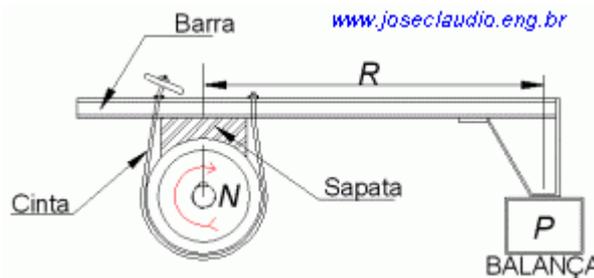


DINAMÔMETROS HIDRÁULICOS

Dinamômetro é o equipamento capaz de medir a potência, trabalho executado na unidade de tempo, de um motor em suas diversas condições de funcionamento.

O dispositivo mais antigo, utilizado até os dias de hoje, para medir a potência do motor é constituído por um volante circundado por uma cinta conectada a um braço cuja extremidade se apoia sobre a plataforma de uma balança. O volante, acionado pelo motor, tem o seu movimento restringido pela pressão aplicada à cinta, que transmite o esforço ao braço apoiado sobre a balança. A partir das leituras da balança, calcula-se o esforço despendido pelo motor. Esse dispositivo é conhecido como FREIO DE PRONY. O cálculo da potência do motor se faz considerando:



Rotação do motor = N (em rpm)
 Comprimento do braço = R (em m ou ft)
 Leitura da balança = P (em lb. ou Kg)

Com os elementos acima, sabendo-se que a periferia do volante percorre, no intervalo de uma rotação, a distância $2\pi r$ contra a força de atrito f , aplicada pela cinta, então, em cada rotação, tem-se:

Trabalho = $2\pi r f$. O conjugado resistente ao atrito é formado pelo produto da leitura P da balança pelo valor do comprimento do braço de alavanca R e será exatamente igual ao produto r vezes f , conjugado que tende a mover o braço. Logo:

$r \cdot f = P \cdot R$ e, em uma rotação, **Trabalho** = $2\pi P R$. Se o motor funcionar a N rpm, o Trabalho por minuto será dado por: $\tau = 2\pi P R N$.

A expressão acima define a potência desenvolvida pelo motor, que pode ser expressa em HP (Horsepower) ou em CV (Cavalo-vapor), dependendo das unidades empregadas. Assim:

$HP = \frac{2\pi P R N}{33.000} \Rightarrow HP = \frac{P R N}{5252}$	Para P em libras, R em pés e N em rpm, ou:
--	--

$CV = \frac{2\pi P R N}{4.500} \Rightarrow CV = \frac{P R N}{716,2}$	Para P em Kg, R em metros e N em rpm.
--	---

As constantes 4.500 e 33.000 são resultantes das definições de CV e HP, que são, respectivamente, a potência necessária para elevar a altura de um metro, em um segundo, uma carga de 75 quilogramas, o que corresponde a $75 \times 60 = 4500$ para transformação em minuto e a potência necessária para elevar a altura de um pé, em um segundo, uma carga de 550 libras, donde $550 \times 60 = 33000$ para transformar em minuto.

É comum encontrarmos dinamômetros onde a leitura da balança é dada em Torque, já levando em conta o comprimento do braço. Nesse caso, resulta:

$$HP = \frac{\text{Torque}(lb. ft) \cdot N(rpm)}{5252}$$

Ou

$$CV = \frac{\text{Torque}(Kgm) \cdot N(rpm)}{716,2}$$

O Freio de Prony apresenta vários inconvenientes operacionais, destacando-se o fato de manter a carga constante independente da rotação empregada. Então, se a rotação cai, em virtude do motor não suportá-la, a rotação irá diminuir até a parada total do mesmo. Consequentemente, essas máquinas vem sendo substituídas por dinamômetros mais versáteis, com predominância dos DINAMÔMETROS HIDRÁULICOS, onde a carga aplicada varia em razão diretamente proporcional ao cubo da rpm. Se a rotação cair a carga imposta pelo dinamômetro diminuirá, dando tempo ao operador de reajustar a carga e corrigir a velocidade para o valor desejado. Nos dinamômetro hidráulicos o freio é exercido pela ação de um rotor, que pressionando água contra aletas fixas na carcaça, produz o mesmo efeito físico que no Freio de Prony. O braço e a balança, embora possam ser empregados nesse tipo de equipamento, foram substituídos por uma Célula de Carga. As Células de Carga, por vezes, são constituídas de um cristal de quartzo, cujo efeito piezoelétrico, resultante da compressão exercida pela extremidade do braço, é transformado em leitura para um instrumento. Em alguns casos, em vez de cristal de quartzo, utiliza-se uma câmara de pressão acoplada a um transdutor que executa a mesma função.

Apenas a título de informação, vale ressaltar que existem outros tipos de dinamômetros, tais como:

DINAMÔMETRO DE CORRENTES DE FOUCAULT

É constituído por um rotor acionado pela máquina em prova, girando imerso em um campo magnético. A intensidade do campo é controlada através de uma bobina alimentada por corrente contínua, podendo-se, assim, variar a carga

aplicada. Um circuito de arrefecimento a água dissipa o calor gerado pelas correntes parasitas. Como nos demais dinamômetros, o esforço que tende transmitir movimento à carcaça é medido e conhecidos os valores de potência e torque. São utilizados, em geral, para ensaios de maior precisão.

DINAMÔMETRO ELÉTRICO

É um gerador elétrico, que acionado pela máquina em prova, produz energia elétrica, a qual será consumida por uma carga variável (cuba eletrolítica ou resistores). A medição exige correção dos instrumentos elétricos para compensar o rendimento do gerador. Tem a vantagem de poder ser utilizado como motor elétrico para medição de POTÊNCIA DE ATRITO da máquina em prova. Tem custo elevado e sua utilização só se justifica em casos especiais.

DINAMÔMETRO DE VENTILAÇÃO

Utilizado em provas longas, onde não se exija precisão nos resultados, como no amaciamento de motores e provas de durabilidade, é constituído por um ventilador acionado pela máquina em prova. Para se obter a variação da carga aplicada é necessário alterar o ângulo, o diâmetro ou o tamanho das pás. Embora seja um dinamômetro de baixo custo, tem pouca utilização.

DEFINIÇÕES

POTÊNCIA	É o trabalho realizado pelo motor, num intervalo de tempo.
POTÊNCIA OBSERVADA	É a potência medida nas condições do ensaio.
POTÊNCIA REDUZIDA	É a potência observada reduzida (corrigida) para as condições atmosféricas padrão.
POTÊNCIA BRUTA	É a potência obtida com o motor básico (apenas com os componentes essenciais ao seu funcionamento, sem ventilador, silencioso, filtro de ar, alternador ou dínamo sem carga).
POTÊNCIA LÍQUIDA	É a potência obtida com o motor completo.
POTÊNCIA EFETIVA	É a potência disponível no eixo para produção de trabalho, abreviadamente designada por BHP (Brake Horsepower).
POTÊNCIA INDICADA	É a potência dentro dos cilindros. Abreviadamente denominada de IHP (Indicated Horsepower), consiste na soma das potências efetiva e de atrito nas mesmas condições de ensaio. IHP = BHP+FHP
RENDIMENTO MECÂNICO	É a razão entre a potência medida no eixo e a potência total desenvolvida pelo motor, ou seja: $\eta = (BHP/IHP)$. Como BHP = IHP-FHP , resulta que $\eta = 1-(FHP/IHP)$.

PRESSÃO MÉDIA EFETIVA (P_m)	É definida como sendo a pressão hipotética constante que seria necessária no interior do cilindro, durante o curso de expansão, para desenvolver uma potência igual à potência no eixo.
PRESSÃO MÉDIA INDICADA (P_i)	É definida como a pressão hipotética que seria necessária no interior do cilindro, durante o curso de expansão, para desenvolver uma potência igual à potência indicada. Como o rendimento mecânico (η) é igual a relação BHP/IHP , também $\eta = (P_m/P_i)$ = relação entre as pressões média e efetiva.
CILINDRADA	É o volume do cilindro, igual ao produto da área da cabeça do pistão pelo curso, mais o volume da câmara de combustão, se houver. A soma dos volumes de todos os cilindros é denominada de CILINDRADA TOTAL ou DESLOCAMENTO.
TAXA DE COMPRESSÃO	Também denominada de razão ou relação de compressão, é a relação entre o volume total do cilindro, ao iniciar-se a compressão, (V1) e o volume no fim da compressão (V2), constitui uma relação significativa para os diversos ciclos dos motores de combustão interna. Pode ser expressa por $r = (V1/V2)$.

PRESSÃO MÉDIA EFETIVA (P_m)

A pressão média efetiva é uma variável muito expressiva no julgamento da eficácia com que um motor tira proveito do seu tamanho (Cilindrada), sendo, por isso, muito usada para fins de comparação entre motores. O torque, por exemplo, não se presta muito para comparar motores porque depende das dimensões do motor. Os motores maiores produzirão maiores torques. A potência, também, não é um bom elemento para permitir a comparação de motores, pois depende, não somente das dimensões, mas também da velocidade de rotação. Assim, num projeto tem-se sempre em mente construir motor de pressão média efetiva elevada, como podemos concluir das considerações a seguir.

Sabe-se que:

$$\text{Potência} = \frac{\text{Trabalho}}{\text{Tempo}}$$

Pode-se escrever então: **Potência = $P_m \cdot A \cdot L \cdot n \cdot (N/x)$** (em unidades homogêneas)

Sendo:

P_m = Pressão média efetiva em psi (libra/in²) ou em kg/cm²;

A = Área da cabeça do pistão em in² ou cm²;

L = Curso do pistão em pol. ou cm;

n = Número de cilindros do motor;

x = Número de rotações por cilindro, entre dois cursos de expansão. (Para motores de quatro tempos, $x=2$);

N = Número de revoluções por minuto (rpm) e

D = Cilindrada total do motor em in^3 ou cm^3 .

Como $D = A.L.n$, a expressão para cálculo da pressão média efetiva resulta, então:

$$P_m = \frac{(\text{Potência}) \cdot x}{D.N}$$

Ajustando as unidades para converter *Potência* para HP, temos:

$$P_m = \frac{BHP \cdot x \cdot 2 \cdot x \cdot 12 \cdot 33.000}{D.N} \Rightarrow P_m = \frac{792000 \cdot BHP}{D.N} (\text{lb} / \text{in}^2)$$

Para **BHP** em HP, **D** em in^3 e **N** em rpm, ou então:

$$P_m = \frac{900000 \cdot BHP}{D.N} (\text{Kg} / \text{cm}^2)$$

Para **BHP** em CV, **D** em cm^3 e **N** em rpm.

PRESSÃO MÉDIA INDICADA (P_i)

É definida como a pressão hipotética constante que seria necessária no interior do cilindro, durante o curso de expansão, para desenvolver uma potência igual à potência indicada.

$$P_i = \frac{33000 \cdot IHP \cdot 12 \cdot x}{D.N} (\text{lb} / \text{in}^2)$$

Como rendimento mecânico é a relação entre as potências efetiva e indicada, pode-se escrever então:

$$\eta_m = \frac{BHP}{IHP} \Leftrightarrow \eta_m = \frac{P_m}{P_i}$$

CONSUMO DE COMBUSTÍVEL E RENDIMENTO TÉRMICO

Um método simples de efetuar avaliações do consumo de combustível, consiste em manter sobre uma balança o reservatório de combustível (pode ser um balde comum) e, fixando-se a carga no dinamômetro em determinado valor, efetuar leituras da balança em intervalos de tempo cronometrados, obtendo-se assim o peso (ou massa) de combustível consumido com o motor operando a determinada potência. De posse dos valores de massa de combustível consumido, potência medida e tempo, pode-se calcular o consumo específico de combustível em g/CV.h ou lb./HP.h. Tomando-se medições em diferentes condições de carga e rpm, é possível plotar em gráfico os diversos resultados e traçar uma curva de consumo para o motor em prova. Outros recursos mais elaborados, como medidores de vazão (fluxímetros), especialmente no caso dos motores Cummins, apresentam algumas dificuldades, em função da quantidade de combustível retornada. O consumo horário é determinado por:

$$q = \frac{\text{Massa}}{\text{Tempo}} \quad \text{Em Kg/h ou lb./h.}$$

Outro processo consiste em utilizar um vasilhame graduado e cronometrar o tempo gasto para o motor consumir, em determinado regime constante de carga e rpm, um volume conhecido de combustível. De posse desses valores, a *Massa* será igual ao produto do *Volume* pela sua *Densidade*. [$M=\rho.V$].

$$C_{ec} = \frac{\text{Massa}}{(\text{Potência}) \times (\text{Tempo})} \Leftrightarrow \frac{\rho.V}{\text{BHP}.t}$$

Onde:

ρ = Densidade do combustível;

V = Volume de combustível consumido;

BHP = Potência do motor no dinamômetro e

t = Tempo

Para facilidade de aplicação das unidades usuais, podemos adotar:

$$C_{ec} = \frac{\rho.V.3600}{\text{HP}.t(\text{seg})} \quad (\text{g} / \text{HP}.h)$$

O consumo específico de combustível é um parâmetro de comparação muito usado para mostrar quão eficientemente um motor está transformando combustível em trabalho. O emprego deste parâmetro tem maior aceitação que o rendimento térmico porque todas as variáveis envolvidas são medidas em unidade padrão: Tempo, Potência e Peso.

RENDIMENTO TÉRMICO

É a relação entre a potência produzida e a potência calorífica entregue, ou seja, é a eficiência de transformação de calor em trabalho, para um ciclo.
 $\eta_t = (\text{Pot. Produzida} / \text{pot. Calorífica})$

Por definição: **1 HP.h = 2545 BTU**,

Chamando-se o poder calorífico de **Q** (em BTU/g) e o consumo específico de combustível de **C**, tem-se:

Calor recebido = C.Q e o rendimento térmico resulta:

$$\eta_t = \frac{2545}{C_{ec} \cdot Q}$$

CONSUMO DE AR – RELAÇÃO AR/COMBUSTÍVEL (RAC) e RELAÇÃO COMBUSTÍVEL/AR (RCA).

Para determinar a relação ar/combustível é necessário conhecer as quantidades de combustível e de ar consumidas pelo motor. Entretanto, medir a vazão de ar não é muito fácil. Existem processos que permitem medir, quando necessário, a quantidade de ar consumida pelo motor. Um processo normalmente utilizado é o emprego de um reservatório sob pressão controlada, que fornece ar ao motor através de orifícios calibrados. Sabendo-se a vazão permitida por cada orifício, sob a pressão medida, é possível calcular a massa de ar que o motor aspira. O método tem o inconveniente de permitir quedas de pressão no coletor de admissão, na medida em que os orifícios somente são abertos após constatada a necessidade de suprir mais ar ao motor, uma vez que é necessário manter a pressão de coletor constante. Se um único elemento medidor for usado, a queda de pressão no sistema e a pressão no coletor de admissão, estarão sujeitas a variações, dependendo da velocidade de escoamento, função direta da rpm do motor. A utilização de vários orifícios em paralelo seria um atenuante eficaz para as dificuldades citadas. Para pequenas quantidades de ar, um elemento, apenas, seria aberto, sendo os demais progressivamente colocados na linha, à proporção que a quantidade de ar aumentasse, tendo-se atenção à queda total de pressão no sistema, que deve ser mantida aproximadamente constante. O tanque ou reservatório de equilíbrio é indispensável, pois se o ar for aspirado diretamente, o escoamento será pulsante, levando a grandes erros nas medidas de pressão através dos orifícios calibrados. Em geral, como o conhecimento da quantidade de ar consumida pelo motor só tem importância para o dimensionamento de filtros de ar, turboalimentadores e elementos conexos, prefere-se avaliar a quantidade de ar por meio de cálculos. O resultado obtido por cálculos, (Ar teórico) é a quantidade mínima de ar que contém as moléculas de oxigênio suficientes para a combustão. A relação entre as quantidades de ar real e teórica, para os motores Diesel de quatro tempos, deve ser mantida acima de 1,3, a fim de

permitir a combustão com máximo aproveitamento do combustível. Para motores a gasolina, é necessário que essa relação seja, sempre, mantida entre 0,9 e 1,3, pois caso contrário não haverá combustão, verificando-se os fenômenos conhecidos como mistura pobre ou mistura rica e os desequilíbrios da mistura, em qualquer proporção, resultarão em desperdício de combustível.

RELAÇÃO AR-COMBUSTÍVEL

É definida como a relação entre a massa de ar e a massa de combustível em um intervalo de tempo t .

$$RAC = \frac{M_{ar}}{M_{comb}}$$

Referidas a um mesmo intervalo de tempo

RELAÇÃO COMBUSTÍVEL-AR

É o inverso da relação ar/combustível.

$$RCA = \frac{1}{RAC}$$

RENDIMENTO VOLUMÉTRICO

É a relação entre a massa de ar aspirado por um cilindro e a massa de ar que ocuparia o mesmo volume nas condições ambientes de pressão e temperatura.

Sendo:

Ma = Massa de ar aspirado por hora (lb./h), dividida pelo número de aspirações por hora e

Mt = Massa de ar, nas condições atmosféricas presentes, necessária para preencher o volume da cilindrada de um cilindro, o rendimento volumétrico será:

$$\eta_v = \frac{M_a}{M_t}$$

A expressão rendimento volumétrico, na realidade, define uma relação entre massas e não entre volumes, como seria de se esperar.

EFEITO DO TURBOALIMENTADOR

Normalmente denominado por turbina, supercharger, turbocompressor, sobrealimentador, supercarregador, ou simplesmente turbo, o que mais importa são os seus efeitos sobre o desempenho do motor. No caso dos motores Diesel, tem a finalidade de elevar a pressão do ar no coletor de admissão acima da pressão atmosférica, fazendo com que, no mesmo volume, seja possível depositar mais massa de ar, e, conseqüentemente, possibilitar que maior quantidade de combustível seja injetada, resultando em mais potência para o motor, além de proporcionar maior pressão de compressão no interior do cilindro, o que produz temperaturas de ignição mais altas e, por conseqüência, melhor aproveitamento do combustível com redução das emissões de poluentes. Para melhorar os efeitos do turboalimentador, adiciona-se ao sistema de admissão de ar, um processo de arrefecimento do ar admitido, normalmente denominado de aftercooler ou intercooler, dependendo da posição onde se encontra instalado, com a finalidade de reduzir a temperatura do ar, contribuindo para aumentar, ainda mais, a massa de ar no interior dos cilindros. A tendência, para o futuro, é que todos os motores Diesel sejam turboalimentados. Nos motores turboalimentados, o rendimento volumétrico, em geral, é maior que 1.

EFEITO DA VELOCIDADE

Nas altas velocidades, começa haver dificuldade no enchimento dos cilindros, devido ao aumento das perdas de carga e a inércia da massa de ar, fazendo cair o rendimento volumétrico.

ELEMENTOS PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO – COMPARAÇÃO DE MOTORES

Para se comparar os desempenhos dos motores, os seguinte elementos são geralmente considerados:

- 1 – Consumo específico de combustível (lb./HP.h ou g/CV.h)
- 2 – Pressão média efetiva (lb./in² ou Kg/cm²)
- 3 – Relação peso/potência (peso do motor/BHP)
- 4 – Potência por unidade de cilindrada (BHP/in³ ou BHP/cm³)

A comparação depende do fim a que se destina o motor. Para motores de aviação, por exemplo, os elementos 1 e 3 podem ser os mais significativos enquanto para um motor estacionário, o consumo específico de combustível é de importância fundamental.

REDUÇÃO DOS RESULTADOS

O desempenho dos motores Diesel é afetado pelas condições ambientais de temperatura, pressão e umidade. Se o motor estiver trabalhando em local de baixa pressão barométrica, menor será a potência observada, porque piora o enchimento dos cilindros. Da mesma forma, temperaturas elevadas fazem com que menos massa de ar no mesmo volume seja admitida. Porém, é desejável um certo aquecimento para proporcionar a vaporização do combustível. Em

conseqüência, a fim de permitir uma base comum de comparação dos resultados, deve ser aplicado um fator de redução para transformar os valores correspondentes às condições da atmosfera padrão.

CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS PADRÃO

Segundo a norma NBR 5484 da ABNT:

Pressão barométrica	Bp = 746 mmHg (150m de altitude, aproximadamente)
Temperatura ambiente	Tp = 30°C
Pressão de vapor	Hp = 10mmHg
Pressão barométrica de ar seco	Bs = 736mmHg
Densidade absoluta do ar seco	Ds = 1,129 Kg/m ³

FATORES DE REDUÇÃO

O método de redução recomendado se baseia na premissa de que a relação ar/combustível, o rendimento térmico indicado, a potência de atrito e a eficiência volumétrica não se alteram com as variações das condições atmosféricas de pressão, temperatura e umidade ou que esse efeito é desprezível. Porém essa suposição só é válida se a faixa das condições ambientais for pequena, de modo a não serem afetadas as características da combustão do motor. A faixa recomendada é:

Pressão barométrica	= 690 a 770mmHg
Temperatura de admissão do ar	= 15°C a 45°C

Em motores do Ciclo Otto, o fator de redução é calculado pela expressão:

$$R_o = \frac{29,92}{P_a} \sqrt{\frac{T_a + 460}{520}} \quad \text{Para } P_a \text{ em inHg e } T_a \text{ em } ^\circ\text{F ou}$$

$$R_o = \frac{736}{P_a} \sqrt{\frac{T + 273}{303}} \quad \text{Para } P_a \text{ em mmHg e } T_a \text{ em } ^\circ\text{C.}$$

Pa = Pressão barométrica do ar seco (pressão barométrica observada = pressão parcial de vapor levantada com auxílio da carta psicrométrica).

Ta = Temperatura absoluta do ar aspirado (medida a 15 cm da entrada da admissão).

Este fator permite a correção do torque, da potência e da pressão média efetiva observados durante o ensaio. Não deve ser aplicado ao consumo específico de

combustível, pois supõe-se que o motor receba a quantidade correta de combustível a ser queimado com o ar aspirado.

Em motores Diesel funcionando com relação ar/combustível constante, o fator de redução é dado pela expressão:

$$R_d = \frac{736}{P_a} \left(\frac{T_a + 273}{303} \right) \quad \text{Para } P_a \text{ em mmHg e } T_a \text{ em } ^\circ\text{C, ou:}$$

$$R_d = \frac{29,92}{P_a} \left(\frac{T_a + 460}{520} \right) \quad \text{Para } P_a \text{ em inHg e } T_a \text{ em } ^\circ\text{F.}$$

NOTA:

Para motores Diesel, em ensaios com fornecimento constante de combustível (limitação fixa da bomba injetora) o método empregado para redução dos resultados é gráfico. A descrição deste método pode ser encontrada na norma NBR 5484 da ABNT.

TIPOS DE TESTES

Pode-se destacar entre os tipos de testes realizados em motores:

1. Teste de velocidade variável;
2. Teste de velocidade constante;
3. Teste de torque e avanço (para motores do ciclo Otto) e
4. Teste de potência de atrito.

TESTE DE VELOCIDADE VARIÁVEL

É o teste freqüentemente apresentado para motores automotivos e marítimos. Normalmente são realizados a plena carga, ou seja, com o acelerador na posição de máxima rotação do motor e os testes de cargas parciais (75%, 50% ou 25% de carga) onde o acelerador é mantido em posições intermediárias.

DESCRIÇÃO DO ENSAIO

O teste de plena carga determina a potência máxima do motor em cada rotação de funcionamento. Para tal, após o aquecimento do motor e estabilização das temperaturas, leva-se o acelerador para a posição de máxima rotação e, gradualmente, ajusta-se a carga do dinamômetro e observa-se a queda de rotação, anotando-se os valores de potências lidos e a rpm correspondente. Em geral, nos motores Diesel, os valores mais importantes são os nominais de placa neste teste. Por exemplo, se o motor é de 400 HP a 2100 rpm, dados constantes na plaqueta de identificação, ao posicionar o acelerador em máxima rpm, sem carga, o tacômetro deverá assinalar algo

como 2500 rpm. Aumentando-se gradualmente a carga aplicada, ao atingir 2100 rpm a carga deverá ser de 400 HP, como informado pelo fabricante. É importante que sejam estabelecidos os pontos de medição desejados, para cada motor, onde serão efetuadas as leituras e os valores anotados, para que a prova possa ser repetida. Parâmetros como temperatura dos gases de escape, pressão no coletor de admissão e temperaturas da água e do óleo lubrificante, assim como a coloração dos gases de escape, são indicadores importantes de problemas que necessitam ser corrigidos. Deve-se ter em mente que a coloração dos gases de escape é um indicativo da carga do motor porém não é absoluto, posto que outros fatores, tais como injeção atrasada, compressão inadequada e injeção desigual nos diversos cilindros produzem fumaça. Para um motor em boas condições, o aspecto dos gases de escape dá uma idéia satisfatória da situação de carga do motor.

TESTE DE VELOCIDADE CONSTANTE

O teste de velocidade constante é normalmente utilizado na análise de desempenho de motores estacionários, que acionam geradores por exemplo, onde a velocidade de rotação é constante e deseja-se medir a potência máxima e o consumo de combustível para várias condições de carga, na mesma rpm.

DESCRIÇÃO DO ENSAIO

Inicia-se o teste com o motor funcionando sem carga (ou somente com a carga de aquecimento), atuando-se no acelerador até atingir a velocidade desejada. O acelerador é mantido fixo nessa posição e, segundo um roteiro de testes pré estabelecido, aplica-se a carga até o valor desejado, sendo mantida a rotação constante. A maioria dos motores para essas aplicações estão dotados de um governador automático de rpm, na bomba injetora, que se encarrega de manter constante a velocidade ajustada. Quando o ensaio estiver sendo efetuado sem o governador, é necessário corrigir a velocidade manualmente. Atingidos os valores pretendidos, efetua-se as leituras e anotações dos parâmetros que se pretende avaliar. O teste pode ser conduzido em várias etapas de valores de carga, sendo a última o teste de plena carga. Adotando-se incrementos de carga adequados, é possível traçar, por exemplo, uma curva de consumo específico de combustível.

TESTE DE TORQUE E AVANÇO

Tem como finalidade determinar a curva de avanço ideal para o distribuidor, em motores do ciclo Otto, com o motor funcionando tanto em plena carga quanto em cargas parciais.

DESCRIÇÃO DO ENSAIO

Inicia-se o teste com o motor funcionando em plena carga, na rotação de funcionamento mais baixa. A seguir aciona-se manualmente o distribuidor até descobrir a posição de torque máximo. Registra-se o avanço correspondente a

esta posição e em seguida movimentar-se o distribuidor para um dos lados observando em que momento ocorre uma variação de torque. Neste instante, registra-se o avanço correspondente. Faz-se o mesmo procedimento girando o distribuidor para o outro lado. Feito isso, fica determinada uma faixa de avanço para a condição de torque máximo, para uma rotação do motor. Todo este procedimento será repetido até que todas as rotações de funcionamento sejam abrangidas. Analogamente é feita a pesquisa de avanço nas cargas parciais. Para uma velocidade de rotação e uma carga estabelecida (25%, 50%, 75% da plena carga) determina-se o avanço que corresponde a manutenção da rpm e da carga com a menor abertura do acelerador. Neste instante, registra-se o vácuo presente no coletor de admissão. Repete-se este procedimento, até que toda a faixa de velocidade e carga seja abrangida. Ao final do teste, os resultados encontrados são organizados em forma de tabela.

Para os motores do ciclo Otto o avanço total é $A_t = A_i + A_c + A_v$ onde:

A_t = Avanço total;

A_i = Avanço inicial ou fixo colocado na rotação de marcha lenta do motor;

A_c = Avanço centrífugo e

A_v = Avanço à vácuo.

Nas condições de trabalho sem carga apenas estão atuando os avanços inicial e centrífugo, uma vez que não há presença de vácuo no coletor de admissão para acionar o avanço à vácuo.

Desta forma, se estabelece um avanço inicial (por exemplo, 10° APMS) e com os resultados obtidos no teste de plena carga, determina-se a curva de avanço centrífugo que deve ser preparada no analisador de distribuidor, que é o equipamento destinado para este fim.

Em motores de 4 tempos, para completar-se um ciclo, a árvore de manivelas gira 720° enquanto o eixo do distribuidor gira 360°. Desta forma, as rotações e os avanços observados no motor correspondem no distribuidor à metade dos valores observados.

De forma análoga, a curva de avanço à vácuo do motor é determinada em função de um avanço inicial pré-fixado, do avanço centrífugo determinado e do avanço total registrado em cada condição de carga parcial.

Finalmente, de posse de todos os dados levantados, o distribuidor é preparado com o auxílio de um analisador de distribuidores, onde procura-se colocar o distribuidor dentro das faixas ideais determinadas por ocasião do teste em dinamômetro.

TESTE DE POTÊNCIA DE ATRITO

Tem por objetivo determinar a potência necessária para acionar o motor em condições de funcionamento, vencendo todas as resistências mecânicas resultantes do atrito das partes móveis mais os esforços para vencer os tempos de compressão, admissão e expulsão dos gases. O motor deve ser acionado pelo dinamômetro, sem queimar combustível e a potência de atrito será considerada como igual a consumida pelo dinamômetro para as considerações de ensaio (rotação, temperatura de óleo, etc.).

Como para o dinamômetro objeto do presente trabalho este teste é inviável, deixamos de tecer maiores comentários sobre o mesmo.

EMISSÕES

O processo de combustão é uma reação química de oxidação que se processa em altas temperaturas.

Nos motores em geral, o processo de combustão oxida uma parcela dos componentes que são admitidos no interior do cilindro. O combustível, principalmente os derivados de petróleo, é, na realidade uma mistura de hidrocarbonetos que contém também outros materiais, tais como enxofre, vanádio, sódio, potássio, etc. Por outro lado, o ar, utilizado como comburente, é uma mistura de gases diversos, como sabemos. O oxigênio contido no ar é o que realmente interessa ao processo de combustão. Os demais gases, como o nitrogênio, ao se combinarem com alguns outros componentes do combustível, podem produzir compostos indesejáveis, os quais são lançados na atmosfera, misturando-se ao ar que respiramos. Alguns desses compostos, como o SO₂, são prejudiciais e atualmente são objeto de preocupação mundial. As organizações internacionais, como a EPA, nos Estados Unidos, o CONAMA, do Brasil e outras entidades, vem estabelecendo padrões para controle dos níveis de emissões desses poluentes e, se considerarmos os milhões de motores que existem no planeta, emitindo milhões de toneladas desses produtos diariamente, veremos que, realmente, existem motivos para preocupações.

Para os automóveis, na Europa já é obrigatório o uso de catalisadores e no Brasil essa obrigação será estabelecida em futuro próximo. Os DETRAN's já estão equipados com os equipamentos de medição de emissões e, a partir do próximo ano, não mais serão licenciados veículos com altos níveis de emissões. Os motores Diesel produzidos atualmente necessitam atender a limites estabelecidos em normas internacionais, sendo esses limites, periodicamente, reduzidos a fim de obrigar os fabricantes a desenvolverem motores capazes de produzirem potência com o máximo aproveitamento do combustível e o mínimo de emissões. Como ilustração, vide abaixo tabela de emissões de um motor Diesel novo, em boas condições de operação e aprovado em testes de emissões:

HC	Hidrocarbonetos não queimados	2,40
NO_x	Óxidos de Nitrogênio como N ₂	11,49
CO	Monóxido de Carbono	0,40
PM	Material particulado	0,50
SO₂	Anidrido Sulfuroso	0,62
CO₂	Gás Carbônico	510
N₂	Nitrogênio	3.400
O₂	Oxigênio	490
H₂O	Vapor d'água	180

Os valores são expressos em gramas/HP.h

Quando se conhece a concentração de enxofre existente no combustível utilizado, é possível estimar a quantidade de SO₂ emitida pelo motor. Sabendo-se que as massas moleculares de S e SO₂ são, respetivamente, 32 e 64 kg/kmol, sendo **B** a quantidade de combustível consumida em Kg/h e **s** o conteúdo de enxofre em frações, tem-se que:

$$[\text{SO}_2] = 2Bs \text{ (em Kg/h).}$$

DINAMÔMETRO HIDRÁULICO KAHN SERIE 301

ESPECIFICAÇÕES

FAIXA DE OPERAÇÃO

Potência máxima	1000 HP
Rotação máxima	4000 rpm
Torque máximo	2000 ft.lb

PESO E INÉRCIA

Peso aproximado (seco)	280 lb.
Momento de inércia - WR^2	1380 in ² lb.

LUBRIFICAÇÃO

Tipo de lubrificação	À graxa, selado
Lubrificante	Exxon Unirex N3

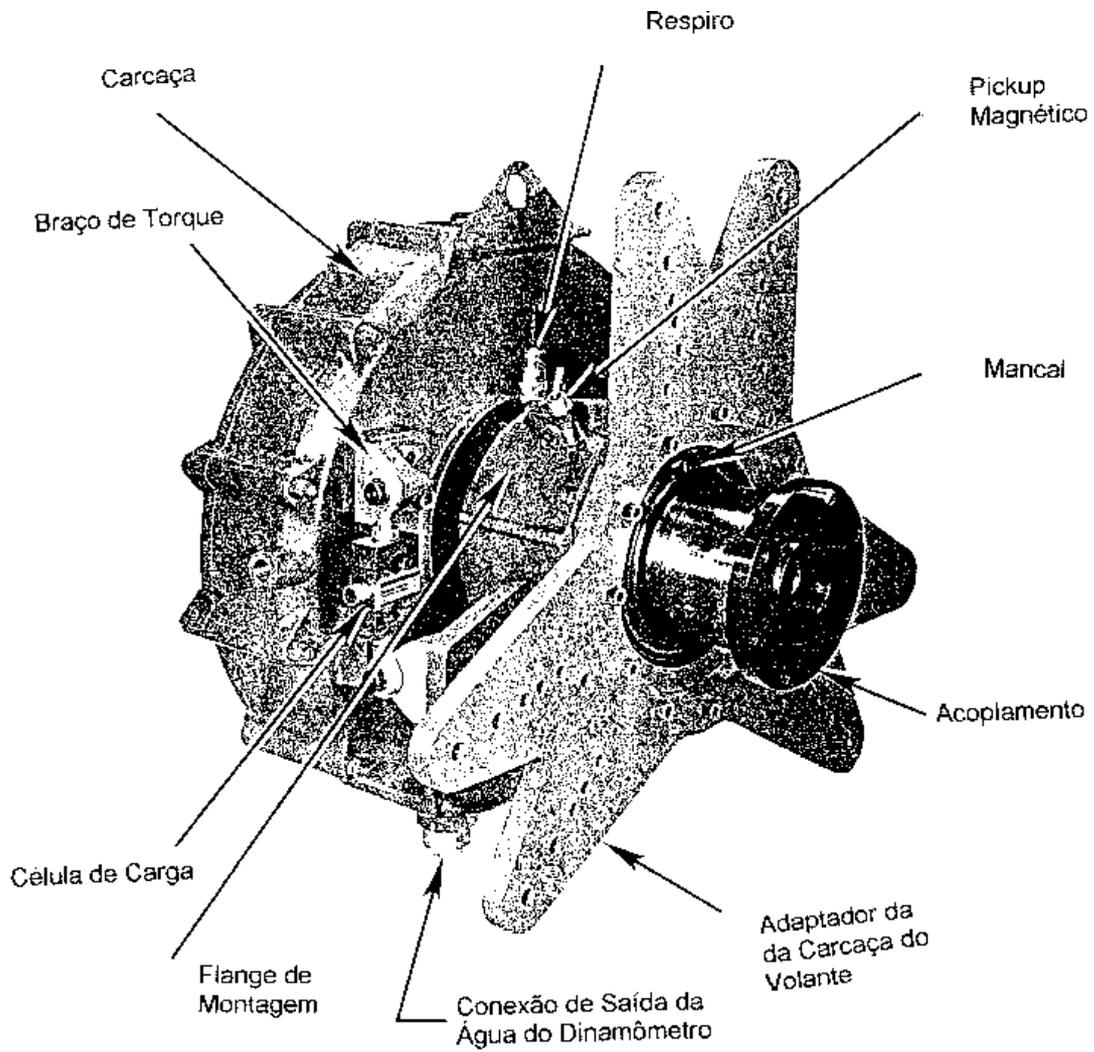
SUPRIMENTO DE ÁGUA REQUERIDO

Fluxo específico de água	4,0 a 8,0 gal/HP.h
Pressão da água	50 psi
Temperatura na saída da água (máxima)	180 °F
Filtragem (Tam. Máx. de partículas na água)	340 microm
Fluxo de selagem	0,1 gal/min

DESENHOS E LISTA DE MATERIAL

Curva de absorção de potência	A301-190-110
Planilha de dimensões	C301-190-101, Rev. A
Desenho de montagem	E301-190-005, Rev. B
Lista de material	301-190-005 pp. 1-7
Instalação das mangueiras de água	C503-100-139, Rev. A
Sistema de água de operação	A518-100-125, Rev. C
Sistema de recirculação de água	A518-100-119, Rev. A

DINAMÔMETRO HIDRÁULICO KAHN SERIE 301



**DINAMÔMETRO HIDRÁULICO MODELO 301-190
COM ADAPTADOR DA CARÇAÇA DO
VOLANTE E ACOPLAMENTO**

INTRODUÇÃO

Este documento contém as informações essenciais de operação do DINAMÔMETRO KAHN SÉRIE 301, que irão lhe auxiliar nos trabalhos de ensaio dos motores do CFN. As instruções detalhadas referentes a instalação, diagnóstico de falhas e reparos do dinamômetro, encontram-se nos manuais originais fornecidos pelo fabricante. As instruções a seguir devem ser entendidas e observadas com atenção por todos que operam o equipamento.

FINALIDADE

O dinamômetro hidráulico é um dispositivo destinado a absorção e medição de potência produzida por uma fonte capaz de acioná-lo, no caso, um motor de combustão interna. Para que funcione, é necessário o suprimento de um fluxo de água contínuo, para absorver a energia mecânica e trocar o calor gerado no processo.

APLICAÇÃO

O Dinamômetro Kahn série 301 foi construído para realizar testes de carga em motores automotivos Diesel e a gasolina, mas pode também ser empregado em outras aplicações apropriadas.

PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO

O dinamômetro possui um rotor aletado que gira no interior de uma carcaça com estatores também aletados. A água entra na câmara do rotor axialmente, ao centro. Pela ação centrífuga, a água é acelerada e lançada para a saída, formando um anel no interior da câmara do rotor, que gira com rotação aproximadamente igual a metade da velocidade do disco do rotor. Finalmente, a água sai da câmara do rotor através do bocal situado na parte inferior da carcaça.

A energia mecânica fornecida pelo motor em ensaio é absorvida e convertida em calor por um remoinho que é gerado com a passagem da água entre as aletas do rotor e dos estatores. O calço resultante aplica uma resistência ao movimento de rotação do rotor e tende a girar a carcaça no sentido inverso com igual esforço. Este esforço é transmitido, por meio de um braço, a uma célula de carga instalada a uma distância fixa da linha de centro do dinamômetro.

O dinamômetro foi construído para absorver potência com igual capacidade em ambos os sentidos de rotação.

CARACTERÍSTICAS DE OPERAÇÃO

A potência absorvida pelo dinamômetro depende da velocidade de rotação e da quantidade de água existente no interior da câmara do rotor. O nível de água na câmara do rotor é modulado com o controle das válvulas de entrada e saída.

<u>PARA:</u>	<u>Válvula de Entrada</u>	<u>Válvula de Saída</u>
Aumentar a Carga	Abrir	Fechar
Reduzir a Carga	Fechar	Abrir

Abrindo ou fechando a válvula de entrada, o fluxo de água através da câmara do rotor é alterado. Abrindo ou fechando a válvula de saída normalmente o fluxo de água na câmara do rotor não é afetado. Ambas as válvulas devem ser operadas para controlar o fluxo de água.

EM NENHUMA HIPÓTESE, OPERAR O DINAMÔMETRO COM A VÁLVULA DE SAÍDA COMPLETAMENTE FECHADA. O BLOQUEIO DA SAÍDA DA ÁGUA PRODUZ ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA E PRESSÃO, QUE PODERÃO DANIFICAR O DINAMÔMETRO E PROVOCAR ACIDENTE.

A uma dada velocidade de rotação, o máximo de potência é absorvido quando a câmara do rotor se encontra completamente cheia de água. Se a câmara do rotor for mantida completamente cheia, aumentando ou reduzindo a rotação do motor, a potência absorvida varia proporcionalmente ao cubo da variação de rotações.

Em condições normais, o dinamômetro opera com a câmara parcialmente cheia.

O dinamômetro hidráulico opera como se fosse uma bomba centrífuga ineficiente. Uma pequena porção da energia mecânica fornecida (geralmente menos de 2%) é convertida em pressão hidráulica. A pressão centrífuga da água gerada pelo dinamômetro aumenta com o aumento do volume de água e com o aumento da velocidade de rotação. A máxima pressão interna é atingida quando o dinamômetro opera a plena carga com a câmara do rotor completamente cheia. Os limites de rotação e potência, são os valores definidos pela curva de absorção.

Os limites de potência e rotação refletem o máximo fluxo de água permitido pelo dinamômetro. Os limites estão baseados em uma vazão específica de 4 gal/HP.h (=20 l/kwh) a temperatura de 42°C através do dinamômetro. Os limites de torque e rotação estão baseados no projeto mecânico do equipamento, considerando as tensões no eixo e no disco do rotor, velocidades críticas e lubrificação dos mancais.

FLUXO DE ÁGUA

O dinamômetro hidráulico converte energia mecânica em calor. Um fluxo contínuo de água através do dinamômetro é necessário para produzir a resistência ao movimento de rotação e remover o calor gerado no processo. A vazão de água requerida depende da potência absorvida e da variação de temperatura que se pode permitir ao fluxo de água. Para todo e qualquer dinamômetro hidráulico, a vazão do fluxo é calculada por:

$$Q = \frac{5,09P}{t_2 - t_1}$$

Em unidades inglesas:

Q = vazão em galões por minuto;

P = Potência em HP;

t_1 = Temperatura da água na entrada em °F e

t_2 = Temperatura da água na saída em °F.

Ou

$$Q = \frac{14,33P}{t_2 - t_1}$$

Em unidades métricas:

Q = Vazão em litros por minuto;

P = Potência em KW;

t_1 = Temperatura da água na entrada em °C e

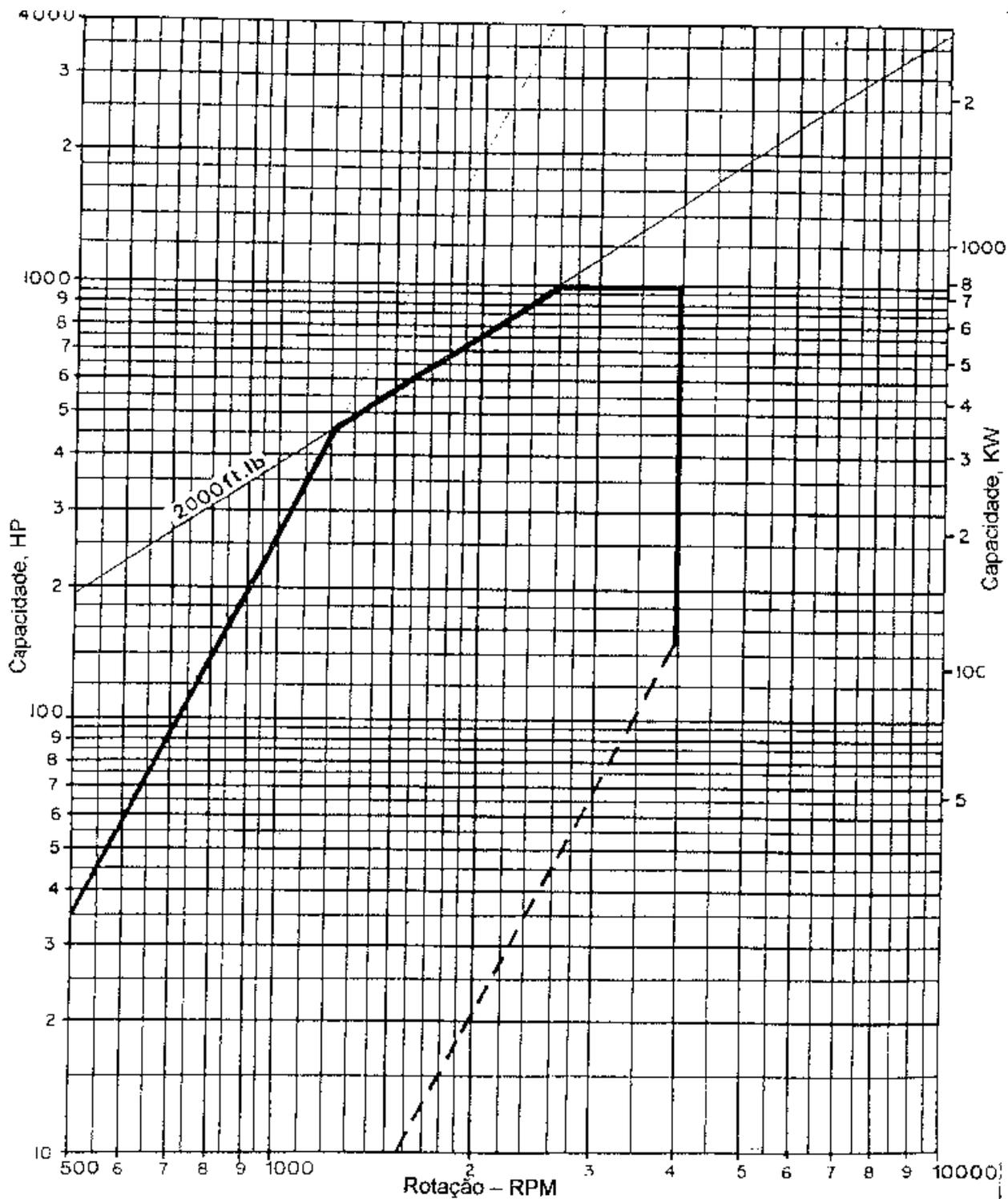
t_2 = Temperatura da água na saída em °C.

A vazão específica varia de 4 gal/HP.h, para sistemas com água perdida, até 8 gal/HP.h, para sistemas com recirculação da água. Devido aos efeitos indesejáveis das temperaturas elevadas, tais como a formação de depósitos e corrosão, recomenda-se que a temperatura na saída da água seja mantida abaixo de 60°C. Para que não ocorra transferência de calor aos mancais do dinamômetro, a temperatura na saída da água não deve ultrapassar 82°C.

OBSERVE A TEMPERATURA DA ÁGUA NA SAÍDA DO DINAMÔMETRO. SE A TEMPERATURA SE APROXIMAR DE 82°C, REDUZA A CARGA E A ROTAÇÃO DO MOTOR.

OPERAR O DINAMÔMETRO COM TEMPERATURA DA ÁGUA NA SAÍDA PRÓXIMA DOS 100°C, PODERÁ RESULTAR EM SÉRIOS DANOS E ACIDENTES.

CURVA DE ABSORÇÃO DE POTÊNCIA



KAHN INDUSTRIES, INC.
WETHERSFIELD (HARTFORD), CONN.

CURVA DE ABSORÇÃO DE POTÊNCIA
DINAMÔMETRO HIDRÁULICO 301-190

NAME	J.M. 1-20-87
NO.	A301-190-110
PAGE	

SUPRIMENTO DE ÁGUA

O suprimento de água é o pré requisito mais importante para a estabilidade funcional do dinamômetro hidráulico. Flutuações no fluxo de água, introduzidas por cavitação da bomba, entrada de ar, oscilações da válvula de controle, turbulência ou simplesmente a presença de outro usuário na linha de abastecimento produzem instabilidade na carga aplicada ao motor. Como, uma vez instalado o sistema, a correção dessas deficiências se torna difícil, recomenda-se, durante a instalação, observar os requisitos de suprimento de água.

O dinamômetro hidráulico é essencialmente um dispositivo passivo e qualquer flutuação no suprimento de água resultará flutuações de torque e rotação. Por essa razão, é extremamente importante que o suprimento de água seja estável. O sistema de água deve ser capaz de prover o suprimento a uma pressão aproximada de 50 psi (3,5 bar) em qualquer vazão regulada pela válvula de controle de entrada.

Para testes em baixas rotações com massas girantes de alta inércia (motores Diesel, motores elétricos, por exemplo) é necessário que as flutuações estejam abaixo de 1,0 psi, para uma boa estabilidade operacional.

Para aplicações em testes de altas rotações com massas girantes de inércia relativamente pequena, é necessário que as flutuações sejam menores que 0,5% do fluxo nominal, a fim de se obter estabilidade operacional satisfatória.

QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água circulante não afeta o funcionamento e acuidade dos resultados mas pode reduzir a vida útil do dinamômetro. Água com elevado grau de dureza promove a formação de depósitos sólidos, que irão danificar prematuramente os selos mecânicos de carvão do equipamento. Água muito ácida pode causar corrosão eletrolítica entre materiais diferentes. O tratamento da água deve ser considerado quando as suas propriedades excederem os seguinte limites:

Dureza: Carbonato de cálcio acima de 100 ppm

Acidez: PH abaixo de 7,0 ou acima de 8,5

EQUAÇÕES DE POTÊNCIA

Torque e velocidade de rotação podem ser convertidos em potência de acordo com as seguintes equações:

$$Potência (HP) = \frac{Torque (ft.lb) \times Rotação (rpm)}{5252}$$

$$Potência (kW) = \frac{Torque (kgm) \times Rotação (rpm)}{974}$$

$$Potência (kW) = \frac{Torque (Nm) \times Rotação (rpm)}{9550}$$

1 KW = 1,341 HP e, inversamente, 1 HP = 0,746 KW

OPERAÇÃO

VERIFICAÇÕES A SEREM FEITAS ANTES DE DAR A PARTIDA

Antes de colocar o dinamômetro em serviço, as seguintes verificações são indispensáveis:

- a) – Verificar se há livre acesso ao dinamômetro para observação, calibração e possível manutenção;
- b) – Verificar a montagem do acoplamento. Se possível girar o motor manualmente para constatar alguma possível restrição ao movimento;
- c) – Inspeccionar todas as mangueiras e cabos conectados ao dinamômetro. Verificar se nenhum deles está interferindo com o movimento da carcaça.
- d) – Inspeccionar o sistema de controle. Verificar se todos os sensores e transdutores estão corretamente instalados e se os cabos de controle se encontram corretamente interligados;
- e) – Ligar a corrente de alimentação do painel de controle. Verificar as leituras dos indicadores. Todos devem estar “zerados”. Caso contrário, será necessário verificar a calibração;
- f) – Para verificar a calibração estática, instalar o sistema de calibração, proceder as leituras com os pesos e verificar se há erros;
- g) – Verificar o funcionamento das válvulas de controle do fluxo de água;
- h) – Inspeccionar o sistema de suprimento de água. Verificar as mangueiras, tubulações e conexões;
- i) – Inspeccionar o reservatório de água. Verificar o nível e se todas as tubulações estão corretas;
- j) – Fechar a válvula de controle de entrada e abrir completamente a válvula de controle de saída. Ligar a bomba d’água. Abrir a válvula de entrada até 50% do seu curso total. Inspeccionar o dinamômetro e o sistema de suprimento de água quanto a vazamentos, ruídos anormais, entradas de ar e vibrações. Verifica as pressões e suas flutuações para as posições de 100%, 75%, 50%, 25% e 0% de abertura da válvula de entrada;
- k) – Verificar o fluxo de água na mangueira de selagem. Ajustar a abertura da válvula para uma vazão aproximada de 0,1 Gal/min (0,4 l/min) e
- l) – Verificar se o motor a ser ensaiado dispõe de um eficiente sistema de parada de emergência. É necessário ter sempre a mão algum dispositivo

capaz de interromper o fluxo de ar de admissão do motor, para ser usado em possíveis casos de emergência.

NUNCA OPERAR O DINAMÔMETRO COM A VÁLVULA DE SAÍDA COMPLETAMENTE FECHADA. O BLOQUEIO DO FLUXO DE ÁGUA PRODUZ ELEVAÇÕES DE TEMPERATURA E PRESSÃO, QUE PODERÃO DANIFICAR O EQUIPAMENTO E PROVOCAR ACIDENTES.

OBSERVAÇÕES GERAIS SOBRE MOTORES

Antes de iniciar os testes, observar os seguintes cuidados com relação ao motor:

- a) – Fixar o motor firmemente sobre um suporte ou cavalete que lhe permita funcionar sem risco de tombamento. Em geral, para os motores modernos, não há necessidade de ancorar o cavalete ao solo. Em condições normais de funcionamento, as vibrações provenientes do trabalho do motor não são suficientes para provocar danos às estruturas das edificações. Cuidados adicionais devem ser observados com motores pesados e com pequeno número de cilindros;
- b) – Abastecer o motor com o óleo lubrificante indicado para as condições de trabalho em que será aplicado;
- c) – Montar o dinamômetro fixo à carcaça do volante, utilizando para tanto o diâmetro apropriado do círculo de furação do flange e os espaçadores convenientes;
- d) – Para a conexão do eixo do dinamômetro ao volante do motor é necessário um adaptador, cujo desenho é diferente para cada fabricante ou modelo de motor, cuja finalidade é permitir o acoplamento alinhado dos dois componentes. Além do adaptador, espaçadores de espessura adequada devem ser previstos para serem instalados entre o flange do dinamômetro e a carcaça do volante do motor, com a finalidade de assegurar a folga necessária entre a extremidade do eixo do dinamômetro e o volante do motor;
- e) – Após a montagem do dinamômetro na carcaça de volante do motor, é necessário verificar a folga axial da árvore de manivelas do mesmo. Havendo interferência, é necessário efetuar as correções antes de dar partida ao motor. É conveniente confeccionar um kit de adaptador e espaçadores para cada tipo de motor a ser testado;
- f) – Os motores, em geral, são levados para teste sem os acessórios, tais como filtros de ar, silencioso de escape, alternador, etc. o que constitui um risco para a entrada de corpos estranhos pelas passagens de admissão e escape. Antes de dar a partida é de fundamental importância girar o motor, manualmente ou com o auxílio de uma ferramenta adequada, para verificar se há alguma restrição aos movimentos;
- g) – Efetuar todas as conexões da instrumentação, sistema de arrefecimento, combustível, escape de gases, comandos de aceleração, partida e parada.

Prever um dispositivo capaz de parar o motor por abafamento da admissão em casos de emergência;

- h) – Após efetuar as conexões do sistema de arrefecimento e instalar os sensores, abastecer de água o circuito interno de arrefecimento do motor;
- i) – Acionar o motor de partida sem alimentação de combustível, para que o motor gire sem funcionar. Observar se há pressão de óleo lubrificante e vazamentos.
- j) – Não dar partida no motor por mais de 30 segundos contínuos. Após cada período de 30 segundos de funcionamento do motor de partida, esperar de 2 a 5 minutos antes de acioná-lo novamente, a fim de evitar danos ao sistema de partida.

PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO

Conduzir os testes do motor no dinamômetro observando as recomendações do fabricante e operando o dinamômetro como se segue:

- a) – Fechar a válvula de entrada de água;
- b) – Partir o motor e deixá-lo funcionar em marcha lenta;
- c) – Observar o comportamento do motor e do dinamômetro. Verificar a existência de vazamentos, vibrações, ruídos anormais, pressão da água, flutuações, fumaça no motor e pressão de sopro para o cárter;
- d) – Acelerar o motor para aproximadamente 1,5 vezes a sua rotação de marcha lenta. Gradualmente abrir a válvula de entrada de água, para que o motor não trabalhe sem carga e possa haver a circulação de água através da câmara do rotor do dinamômetro. A potência aplicada não deve ultrapassar 10% da nominal do motor (carga de aquecimento);
- e) – Após a estabilização das temperaturas de água e óleo lubrificante e pressão de sopro para o cárter do motor, conforme recomendações do fabricante, continuar o processo, elevando a rotação do motor e aplicando as cargas recomendadas;
- f) – Ter em mente que, em geral, para a maioria dos motores, a temperatura normal do óleo lubrificante não deve ultrapassar os 110°C. Temperaturas elevadas são indícios de problemas. Quanto à pressão do óleo lubrificante, esta deve se manter constante, ou próxima de um mesmo valor, enquanto o motor estiver operando. Pressões anormalmente altas podem indicar a existência de bloqueio ou restrição no circuito de lubrificação. Por outro lado, pressões anormalmente baixas podem indicar um suprimento insuficiente de óleo lubrificante pela bomba de óleo, bem como perda excessiva nos mancais, ou ainda devido a falhas ou folga excessiva em uma ou mais bronzinas;
- g) – Quando a temperatura da água na saída do dinamômetro ultrapassar os 60°C, abrir totalmente a válvula de controle de saída da água e continuar aplicando as cargas nos valores e rotações estabelecidas;

- h) – Para retirar a carga do motor, primeiro fechar a válvula de controle de entrada e, imediatamente, atuar no acelerador para reduzir a rotação do motor e evitar sobrevelocidade com a redução de carga.
- i) – Depois do motor funcionar durante algum tempo, pode ser necessário adicionar água ao sistema de arrefecimento para compensar o volume equivalente aos bolsões de ar que ficaram presos dentro do motor no início, e que já devem ter sido eliminados a esta altura. A temperatura da água de arrefecimento não deverá exceder nunca 200°F (93°C), nem ficar abaixo dos 160°F (71°C) durante a operação do motor, salvo indicação em contrário do fabricante. Não se deve parar o motor imediatamente após um período de teste sob carga, pois o calor armazenado nas massas de ferro provocará ebulição de água em volta das camisas e nas passagens do cabeçote, se o fluxo for interrompido repentinamente.
- j) – Após completar o teste, deixar o motor funcionar na rotação de marcha lenta por alguns minutos. Em seguida parar o motor, fechar completamente a válvula de entrada de água e desligar a bomba.

PARA EVITAR DANOS AO DINAMÔMETRO, NÃO OPERAR O MESMO SEM CIRCULAÇÃO DE ÁGUA EM ROTAÇÕES SUPERIORES A 1200 rpm

CUIDADOS

Durante a operação do dinamômetro, observar sempre a temperatura da água, o torque e a rpm, não permitindo que os valores máximos sejam ultrapassados. Os limites são:

Torque máximo	2000 lb.ft
Rotação máxima	4000 rpm
Temperatura máxima da água na saída	180°F (82°C)
Pressão máxima da água	100 psi (7,0 bar)

Até 1200 rpm, (30% da rotação máxima) o dinamômetro pode operar sem água. Em rotações mais elevadas, uma pequena quantidade de água deve circular através da câmara do rotor para prevenir superaquecimento dos mancais e danos ao selo e anéis de vedação.

Para prevenir desgaste prematuro do selo mecânico de carvão, a água de selagem deve circular sempre que o dinamômetro esteja em operação.

Qualquer vazamento de água através do selo mecânico é descarregado para a atmosfera através do dreno existente na parte inferior da carcaça. É necessário inspecionar periodicamente a existência desses vazamentos. Saída de vapor d'água ou eventualmente algumas gotas, indica passagem de água pelo selo. A passagem de água através do selo, continuamente, irá provocar corrosão e falhas dos rolamentos.

Enquanto o dinamômetro não estiver em operação, a válvula de controle de saída deve ser mantida completamente aberta. Quando o dinamômetro for permanecer parado por períodos mais longos, deve ser mantido apoiado sobre um suporte com a extremidade do eixo voltada para cima. Esta precaução

previne que a água que ainda possa restar no interior da câmara do rotor tenha contato com o selo mecânico.

Quando o dinamômetro estiver operando sob carga, o tubo de respiro da câmara do rotor deve permanecer livre, para manter a pressão atmosférica no seu interior.

ROTEIRO DE TESTES DO MOTOR

Antes de iniciar os testes de potência do motor, certificar-se de que está de posse dos procedimentos de testes fornecidos pelo fabricante. Um modelo de relatório de testes deverá ser adotado para o registro dos valores medidos durante a realização dos testes.

VERIFICAÇÕES DE POTÊNCIA

As potências máximas indicadas pelos fabricantes dos motores são referidas às condições atmosféricas padrão e se aplicam a motores operando em regime de carga intermitente, salvo indicação em contrário.

Quando for necessário despotenciar um motor para operação em grandes altitudes acima do nível do mar, esta despotenciação poderá ser obtida reduzindo-se a velocidade máxima regulada do motor.

Os motores de aspiração natural devem ser despotenciados em 3% para cada 1000 ft (304,8m) acima do nível do mar e em 1% para cada 10°F (6°C) de elevação acima da temperatura padrão.

Os motores turboalimentados não necessitam ser despotenciados para operar em altitudes de até 12.000 ft acima do nível do mar e em temperaturas do ar até 100°F. Para maiores altitudes e temperaturas, devem ser despotenciados em 4% para cada 1.000 ft de altitude acima de 12.000 ft e em 1% para cada 10°F acima de 100°F.

Motores novos ou recém reconicionados não devem ser imediatamente solicitados a desenvolver acima de 96% da sua potência máxima durante os testes de verificação de potência.

O TESTE EM FASES

FASE 1

Operar o motor em aproximadamente 1,5 vezes a rotação de marcha lenta e carga de aquecimento de cerca de 10% da potência nominal do motor até que a temperatura do óleo lubrificante seja alcançada. Observar pressões do óleo lubrificante e de sopro para o cárter. Verificar, e completar se necessário, o nível de óleo lubrificante no cárter. (Os elementos de filtro novos absorvem uma certa quantidade de óleo durante os primeiros minutos de funcionamento, fazendo baixar a indicação na vareta medidora). Observar que, com o motor funcionando, a adição de óleo lubrificante até a marca de nível da vareta medidora poderá resultar em excesso de óleo no cárter;

Ajustar a rotação do motor para 75% da rotação nominal e a carga do dinamômetro para 50% da potência e deixar o motor funcionar nesta condição durante 5 minutos. Anotar as leituras de todos os instrumentos e os valores de HP e RPM.

FASE 2

Reduzir a zero a carga do dinamômetro. Reduzir a rotação do motor, verificar, e ajustar se necessário, a rotação de marcha lenta.

Acelerar o motor sem carga até o limite de rotação. Verificar, e ajustar se necessário, a rotação alta livre. Observar que o dinamômetro não deve operar por períodos prolongados sem circulação de água. Portanto, a verificação de rotação alta livre deve ser feita com a rapidez possível.

Após ajustar e anotar os valores de marcha lenta e rotação alta livre, retomar os testes e potência aplicando carga de 75% da potência com 100% da rotação nominal do motor durante 5 minutos. Anotar as leituras dos instrumentos e valores de HP e RPM.

FASE 3

Ajustar a carga do dinamômetro para 85% da potência do motor, mantendo a rotação em 100%, durante 5 minutos. Proceder as leituras e anotações como nas fases anteriores.

Se a pressão de sopro de gases para o cárter permanecer elevada, operar o motor por mais 30 minutos nas mesmas condições de carga da FASE 2 e observar se a pressão se reduz.

FASE 4

Ajustar a carga do dinamômetro para 90% da potência do motor, mantendo a rotação em 100%, durante 5 minutos. Proceder as leituras e anotações como nas fases anteriores.

Verificar vazamentos e corrigir. Observar o nível de fumaça e reajustar as folgas de válvulas. Nos motores Cummins é necessário ajustar também os injetores. Utilizar os valores recomendados pelo fabricante para o motor quente.

O reajuste das folgas de válvulas e injetores após uma hora de operação é necessário a fim de assegurar níveis mínimos de fumaça e evitar sobrecarga dos mecanismos impulsores em geral.

VERIFICAÇÃO DE POTÊNCIA

Ajustar a carga do dinamômetro para 96% da potência do motor e a rotação para 100% da RPM durante 5 minutos. Como nas fases anteriores, efetuar as leituras e anotações.

Deixar o motor funcionar por alguns minutos em marcha lenta, para acomodação das temperaturas. Parar o motor, fechar completamente a válvula de entrada de água do dinamômetro e desligar a bomba.

RESUMO:

FASE	CARGA (%)	RPM (%)
1	50	75
2	75	100
3	85	100
4	90	100
Verificação de Potência	96	100

MODELO DE RELATÓRIO DE TESTE

A seguir, um modelo sugerido de relatório de teste, que poderá ser adaptado com o crêscimo ou modificações de informações, conforme necessidade.

RELATÓRIO DE TESTE DE MOTOR

Fabricante:	Modelo:	Nr. de Série:	Data de fabricação: / / 19
Equipamento:	Combustível:	Montador:	Origem:
Potência Nominal: BHP	Rotação Nominal: RPM	Marcha lenta RPM	Rotação Alta livre RPM
Torque Máximo: a	Numero de Cilindros: RPM	Alimentação:	

RESULTADOS ENCONTRADOS										
	Rotação (RPM)	Carga (BHP)	Temperatura do óleo (°C)	Pressão Lubrif. (psi)	Sopro (in. H ₂ O)	Pressão Comb. (psi)	Temp. Água motor (°C)	Pressão do Turbo (in. Hg)	Temp. do Escape (°C)	Temp. Água Din. (°C)
FASE 1										
FASE 2										
MARCHA LENTA		0						0		
ALTA LIVRE		0						0		
FASE 3										
FASE 4										
VERIF. DE POTÊNC.										

DADOS DO FABRICANTE:										
	Rotação (RPM)	Carga (BHP)	Temperatura do óleo (°C)	Pressão Lubrif. (psi)	Sopro (in. H ₂ O)	Pressão Comb. (psi)	Temp. Água motor (°C)	Pressão do Turbo (in. Hg)	Temp. do Escape (°C)	Temp. Água Din. (°C)
PLENA CARGA										60°C Máx. 82°C

TESTE DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL			
Rotação:	Potência:	Peso inicial:	Peso Final:
RPM	BHP	Kg	Kg
		min	g/HP h

DINAMÔMETRO KAHN SÉRIE 301 AFERIDO EM / / 1999 TESTE REALIZADO EM / / POR

DIAGNÓSTICO DE FALHAS

PROBLEMA	CAUSA PROVÁVEL	AÇÃO CORRETIVA
Dinamômetro não marca carga.	Suprimento de água insuficiente. Dinamômetro está completamente carregado. A válvula de controle de entrada está completamente aberta.	Aumentar a pressão da água. Verifique a curva de absorção de potência. Feche um pouco a válvula de controle de saída.
Dinamômetro não descarrega.	Válvula de controle de saída parcialmente fechada. Contrapressão excessiva na linha de saída da água.	Abra a válvula de controle de saída. Verifique e modifique diâmetro e comprimento da linha de descarga.
Temperatura alta da água na saída.	Fluxo de água inadequado.	Aumente o fluxo de água abrindo as válvulas de entrada e saída da água simultaneamente.
Flutuações excessivas de velocidade e torque.	Flutuações no suprimento de água. Flutuações da saída de potência do motor. Características do dinamômetro incompatíveis com as características do motor.	Ajuste a válvula de alívio. Ajuste o suprimento de combustível ao motor. Aumente ou reduza o fluxo de água para alterar as características do dinamômetro.
Excesso de vibração.	Montagem inadequada. Sujeira ou desgaste no eixo ou acoplamento. Rolamentos defeituosos.	Verifique e reaperte todos os parafusos de fixação. Limpar as estrias do eixo. Se necessário, substituir o eixo. Substitua os rolamentos.
Vazamento excessivo de água pelos pontos de drenagem.	Desgaste do selo de carvão.	Substituir o selo.

MANUTENÇÃO

INSPEÇÃO PERIÓDICA

Para manter a performance e assegurar durabilidade, o dinamômetro deve ser inspecionado regularmente. Um programa de manutenção preventiva deve ser estabelecido para a detecção de problemas antes que os mesmos possam causar danos.

Durante a operação do dinamômetro:

Periodicamente proceder inspeções no equipamento e sistema de suprimento de água quanto a vazamentos. Reapertar braçadeiras, substituir gachetas e O-rings conforme necessidade.

Inspecionar as saídas de dreno quanto à presença de vapor d'água ou gotejamentos. Vazamentos pelos drenos indicam desgaste dos selos de carvão. Substituir os selos e vedações quando necessário.

Mensalmente ou a cada 100 horas de operação, inspecionar:

Sujeira e ferrugem. Limpar externamente o equipamento e proteger as superfícies não pintadas com um inibidor de corrosão.

Filtros de água, filtros hidráulicos e de ar. Limpar e substituir conforme necessidade.

Válvulas de controle de entrada e saída. Verificar vazamentos e liberdade de movimentos. Se necessário, desmontar para limpeza e calibração.

Montagem da célula de carga e sensor de velocidade. Verificar e ajustar corretamente.

Cabos e fiação elétricas. Reapertar as conexões, reparar ou substituir cabos conforme necessidade.

A cada seis meses ou 200 horas de operação, inspecionar:

Verificar a calibração e sistema de medição de torque.

Verificar a calibração dos instrumentos e transdutores.

Remover e limpar as válvulas dos sistemas de respiro da carcaça do dinamômetro.

Estrias do eixo de acionamento e do acoplamento. Verificar rebarbas e morsas causadas por impactos ou desgaste. Se necessário, lixar e reparar as superfícies afetadas. Antes de montar o acoplamento, lubrificar as estrias com graxa a base de sulfato de molibdênio, preferencialmente.

A cada dois anos ou 2000 horas de operação, inspecionar:

Remover a célula de carga, o sensor magnético de rotação e um braço de torque do dinamômetro.

Girar a carcaça do dinamômetro várias vezes para obter uma nova posição dos rolamentos em relação às pistas internas.

LUBRIFICAÇÃO:

O eixo e os rolamentos são lubrificados de fábrica. A graxa se deteriora com o tempo. É recomendado que se faça a relubrificação a cada dois anos ou 1000 horas de operação, utilizando para o eixo e os rolamentos graxa Exxon Unirex N3 e para os mancais da carcaça graxa Exxon Ronex Extra Duty com molibdênio.

Lubrificar o acoplamento a cada seis meses ou 200 horas de operação com Mobilux EP 111 ou produto equivalente. Use o graxeira de 1/8 NPT existente na carcaça do acoplamento.

CALIBRAÇÃO

Com o objetivo de manter ótima acuidade das medições de torque, é necessário calibrar o dinamômetro a cada seis meses ou 200 horas de operação. Adotar intervalos menores se o controle de qualidade, inerente às necessidades do serviço, assim o exigir. Para a calibração, o dinamômetro deve estar montado na plataforma de teste. Não existindo plataforma, no caso de dinamômetro portátil, montar o dinamômetro na carcaça de volante de um motor, sem o acoplamento, deixando livre o eixo de acionamento. Todos os cabos e mangueiras devem ser conectadas. Durante o processo de calibração o eixo do dinamômetro deve permanecer estático.

É fornecido juntamente com o equipamento, um sistema de calibração para uso no dinamômetro hidráulico Kahn Série 301. Este sistema consiste de um braço de calibração com um suporte para pesos, um contrapeso ajustável para balanceamento estático e um conjunto de pesos calibrados de acordo com a norma ASTM E617.

O erro total na medição de torque em um dinamômetro hidráulico é a soma dos erros dos seguintes componentes:

- a) Erro causado pela fricção dos mancais da carcaça do dinamômetro, tolerâncias do comprimento do braço, restrições ao movimento causadas por mangueiras e cabos, desbalanceamento estático e momento de reação do fluxo de água. Com a instalação correta das mangueiras, o erro do dinamômetro deve resultar em $\pm 0,1\%$ da escala de torque do dinamômetro.
- b) Erros resultantes do sistema de leitura, representando todos os erros relacionados à célula de carga e indicador de torque. Usualmente, o erro de leitura é expresso em percentagem da escala de operação da célula de carga.
- c) Erro do comprimento do braço de calibração.

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

Proceder a calibração do dinamômetro de acordo com as seguintes instruções. Melhores informações, se necessárias, podem ser encontradas na documentação técnica original fornecida pelo fabricante do equipamento.

- a) Os sensores e instrumentos são calibrados de fábrica e não são passíveis de calibração no campo.

- b) O sistema de calibração é composto de um braço com 6' de comprimento com suporte para os pesos, 3 contrapesos ajustáveis e 6 pesos de 50 libras.
- c) Com o dinamômetro montado no motor, instalar o braço de calibração com o suporte para os pesos na carcaça do dinamômetro, no lado oposto ao que se encontra a célula de carga. Instalar o fuso roscado com o contrapeso no mesmo lado onde se encontra a célula de carga.
- d) Instalar as mangueiras de água e acessórios requeridos para o funcionamento do dinamômetro.
- e) Desconectar a célula de carga do dinamômetro e ajustar o contrapeso para a posição de balanceamento do braço de calibração, na posição horizontal. Reconectar a célula de carga.
- f) Remover a tampa traseira do painel de controle. Ligar o painel de controle.
- g) Selecionar a posição lb.ft na chave seletora do painel de controle. Observar que o indicador de torque deve marcar 000 lb.ft. Caso contrário, ajustar o potenciômetro ZERO, existente na parte traseira do console, para o valor 000 lb.ft.
- h) Adicionar os pesos, um a um, ao suporte do braço de calibração e efetuar as leituras do instrumento. Comparar os valores com o torque real (Comprimento do braço vezes o peso). Se necessário, ajustar o potenciômetro SPAN, existente na parte traseira do console, para corrigir o valor lido para o valor real.
- i) Remover os pesos, um a um, do suporte. Efetuar cinco ou mais leituras com os pesos em escala. Anotar os valores lidos no instrumento, os valores reais e os erros (diferenças).
- j) Avaliar os erros encontrados. Repetir o ajuste do potenciômetro SPAN para o maior erro encontrado. Continuar o processo de calibração até que todos os erros estejam dentro de limites permitidos. Preencher a ficha de calibração com os valores finais deixados no equipamento.
- k) Após completar o procedimento de calibração, remover o braço de calibração e o contrapeso do dinamômetro. Instalar a tampa traseira do painel de controle.

DINAMÔMETRO KAHN SÉRIE 301 – PAINEL DE CONTROLE SÉRIE 516
FICHA DE CALIBRAÇÃO

Modelo *516-301-004*
 Número de Série *1741*
 Modelo do dinamômetro *310-190-005*
 Comprimento do braço de torque *9,000"*
 Comprimento do braço de calibração *72,000"*
 Indicador digital de torque *SN IMD 10000*
 Indicador digital de rotação *SN IMI 04103*
 Célula de carga 3000 lb. *SN D1127*

DADOS DE CALIBRAÇÃO DE VELOCIDADE

Erro de leitura máximo $\pm 0,1\%$ de 5000 rpm = ± 5 rpm.

Rotação real (rpm)	Rotação indicada (rpm)	Erro (rpm)
0		
1000		
2000		
3000		
5000		

DADOS DE CALIBRAÇÃO DE TORQUE

Erro de torque do dinamômetro (máx.) $\pm 0,1\%$ de 2000 lb.ft = ± 2 ft.lb

Erro do sistema de medição (máx.) $\pm 0,2\%$ de 2250 ft.lb = $\pm 4,5$ ft.lb

Erro total máximo = $\pm 6,5$ ft.lb

			Adicionando pesos		Removendo pesos	
Passo	Peso (lb.)	Torque Real (ft.lb)	Torque Indicado (ft.lb)	Erro de torque (ft.lb)	Torque Indicado (ft.lb)	Erro de Torque (ft.lb)
1	0	0				
2	50	300				
3	100	600				
4	150	900				
5	200	1200				
6	250	1500				
7	300	1800				

DADOS DE CALIBRAÇÃO DE POTÊNCIA

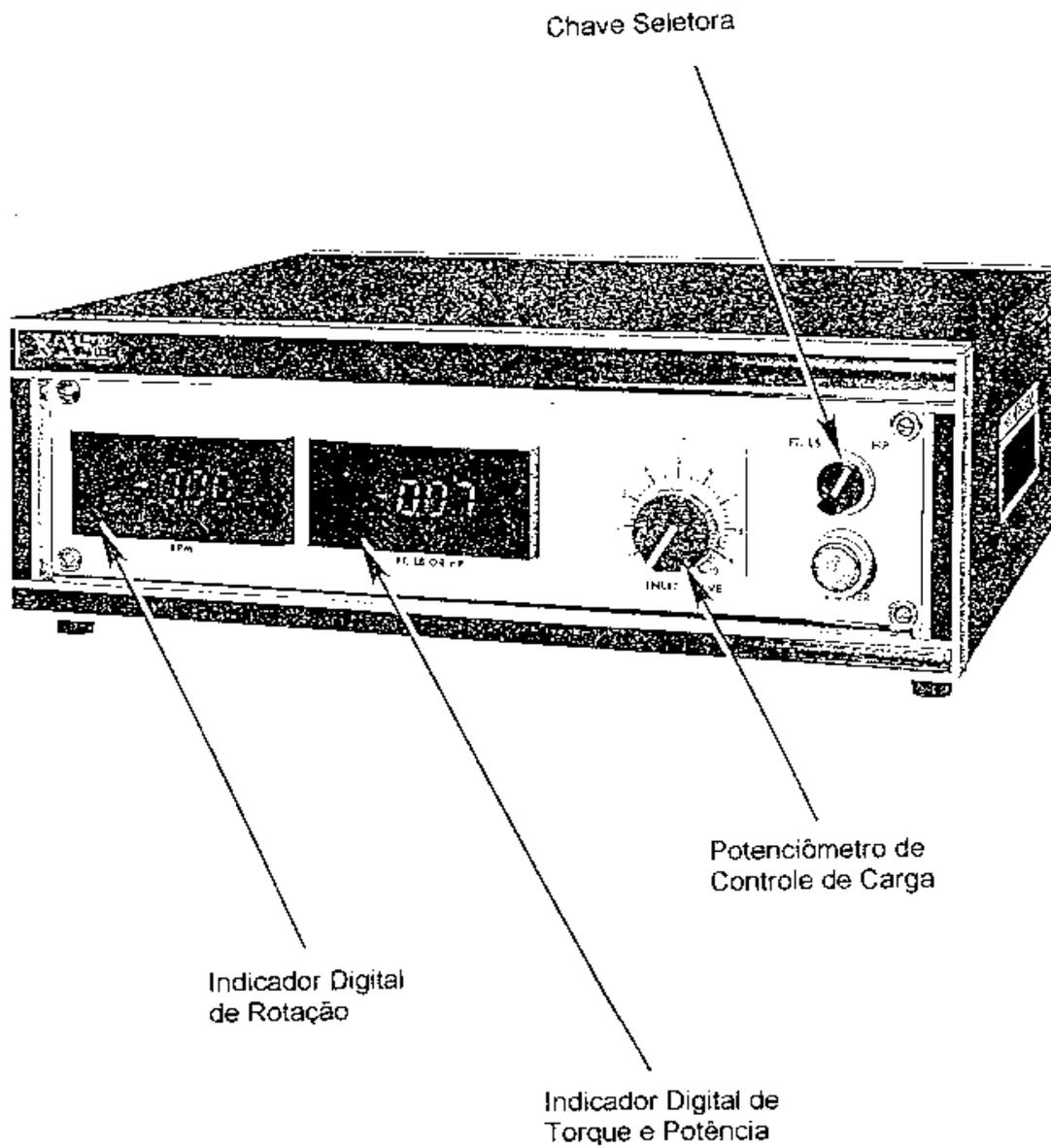
Erro de leitura máximo $\pm 0,5\%$ de 2000 HP = ± 10 HP.

TESTE FUNCIONAL

Potenciômetro, válvulas e atuador _____ Painel _____

Calibração realizada em _____ / _____ / _____ Por (Nome) _____
--

SISTEMA DE CONTROLE MANUAL REMOTO



CONSOLE DE CONTROLE MODELO 515-301-019

SISTEMA DE CONTROLE MANUAL REMOTO

DADOS DE OPERAÇÃO

Capacidade da célula de Carga	3.000 lb.
Comprimento do Braço de Torque	9,000 in
Faixa de Atuação	2.250 lb.ft
Faixa do Indicador de Torque	2.250 lb.ft
Faixa do Indicador de Rotações	5.000 rpm
Faixa do Indicador de Potência	2.000 HP
Tensão de Alimentação	220V, 60Hz

DADOS DE CALIBRAÇÃO

Pesos de Calibração	6 x 50 lb.
Comprimento do Braço de Calibração	72 in
Faixa de Calibração	1800 lb.ft

PRECISÃO

Sistema de Medição de Torque	$\pm 0,2\%$ (LTI)*
Sistema de Medição de Rotações	$\pm 0,1\%$ (LTI)
Sistema de Leitura de Potência	$\pm 0,5\%$ (LTI)

* = Leitura Total do Instrumento

APLICAÇÃO

O Sistema de Controle Manual Remoto foi projetado e fabricado para realizar testes de performance e desempenho em motores de combustão interna, em conjunto com o Dinamômetro hidráulico Kahn séries 101 e 301.

DESCRIÇÃO

O Sistema é composto dos seguintes componentes principais

- (1) Console Portátil de Controle
- (1) Célula de Carga "Strain-Gage"
- (1) Sensor magnético de Rotações
- (1) Válvula de Controle de Entrada com Atuador Elétrico
- (1) Válvula de Saída
- (2) Cabos de controle de 30' de comprimento

A válvula de controle com atuador elétrico e as válvulas de controle manual de saída e selagem, encontram-se no conjunto da Bomba D'água.

A velocidade de rotação do motor é monitorada por um sensor magnético e mostrada num registrador digital. O sensor magnético trabalha em conjunto com uma engrenagem de 60 dentes montada no eixo do Dinamômetro, que funciona como gerador de pulsos. A precisão do indicador de rpm é de $\pm 0,1\%$ da escala total do instrumento. O indicador de velocidade está instalado no

console e conectado ao sensor magnético por um cabo armado de 30' de comprimento. O sistema está calibrado de fabrica.

O torque de saída do motor é medido por uma célula de carga tipo "Strain-Gage" montada entre os braços de torque do Dinamômetro e é mostrado num indicador digital no console. A célula de carga opera tanto no sentido de tensão quanto de compressão. Foi calibrada pelo fabricante com pesos padronizados conforme norma ASTM E617. A precisão é de $\pm 0,2\%$ da capacidade total de torque da célula. O indicador de torque está instalado no console e conectado à célula de carga por um cabo armado de 30' de comprimento. A leitura de torque é selecionada por uma chave seletora na parte frontal do painel. O sistema de leitura está calibrado de fabrica.

A Potência do motor é calculada por um multiplicador interno e mostrada no indicador digital em HP. A leitura de potência é selecionada pela chave seletora na parte frontal do console. O sistema de leitura está calibrado de fabrica para indicar potência de acordo com a fórmula:

$$Potência (hp) = \frac{Torque (lb.ft) \times Rotação (rpm)}{5252}$$

Para a operação do dinamômetro, o console conta com os seguintes controles:

- Chave seletora Torque/Horsepower
- Potenciômetro de controle de carga
- Chave Liga/Desliga (On-Off)

INSTALAÇÃO

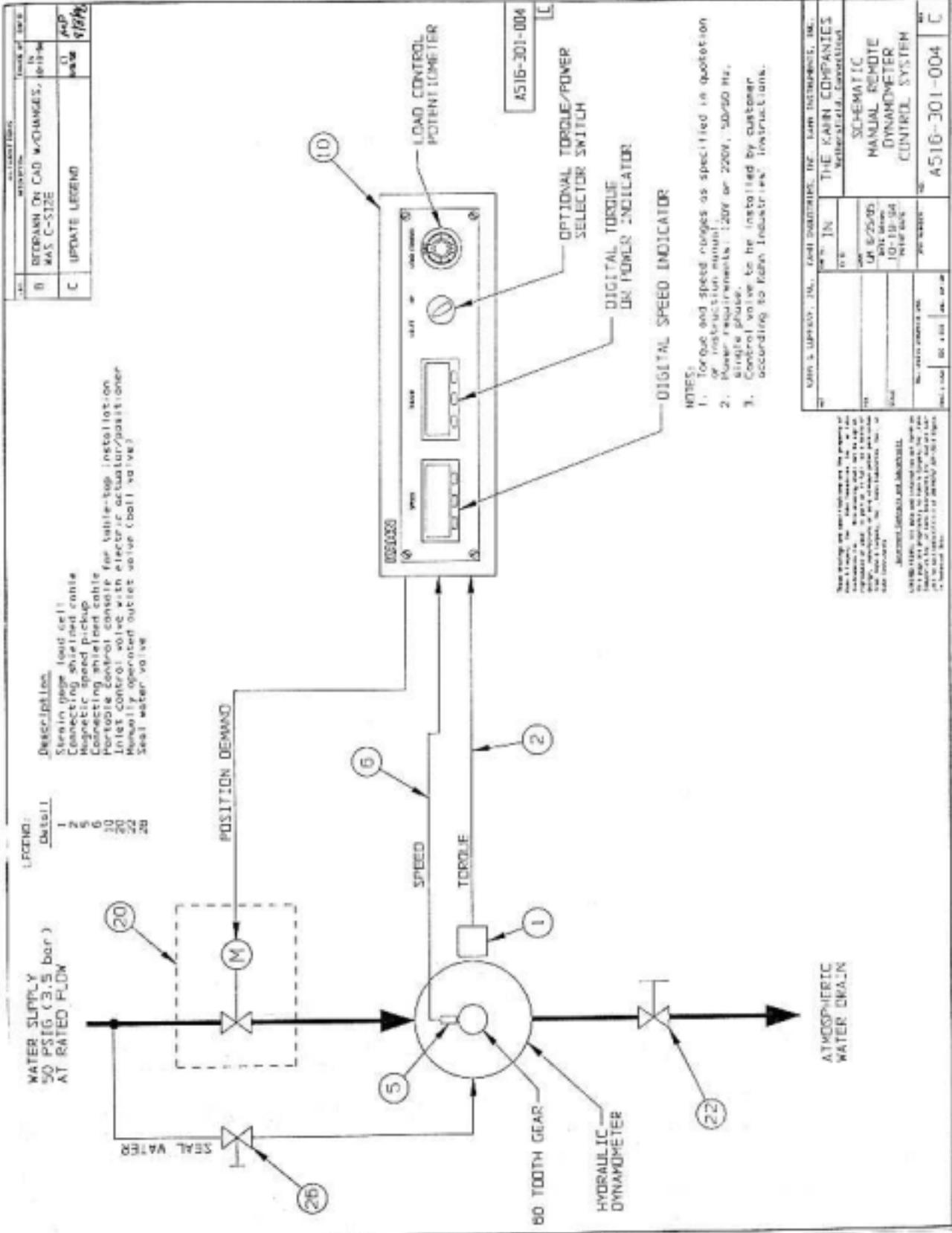
Posicionar o console sobre uma mesa ou pedestal distante 10 a 25 ft do motor e do Dinamômetro. Prover espaço na parte traseira do console suficiente ao acesso necessário para interligação e remoção dos cabos e fiação.

Verificar se a célula de carga está instalada a esquerda do Dinamômetro, visto de frente para a extremidade do eixo. Durante o funcionamento do motor em teste no Dinamômetro, observar se a célula de carga está trabalhando sob tensão com o motor girando no sentido anti-horário, visto de frente para a carcaça do volante.

Inspecionar o arranjo de montagem da célula de carga no Dinamômetro. Verificar se a célula de carga move-se livremente nas juntas esféricas das extremidades e se os parafusos e porcas estão apertadas.

O sensor magnético vem ajustado de fabrica. Para verificar a ajustagem do sensor magnético, afrouxar a contra-porca e girar o sensor no sentido horário até encostar na engrenagem de 60 dentes montada no eixo do Dinamômetro. Em seguida, girar o sensor no sentido contrário aproximadamente 30° , para

INSTALAÇÃO



REV.	DESCRIPTION	DATE	BY
B	REPAIR ON CAD M-CHANGES, IN WAS C-SIZE	10-19-84	JAP
C	UPDATE LEGEND	11/28/84	JAP

Kahn Industries, Inc., Kahn Instruments, Inc., Kahn Instruments, Inc.	
THE KAHN COMPANIES Waterfall, Connecticut	
DATE: 10-19-84	REV: 001
BY: JAP	CHK: JAP
SCHEMATIC MANUAL REMOTE DYNAMOMETER CONTROL SYSTEM	
NO. 4516-301-004	REV. C

permitir uma folga de 0,005 in (0,13 mm) entre o sensor e os dentes da engrenagem. Girar o eixo do Dinamômetro manualmente para certificar-se de que não há interferência entre o sensor e os dentes da engrenagem. Apertar a contra-porca para fixar o sensor na posição adequada.

PARA EVITAR DANOS AO EQUIPAMENTO, ANTES DE PARTIR O MOTOR GIRAR O EIXO DO DINAMÔMETRO MANUALMENTE, PARA CERTIFICAR-SE DE QUE NÃO HÁ INTERFERÊNCIA ENTRE O SENSOR MAGNÉTICO E OS DENTES DA ENGENHAGEM.

Instalar os dois cabos entre o console, a célula de carga e o sensor magnético.

As válvulas de controle de água, com atuador elétrico e a operada manualmente, encontram-se instaladas no conjunto da bomba d'água. Instalar a fiação de comando entre o console e a válvula de acordo com o diagrama de ligações elétricas.

OPERAÇÃO

Antes de iniciar qualquer teste, proceder uma verificação do sistema de controle de acordo com o seguinte:

Verificar o arranjo de montagem da célula de carga e a ajustagem do sensor magnético;

Verificar as ligações elétricas e fiação de comando e controle. Verificar perda de contato nas conexões;

Verificar as mangueiras de água do Dinamômetro, se estão corretamente instaladas e se não opõem restrição ao movimento da carcaça do dinamômetro.

Ligar o console e verificar se os instrumentos digitais indicam leitura zero de potência, rotação e torque.

Abrir e fechar a água do Dinamômetro com o potenciômetro de controle de carga no painel frontal do console. Comparar a posição do potenciômetro com a posição do indicador de posição existente no topo do atuador elétrico da válvula de controle.

Potenciômetro	Indicador
0	Fechado
45	50% Aberto
90	100% Aberto

Se a posição do potenciômetro de controle e do indicador não coincidem, ajustar a posição do indicador no módulo posicionador de acordo com o procedimento descrito nos próximos parágrafos.

Durante o teste inicial, ajustar a posição da válvula de saída enquanto o motor estiver operando em máximas potência e rotação. Com a válvula de controle de entrada aproximadamente 80% aberta, ajustar a válvula de saída para obter temperatura da água de 140°F ou menos na descarga. Gravar a posição da válvula de saída para uso futuro. Em seguida continuar carregando e descarregando o Dinamômetro com a válvula de controle de entrada somente.

Se o motor estiver equipado com um governador de rpm, aumentando ou diminuindo a carga do Dinamômetro não haverá alteração significativa na velocidade de rotação do motor. Se o motor não estiver equipado com governador de rotações, aumentar a carga do Dinamômetro resulta em queda de rpm do motor e vice versa.

O tempo de resposta da válvula de controle de entrada do dinamômetro é de aproximadamente 8 segundos para completar o curso total. Quando aplicando ou retirando carga do Dinamômetro, esperar que a válvula estabilize num determinado ponto de operação, antes de registrar os dados de teste.

O atuador elétrico da válvula de controle não deve ser acionado por mais de 60 segundos continuamente. O atuador é termicamente protegido. A energia é automaticamente interrompida quando a válvula atinge a posição desejada. Se o atuador não funcionar, esperar até que ele esfrie antes de tentar acioná-lo novamente. Se ocorrer uma falta de energia, abrir ou fechar a válvula acionando o comando manual no topo do atuador. Simplesmente puxando-o para cima e girando no sentido horário para abrir ou no sentido contrário para fechar.

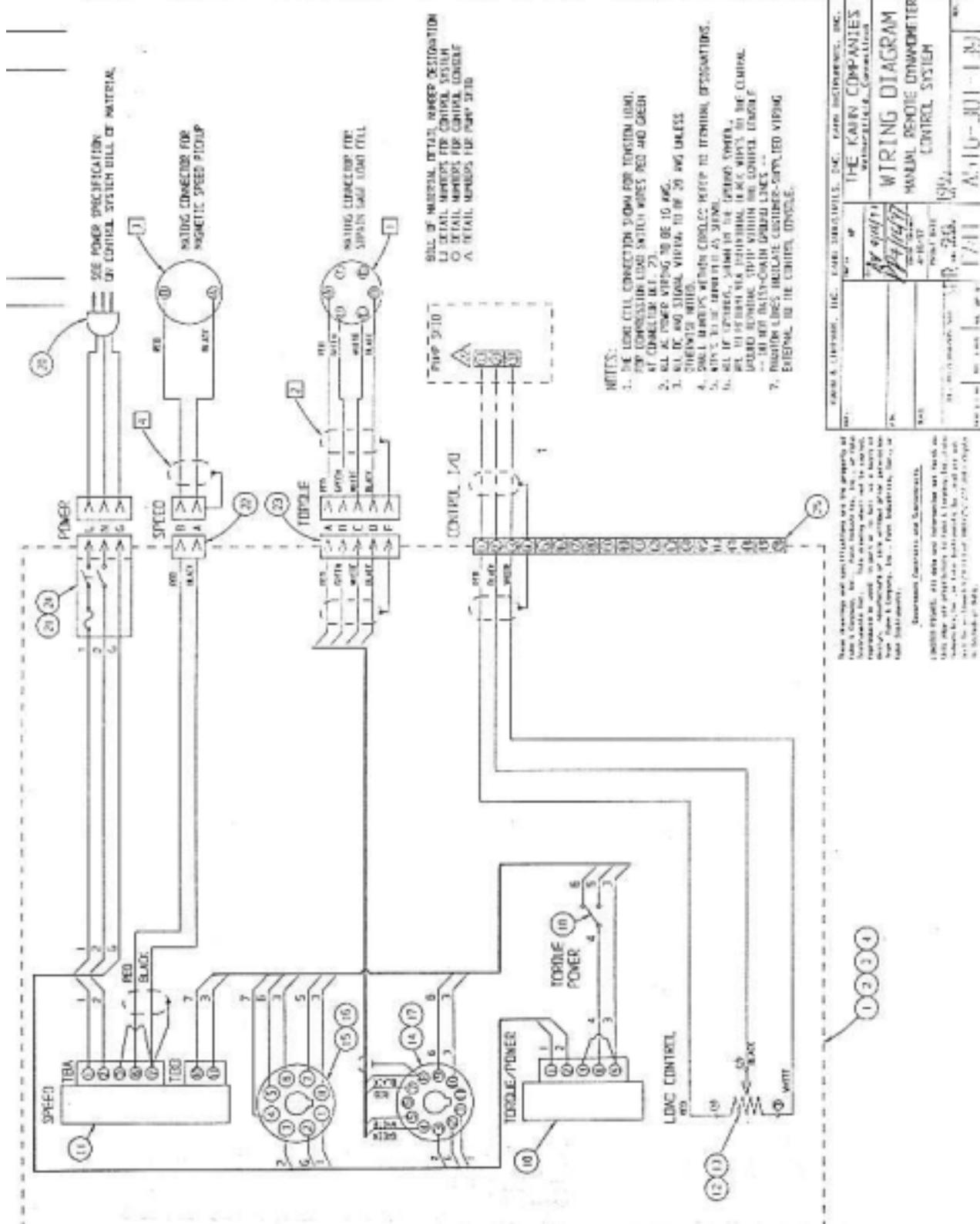
Durante o funcionamento de motor, observar os indicadores de torque e de rotação no console e o indicador de temperatura da água. Verificar se todas as leituras estão dentro dos limites de operação do motor e do Dinamômetro. Registrar torque e rotação periodicamente, especialmente durante a realização do teste inicial.

Parar imediatamente o Dinamômetro e o motor se um dos limites abaixo for excedido:

- a) – Torque acima de 2.000 lb.ft
- b) – Rotação acima 4.000 rpm
- c) - Temperatura na descarga da água acima de 180°F

Após completar o teste de performance do motor, parar o mesmo. Fechar a válvula de controle de entrada e abrir a válvula de controle de saída completamente. Desligar a bomba. Desligar o console.

DIAGRAMA DE LIGAÇÕES DO CONSOLE



SEE POWER SPECIFICATION
OF CONTROL SYSTEM BILL OF MATERIAL

SEE POWER SPECIFICATION
OF CONTROL SYSTEM BILL OF MATERIAL

SEE POWER SPECIFICATION
OF CONTROL SYSTEM BILL OF MATERIAL

SEE POWER SPECIFICATION
OF CONTROL SYSTEM BILL OF MATERIAL

SEE POWER SPECIFICATION
OF CONTROL SYSTEM BILL OF MATERIAL

SEE POWER SPECIFICATION
OF CONTROL SYSTEM BILL OF MATERIAL

- NOTES:**
1. THE LOAD CELL CONNECTION SIGNAL FOR TORQUE LOAD, FOR COMPRESSION LOAD SWITCH WIRES RED AND GREEN AT COMBINATION B/E 23.
 2. ALL AC POWER WIRING TO BE 10 AWG.
 3. ALL DC AND SIGNAL WIRING TO BE 20 AWG UNLESS OTHERWISE NOTED.
 4. SMALL MARKS WITHIN CIRCLES REFER TO TERMINAL IDENTIFICATIONS.
 5. WTS TO BE LABELLED AS SHOWN.
 6. ALL IF LEADERS, SHOWN IN THE TORQUE MOTOR, ARE TO BE IDENTIFIED WITH INSULATING TAPE WIRES TO THE CLAMP. LEADER TERMINAL SHOULD WITHIN THE CORRELATION E.
 7. POSITION LINES INDICATE CUSTOMER-SUPPLIED WIRING EXTERNAL TO THE CONTROL CONSOLE.

THE KARYN COMPANIES WIREWORKERS-Consultants	
WIRING DIAGRAM MANUAL REMOTE DYNAMOMETER CONTROL SYSTEM	
DATE: 1/11	BY: [Signature]
NO. 100-301-1.29	

These drawings and specifications are the property of Karyn Companies, Inc. and are to be used only for the project for which they were prepared. No part of this drawing may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without the prior written permission of Karyn Companies, Inc. - Fort Lauderdale, Florida.

CALIBRAÇÃO DA VÁLVULA DE CONTROLE

Calibrar a válvula de controle de entrada de acordo com os procedimentos abaixo:

O ajuste mecânico está localizado no cabeçote da válvula de controle. Se a válvula não abrir totalmente ou o curso ultrapassar a posição aberta, afrouxar o came soltando o parafuso de fixação. Atuar a válvula para a posição correta manualmente. Ajustar o came de forma que ele acione o micro switch nessa posição. Apertar o parafuso de fixação e conferir a posição e acionamento do contato. Repetir essa operação para a posição fechada.

Os ajustes elétricos estão localizados no cartão de circuito impresso do posicionador, no cabeçote da válvula de controle e são os potenciômetros identificados como: **Zero**, **Range** e **A-H**.

- a) – **Ajuste “Zero”**. Aplicar um sinal “*Totalmente Fechado*” (10 VDC) na entrada do posicionador. O atuador deverá girar no sentido horário até parar no ou próximo do limite de rotação horário. Ajustar o potenciômetro “Zero” até que o atuador pare com a válvula na posição totalmente fechada e o indicador LD1 esteja desligado (OFF).
- b) – **Ajuste “Range”**. Aplicar um sinal “*Totalmente Aberto*” (0 VDC) na entrada do posicionador. O atuador deverá girar no sentido anti-horário até parar no ou próximo do limite de rotação anti-horário. Ajustar o potenciômetro “Range” até que o atuador pare com a válvula na posição totalmente aberta e o indicador LD2 esteja desligado (OFF).
- c) – **Ajuste “A-H” (Anti-Hunt)**. Este ajuste somente pode ser feito após completa a instalação e em operação. Aplicar um sinal na entrada para fazer o eixo do atuador girar o suficiente para a válvula abrir aproximadamente 10%. Se houver tendência de retorno do eixo do atuador, ajustar o potenciômetro no sentido anti-horário até estabilizar a posição do atuador. O controle “A-H” tem como finalidade balancear as características dinâmicas do posicionador. Funcionalmente, ele varia o montante do sinal de entrada que deve ser aplicado para causar a reversão do movimento do atuador. Maiores detalhes, consultar a documentação técnica fornecida pelo fabricante.
- d) – Após completados os ajustes **a)** a **c)**, o conjunto posicionador/atuador deve estar pronto para uso. Embora não haja nenhuma interação entre os ajustes, é conveniente conferir os ajustes “Zero” e “Range”.

MANUTENÇÃO

Para obter ótima performance e assegurar durabilidade, inspecionar o console periodicamente. Um programa de manutenção preventiva irá detectar a maioria dos problemas antes que eles possam causar maiores danos.

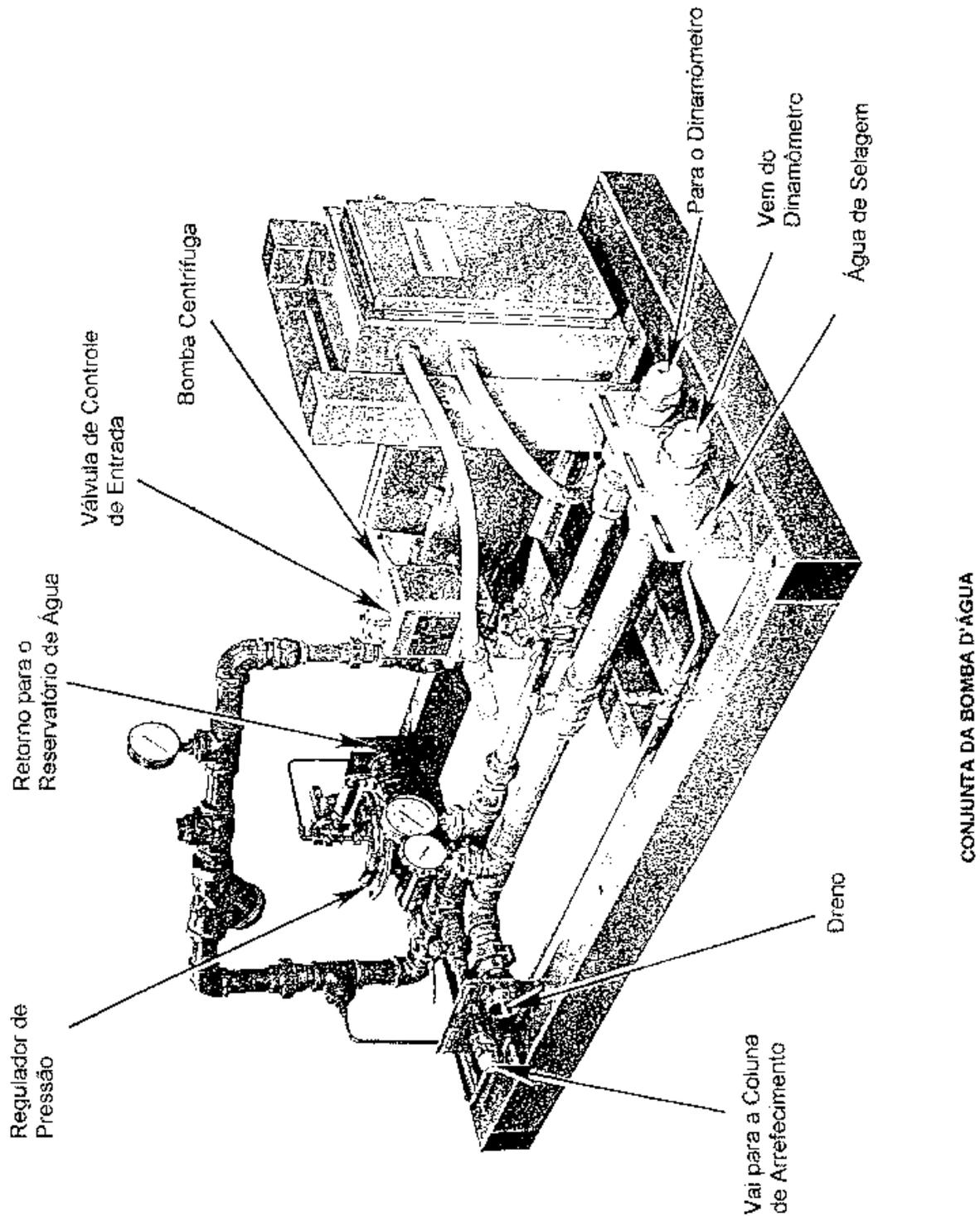
Mensalmente ou a cada 100 horas de operação, proceder inspeção dos seguintes pontos:

- Cabos elétricos e fiação de comando e controle. Reapertar conexões e terminais, reparar ou substituir, conforme necessidade.

- Verificar o ajuste do sensor magnético e o arranjo de montagem da célula de carga.
- Conferir a calibração da válvula de controle de entrada.

A cada seis meses ou 200 horas de operação proceder a calibração do Dinamômetro, conforme descrito no tópico calibração.

BOMBA D'ÁGUA



CONJUNTO DA BOMBA D'ÁGUA DE ARREFECIMENTO

ESPECIFICAÇÕES

Vazão	75 gal/min
Pressão	50 psi
Temperatura máxima da água - entrada	90°F
Temperatura máxima da água – saída	180°F
Peso (conjunto, seco)	300 lb.

APLICAÇÃO

O conjunto da bomba de arrefecimento foi projetado para operar juntamente com a coluna série 518, fornecendo água para troca de calor do motor e do dinamômetro Kahn modelo 301-190.

DESCRIÇÃO

Além da bomba centrífuga, o conjunto contém as conexões de entrada e saída de água para o dinamômetro, a válvula de água de selagem, um regulador de pressão, termômetro e manômetro para a água e o cofre da chave de partida.

A bomba está dimensionada para fornecer água com vazão de 75 gal/min a uma pressão de 50 psig. É acionada por um motor elétrico trifásico de 5,0 HP, 220V, 60 Hz.

O regulador de pressão controla a vazão de água para o dinamômetro e a coluna de arrefecimento, fazendo retornar para o reservatório a água que exceder aos valores ajustados.

INSTALAÇÃO

É recomendada a fixação do conjunto sobre uma sólida fundação de concreto capaz de absorver as forças de vibrações e momentos torsionais. Fixar o skid à fundação por meio de parafusos de ancoragem (chumbadores) e nivelar através de calços. Apertar os chumbadores após conectar todas as tubulações e mangueiras.

Posicionar o conjunto próximo ao dinamômetro e à coluna de arrefecimento, em local de fácil acesso e o mais próximo possível do reservatório de água. A distância entre a bomba e carcaça do volante do motor a ser testado deve ser de aproximadamente 8 ft.

O reservatório de água deve ter capacidade mínima de três vezes a vazão da bomba, para que em 3 minutos ocorra a circulação de toda a água do reservatório. Para prevenir aeração na linha de sucção da bomba, a linha de alimentação deve estar separada por um amortecedor de turbulência. A linha de sucção deve ter sua extremidade abaixo do menor nível possível do reservatório. Para a linha de alimentação, instalar uma válvula com bóia para manter o nível adequado do compartimento de sucção.

A linha de sucção da bomba deve ser o mais curta e direta possível, estar localizada abaixo do nível do reservatório e ter área maior que a conexão de entrada da bomba. Se for utilizado um filtro de tela na entrada, este deve ter uma área de passagem de água de pelo menos três vezes a área da entrada da bomba.

Instalar a linha de retorno para o reservatório e a linha de dreno para a atmosfera. Os tubos devem ser o mais curtos e diretos possível, com o mínimo de curvas ou joelhos e de diâmetro superior ao da linha respectiva.

Proceder as ligações elétricas do motor de acordo com o diagrama existente no cofre da chave de partida.

OPERAÇÃO

Antes de dar partida na bomba, verificar:

- a) – Se todas as mangueiras estão conectadas corretamente;
- b) – Os indicadores de pressão e temperatura;
- c) – O nível da água no reservatório e
- d) – Fechar as válvulas de entrada e saída.

O regulador de pressão sai de fábrica ajustado para 40 psig. Para ajustar a pressão do regulador, remover o tampão hexagonal da válvula piloto e girar o parafuso de ajuste no sentido horário para aumentar a pressão e ao contrário para baixar a pressão.

Após dar partida na bomba, com as válvulas de entrada e saída fechadas, ajustar a pressão no regulador para 50 psig. Lentamente abrir as válvulas e permitir que o sistema se estabilize.

Durante o funcionamento, observar se há vazamentos, ruídos anormais, vibração, fumaça, queda de pressão, elevação de temperatura na saída do dinamômetro e nível de água no reservatório.

Parar o dinamômetro e a bomba imediatamente se uma das situações abaixo for percebida:

- a) – Temperatura da água na saída do dinamômetro superior a 180°F;
- b) – Pressão na descarga da bomba menor que 40 psig e
- c) – Pressão na descarga da bomba maior que 55 psig.

Observar sempre o nível da água no reservatório. Não permitir que a bomba trabalhe em vazio.

MANUTENÇÃO

Para obter ótima performance e assegurar durabilidade, inspecionar o conjunto periodicamente. Um programa de manutenção preventiva irá detectar a maioria dos problemas antes que eles possam causar maiores danos.

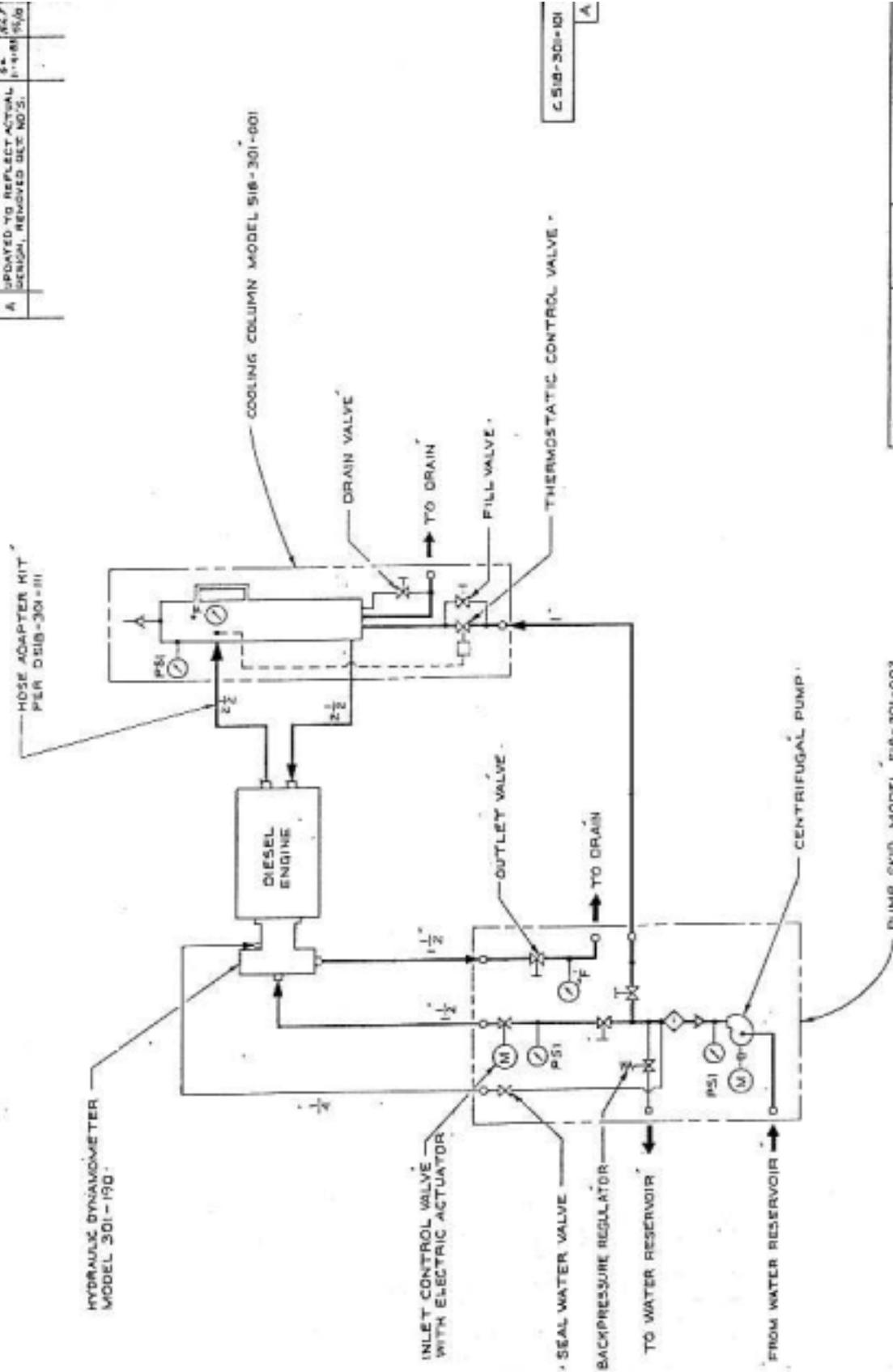
Durante o funcionamento, observar se há vazamentos e corrigi-los, reapertando, conforme necessidade, mangueiras, tubos e conexões.

Remover e limpar o filtro de tela.

Lubrificar os mancais da bomba a cada 1.000 horas de operação

ESQUEMA DO SISTEMA DE ÁGUA

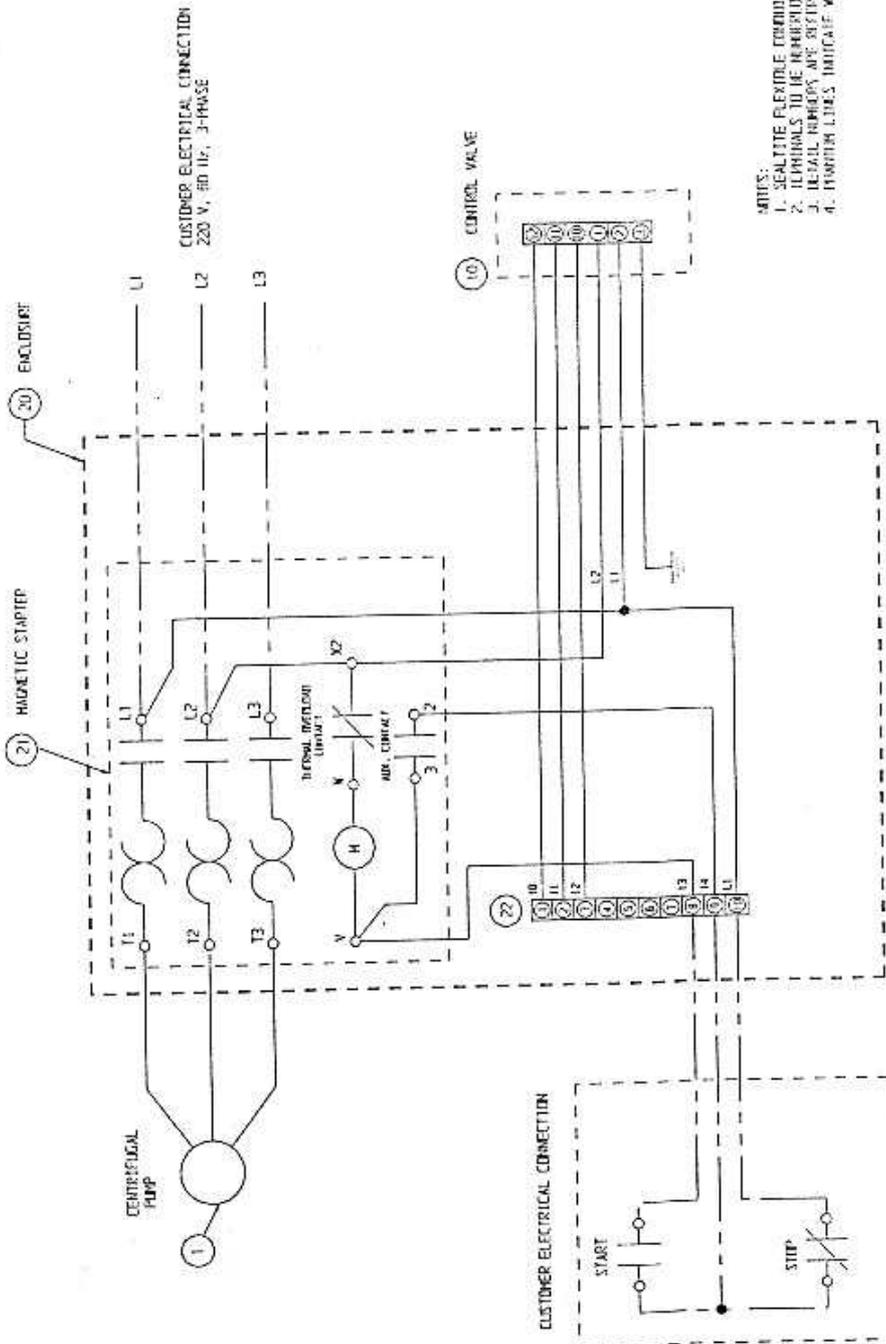
REV.	DESCRIPTION	DATE	BY
A	UPDATED TO REFLECT ACTUAL DESIGN, REMOVED DELT NO'S.	8-1-68	REJ



REV.	DATE	BY	DESCRIPTION
	5-1-68	REJ	REVISED DRAWING CONNECTION
SCHEMATIC - WATER SYSTEM			
NO.	6-10-63		
<small>Drawings and specifications are the property of K&H Industries, Inc. They should not be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without the prior written permission from K&H Industries, Inc.</small>			
K&H INDUSTRIES, INC. WATERBURY, MASSACHUSETTS			C 518-301-101

DIAGRAMA DE LIGAÇÕES DO CONJUNTO DA BOMBA D'ÁGUA

REV.	DESCRIPTION	DATE
A	DET. ID CONNECTION REVISED	AP 4/15/97



- NOTES:
1. SEALTITE FLEXIBLE CONDUIT TO BE USED ON ALL WIRE RUNS.
 2. TERMINALS TO BE REFERRED AS SHOWN.
 3. DETAIL REWORKS ARE REFERENCE ONLY.
 4. DASHED LINES INDICATE WIRING TO BE SUPPLIED BY CUSTOMER.

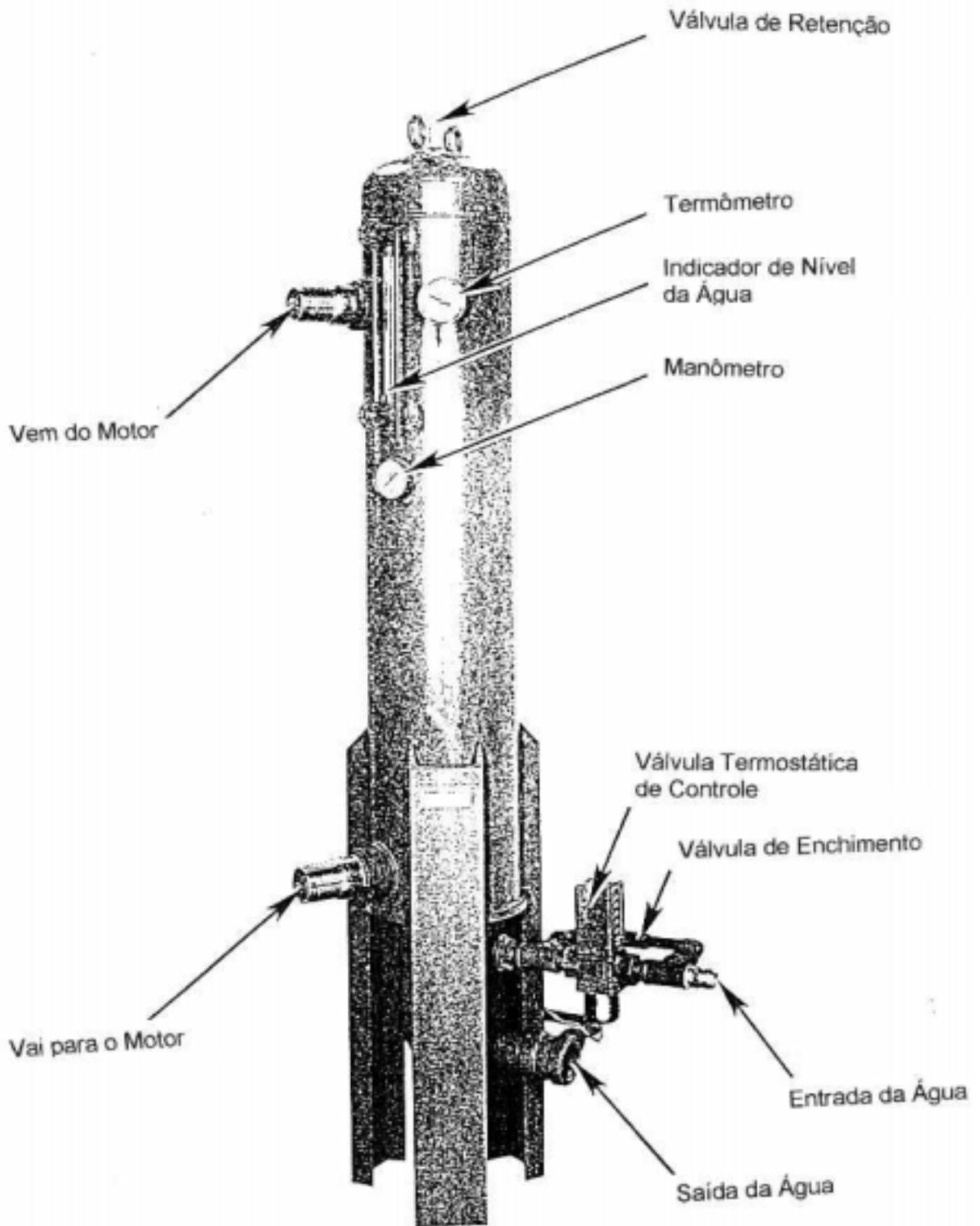
KAMR & COMPANY, INC. KAMR INDUSTRIES, INC. KAMR INSTRUMENTS, INC.	
REV.	DATE
AP 4/15/97	AP 4/15/97
PS 4/15/97	PS 4/15/97
DATE	DATE
1741	1741
THE KAHN COMPANIES Waterfield, Connecticut	
PUMP SKID WIRING DIAGRAM	
1741	A51B-301-147

These drawings and specifications are the property of Kahn & Company, Inc., Kahr Industries, Inc., or Kahr Instruments, Inc. and shall not be copied, reproduced or used in part or in full, or a copy in design, manufacture or sale without prior permission from Kahn & Company, Inc., Kahr Industries, Inc., or Kahr Instruments.

General Contracting and Subcontractors

LIMITED RIGHTS: All data and information set forth on this page are proprietary to Kahn & Company, Inc., Kahr Industries, Inc., or Kahr Instruments, Inc. and shall not be copied, reproduced or used in part or in full, or a copy in design, manufacture or sale without prior permission from Kahn & Company, Inc., Kahr Industries, Inc., or Kahr Instruments.

COLUNA DE ARREFECIMENTO



COLUNA DE ARREFECIMENTO MODELO 518-301-001

COLUNA DE ARREFECIMENTO

FAIXA DE OPERAÇÃO

Rejeição Calor - Máxima	20.000 Btu/min
Potência do Motor em teste	450 HP
Vazão máxima	30 gal/min

PESO E VOLUME DE ÁGUA

Peso (seco)	250 lb.
Peso de Operação	410 lb.
Volume de água	19 gal

REQUISITOS DE ÁGUA DE ARREFECIMENTO

Vazão específica	2,7 – 4,0 gal/h.HP
Pressão da água	30 – 70 psi
Temperatura máxima da água – entrada	90°F
Filtro	Tela mesh 40

APLICAÇÃO

A coluna de arrefecimento foi projetada para ser utilizada como trocador de calor para motores de combustão interna, durante testes em dinamômetro hidráulico.

DESCRIÇÃO

A finalidade da coluna de arrefecimento é manter o motor operando nas suas melhores condições de temperatura em qualquer regime de teste. A temperatura da água do motor é mantida sob controle pela válvula termostática existente na entrada de água da coluna.

A coluna é uma unidade separada e independente. A bomba de circulação de água interna do motor capta água arrefecida na parte inferior da coluna e devolve água aquecida na parte superior. A água fria é suprida na quantidade suficiente para manter a temperatura do motor em aproximadamente 180°F. Ao mesmo tempo, uma igual quantidade de água é drenada da coluna pelo tubo de descarga.

A coluna está equipada com uma válvula termostática de controle, um indicador de nível de água, um manômetro, um termômetro, uma válvula de retenção e válvulas operadas manualmente para enchimento e drenagem.

A válvula termostática de controle automaticamente abre quando a temperatura e fecha quando a temperatura baixa. A temperatura da água do motor é monitorada por um bulbo instalado na parte superior da coluna. O ponto de abertura da válvula, que é a temperatura onde a válvula inicia a abertura, é ajustável de 160°F a 230°F. O ponto de fechamento da válvula é aproximadamente 5°F abaixo do ponto de abertura.

REQUISITOS PARA A ÁGUA

A quantidade de calor transferida pelo motor para a água de arrefecimento através das paredes das camisas dos cilindros depende da potência e do projeto do motor. Em geral, o calor rejeitado varia de 2.500 – 3.000 Btu/HP.h para os motores turboalimentados. Geralmente, os fabricantes recomendam que o motor opere com uma temperatura entre 160 e 200°F e admitem uma elevação de 10 a 15°F da temperatura através do motor.

O fluxo de água requerido para a operação da coluna depende da potência do motor, taxa de rejeição de calor, temperatura da água do motor e temperatura da água da coluna. A vazão pode ser calculada considerando os seguintes fatores:

$$Q = \frac{PW}{500(t_2 - t_1)}$$

Q = Vazão em gal/min

P = Potência do motor em HP

W = Taxa de transferência de calor do motor em Btu/HP.h

t₁ = Temperatura da água de arrefecimento

t₂ = Temperatura da água do motor

Com um motor cuja temperatura da água é de 180°F e a água da coluna a 90°F (t₂ – t₁ = 90°F), a vazão específica varia de 2,7 a 3,3 gal/HP.h para motores turboalimentados e de 3,3 a 4,0 gal/HP.h para motores naturalmente aspirados.

A qualidade da água não afeta a performance da coluna de arrefecimento, mas pode afetar a performance do motor. Água com elevado grau de dureza pode formar depósitos sólidos e escamas, que restringem as passagens de água e prejudicam a transferência de calor através das paredes dos cilindros. O tratamento da água deve ser considerado se o carbonato de cálcio (CaCO₃) contido na água exceder a 100 ppm.

INSTALAÇÃO

Posicionar a coluna verticalmente na célula de testes, aproximadamente a 3 – 6 ft de distância do motor. Procurar a melhor posição, de forma que facilite a interligação com o motor e permita ao operador observar os instrumentos.

Um kit especial consistindo de duas mangueiras flexíveis de 8 ft de comprimento e adaptadores com grampos de fixação é fornecido juntamente com a coluna.

Motor	Entrada de água	Saída de água
GM 6V53T	2-1/4"	(2) 1-5/8"
GM 8V53T	2-1/2"	(2) 2-1/4"
GM 8V71T	3-3/4"	(2) 2-1/4"
CUMMINS VT400	3"	3"
CUMMINS NH250	2-1/2"	2-1/4"

Instalar as mangueiras de forma que as curvas, se existirem, sejam longas, sem dobras ou amassamentos e de forma que possam se expandirem durante o funcionamento. Apertar todas as braçadeiras e conexões para prevenir possíveis vazamentos. Se necessário, cortar as mangueiras para utilizar o tamanho necessário e suficiente para a montagem adequada.

Instalar uma mangueira flexível entre a tomada de água da saída da bomba e a entrada da coluna. Utilizar a mangueira Aeroquip # 1503-16 de 8 ft que compõe o kit aproveitando os terminais existentes para montagem..

Instalar um tubo de dreno de 2" na conexão de saída da coluna para descarga da água em ambiente com a pressão atmosférica. A linha de dreno deve ser o mais curta possível e deve ter caimento suficiente para escoamento rápido da água. O número de curvas ou joelhos de ser o menor possível.

OPERAÇÃO

Antes de colocar a coluna em operação, preparar o sistema de acordo com os procedimentos seguintes:

- Verificar se o motor está frio. Instalar as mangueiras entre o motor e a coluna. Fechar a válvula de dreno.
- Abrir a válvula de enchimento da coluna e a linha de suprimento de água. Encher o motor e a coluna com água até estabilizar o nível na porção superior do indicador de nível.
- Partir o motor e deixá-lo funcionar em marcha lenta. Verificar vazamentos nas mangueiras ou conexões e observar a coluna. Fechar a válvula de enchimento.

A válvula termostática de controle da temperatura está ajustada de fábrica para começar abrir com 160°F. Observar o indicador de temperatura e o indicador de nível da água durante o funcionamento do motor. Se a temperatura da água do motor exceder o valor desejado, ajustar o parafuso de regulagem da válvula termostática no sentido horário. Assegurar-se de que a bomba esteja ligada e fornecendo água para a coluna, com as respectivas válvulas abertas. Se a temperatura do motor se estabilizar abaixo do valor desejado, ajustar o parafuso de regulagem no sentido inverso.

Durante o funcionamento do motor, observar a temperatura, o nível e a pressão da água, nos respectivos indicadores. **Parar o motor imediatamente** na ocorrência de uma das seguintes situações:

- Pressão interna acima de 10 psig;
- Temperatura da água do motor excede os limites estabelecidos pelo fabricante e
- O nível da água está abaixo do indicador.

Durante a operação, o nível de água na coluna pode cair abaixo do indicador e o manômetro marcar um ligeiro acréscimo de pressão. Para evitar danos ao motor ou à bomba d'água do motor, a pressão interna deve ser mantida abaixo de 10 psig.

Se, durante a operação da coluna de arrefecimento, o nível da água cair abaixo do indicador, imediatamente abrir a válvula de enchimento para evitar superaquecimento do motor. Verificar se a válvula de dreno está fechada.

Após completar o teste do motor, descarregar o dinamômetro e operar o motor em marcha lenta por alguns minutos. Parar o motor. Abrir a válvula de dreno e permitir que o motor e a coluna sejam esvaziados completamente. Fechar a válvula de alimentação da coluna junta à bomba e desconectar as mangueiras entre a coluna e motor.

DIAGNÓSTICO DE FALHAS

Problema	Causa provável	Ação Corretiva
A coluna não enche.	Pressão de água baixa.	Aumentar a pressão de suprimento de água.
	Válvula de dreno aberta	Fechar a válvula de dreno.
Pressão da água alta no interior da coluna.	Restrição na linha de dreno.	Remover a restrição, aumentar o diâmetro ou reduzir o comprimento do tubo de dreno.
	Válvula de enchimento na posição aberta.	Fechar a válvula de enchimento.
Temperatura da água do motor alta.	Pressão insuficiente de suprimento de água.	Abrir a válvula de alimentação da coluna junto à bomba.
	Válvula termostática de controle da temperatura ajustada incorretamente.	Regular a válvula termostática.
	Válvula termostática de controle defeituosa.	Substituir a válvula defeituosa.

Temperatura da água do motor baixa.	Válvula de enchimento na posição aberta.	Fechar a válvula de enchimento.
	Válvula termostática de controle da temperatura ajustada incorretamente. Válvula termostática de controle da temperatura defeituosa.	Regular a válvula termostática de controle. Substituir a válvula termostática defeituosa.

MANUTENÇÃO

Para obter ótima performance e assegurar durabilidade, inspecionar a coluna periodicamente. Um programa de manutenção preventiva irá detectar a maioria dos problemas antes que eles possam causar maiores danos.

A cada três meses ou 100 horas de operação, executar as seguintes tarefas de manutenção preventiva:

- a) - Inspecionar a coluna, conexões e mangueiras. Reapertar e reparar conforme necessidade.
- b) - Lavar a coluna internamente com água limpa sob pressão por 15 minutos, para remover escamas, ferrugem, detritos ou qualquer material sólido proveniente dos tubos que possa ter ficado retido na coluna.
- c) - Girar o parafuso de ajuste da válvula termostática em ambos os sentidos até o final de cada curso. Verificar a liberdade dos movimentos.

Na documentação técnica original fornecida pelo fabricante encontram-se as instruções de reparos e listas de peças de reposição que possam se tornar necessárias.