

A vida útil de um retentor para aplicação em bombas e motores elétricos é muito importante devido ao uso praticamente ininterrupto e à alta velocidade periférica. No entanto, os retentores de borracha duram em média alguns meses e logo depois ressecam e passam a atuar como um labirinto de apenas um ponto e por isso tornam-se muito ineficientes. Como nos primeiros meses o lábio está novo e funciona em contato com o eixo, acaba por ser aprovado nos testes de grau de proteção, cujo desempenho é apenas “ilusório”, pois sua proteção é drasticamente reduzida após um curto período de operação de dois ou três meses, quando ocorre o seu ressecamento e perda de proteção. Os retentores são bons componentes e até eficientes quando respeitados seus limites de velocidade periférica e número de horas de funcionamento, como é o caso das aplicações de sucesso em motores de automóveis ou em equipamentos com baixa rotação. Entretanto, a média de diâmetro e rotações por minuto nos eixos de motores elétricos e bombas centrífugas geram uma velocidade periférica tal que impedem seu bom funcionamento, por isso, assim como os labirintos em “L”, os retentores também são considerados obsoletos.



Motor “Ex” WEG. Fonte: WEG Motores.

Tendo como base os excelentes resultados demonstrados em testes de laboratórios e em fábrica, a WEG incorporou os labirintos em “U” em sua linha de motores “Ex” W22, com tensão nominal até 1.1 kV e carcaças tamanhos 63 a 355 (altura do eixo). Esta linha de motores “Ex” certificada no Brasil pela TÜV Rheinland do Brasil (Certificado TÜV 110340 X de 20/09/2014), abrange o tipo de proteção não centelhante, marcação Ex nA IIC T3 Gc (NBR IEC 60079-15) e o tipo de proteção por temperatura de invólucro para poeiras combustíveis, marcação Ex tb IIIC 125°C Db (Norma NBR IEC 60079-31). Esta linha de motores “Ex” possui também certificação

internacional pelo IECEx, de acordo com o certificado IECEx BAS 10.0099X, podendo ser fabricados pela WEG em suas fábricas no Brasil, em Portugal ou na China [7].

Além da aplicação em motores novos, a utilização de labirintos em “U” está sendo também recomendado para serviços de reparo, revisão e recuperação de motores “Ex” existentes, de acordo com os requisitos da Norma NBR IEC 60079-19 [1], como forma de melhoria no desempenho contra ingresso de água e poeira, contribuindo para a elevação da confiabilidade dos motores elétricos “Ex”.

## 4 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES

As caixas de mancais dos motores elétricos utilizados pela Petrobras em atmosferas explosivas precisam de proteção que vai além do que é oferecido pela maioria dos projetos atuais de labirintos. Os projetos em formato “L” deixam muito a desejar diante da necessidade de diminuir a circulação de ar e a entrada de água e poeira para o interior dos motores elétricos instalados em atmosferas explosivas. Esse fenômeno age represando umidade e sujeira na caixa, durante todo o período que os motores elétricos “Ex” estiverem operando sendo este um dos principais fatores responsáveis pelas falhas nos de motores elétricos “Ex”.

Antes destes trabalhos de pesquisa e desenvolvimento realizados pela Petrobras, o fenômeno detectado de circulação de ar pela caixa de mancais, causada pelo formato em “L” dos defletores dos labirintos, era um fato

praticamente desconhecido e ignorado pela maioria dos usuários e fabricantes.

Considerando que a massa de ar no interior da caixa de mancais circula a uma vazão alta, quase três vezes o volume total a cada minuto, deve-se buscar a utilização de labirintos com projeto em “U” desenvolvido na Petrobras, de forma a evitar o ingresso de água e de contaminantes para a graxa e os rolamentos.

A utilização de labirinto com projeto em “U” praticamente elimina a circulação de ar, preservando as características da graxa, elevando a vida útil dos mancais, que são os maiores responsáveis pelos defeitos verificados nos motores elétricos industriais.

A elevação do TMEF é um dos resultados que são auferidos com base na utilização extensiva destes novos labirintos, representando o atual “estado da arte” na técnica de vedação de eixos e mancais em motores elétricos para atmosferas explosivas.

Em função das experiências e dos bons resultados obtidos pela utilização de labirintos do tipo “U”, este requisito faz parte das Normas Petrobras N-0553 – Rev. E - Bombas Centrífugas para a Indústria Petroquímica, de Gás Natural e de Petróleo e N-0906 Rev. D – Bombas centrífugas para serviços médios. Além disso, este requisito foi também introduzido na Revisão A da Norma Petrobras N-2919 - Motores Elétricos Trifásicos de Indução ou Síncronos, publicada pela NORTEC em abril de 2015, incorporando e disseminando as boas práticas e as lições aprendidas para toda a companhia.

Quanto aos ganhos obtidos com a utilização do labirinto em “U”, verificou-se na Petrobras que a vida útil dos equipamentos dobra em comparação com a utilização do labirinto em “L” e mais que triplica em relação à utilização de retentores de borracha. Como o labirinto em “U” é um componente cujo a patente a Petrobras assinou contrato de licenciamento autorizando a fabricação por quatro empresas no Brasil e no mundo, seu preço é relativamente baixo se comparado com os demais modelos em “L”, que apresentam tecnologia e desempenho bem inferior.

Levando em consideração que os motores elétricos “Ex” representam quase que a totalidade dos acionamentos das bombas, compressores, ventiladores, esteiras rolantes, elevadores e agitadores utilizados nas instalações terrestres e marítimas da Petrobras, os ganhos a serem obtidos pela elevação de sua confiabilidade e disponibilidade podem ser considerados significativos.

# REFERÊNCIAS

[1] Subcomitê SC-31 do COBEI. **Normas Técnicas da Série ABNT NBR IEC 60079 - Atmosferas explosivas, 2015**. Disponível em: <http://cobei-sc-31-atmosferas-explosivas.blogspot.com>. Acesso em: set. 2015.

[2] API 610. **Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries**. ANSI/API Standard 610. Edition 11. Washington, 2010.

[3] BLOCH, Heinz P. **Bearing protection devices and equipment reliability: Part ii – what is really justified?** Pumps & Systems, Oct. 2001. Disponível em: [www.sealing.com/fileadmin/docs/ISOMAG\\_Pump\\_Zone\\_Reprint.pdf](http://www.sealing.com/fileadmin/docs/ISOMAG_Pump_Zone_Reprint.pdf). Acesso em: set. 2015.

[4] PUTNAM, Jason. **Oil mist bearing isolators contribute heavily to record growth at Inpro / Seal, product is the only permanent means to control stray emissions in process plants**. Rock Island: PRWEB, 2008. Disponível em: <http://www.prweb.com/releases/Inpro-Seal/Bearing%20isolators/prweb667263.htm>. Acesso em: set. 2015.

[5] \_\_\_\_\_. **Inpro/Seal expands shaft sealing product line to include water mizer**. Rock Island: PRWEB, 2009. Disponível em: <http://www.prweb.com/releases/2008/09/prweb1369354.htm>. Acesso em: set. 2015.

[6] BLOCH, Heinz P., P.E.; REHMANN, Chris. **Understanding bearing housing protection and reliable lubricant application**. 2009. Disponível em: [http://reliabilityweb.com/index.php/articles/understanding\\_bearing\\_housing\\_protection\\_and\\_reliable\\_lubricant\\_application/](http://reliabilityweb.com/index.php/articles/understanding_bearing_housing_protection_and_reliable_lubricant_application/). Acesso em: set. 2015.

[7] NÓBREGA, Paulo R. L. **Vedação para caixas de mancais de equipamentos rotativos** [apresentação oral]. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 25, 2010, Bento Gonçalves/RS.

[8] IECEX. WEG Equipamentos Elétricos S.A. **The W22 range of samll induction motors – Frame sizes 63 to 355**. Certificado IECEX BAS 10.0099X. IECEX, 2014. Disponível em: <http://iecex.iec.ch/iecex/IECEXWeb.nsf/CoCHistory/IECEX%20BAS%2010.00992>. Acesso em: set. 2015.

[9] WEG. **W22 motor elétrico trifásico**: catálogo técnico mercado brasileiro. Jaraguá do Sul, 2014.

[10] \_\_\_\_\_. **W3Seal: vedação do mancal**. [Jaraguá do Sul, 2014?].a.



## Roberval Bulgarelli

Graduação (1985) em Engenharia Elétrica. Mestrado (2006) em Proteção de Sistemas Elétricos de Potência pela USP/POLI. Engenheiro de Equipamentos Sênior e Consultor. Coautor do Livro Instrumentação Industrial (IBP). Docente do RH/UP nas disciplinas sobre Segurança du-

rante o Ciclo Total de Vida das Instalações Elétricas e de Instrumentação em Atmosferas Explosivas e Automação de Sistemas Elétricos – Padrão IEC 61850. Membro da Subcomissão SC-06 (Eletricidade) da CONTEC. Coordenador do Subcomitê SC-31 do Cobei – Atmosferas explosivas. Representante do Brasil no TC 31 e TC 95 da IEC e no IECEX. Condecorado com o Prêmio IEC 1906 Award. RPBC/EM – Cubatão, SP. Chave: RBBS. E-mail: bulgarelli@petrobras.com.br



## Paulo Roberto Leite Nóbrega

Graduação (2003) em Administração pela Universidade Metropolitana de Santos. Mestrado (2008) em Engenharia de Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba. Professor e Consultor. Gerente de Engenharia da

Petrobras/REDUC. Autor do livro Manutenção de compressores alternativos e centrífugos (IBP). Docente do RH/UP e do IBP nas disciplinas sobre selagens de máquinas rotativas. Possui duas patentes de vedação para caixa de mancais com registro no Brasil e nos EUA. REDUC/EN – Duque de Caxias, RJ. Chave: RBV6. E-mail: paulonobrega@petrobras.com.br