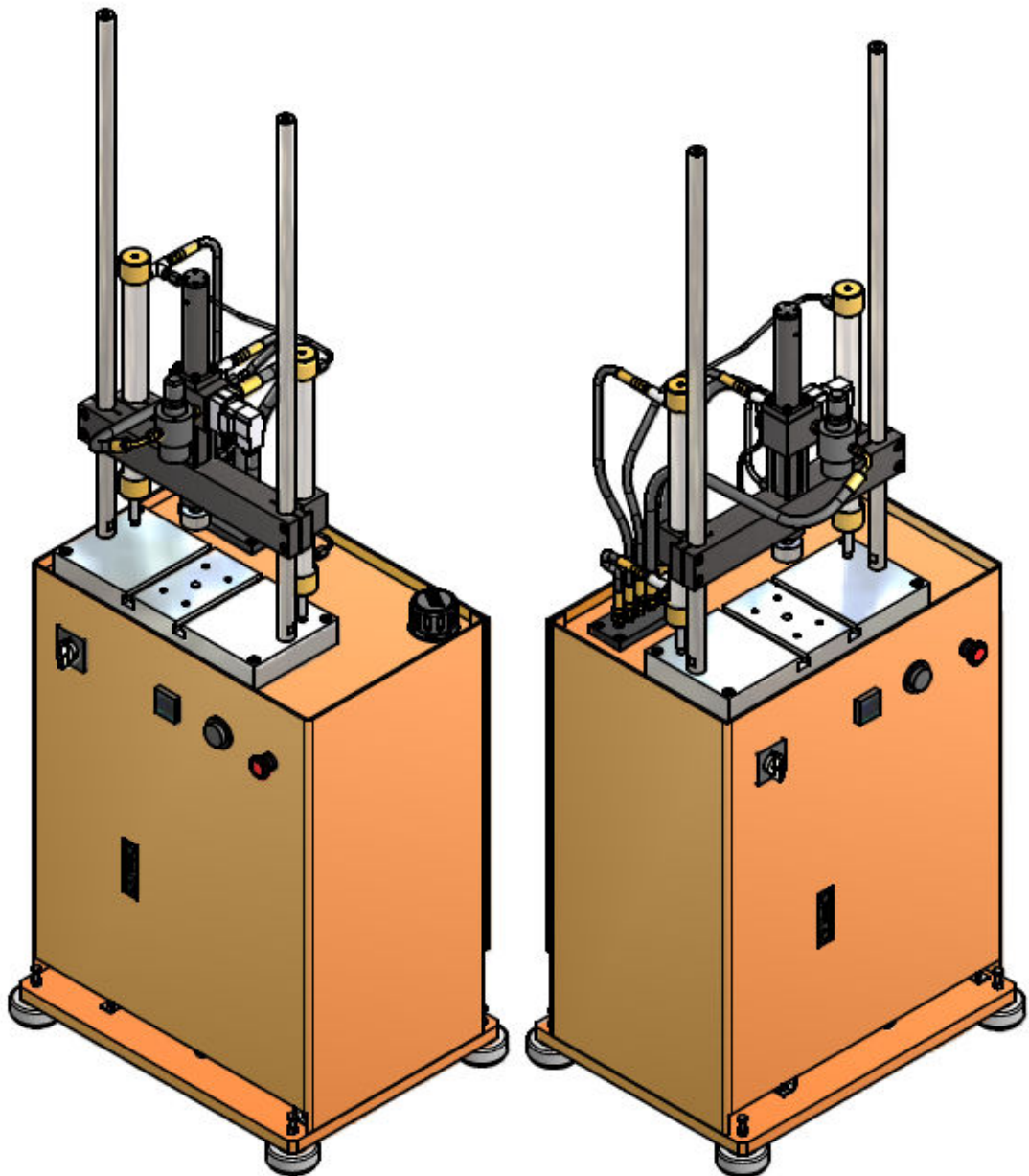


2008

Máquina de ensaio BME 05 40 180 120/AT MNB



Brasvalvulas Comércio e Serviços Ltda.

Rua: Camilo Lopes de Souza, 141 – Vila Emir – São Paulo - SP

Tel.: (11) 5614-6051 / 5614-3772 / 5613-6517 / 5612-4019

www.brasvalvulas.com.br brasvalvulas@brasvalvulas.com.br

ÍNDICE

1 – Especificações técnicas	3
1.1 – Servoatuador	3
1.2 – Servovalvula	3
1.3 – Unidade hidráulica	3
2 – Introdução	4
2.1 – Painel frontal e entrada de óleo	6
2.2 – Dimensões	7
3 – Instrumentação e controle	8
3.1 – Malha de controle	8
3.2 – Controlador	9
4 – Acionamento hidráulico	10
5 – Montagem do equipamento	11
6 – Software ATMP 2.2	11
7 – Configurações de software	12
7.1 – Configurações de IP	12
7.2 – Configurações das entradas analógicas	14
7.3 – Configuração de encoders	15
8 – Calibração	16
8.1 – Célula de carga	16
8.1.1 – Calibração por shunt cal	19
8.1.2 – Calibração por regressão linear	20
8.2 – Transdutor de deslocamento (LVDT)	21
9 – Ensaio	22
9.1 – Controller Panel	22
9.2 – Controller Monitor	24
9.3 – Display Window	25
9.4 – Test Program Setup (profiler)	25
9.4.1 – Inserindo comando no profiler	26
9.5 – Test Monitor	35
9.6 – Limites	36
9.6.1 – Error limits	36
9.6.2 – Signal Limits	37
9.7 – Gravação de dados	37
10 – Anexos	38

1 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

1.1 – Servoatuador

Fabricante: Brasvalvulas

Modelo: BST 5 120/FFD

Velocidade: 400 mm/segundo conforme vazão da bomba

Capacidade: 5 kN

Curso: 120 mm

Pressão de trabalho: 170 bar

1.2 – Servovalvula

Fabricante: Brasvalvulas

Modelo: ESN 8020

Vazão: 10 lpm

Pressão de trabalho: 170 bar

Corrente: +/- 20 mA

1.3 – Unidade Hidráulica

Fabricante: Brasvalvulas

Capacidade: 40 litros

Motor: WEG

Modelo: W21, carcaça 100L, 5 cv

Bomba: Vickers

Tipo: Bomba de palhetas, vazão fixa, modelo V10 1P 2P 1A

Vazão: 10 lpm

Pressão Máxima: 170 bar

2 – INTRODUÇÃO

Esta máquina foi desenvolvida para realizar ensaios dinâmicos de tração e compressão para cargas nominais de até 500 kg.

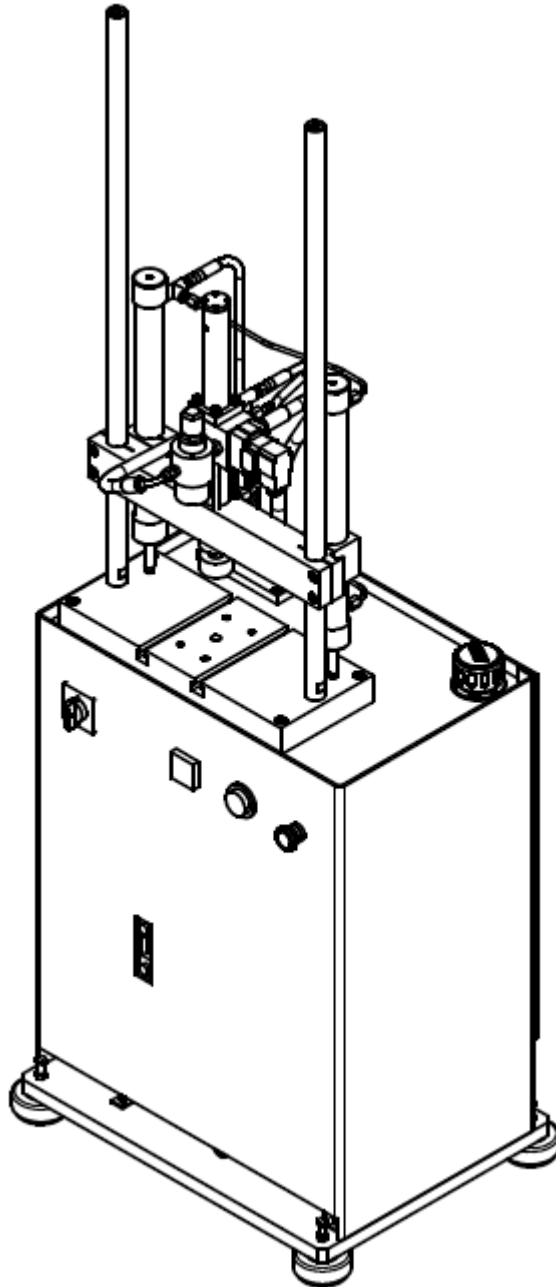


Figura 1 – Vista isométrica da montagem da máquina de 500 kg

A máquina basicamente está dividida em 3 partes: base inferior, módulo de ensaio e unidade hidráulica.

O módulo de ensaio é composto por um servoatuador Brasvalvulas, modelo BST 5 120/FDF, capacidade aproximada de 5 kN, curso útil de 120 mm e uma mesa de fixação de amostra. A servo-válvula é uma Brasvalvulas modelo ESN 8020.

A subida e descida do pórtico são feitas através de dois atuadores auxiliares instalados no pórtico do atuador principal da máquina. O acionamento desses atuadores é feito manualmente através de uma chave reversora instalada na parte frontal da base de ensaio.

O acionamento do conjunto moto-bomba e da pressão alta é realizado através do controlador Veloz 1400, o que facilita o trabalho além de oferecer mais segurança ao operador e ao ensaio.

Tanto o módulo de ensaio quanto a unidade hidráulica são posicionados e fixados sobre a base inferior que possui quatro vibra-stops, fazendo com que a máquina fique completamente nivelada e estável.

Abaixo, a figura mostra uma vista das 3 partes antes da montagem final.

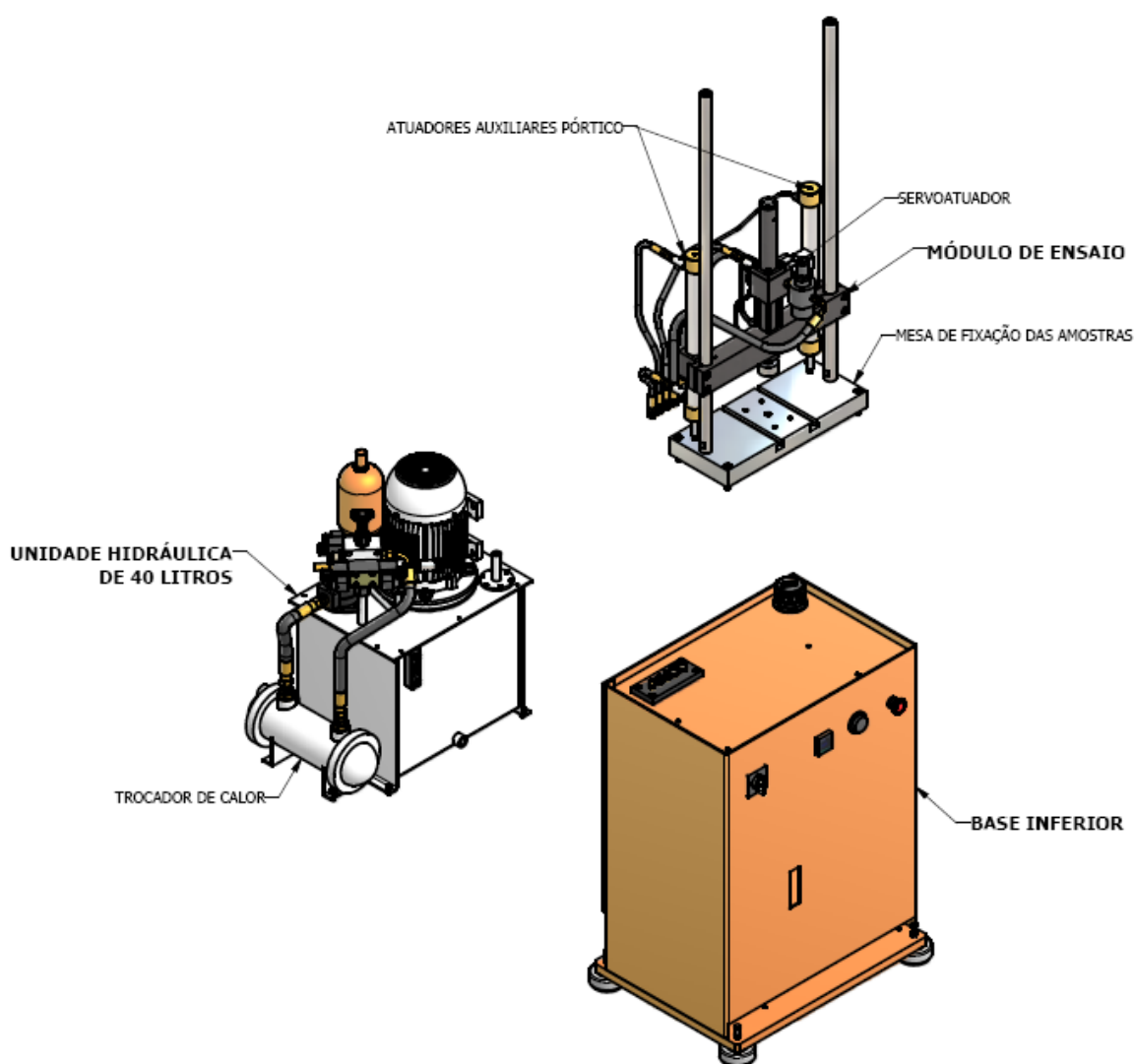


Figura 2 – Vista em explosão da montagem da máquina de ensaios

2.1 – Painel frontal e entrada de óleo

Estão localizados na base inferior. Para encher a unidade hidráulica, basta abrir o filtro localizado na parte de cima da base e colocar o óleo. Na parte da frente da base, existem os seguintes equipamentos:

- a) **Chave reversora 3 posições:** É responsável pelo acionamento da válvula de subida e descida do pórtico. Na posição 1, o atuador auxiliar desce. Na posição 2, o atuador auxiliar sobe e na posição 0, ele fica estático.
- b) **Indicador digital de pressão:** Indica, em bar, a pressão instantânea da linha hidráulica.
- c) **Termostato:** Regula a temperatura máxima do óleo hidráulico (recomenda-se 60°). Se a temperatura for atingida ele desliga o sistema, impedindo danos ao equipamento e ao próprio óleo.
- d) **Botão de emergência:** Ao acioná-lo, o operador desliga todo o sistema hidráulico.
- e) **Visor de nível:** Está instalado na unidade hidráulica. Através dele é possível saber se o nível está baixo ou não. Possui duas marcações que indicam o nível máximo e mínimo do reservatório.

Abaixo segue desenho com os equipamentos acima citados.

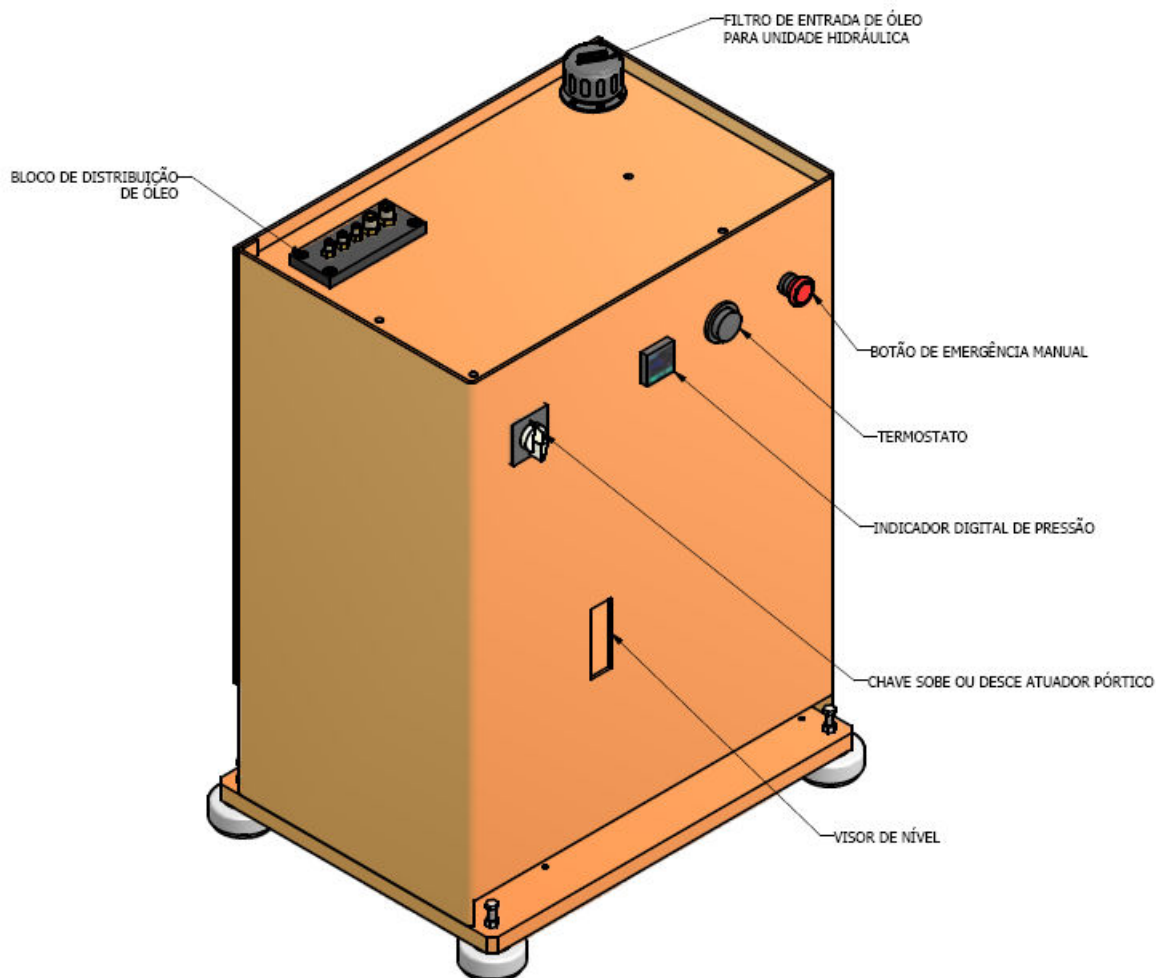


Figura 3 – Vista dos equipamentos instalados na base inferior

2.2 - Dimensões

Devido à unidade hidráulica estar embutida na base inferior, a máquina pode ser instalada em um único espaço, economizando espaço. Abaixo, segue as principais medidas de construção.

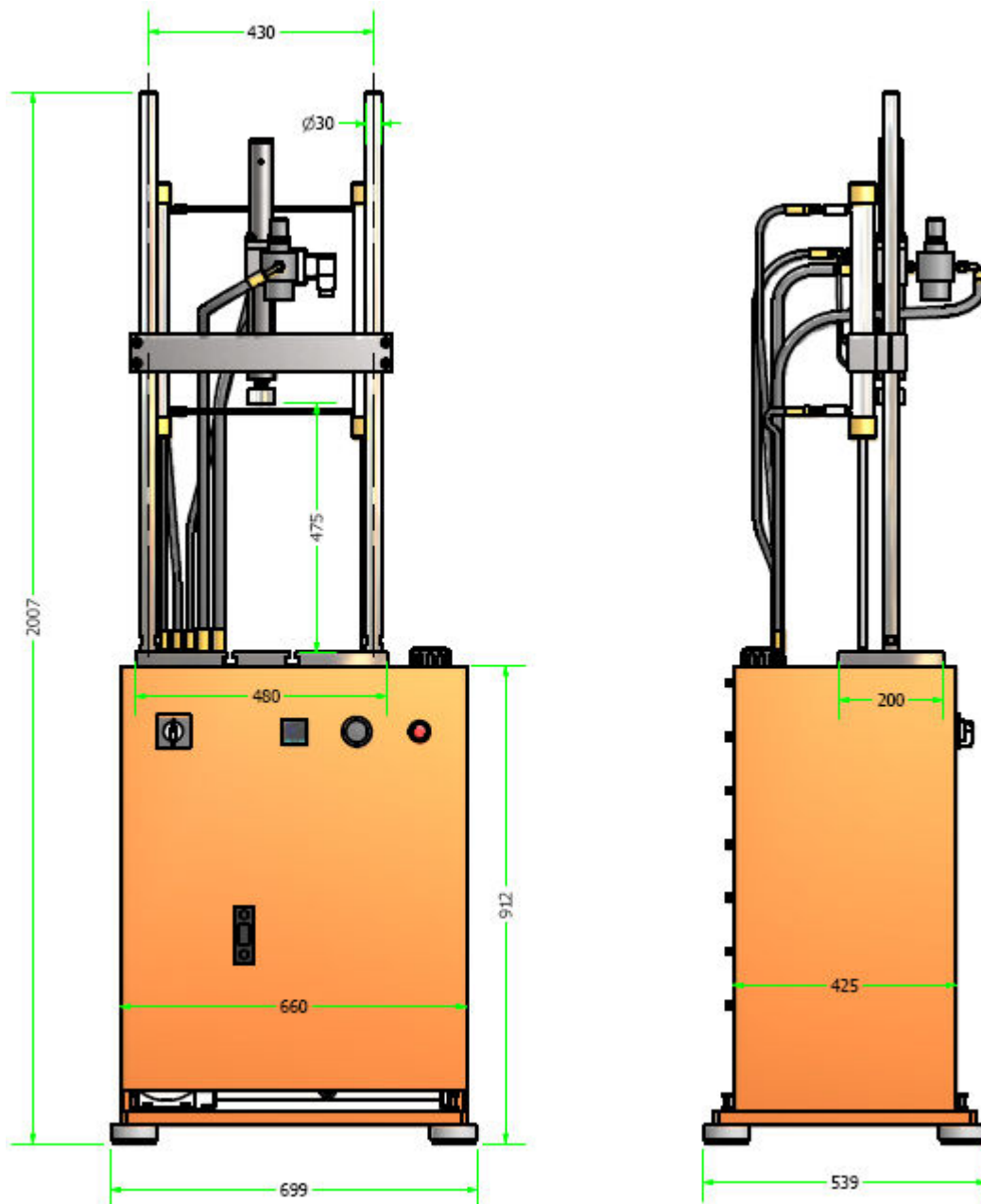


Figura 4 – Dimensões principais da máquina de ensaio de 500 kg

3 – INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE

Para realizar o ensaio, a máquina possui um sistema de controle em malha através do controlador Veloz 1400 e de sensores e servovalvula instalados no serv atuador. A instrumentação e o controle hidráulico podem ser visto na figura abaixo:

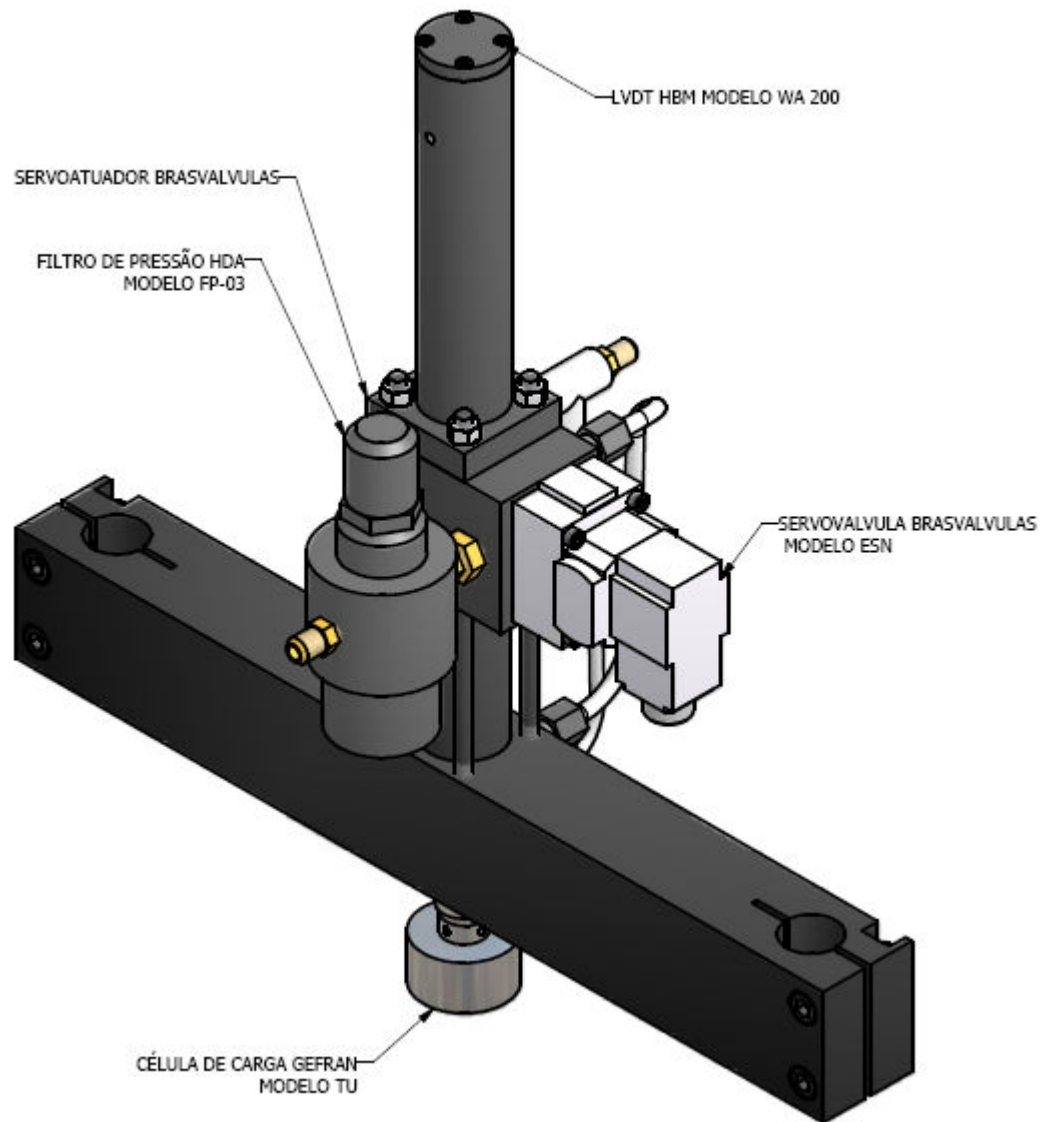


Figura 5 – Instrumentação e servovalvula instalados no pórtico

3.1 – Malha de controle

O controle é realizado em malha fechada pelo software ATMP 2.2. Nesta máquina é possível realizar o controle de duas formas:

- **Curso** – O controle é feito através do deslocamento do atuador. Este sinal é conectado na entrada AC/DC Channel 0 do condicionador de sinais Veloz 1401.
- **Força** – O controle é feito através da carga no atuador. Este sinal pode ser conectado tanto DC Channel 1 quanto no DC Channel 1 do condicionador de sinais Veloz 1401.

3.2 – Controlador

O tipo de controlador utilizado é o Veloz 1400, juntamente com um condicionador Veloz 1401. O condicionador de sinais Veloz 1401 será responsável pelo controle de uma malha conforme descrito abaixo:

Módulo 0 – Controle de Força ou Curso

O controle será realizado pelo software Lynx ATMP 2.2, com um profiler instalado, o que permitirá que o operador realize desde ensaio simples (Senoidal, triangular, etc) feitos pelo Controller Panel até ensaios com diversas etapas que serão realizadas através do profiler.

Abaixo podemos visualizar o esquema de ligação de todos os componentes de controle, bem como o esquema de acionamento da unidade de força hidráulica. Para melhor visualização, este esquema está anexado, em formato A4, na parte final deste manual.

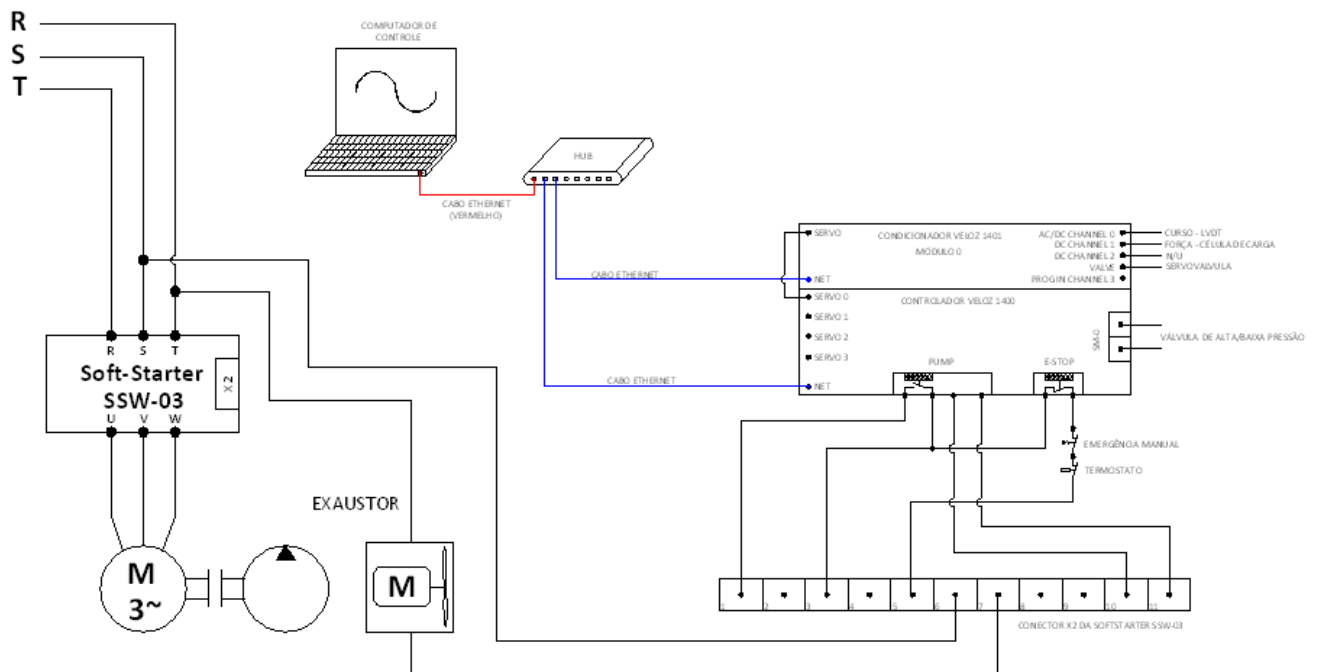


Figura 6 – Esquema de montagem do sistema de controle, monitoração e acionamento elétrico

4 – ACIONAMENTO HIDRÁULICO

Para esta máquina de ensaios, a vazão necessária para movimentação do servoatuador será de aproximadamente 10 litros/minuto. Sendo assim, a unidade hidráulica fornecida possui reservatório de 40 litros, pressão de trabalho de 170 bar. O manual dessa unidade hidráulica segue anexado ao final deste manual, assim como o esquema hidráulico abaixo.

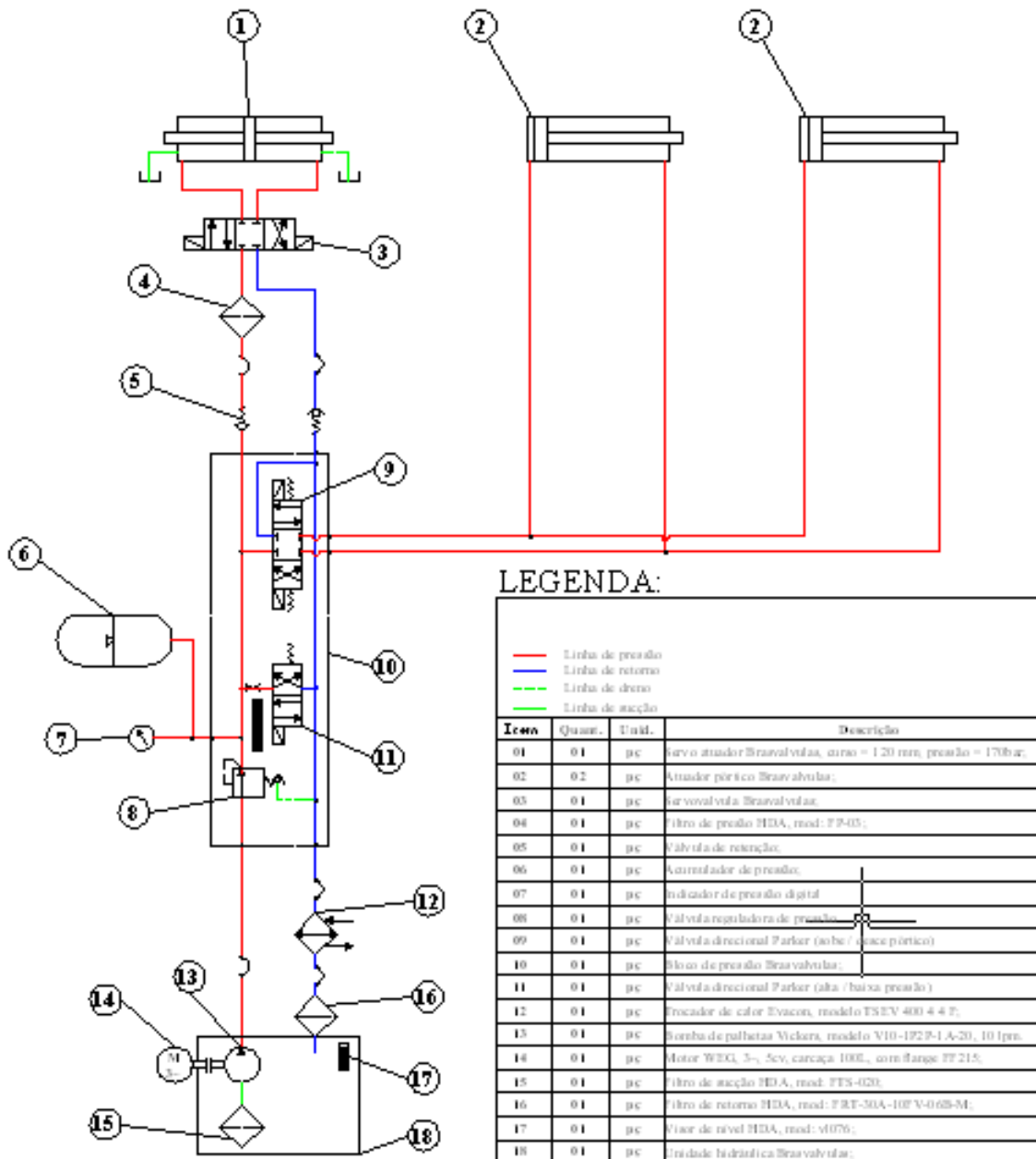


Figura 7 – Esquema hidráulico da máquina de 500 kg

5 – MONTAGEM DO EQUIPAMENTO

A máquina de ensaio é composta pelos seguintes itens:

- a) Um Computador para controle e monitoração do ensaio;
- b) Um Controlador Veloz 1400;
- c) Um Condicionador de sinais Veloz 1401;
- d) Uma Fonte 24 Vdc;
- e) Um Hub Switch, padrão Ethernet;
- f) Um Hardkey, com um profiler habilitado;
- g) Um CD de instalação do software ATMP2.2 e AqdAnalisys;
- h) 1 Unidade hidráulica de 40 litros;
- i) 1 Máquina de ensaios;
- j) Cabos de ligação em geral;

A 1ª instalação é fornecida gratuitamente pela Brasvalvulas, juntamente com os itens acima. Após a instalação de toda a parte de hardware, é preciso realizar algumas operações antes de ligar a máquina propriamente dito, conforme abaixo;

- Conectar e conferir o aperto de todas as mangueiras de pressão, retorno e dreno;
- Verificar se os cabos estão conectados corretamente;
- Verificar se o motor da unidade hidráulica está com a configuração de tensão correta;
- Verificar se o sentido do giro do motor está correto;
- Verificar se os equipamentos estão com a configuração de tensão correta antes de ligá-los na tomada;
- Ao acionar a bomba hidráulica, essa deve estar em pressão baixa;
- Antes de instalar as servovalvulas, deve-se instalar os blocos de limpeza para fazer “flush”, durante pelo menos 3 horas;

6 – INSTALAÇÃO DO SOFTWARE ATMP 2.2

A instalação é simples, bastando apenas colocar CD de instalação do ATMP 2.2 e seguir as instruções na tela. Lembrando que para abrir o programa ATMP 2.2 é necessário que um hardkey esteja conectado ao computador.

7 – CONFIGURAÇÃO DE IP, ENTRADAS ANALÓGICAS E ENCODERS

7.1 – IP – Internet Protocol

Antes de iniciar a calibração dos sensores, é necessário fazer a configuração de IP de cada um dos componentes do controle do ensaio: computador, controlador Veloz 1400, e condicionador Veloz 1401.

Para a comunicação entre estes equipamentos ser possível, utilizamos um HUB do switch para fazer a interligação, via rede ethernet entre eles. Portanto precisamos configurar um IP fixo para cada um deles. Esta configuração é realizada da seguinte forma:

- **Computador:** Clica em Meus locais de rede → Exibir conexões de rede → Botão direito do mouse na Conexão local → Propriedades → Protocolo TCP/IP → Propriedades → Usar o seguinte endereço IP: → Endereço IP: 192.168.1.100 → Máscara de sub-rede: 255.255.255.0 → OK → OK. A figura abaixo mostra a janela de configuração do IP do computador.

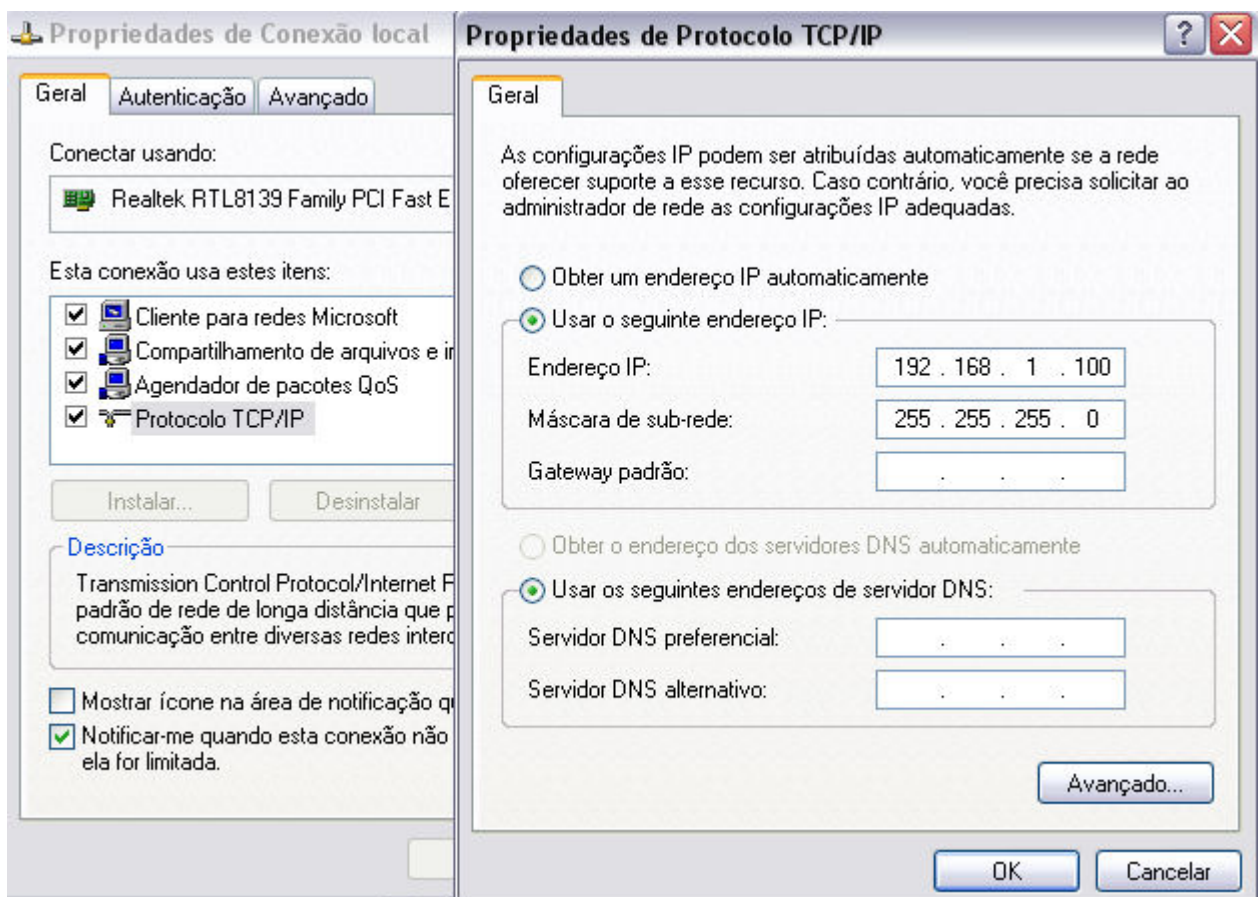


Figura 8 – Configuração de IP do Computador

Então, a configuração do IP do computador ficou assim: 192.168.1.100.

- **Controlador Veloz 1400 e condicionador Veloz 1401:** É necessária a configuração de IP para o condicionador Veloz 1401 e também para o controlador Veloz 1400. Para fazer essa configuração é necessário abrir o programa ATMP 2.2, clicar em Setup → Hardware Setup → Seleciona Controller Model: ODIN 1400 → Microcomputer Address: 192.168.1.100 → Controller IP Address: 192.168.1.32.

Mais abaixo, deve-se fazer a configuração dos condicionadores 1401, da seguinte forma:

- Módulo 0 = ODIN 1401 IP: 192.168.1.41
- Módulo 1 = não utilizado
- Módulo 2 = não utilizado
- Módulo 3 = não utilizado

Para saber se a configuração de IP está correta basta clicar no botão Properties localizado ao lado de cada IP. Ao clicar nesse botão abrirá uma janela mostrando o modelo, número de série e outras informações de cada equipamento. A figura abaixo mostra como deverá ficar a configuração do IP's do controlador e do condicionador.

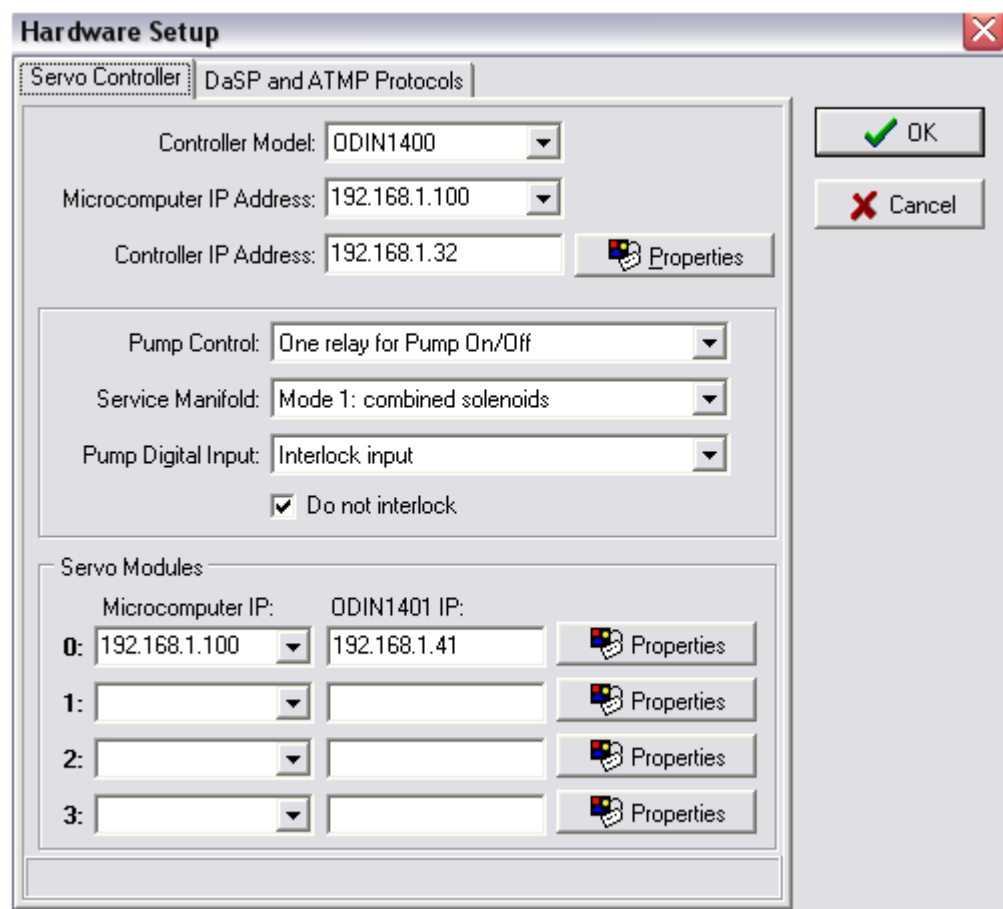


Figura 9 – Configuração de IP do controlador e condicionador de sinais

Na figura 9, podemos ver que existem parâmetros a serem configurados além de IP. Abaixo, segue descrição de cada um:

- **Pump Control:** One relay for Pump On/Off – Essa deve ser a configuração deste parâmetro, pois utilizaremos apenas 1 relé para ligar e desligar a bomba hidráulica;
- **Service Manifold:** Mode 1: combined solenoids – Ao deixar esta configuração, o relé de LOW e o de HIGH atuarão juntos, ou seja, quando acionar o HIGH, o relé LOW se mante-

rá acionado. No Mode2: independent solenoids, ao acionar o relé HIGH, o LOW desacionará automaticamente.

- **Pump Digital Input:** Como o nome fala, essa é uma entrada digital. Neste caso utilizamos essa entrada para monitorar o funcionamento da unidade de força. Ao aparecer algum tipo de erro, a Soft Starter SSW-03 envia uma informação ao controlador Veloz 1400, fazendo com que este paralise todo o sistema, inclusive o gerador de sinais. Isso é feito para evitar possíveis danos ao equipamento e à amostra ensaiada.

7.2 – Configuração das entradas analógicas

A configuração das entradas analógicas é necessária para que se configure itens como o nome da variável, unidade de engenharia, etc. A configuração é simples mas deve-se entender o princípio de funcionamento dessas entradas analógicas.

Existem 16 analógicas no total. Como é possível conectar até quatro condicionadores Veloz 1401, então são 4 entradas analógicas para cada condicionador de sinal. A configuração deve ser feita da seguinte forma:

- **Name:** É o nome da variável (força, curso, torque, etc);
- **Unit:** É a unidade de engenharia da variável (kgf, mm, N.m, etc);
- **Low Limit:** É o valor inferior de escala da variável (pode ser inserida manualmente ou calculada pelo Veloz 1400 através de regressão linear ou calibration);
- **High Limit:** É o valor superior de escala da variável (pode ser inserida manualmente ou calculada pelo Veloz 1400 através de regressão linear ou calibration);
- **Channel 0, 1, 2 e 3** – Módulo 0
- **Channel 4, 5, 6 e 7** – Módulo 1
- **Channel 8, 9, 10, e 11** – Módulo 2
- **Channel 12, 13, 14, e 15** – Módulo 3
- O primeiro canal de cada módulo será a entrada AC/DC Channel 0;
- O segundo canal de cada módulo será a entrada DC Channel 1;
- O terceiro canal de cada módulo será a entrada DC Channel 2;
- O quarto canal de cada módulo será a entrada Prog In Channel 3;

Para acessar a tela de configuração das entradas analógicas basta clicar em Setup → Analog Inputs. Então abrirá a tela conforme figura abaixo:

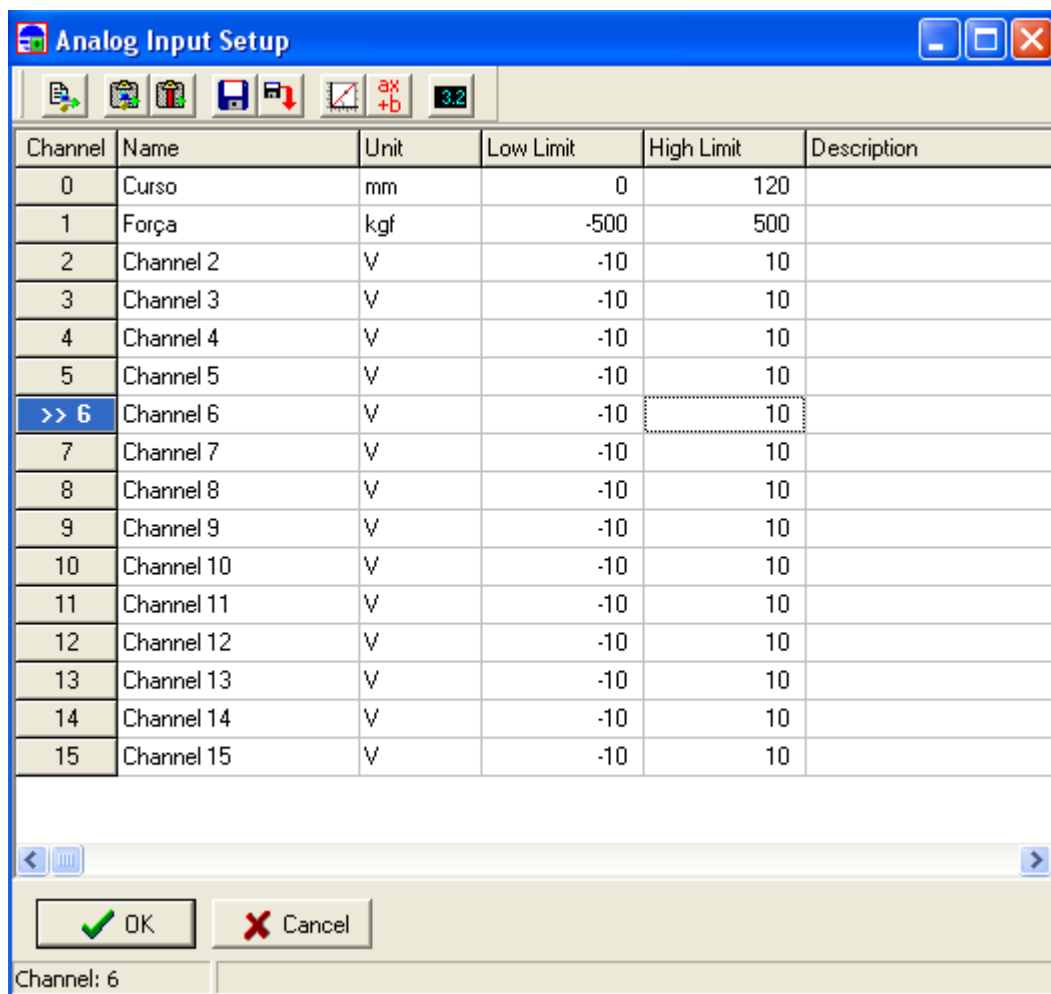


Figura 10 – Tela de configuração das entradas analógicas

7.3 – Configurações dos encoders

Nesta máquina não há encoders instalados, mas é possível instalá-lo, se necessário. Diferentemente dos sensores AC e DC que são instalados nos condicionadores de sinais Veloz 1401, os Encoders são instalados diretamente no controlador Veloz 1400 através de uma entrada com o nome de ENCODER.

O encoder fornece em sua saída pulsos que serão contados pelo controlador. Então o que se deve saber de um encoder para realizar sua calibração é o número de pulsos que ele fornece em uma volta de 360°.

Por exemplo: Um encoder da marca Heidenhain, modelo ROD 426 fornece 5000 pulsos por rotação, ou seja, a constante de saída seria: $360^\circ/5000\text{pulsos} = 0,072^\circ/\text{pulso}$.

Só que por uma questão de construção, o software realiza a varredura por quadratura. Isso quer dizer que ele multiplica por quatro o valor de engenharia. Então se deve dividir o valor da constante encontrada por quatro, para que o valor de engenharia esteja correto na leitura, ficando assim:

$0,072^\circ/\text{pulso}/4 = 0,018^\circ/\text{pulso} = \text{constante de contagem de pulsos}$

Para configurar as duas entradas de encoder e inserir o valor da constante basta clicar em Setup → Encoders. A figura abaixo mostra a tela de configuração dos encoders.

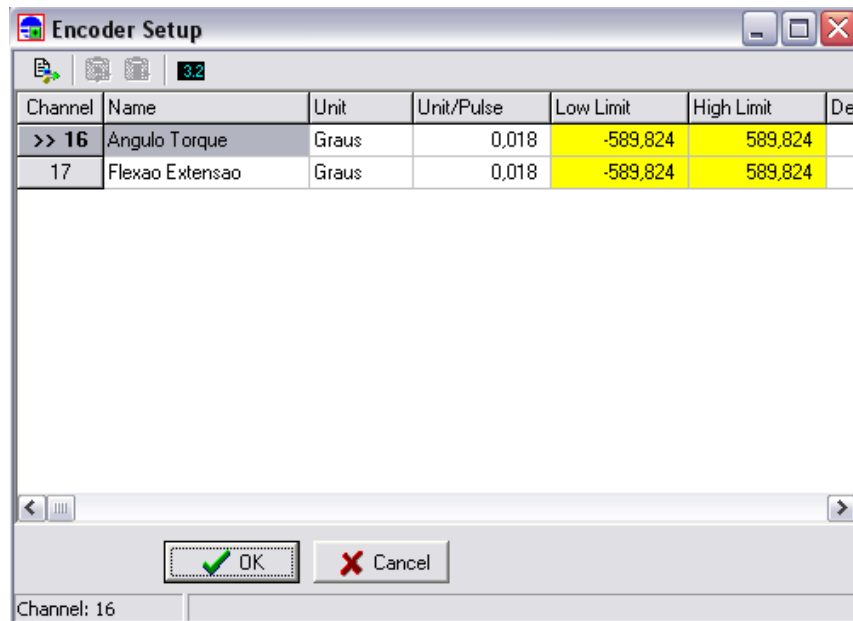


Figura 11 – Tela de configuração dos encoders

Para configurar os encoders, basta apenas configurar os itens abaixo:

- **Name:** É o nome da variável (Ângulo, por exemplo);
- **Unit:** É a unidade de engenharia da variável (Graus);
- **Unit/Pulse:** É o valor da constante de pulsos calculada;
- **Low Limit:** É o valor inferior de escala da variável (é calculado automaticamente pelo controlador ao inserir a constante de engenharia (Unit/Pulse));
- **High Limit:** É o valor superior de escala da variável (é calculado automaticamente pelo controlador ao inserir a constante de engenharia (Unit/Pulse));

Como são duas entradas de encoder, o controlador utiliza dois canais, assim definidos:

- **Channel 16** – Encoder 1
- **Channel 17** – Encoder 2

OBS: O esquema de pinagem de ligação dos encoders encontra-se anexado ao final deste manual.

8 – CALIBRAÇÕES DOS SENSORES

A parte de configuração e calibração requer um pouco de atenção para não danificar o equipamento ou o sensor. O condicionador Veloz 1401 possui quatro entradas de sinais em cada um.

- **AC/DC Channel 0** – Este canal é configurável, ou seja, podemos ligar tanto um sensor AC (lvdt Brasvalvulas, HBM, MTS) quanto sensores DC (célula de carga, por exemplo). Basta escolher o tipo entrada através de um switch (botão) localizado na placa de cada condicionador Veloz 1401 (AC/DC);

- **DC1 Channel 1** – Esta entrada permite apenas sensores DC, como célula de carga e torquímetros;
- **DC2 Channel 2** – Esta entrada permite apenas sensores DC, como célula de carga e torquímetros ;
- **Prog In Channel 3** – Recebe um sinal DC externo;

O controlador Veloz 1400 possui fundo de escala de leitura nas entradas de +/- 10 Vdc. Esse é o limite de leitura (saturação) que será utilizado para calibração dos sensores. **O esquema de ligação de cada tipo de entrada será anexado no fim do manual.** Abaixo será mostrado passo a passo o processo de calibração de cada sensor.

8.1 – Células de carga e transdutor de torque (Sinal DC)

Estes sensores são do tipo DC, seu esquema de montagem é do tipo ponte completa ou ponte Wheatstone. A resistência da ponte pode ser de 350 ou de 700Ω. Para configurar e calibrar este tipo de sensor é preciso definir alguns parâmetros e saber algumas características provenientes dos mesmos, como por exemplo:

- **Fundo de escala Veloz 1400 – Fe** – É o valor máximo de tensão que o condicionador lê (10 Vdc);
- **Tensão de Excitação - Vexc** – Tensão de Excitação do sensor (geralmente é utilizado 10 Vdc);
- **Sensibilidade – S** – É o valor da resposta na saída do sensor quando este atinge o fundo de escala, dividido pela tensão de excitação (mV/V);
- **Fundo de escala - FFE** - É o valor da variável medida que faz o sensor atingir a sensibilidade indicada no mesmo (pode ser em kfg, N.m, dependendo do tipo de sensor);
- **Ganho – G** - É o ganho necessário para atingirmos o valor do fundo de escala no Veloz 1401, depende da Vexc e da sensibilidade de cada sensor.

- **Exemplo de calculo de ganho (G) necessário para atingir o valor do fundo de escala do Veloz 1401 (Fe):**

S = 2 mV/V Vexc = 10 Vdc **Ganho = ?** Fundo escala (Fe) = 10 Vdc

A fórmula para este cálculo é a seguinte: **G = (Fe * 1000) / (S*Vexc)**

Substituindo pelos valores acima, ficará assim: G = (10*1000) / (2*10) → **G= 500x**

Neste caso, o ganho necessário para se atingir o fundo de escala do Veloz 1401 (Fe) será de 500x. O Veloz 1401 possui os seguintes ganhos: User, 1x, 2x, 5x, 10x, 20x, 50x, 100x, 200x, 500x, 1000x, 2000x e 5000x.

Eles são configurados pelos switches 7 e 8 encontrados internamente junto a cada canal na placa. Para saber a posição correta do switch é preciso configurar primeiramente o ganho no software, pois ele fornecerá a configuração dos switches através da coluna denominada Dip Switch na tela de balanceamento, conforme figura 13.

- **Exemplo de cálculo do fundo de escala (Fe) da célula de carga com as características abaixo:**

S = 1,995 mV/V Vexc = 10 Vdc Ganho = 500 **Fundo escala (Fe) = ?**

A fórmula para este cálculo é a seguinte: $Fe = (S * V_{exc} * G) / 1000$

Substituindo pelos valores acima, ficará assim: $Fe = (1,995 * 10 * 500) / 1000 \rightarrow Fe = 9,975 V$

Isso quer dizer que ao atingirmos o valor do fundo de escala do sensor (FE), o Veloz 1401 fornecerá uma leitura de 9,975 V no computador. Só que para isso acontecer, temos que inserir este valor no software ATMP 2.2.

Para saber a correta configuração do switch de ganho do canal devem-se seguir os seguintes passos:

Abrir o programa ATMP 2.2 \rightarrow Clica em Setup \rightarrow Analog Inputs \rightarrow Advanced \rightarrow Escolhe o módulo correspondente ao sensor o Module 0, conforme figura a seguir.

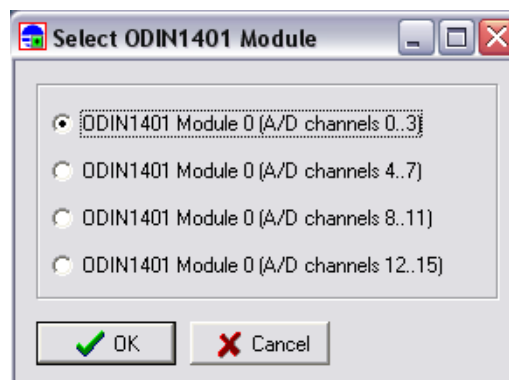


Figura 12 – Tela de escolha do módulo a ser calibrado e/ou balanceado

Então abrirá a tela de configuração, balanceamento e calibração da célula de carga, conforme figura abaixo:

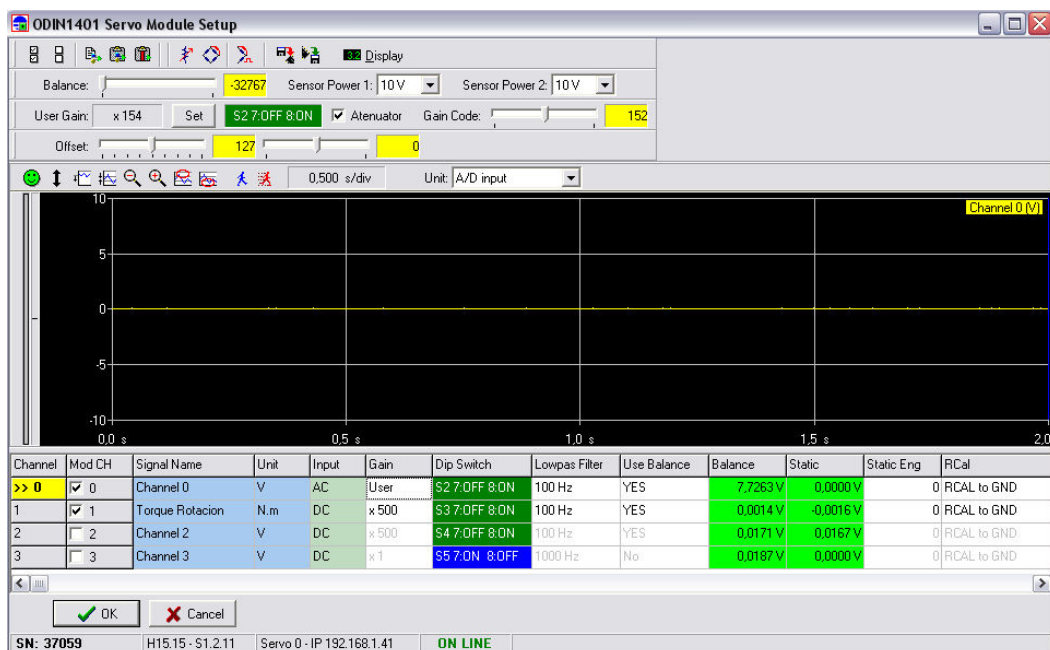



Figura 13 – Tela de configuração e balanceamento dos canais

- Para configurar e calibrar a célula de carga primeiro é preciso habilitar somente o canal que será balanceado através da caixa de seleção na coluna Mod. CH.
- Depois é a vez de configurar o ganho (que deve ser calculado, conforme explicado anteriormente) na coluna Gain. Ao escolher o ganho, a coluna ao lado denominada Dip Swit-

ch mostrará a posição dos switches 7 e 8 que deverá ser configurada manualmente na placa de cada condicionador Veloz 1401.

- A seleção de Lowpas Filter (Filtro passa-baixa) menor é indicado para reduzir eventuais ruídos nos sinais dos sensores.
- Para realizar o balanceamento da célula é preciso que a coluna Use Balance esteja em YES. Com isso feito e o sensor conectado no local correto, é só clicar no ícone  para iniciar o balanceamento do canal habilitado.

Lembrando que balanceamento apenas “zera” a célula de carga e deve ser feito apenas quando a mesma estiver sem carga. A calibração pode ser feita por duas formas:

8.1.1 - Calibração por Shunt Cal;

Para isso ser possível é necessário que um resistor de precisão esteja plugado na placa do canal a ser calibrado. Outro fator importante é saber a resistência da ponte da célula de carga (geralmente é de 350 ou 700Ω) e também a sensibilidade (S) e o fundo de escala em força da célula (FFE).

Obtendo esses dados podemos calcular a deformação que o resistor de shunt causará ao ser conectado internamente, via software, a um dos braços da ponte. Esse valor deverá ser inserido na coluna Shunt Eng do canal

Exemplo do calculo de deformação por Rshunt (F_{eq}):

A fórmula de cálculo é:

$$\frac{F_{eq}}{F_{fe}} = \frac{1}{(4 \times S) \times \left(\frac{R_{shunt}}{R_{ponte}} + 0,5 \right)}$$

Onde:

F_{eq} = Força equivalente do Rshunt (kgf);

F_{fe} = Força do fundo de escala da célula de carga (kfg);

S = Sensibilidade da célula de carga (mV/V);

R_{shunt} = Valor do resistor shunt (Ω);

R_{ponte} = Valor de resistência da ponte da célula de carga (Ω);

Exemplo de dados característicos de uma célula de carga:

F_{fe} = 2000 kgf

S = 2 mV/V = 0,002V/V


R_{shunt} = 176 KΩ

R_{ponte} = 700 Ω

Substituindo a formula, obtém-se:

$$\frac{F_{eq}}{F_{fe}} = \frac{1}{(4 \times S) \times \left(\frac{R_{shunt}}{R_{ponte}} + 0,5 \right)} \quad \rightarrow \quad \frac{F_{eq}}{2000} = \frac{1}{(4 \times 0,002) \times \left(\frac{176000}{700} + 0,5 \right)} \quad \rightarrow$$

$$\frac{F_{eq}}{2000} = \frac{1}{2,015} \quad \rightarrow \quad \frac{F_{eq}}{2000} = 0,496 \quad \rightarrow \quad F_{eq} = 2000 \times 0,496 \quad \rightarrow \quad F_{eq} = 992,344 \text{ kgf}$$

O valor encontrado de 992,344 kgf deverá ser inserido na coluna Shunt Eng. Feito isso é só clicar no ícone de Calibração por Shunt Cal .

Então o condicionador Veloz 1401 irá conectar o resistor de shunt e ler o valor resultante na saída em Volts e, juntamente com o valor de balanço em zero obtido anteriormente calculará os valores máximos e mínimos de leitura para esta célula de carga. Para sair dessa janela é só clicar em OK.


8.1.2 - Calibração por regressão linear:

Este procedimento só é realizado após realizar os cálculos de fundo de escala. Abaixo segue exemplo deste cálculo:

Exemplo de cálculo do fundo de escala (Fe) da célula de carga com as características abaixo:

S = 1,995 mV/V Vexc = 10 Vdc Ganho = 500 **Fundo escala (Fe) = ?** FFE = 2000kgf

$$Fe = \frac{(S \times V_{exc} \times G)}{1000} \quad \rightarrow \quad Fe = \frac{(1,995 \times 10 \times 500)}{1000} \quad \rightarrow \quad Fe = 9,975 V$$

Após balancear a célula como mostrado anteriormente, clica em Setup → Analog Inputs → Clica com o mouse sobre o canal a ser calibrado e logo em seguida sobre o ícone de Calibração por Regressão Linear . Então abrirá a tela de calibração, conforme figura abaixo:

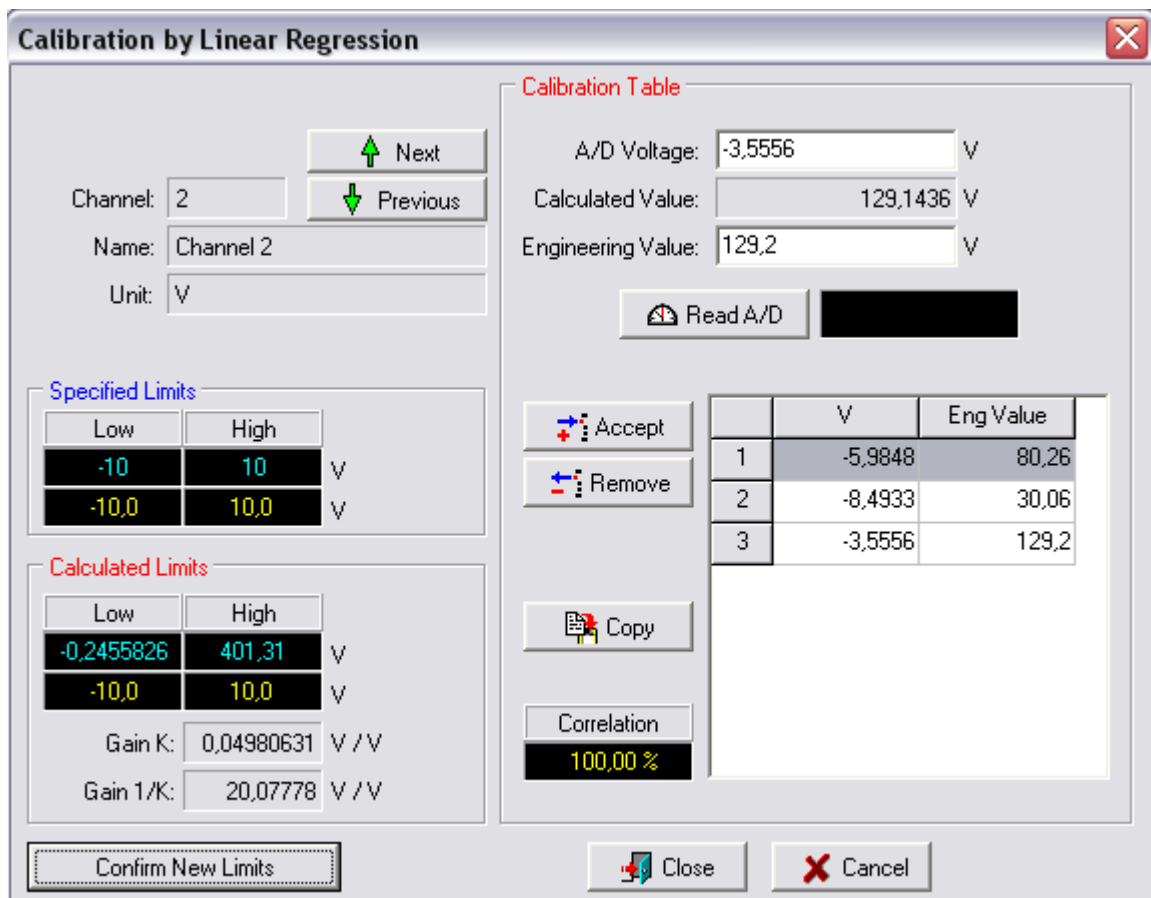


Figura 14 – Tela de Calibração por Regressão Linear

O primeiro passo é verificar se nome e o número do canal a ser calibrado está correto no canto esquerdo superior da tela. Se estiver correto deve-se remover todos os valores que por acaso estejam inseridos nas colunas V e Eng Value através do botão Remove.

Para inserir os novos valores é necessário inserir dois valores de tensão e valor de engenharia da seguinte forma:

Como a célula foi balanceada em zero, isto quer dizer que ela não está sofrendo nenhum tipo de esforço então deve se inserir os valores abaixo:

➔ A/D Voltage = 0 V ➔ Engineering Value = 0 kgf ➔ Clica em Accept

- Agora se deve inserir o valor de tensão calculado para a força do fundo de escala (FFE) da célula:

➔ A/D Voltage = 9,975 V ➔ Engineering Value = 2000 kgf ➔ Clica em Accept

Com esses valores inseridos, o software irá calcular automaticamente os valores máximos e mínimos de leitura em força para a célula de carga usada como exemplo. Esses valores aparecem nos campos Calculated Limits Low e High. Se estiverem corretos, basta clicar em Confirm New Limits e em seguida em Close.

8.2 – Transdutor de deslocamento – LVDT (Sinal AC)

Para calibração do lvdt, é necessário que o atuador esteja livre pois é necessário que o mesmo avance até o fim de seu curso. Há vários tipos de lvdt, dos quais os mais utilizados são:

- Tipo ponte (HBM) = saída de 0 a 10 V, ganho User, 160x aproximadamente;
- Tipo transformador (Brasvalvulas) = saída de +/- 10 V, ganho de 20x;

Após configurar o nome e a unidade de engenharia, clica em Advanced, seleciona o módulo do lvdt e na tela de configuração apenas seleciona o ganho e verifica se o tipo de entrada (Input) está em AC. Clica em OK.

A calibração do lvdt será feito por Calibração por Regressão Linear .

Após selecionar o canal, deve se remover os todos os valores através do botão Remove. Agora com o atuador recuado deve-se clicar no botão Read A/D (ler A/D) e inserir o valor de 0 (zero) mm no Engineering Value, depois clica em Accept.

Agora se deve avançar o atuador até o final de curso. Note que o valor do Read A/D mudou. Então insira o valor do deslocamento real do atuador no Engineering Value e em seguida em Accept. Clica em Confirm New Limits e em Close. Pronto está feita a calibração do lvdt.

9 – ENSAIO

Agora é possível dar início ao ensaio propriamente dito. Para isso é necessário que o hardkey esteja conectado a uma entrada USB do computador. Ao abrir o ATMP2.2, clique em On line → On Line → Transfer Setup to ODIN Controller → Yes. Com isso, aparecerá um botão de Emergency virtual, conforme abaixo:



Figura 15 – Tela inicial do ATMP no modo On Line

No modo On Line existem 3 menus ativos: Setup, Controller e Test.

- **Setup** – As únicas configurações possíveis de serem feitas no modo On line são as de Error Limits, Signal Limits e 1-Click Recording Setup. Os dois primeiros são configurados de modo a proteger o ensaio de falhas, seja ela por problemas no equipamento ou por erro humano. Quanto ao 1-Click Recording Setup serve para configuração do tempo de gravação dos dados, os canais que serão gravados, frequência de aquisição, etc.
- **Controller** – Nesse menu estão localizados todos os sub-menus de controle de ensaio, como: Controller Panel, Controller Monitor, Display Window e Calibration;
- **Test** – Nesse menu está localizado o Test Program Setup (profile) e também o Test Monitor, este último possibilita a visualização de vários gráficos ao mesmo tempo.

9.1 – **Controller Panel**

No Controller Panel (Painel de controle) é possível realizar o setup de ensaios onde os atuadores funcionarão de forma independente, ou seja, não serão sincronizados. Abaixo estão alguns comandos presentes nessa tela:

Emergency – aciona um relé de emergência via software;

Pump On/Off – Liga / desliga bomba;

Servo Loop 0 – É o nome dado à malha de controle do atuador 0;

Curso (mm) – É o nome da variável controlada. Pode ser curso, força, etc.

CMD – É a janela de comando. Nesta janela, é configurado o valor Static (médio) da variável controlada. O Spam e Máster Spam é a porcentagem de abertura do sinal do gerador à servovalvula.

GEN – É a janela do gerador de sinais. Nela é possível configurar o tipo de ensaio cíclico, como onda senoidal, triangular, etc;

Status – Mostra o andamento do ensaio;

PID – Nesta janela é feita a configuração dos ganhos da servovalvula, como o ganho Proporcional, Integral e Derivativo, etc;

RUN/Pause/Stop – Iniciar / Pausar / Parar o ensaio cíclico;

OFF/LOW/HIGH – Desliga / Pressão Baixa / Pressão Alta do sistema hidráulico, via rele;

0 1 2 3 – É o numero do atuador hidráulico a ser controlado;

ALL – Habilita o controle da pressão hidráulica simultaneamente dos 4 atuadores;

Limits Off – habilita / desabilita o controle dos limites de ensaio;

Lock – bloqueia o acesso ao teclado do painel de controle.

Tudo isso pode ser visto na figura abaixo:

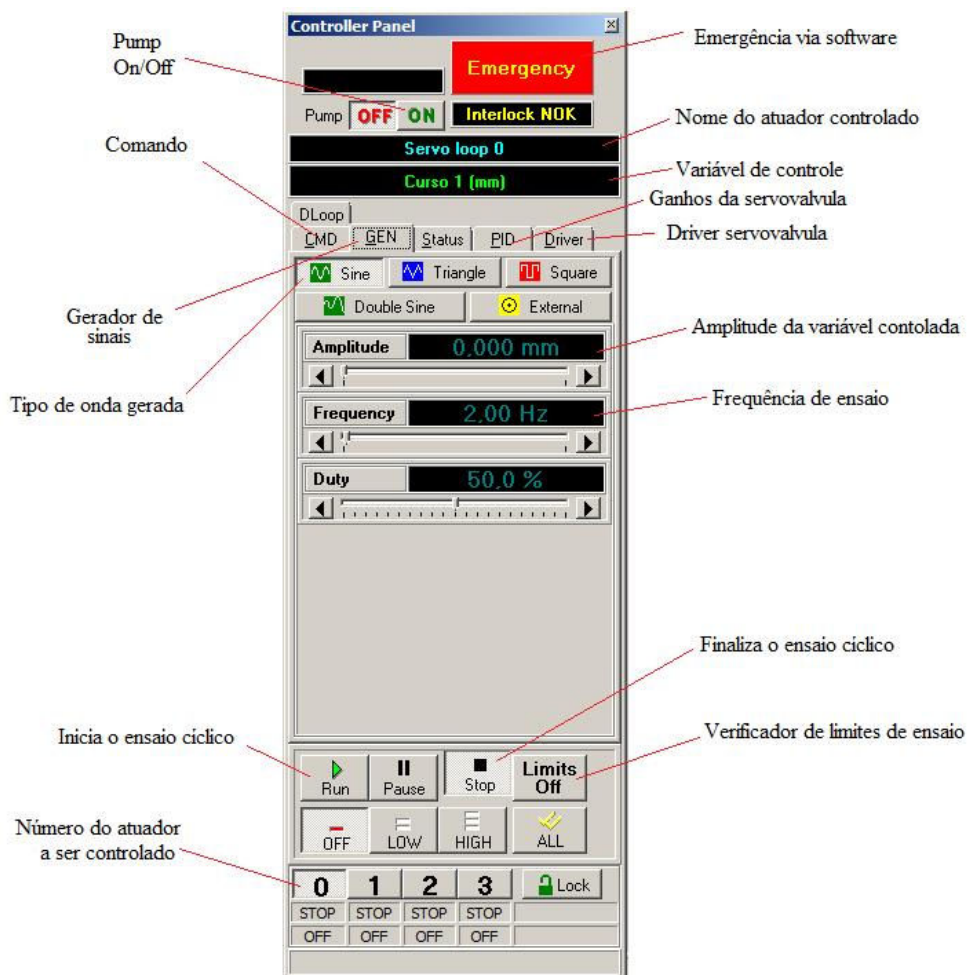
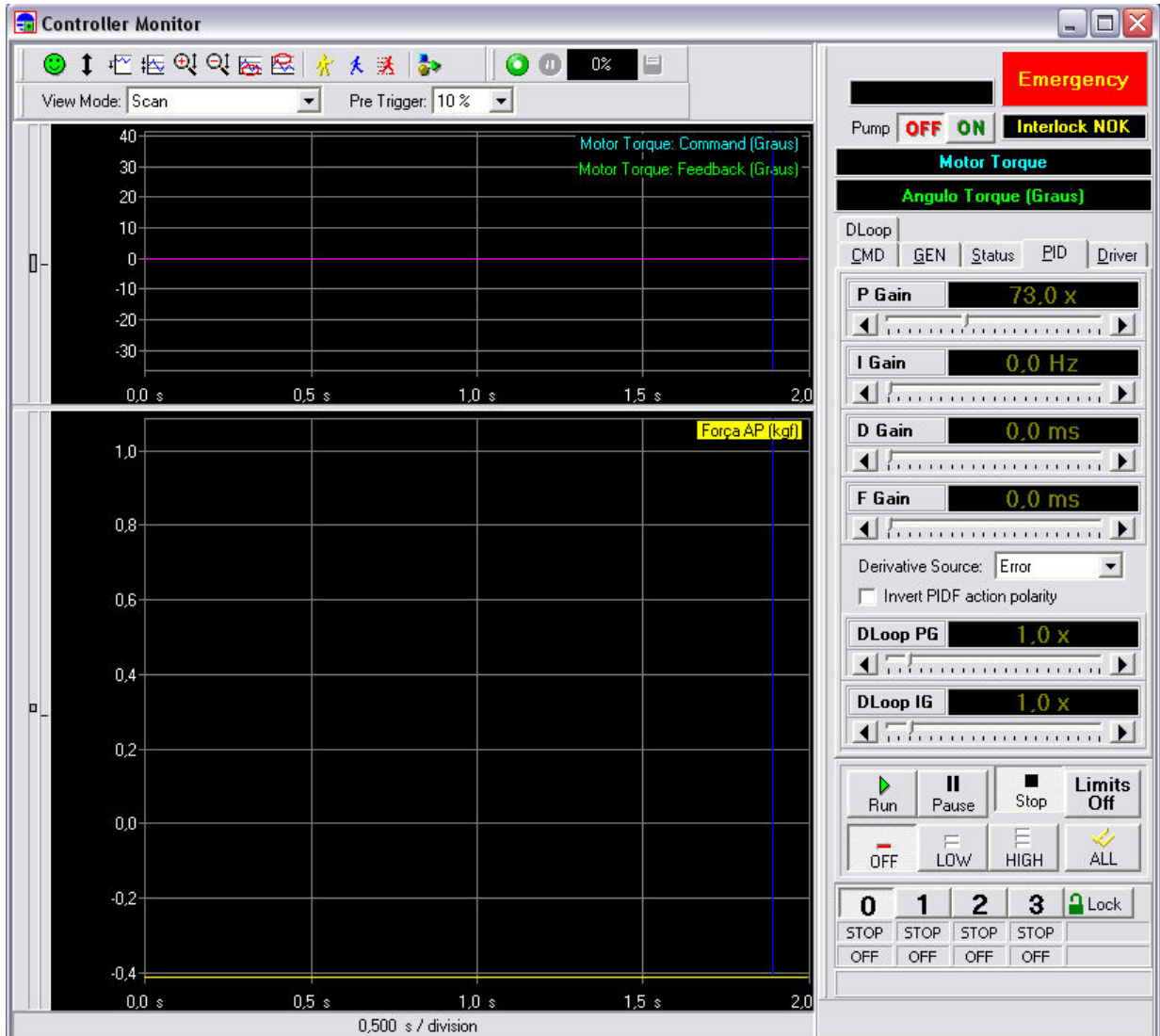


Figura 16 – Tela do Controller Panel

9.2 – Controller Monitor


O Controller Monitor é responsável pela visualização gráfica da variável controlada (Feedback) mais um gráfico escolhido pelo operador. Ao abri-lo ele automaticamente carrega o Control-




ler Panel, conforme abaixo:


Figura 17 – Tela do Controller Monitor


Abaixo segue descrição de alguns ícones:

 - Otimiza escala vertical


 - Move o sinal para baixo

 - 100% de Zoom vertical

 - Move sinal para cima


 - Sinal no centro

 - Congela Scan

 - Escala no centro

 - Aumenta tempo janela de leitura

 - Zoom IN Vertical

 - Diminui tempo da janela de leitura

9.3 Display Window

Essa janela serve para visualizarmos numericamente o andamento do ensaio. Pode visualizar desde o tempo de ensaio, número de ciclos além de todas as variáveis de controle e monitoração, o tempo de reset da leitura (em segundos) é configurado no campo Reset Interval. O tipo de display é dividido em:

- **Present Value** – Valor instantâneo
- **Peak** – Valor máximo
- **Valley** – Valor mínimo
- **Center** – Valor médio
- **Amplitude**
- **Valley to Peak** – Valor Pico-a-pico



Figura 18 – Tela do Display Window

9.4 – Test Program Setup (profiler)

Esta parte do software só é utilizado quando há necessidade de trabalhar com duas ou mais malhas de controle de forma sincronizada ou quando o ensaio é constituído de várias etapas diferentes de carregamentos ou deslocamentos.

É constituído de 39 células de programação, ou seja, é possível programar 39 comandos diferentes para cada malha de controle. A programação vai desde ao tipo de controle (curso, força, etc) até desligamento de bomba, repetições programadas, etc.

Para acessar esse menu clique em Test → Test Program Setup, então abrirá a janela a seguir.

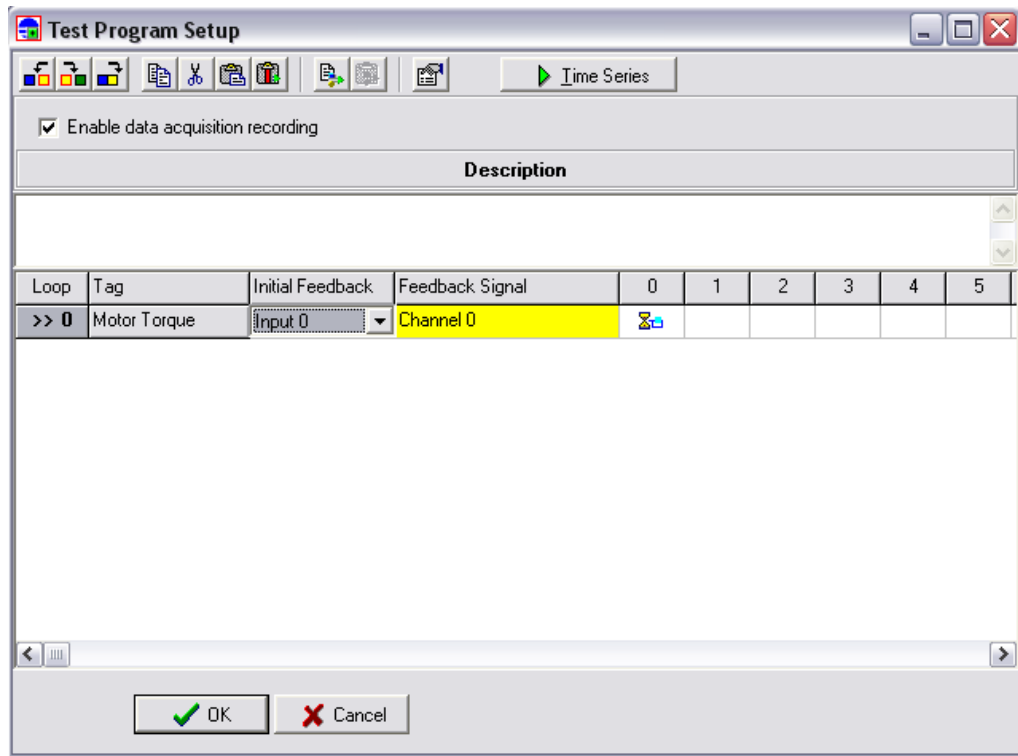







Figura 19 – Tela inicial do Profiler

Como já foi dito, é possível configurar até 39 comandos como pode ser visto na figura acima. No caso acima nota-se que apenas uma malha de controle (Loop) está habilitada pelo hardkey (profiler).


Para esta máquina, apenas o Loop 0 (zero) está habilitado. A seguir estão os descrições dos ícones da tela inicial do profiler.

-  - Inserir novo comando à esquerda da célula selecionada
-  - Inserir novo comando à direita da célula selecionada
-  - Inserir novo comando na célula selecionada
-  - Copiar comando selecionado
-  - Apaga comando selecionado

Existem ainda comandos como: Colar comando selecionado, colar coluna selecionada, copiar e colar loop selecionado, etc, mas que são pouco utilizados.

9.4.1 – Inserindo comandos no profiler

A primeira etapa é escolher o controle inicial através da coluna Initial Feedback, que está dividido em Input 0, 1, 2 e Encoder. Lembrando que o Encoder 1 serve como entrada de sinal para os servo loops 0 e 2, enquanto o Encoder 2 serve para os servo loops 1 e 3. Quando selecionado o tipo e controle, o nome da malha controlada aparecerá na coluna ao lado com o nome de Feedback Signal.

Para inserir o primeiro comando é necessário selecionar a 1ª célula vazia e clicar em Inserir novo comando através do ícone . Abrirá uma nova tela onde será feita todas as configurações do ensaio. A seguir estão descritos o funcionamento e o modo de configuração de cada item.

- **Segment:** Esta opção é utilizada quando o operador deseja inserir um comando de Rampa ou Haversine. Os parâmetros de configuração são:

* End Point: Valor final da rampa

* Time: É o tempo decorrido do início até o fim da rampa

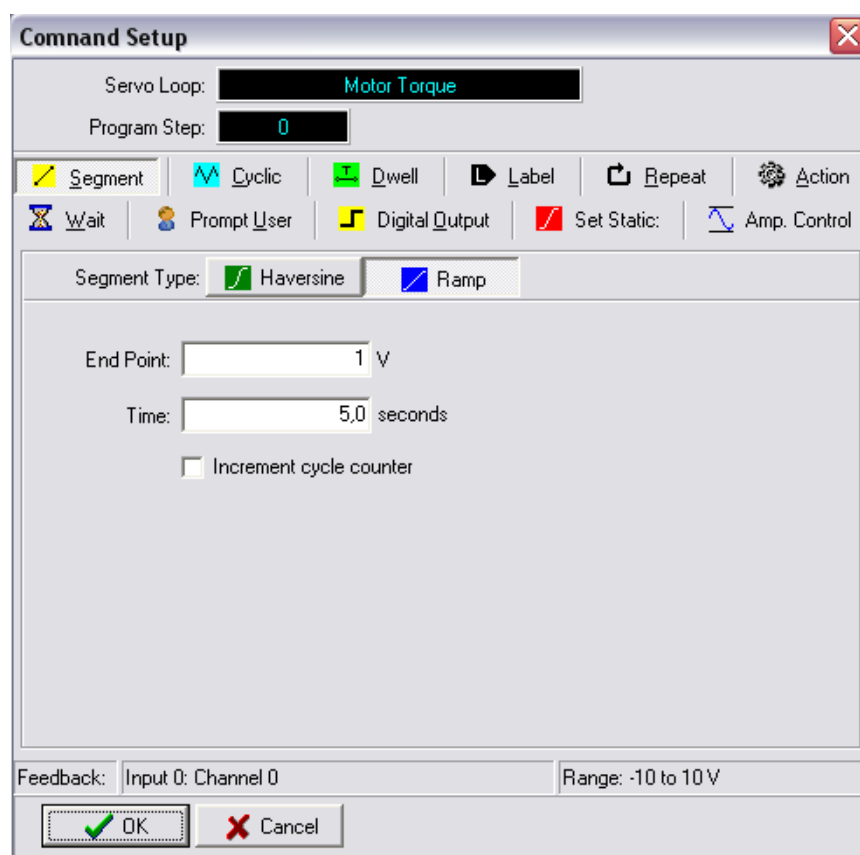


Figura 20 – Tela de configuração de ensaio em Rampa

- **Cyclic:** É utilizada quando o ensaio cíclico. São 4 os tipos de ondas possíveis: Senoidal, triangular, quadrada e dupla senoidal. Os principais parâmetros de configuração são:

- * Count: Número de ciclos a serem realizados
- * Amplitude
- * Frequency: É a frequência de ensaio (Hz)
- * Phase: É o ângulo de fase entre este módulo e os outros instalados no controlado

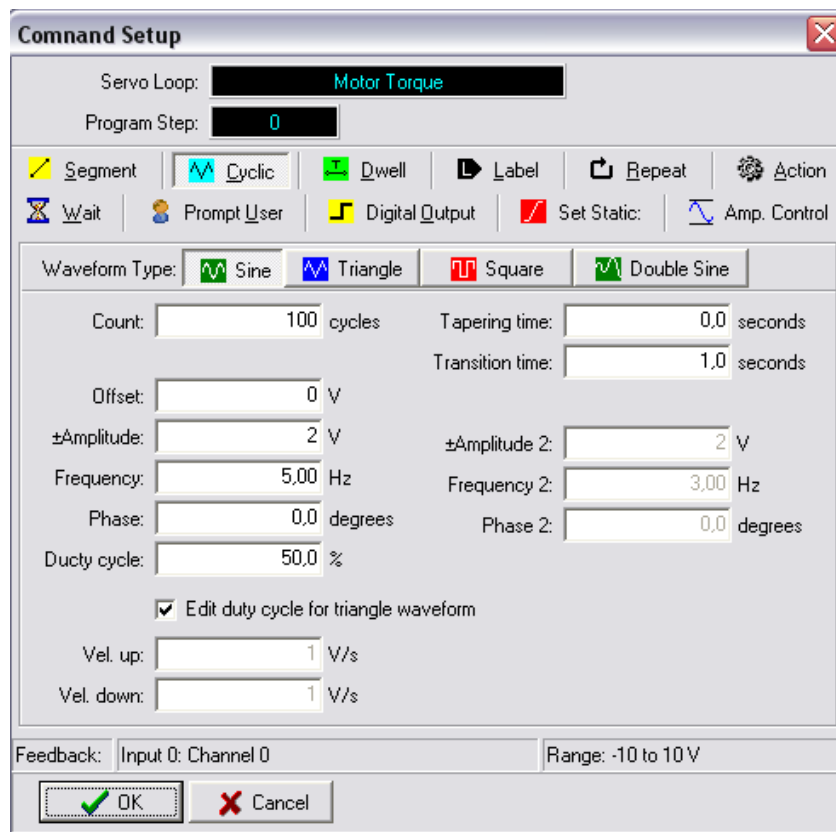


Figura 21 – Tela de configuração de ensaio Cíclico

- **Dwell:** É o comando de parada do ensaio. Os parâmetros são:

- * Time: É o tempo de parada do ensaio (segundos)
- * Feedback: É possível realizar a troca da variável controlada (Input 0, 1, 2 ou Encoder) ou simplesmente manter a mesma (Do not change).

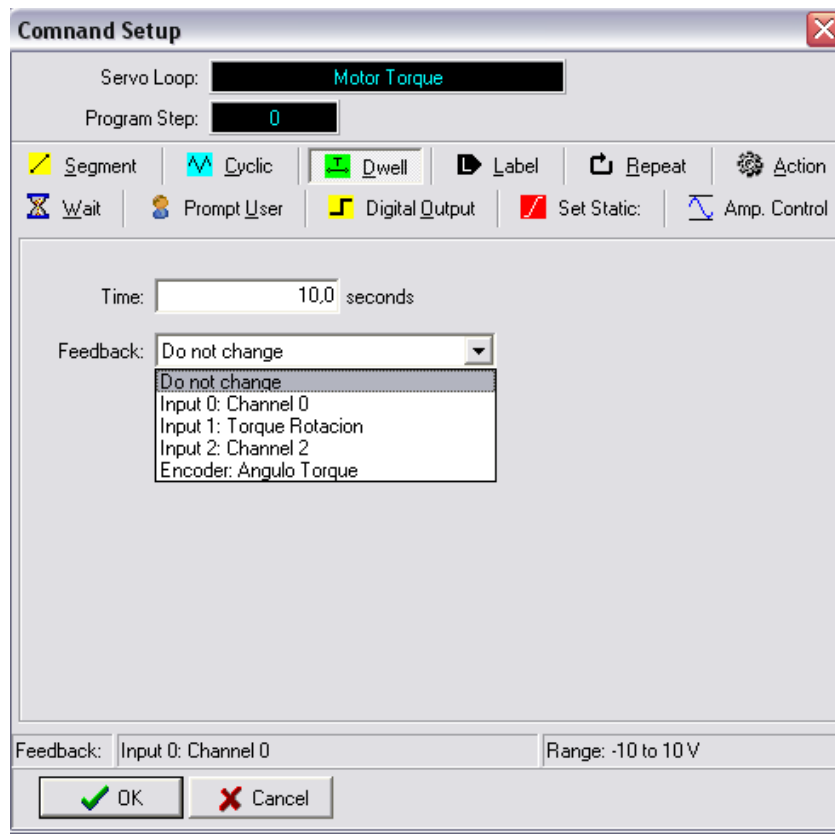


Figura 22 – Tela de configuração do comando Dwell

- **Label:** Inserindo este comando, o operador colocará um número de label (ponto) de repetições. Ele será utilizado no comando Repeat.

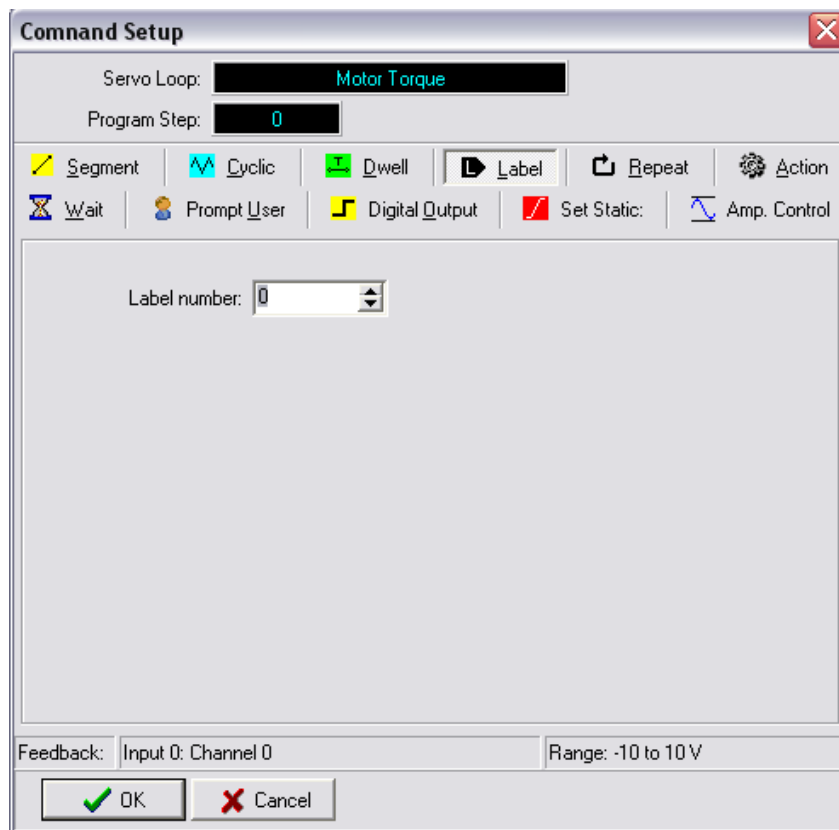


Figura 23 – Tela do comando Label

- **Repeat:** Este comando realizará operações de repetições a partir do label selecionado. Está dividido em:

* Label number: É o ponto de inicio das repetições

* Number of Repeats: Número de repetições a serem realizadas antes do próximo comando

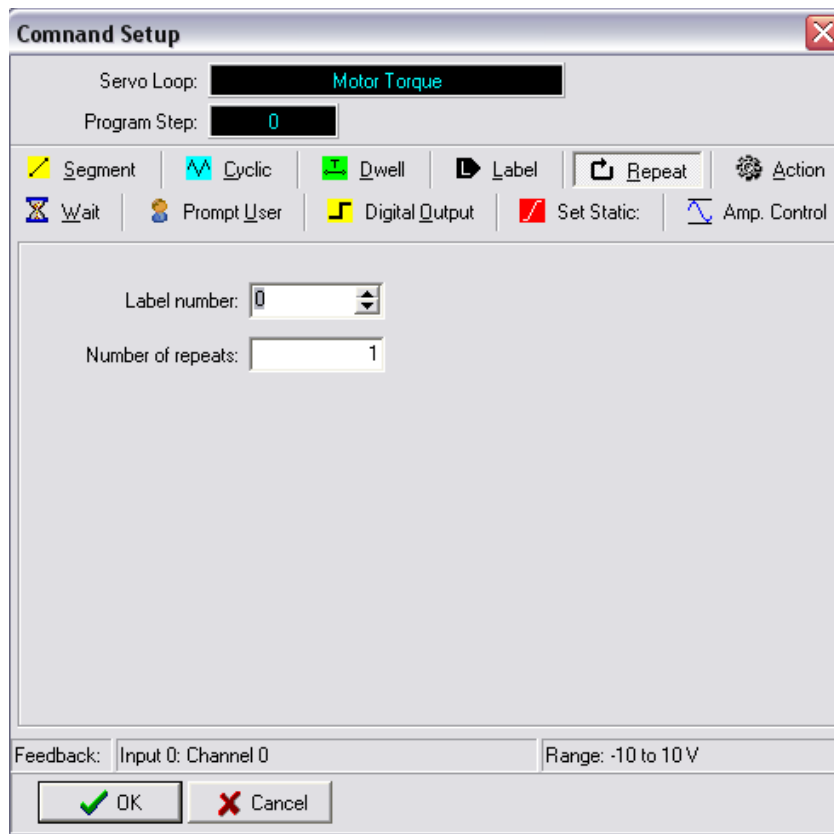


Figura 24 – Tela do comando Repeat

- **Action:** Este comando insere uma ação a ser realizada pelo controlador. Dentre as várias ações possíveis estão: Pump On/Off, Pressure Off/Low/High, Limits Off/On, Test Stop, etc.

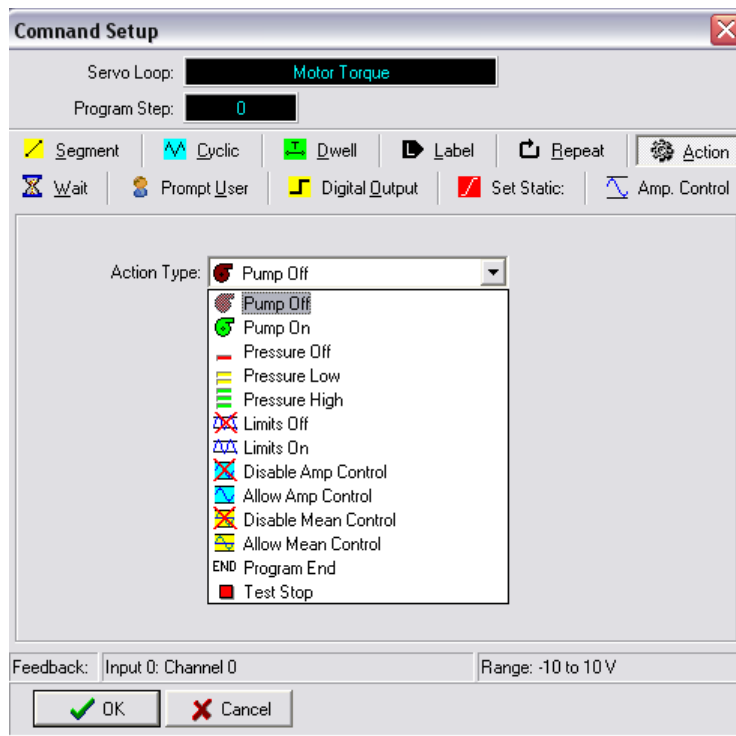


Figura 25 – Tela do Comando Action

- **Wait:** É um comando de espera. Está dividido em:

- * **Digital Input:** Este comando aguarda por um sinal externo, seja do operador ou do equipamento, em uma de suas entradas digitais.

- * **Level Crossing**

- * **Profiler Step**

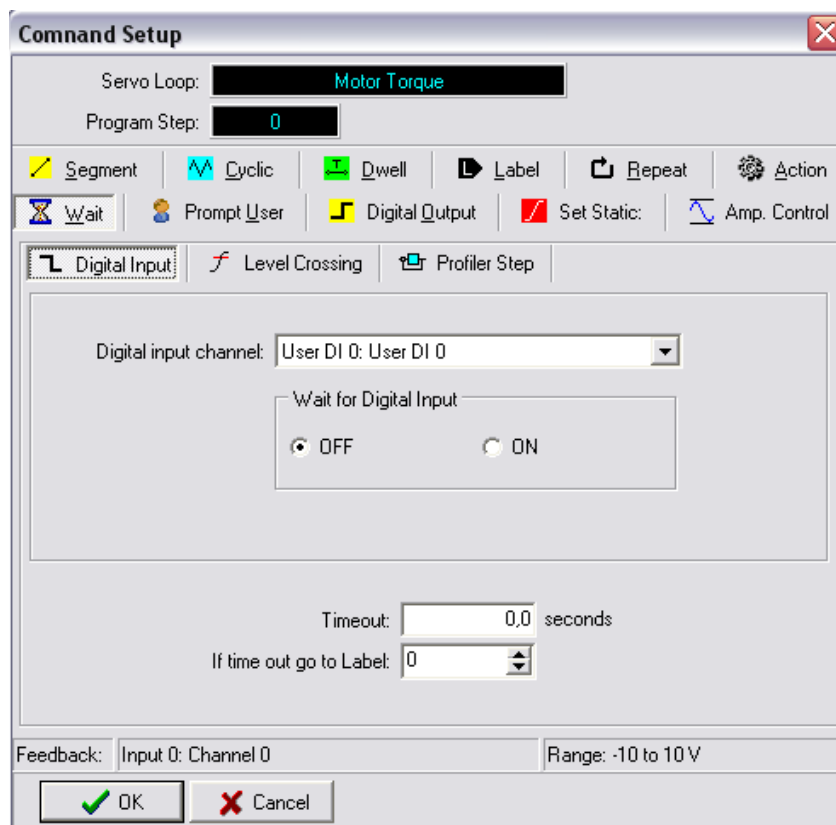


Figura 26 –Tela do comando Wait

- **Prompt User:**

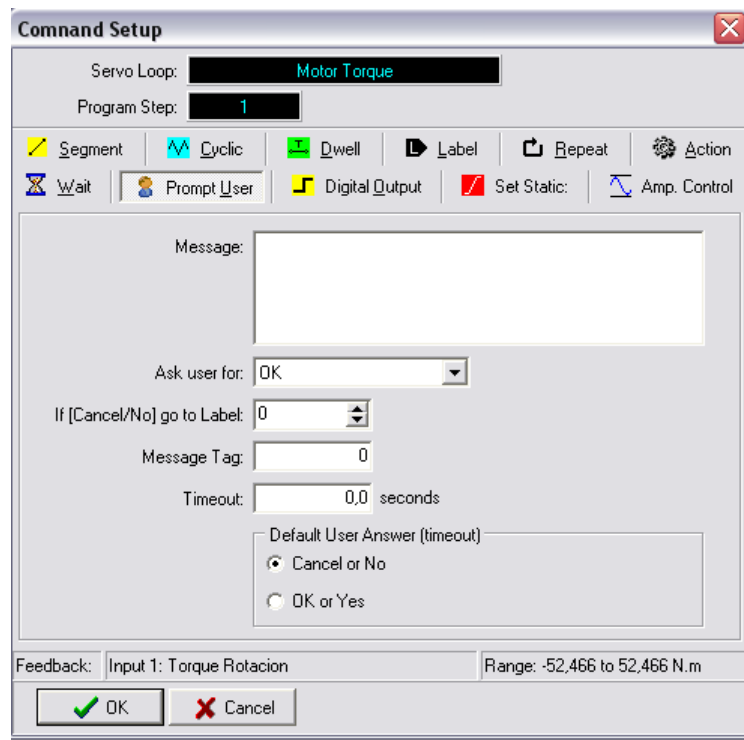


Figura 27 – Tela do comando Prompt User

- **Digital Output:** É a configuração das 4 saídas digitais. Os parâmetros são:

- * Digital output channel: Escolhe o número da saída a atuar (0, 1, 2 e 3)
- * Output Action: Escolhe o modo de atuação (OFF, ON, OFF Pulse ou ON Pulse)
- * Time: Tempo de atuação da saída digital

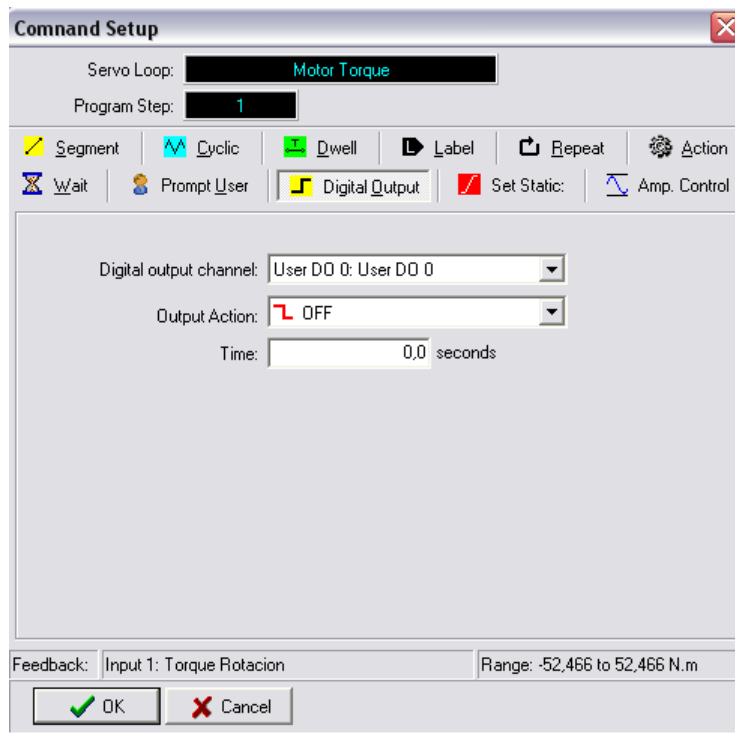


Figura 28 – Tela do comando Digital Output

- **Set Static:** Insere um novo valor estático (setpoint) para variável controlada. Está dividido em:

- * New Static: Novo valor de setpoint
- * Time: Tempo decorrido para chegar ao novo valor
- * Span: Valor em porcentagem de abertura de driver para a malha de controle
- * Master Span: Valor em porcentagem de abertura de driver para todas as malhas de controle

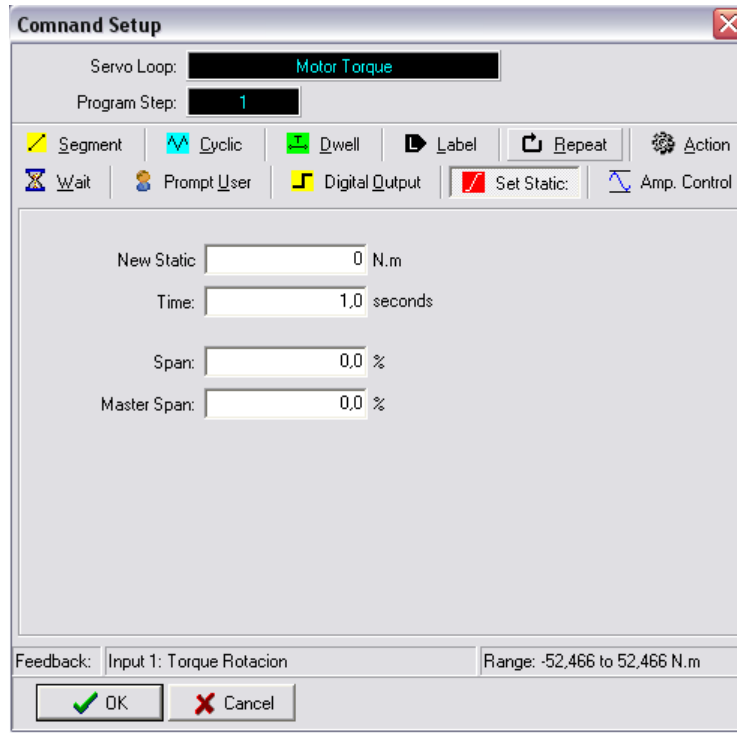


Figura 29 – Tela do comando Set Static

- **Amplitude Control:** Está dividido em: Amplitude Control e Mean Control.

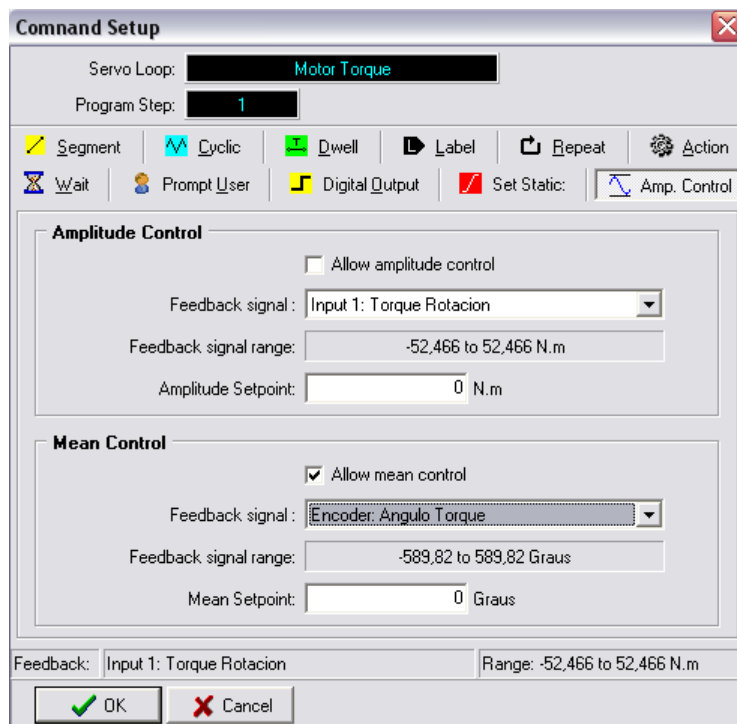


Figura 30 – Tela do Amp. Control

Após configurar o ensaio, é necessário transferi-lo para o controlador. Para fazer isto, basta clicar em Test → Transfer Program to Controller → Yes.

9.5 – Test Monitor

Neste tipo de ensaio não Controller Monitor não será mais utilizado. Para visualização gráfica dos dados deve-se utilizar o Test Monitor. Fazem a mesma função mas possuem algumas diferenças.

O Test Monitor além de mais janelas de gráficos, possui a vantagem de adicionar ou retirar os mesmos. Também possui os botões:

- Run Test: Serve para dar início ao ensaio programado através do profile
- Pause: Serve para pausar o ensaio
- Stop Test: Serve para encerrar o ensaio

O Test Monitor trabalha em conjunto com o Controller Panel, ou seja, é necessário abri-lo para controlar os atuadores, bomba hidráulica, válvulas de pressão, etc.

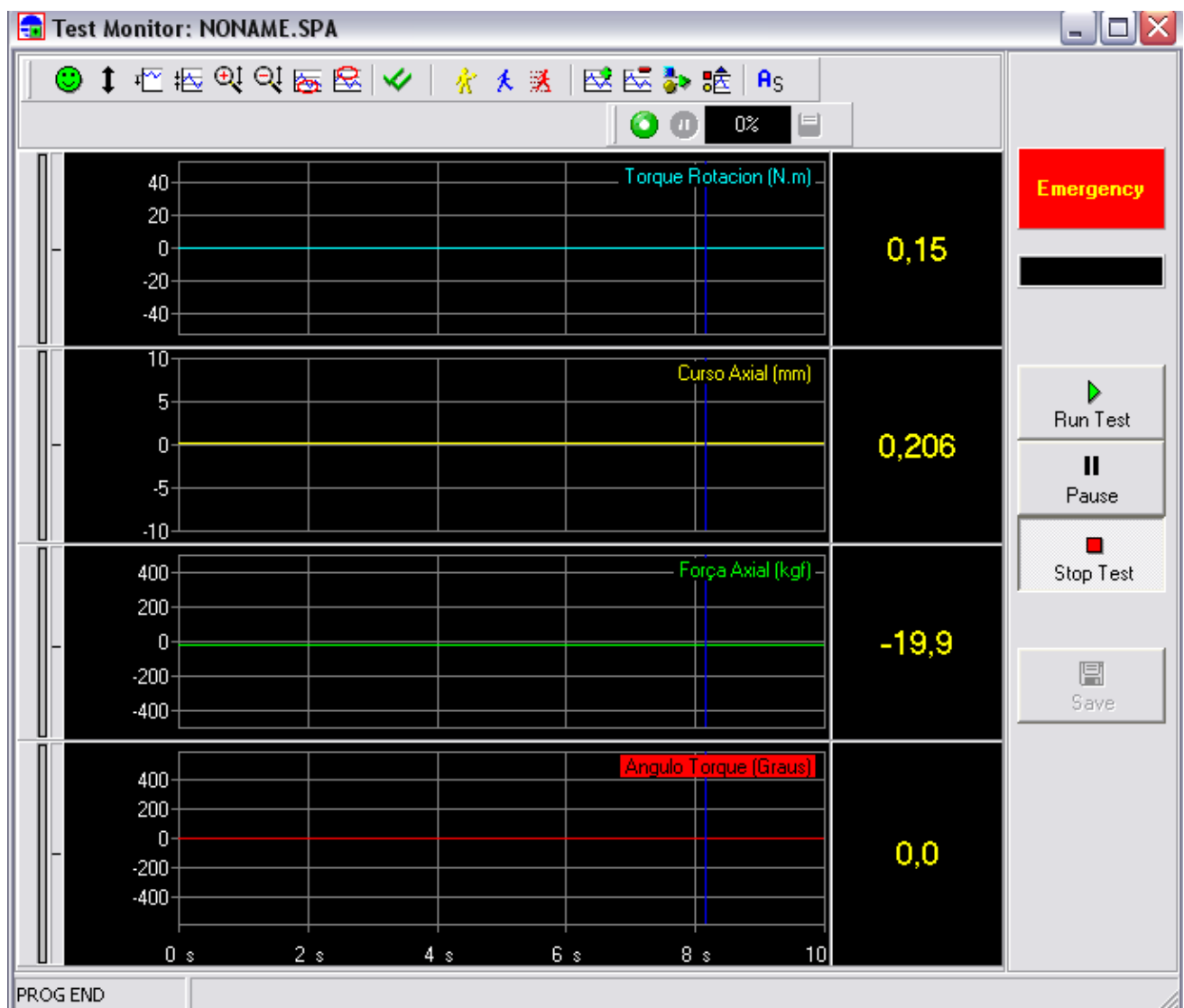


Figura 31 – Tela do Test Monitor

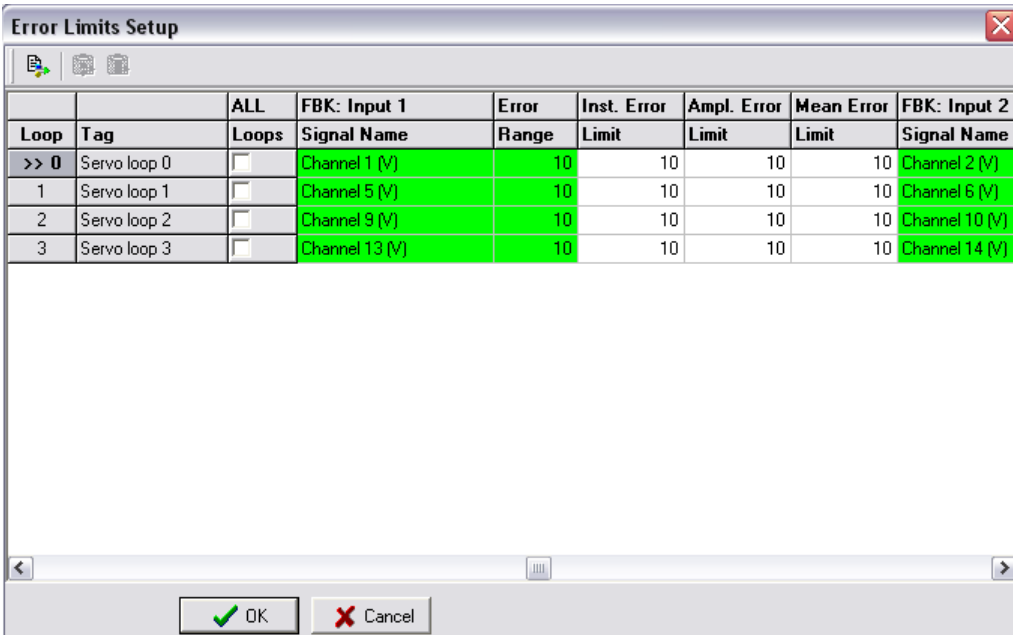
9.6 – Configuração de limites

Para impedir que possíveis danos sejam causados à amostra ou até mesmo ao equipamento, é possível configurar limites para as variáveis de controle ou de monitoração. São dois os tipos de configuração possível: Error Limits e Signal Limits.

9.6.1 – Error Limits

Como o próprio nome diz, esses limites são de erro. O erro é a diferença entre o comando enviado pelo controlador (Command) e a resposta real do ensaio (Feedback). Sua configuração é pouco utilizada visto que geralmente os limites que serão mais utilizados são os limites das variáveis controladas (Signal Limits). Sua configuração é muito, conforme abaixo:

- Coluna ALL Loops – Ao selecionar essa opção e o limite de erro configurado for atingido, o controlador realizará o comando para todas as outras malhas de controle (0, 1, 2 e 3);
- Coluna Pump Off – Ao selecionar esta opção, o controlador desligará a unidade hidráulica de força, caso o limite de erro seja atingido;
- Coluna Press Off - Ao selecionar esta opção, o controlador corta a alimentação de uma válvula pressão ON/OFF, caso o limite de erro seja atingido. Não se aplica a máquina de joelho.
- Coluna Hyd Low - Ao selecionar esta opção, o controlador acionará a pressão baixa no sistema hidráulico.
- Coluna Test Stop – Esta opção encerra o ensaio caso o limite de erro seja atingido;
- Coluna N. Cycles Limit – Esta opção encerra caso o numero de ciclos seja atingido;
- Coluna FBK : Input Signal Name – É o nome da variável controlada ou monitorada;
- Coluna Error Range – É o fundo de escala de configuração do erro;
- Coluna Instant Error Limit – É o limite de erro instantâneo;
- Coluna Ampl. Error Limit – É limite de amplitude permitido do erro;
- Coluna Mean Error Limit – É o valor de erro médio permitido;



Loop	Tag	ALL Loops	FBK: Input 1 Signal Name	Error Range	Inst. Error Limit	Ampl. Error Limit	Mean Error Limit	FBK: Input 2 Signal Name
>> 0	Servo loop 0	<input type="checkbox"/>	Channel 1 (V)	10	10	10	10	Channel 2 (V)
1	Servo loop 1	<input type="checkbox"/>	Channel 5 (V)	10	10	10	10	Channel 6 (V)
2	Servo loop 2	<input type="checkbox"/>	Channel 9 (V)	10	10	10	10	Channel 10 (V)
3	Servo loop 3	<input type="checkbox"/>	Channel 13 (V)	10	10	10	10	Channel 14 (V)

Figura 32 – Tela de configuração de limites de erro

9.6.2 – Signal Limits

Nessa tela é feita toda a configuração de limites máximos e mínimos das variáveis de controle ou monitoração do ensaio. A configuração é parecida com a do Error Limits. A única diferença é que é possível configurar tanto um limite inferior (Lower Limit) quanto um limite superior (Upper Limit) para cada variável.

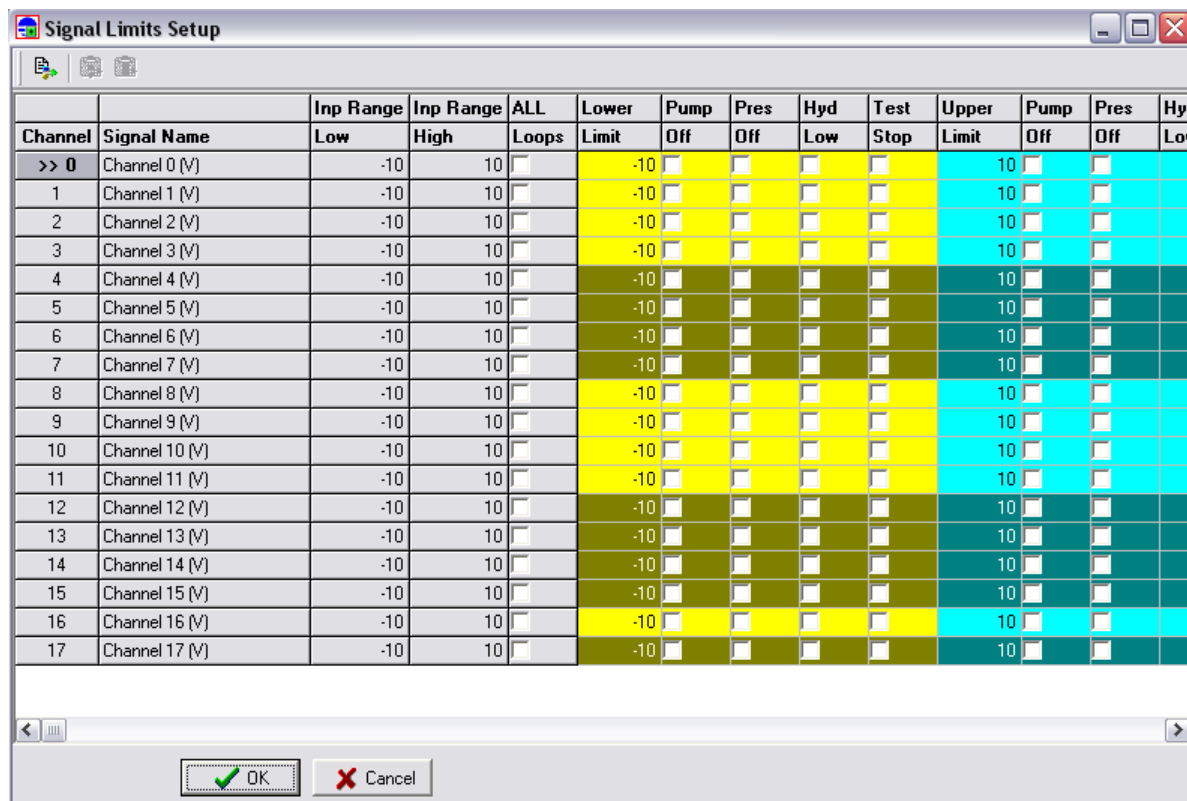




Figura 33 – Tela de configuração dos limites máximos e mínimos de ensaio

Para habilitar ou desabilitar os limites basta clicar no ícone Limits Off, localizado no Controller Panel. Os limites seguem a configuração abaixo:

-  - Leitura dos limites configurados está habilitada;
-  - Leitura dos limites configurados está desabilitada;

9.7 – Gravação de dados

É possível gravar dados através da opção 1-Click Recording Setup, localizado no menu Setup. O operador poderá gravar todos os dados de ensaio ou escolher dados específicos. Para escolher quais os dados serão gravados basta selecioná-los na caixa ao lado de cada variável.

Além de escolher os dados a serem gravados, pode configurar os seguintes itens:

- Recording Time – É o tempo (em minutos) de gravação do ensaio;
- Sample Frequency – É a frequência de aquisição dos dados, em Hz;
- User filter – Configura a utilização ou não de filtro passa baixas na aquisição de dados;

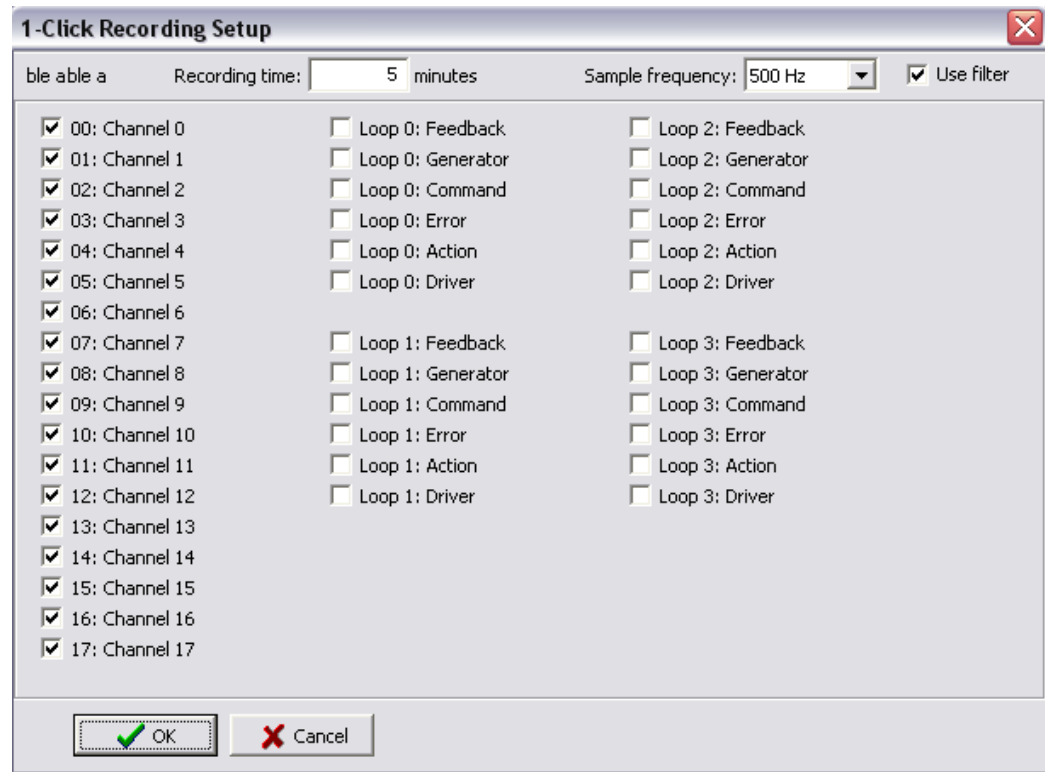



Figura 34 – Tela de configuração da gravação de dados

Para iniciar a gravação, é necessário clicar no ícone , localizado no Controller Monitor ou no Test Monitor.