



**Universidade Federal de São João Del-Rei**  
**Departamento de Engenharia Elétrica – DEPEL**

Campus Santo Antônio  
Praça Frei Orlando, 170 – Centro  
36307-352 São João Del Rei – MG  
Fax: (32)3379-2306  
Tel.: (32)3379-2552

**Convênio ECV-023/2004 Eletrobrás / UFSJ-FAUF**  
**Laboratório de Otimização de Sistemas Motrizes – LOSIM**

**Descritivo Técnico das Bancadas**

Coordenador  
Prof. José Tarcísio Assunção

Departamento de Engenharia Elétrica - DEPEL  
tel.:(32)3379-2518  
e-mail: tarcisio@ufs.edu.br

## Sumário

1) Introdução .....	3
2) Concepção do Laboratório de Otimização de Sistemas Motrizes .....	3
3) Fonte de Alimentação .....	3
4) Bancada das Bombas Hidráulicas .....	9
5) Bancada da Correia Transportadora.....	14
6) Bancada do Ventilador.....	19
7) Bancada dos Compressores.....	23
8) Bancada do Dinamômetro.....	27
9) Sistema de Supervisão e Controle.....	28
10) Instrumentos e Equipamentos de Bancada .....	30
11) Anexo I: Descritivo Técnico e Funcional do Sistema de Supervisão e Controle .....	31

## 1) Introdução

Este documento apresenta a concepção do Laboratório de Otimização de Sistemas Motrizes – LOSIM. Laboratório esse resultante do convênio entre as Centrais Elétricas Brasileiras S. A. – Eletrobrás e a Universidade Federal de São João Del-Rei – UFSJ, com a interveniência da Fundação de Apoio à Universidade Federal de São João Del-Rei - FAUF.

Este documento permite também comparar o Projeto Básico do LOSIM com o resultado final de sua montagem através deste descritivo técnico das bancadas

## 2) Concepção do Laboratório de Otimização de Sistemas Motrizes

O objetivo deste laboratório é garantir a capacidade de “tornar-se referência para estudos de eficiência energética de consumidores industriais”, além de proporcionar aos nossos pesquisadores, alunos e técnicos de indústrias da região, um laboratório capaz de proporcionar, uma experimentação com os equipamentos, instrumentos e tecnologias, que realmente são usadas na indústria. Serão montadas quatro bancadas de carga; Bomba hidráulica, Compressor de pistão; Ventilador centrífugo e uma Correia transportadora além de uma bancada com um Dinamômetro para testes de máquinas motrizes.

Como resposta ao desafio colocado, é proposto um laboratório onde os módulos de carga serão bancadas didáticas, mas construídas com equipamentos, sensores, transdutores e instrumentos usados atualmente na industrial, reproduzindo no laboratório um modelo de uma planta industrial. Os módulos de carga serão montados com materiais e tecnologia industrial comercialmente disponível, e deverão trabalhar dentro da faixa nominal de operação de cada equipamento; monitorados e controlados por sensores e transdutores com grau de precisão menor ou igual a 0,5%.

Quanto a potência nominal dos motores, é necessário prever a capacidade para o estudo e a avaliação de pequenas sobrecargas de regime, ou a avaliação do comportamento de acionamentos elétricos operando com velocidade variável abaixo, e principalmente, acima da velocidade nominal. Para uma melhor adequação aos objetivos propostos, as cargas foram dimensionadas para carregamento nominal igual a 1,5 cv, e uma capacidade de sobrecarga, em regime, igual a 25%. Para tanto, foram especificados motores de 2 cv, com o número de pólos mais adequados às características de cada carga acionada.

Cada carga constitui uma bancada independente com capacidade para comparar o desempenho dos motores de indução trifásico, de alto rendimento e padrão, e a avaliação dos diversos tipos de partida.

Todas as bancadas serão controladas por um sistema supervisor em rede *modbus ethernet*; disponibilizando uma planta industrial tecnologicamente atual, indispensável para o estudo de automação, controle, instrumentação e otimização de processos industriais.

## 3) Fonte de Alimentação

As fontes de alimentação das bancadas serão ligadas à rede trifásica local, com tensão de 220 V; 3F+N+T; 60 Hz através de um quadro de distribuição; já instalado, com proteção geral e deverão apresentar as seguintes características e capacidades:

- A fonte de alimentação deve ser projetada e especificada para o acionamento simultâneo de duas bancadas de carga sendo que a bancada do dinamômetro é especificada para ensaios de motores elétricos de até 5 cv. Esta capacidade é suficiente também para o acionamento da bancada de correias transportadora que para operar em um ciclo fechado exige a operação de duas correias, ou seja, a operação simultânea e sincronizada de dois motores de indução trifásicos de 2 cv. Cada fonte permitirá a seleção de três tipos de partida a saber: partida direta; partida suave e partida controlada por um inversor. As fontes deverão ser especificadas para uma capacidade de sobrecarga de até 20% com proteção individual e proteção contra raios e contra sobretensões transitórias e permanentes e com os circuitos terminais comutáveis entre as cargas.

**Tabela 1. Lista dos principais equipamentos/materiais do CCM**

<b>Item</b>	<b>Descrição: CCM</b>	<b>Qte.</b>
1	<b>Medidor multifunção de energia</b> Trifásico; tensão (fase fase ou fase neutro); corrente; frequência; potência ativa, reativa e aparente (por fase e total); fator de potência (por fase e total); THD% de tensão e corrente; demanda; energia ativa; energia reativa indutiva e capacitiva; medição True RMS; exatidão básica igual ou menor que 0,1% para medidas de tensão e corrente; comunicação RS485 e RS232; protocolo modbus RTU; oscilografia, harmônicos de tensão e corrente, de no mínimo, até a 50ª ordem. Taxa de amostragem menor ou igual a 100ms, resolução igual ou superior a 100 amostras/ciclo, detecção de quedas e oscilações na tensão ( <i>sag/swell</i> ) e memória de massa.	2
2	<b>Dispositivos de partida suave (softstart) 2 cv</b> trifásico; 220 V; para motor de 2cv, acionamento de conjugado constante; comunicação via rede através do módulo de comunicação Profibus DP; cabos de comunicação; entradas e saídas digitais; módulo de economia de energia.	1
3	<b>Dispositivos de partida suave (softstart) 5 cv</b> Trifásico; 220 V; 60 Hz, para motor de 5 cv, acionamento de conjugado constante; comunicação via rede através do módulo de comunicação Profibus DP; cabos de comunicação; entradas e saídas digitais; módulo de economia de energia.	1
4	<b>Inversores de Frequência 2 cv</b> Trifásico; para motor de 2 cv (acionamento de conjugado constante); 220 V; 60 Hz; controle escalar, vetorial e fluxo ótimo; frenagem regenerativa e reostática, comunicação via rede através do módulo de comunicação Profibus DP, cabos de comunicação, entrada para encoder; controle PID; entrada 0 – 10 V analógica para controle de velocidade; outras entradas e saídas analógicas e digitais.	1
5	<b>Inversores de Frequência 5 cv</b> Trifásico; para motor de 5 cv; (acionamento de conjugado constante); 220 V; 60 Hz; controle escalar, vetorial e fluxo ótimo; frenagem regenerativa e reostática; comunicação via rede através do módulo de comunicação Profibus DP, cabos de comunicação, entrada para encoder; controle PID; entrada 0 – 10 V analógica para controle de velocidade; outras entradas e saídas analógicas e digitais.	1

- O quadro de comando, controle e proteção de motores (CCM) deverá ser montado em um painel de distribuição de força padrão com visor em acrílico. O Painel deve ser fabricado e testado em conformidade com as normas técnica: NBR 5410, NR10, NBR 6808, IEC 60470, IEC 63271-200.

- O sistema de proteção será composto por Fusível; Disjuntor, Disjuntor motor e Relé de sobrecarga. Os disjuntores e o relé de sobrecarga devem conter um contato tipo normal aberto (NA) para indicação de disjuntor em *trip* e de sobrecarga no alimentador, respectivamente. Estes contatos devem trabalhar com tensões de 24 Vcc ou 110 Vca. A

especificação da proteção deverá observar as prescrições das normas técnicas pertinentes bem como as recomendações dos fabricantes, principalmente dos equipamentos mais sensíveis, como os inversores e *softstarts*.

- O sistema de acionamento deve permitir a seleção da bancada de ensaio, o tipo de acionamento (inversor ou fonte constante) e a partida da bancada remotamente, por meio do Sistema de Supervisão e Controle (SSC) além do ajuste, também remoto, das válvulas de controle de vazão. A troca do motor (comum ou alto rendimento) será feita utilizando-se tomadas de forma manual. Assim, após feita a ligação elétrica entre a tomada do motor selecionado e a tomada do alimentador correspondente à bancada selecionada, pode-se então energizar o sistema. Os intertravamentos necessários devem ser feitos na lógica do CLP e entre os contatores (intertravamento físico).

- Os sistemas de partida suave e por inversor de frequência, terão seus parâmetros determinados pelo supervisor através do módulo de comunicação Profibus DP. Desta forma, as rampas de aceleração e frenagem, tempo de operação, velocidade e demais parâmetros referentes às características operacionais das máquinas deverão ser configurados através de tela específica do supervisor. O sinal de controle do inversor de frequência consiste de um sinal de 4 a 20 mA, atuando como *setpoint* para o valor da velocidade do motor fornecido pelo transdutor de torque e velocidade. Assim será possível a realização de controle em malha fechada utilizando os medidores de grandezas físicas e o CLP. O inversor deverá possuir placa de controle PID e deve permitir os seguintes tipos de controle: escalar, vetorial *sensorless* e vetorial com *encoder* e fluxo ótimo.

- O Medidor multifunção será usado para a medição dos parâmetros elétricos, de entrada dos motores, e deverá ser capaz de medir os valores de tensão fase-fase e fase-neutro; corrente; potências ativas, reativas, aparentes e fator de potência trifásico e monofásico; frequência e energia ativa e reativa. A comunicação deste instrumento com o CLP deverá ser realizado via rede ModBus, sendo que todos os parâmetros mencionados serão mostrados e monitorados (histórico, curva no tempo, etc.) no supervisor em tela própria. Adicionalmente, o multimetedor deverá possuir funções de oscilografia e medição de harmônicos, de no mínimo, até a 50ª ordem de tensão e corrente. Este multimetedor de grandezas elétricas deverá ainda apresentar características técnicas iguais ou superiores às listadas a seguir: classe de precisão menor ou igual a 0,1% para medidas de tensão e corrente; taxa de amostragem menor ou igual a 100ms, resolução igual ou superior a 100 amostras/ciclo, detecção de quedas e oscilações na tensão (*sag/swell*) e memória de massa.

- Para estudos de eficiência energética dos sistemas motrizes, o medidor multifunção deverá ser instalado no ramal de alimentação do motor, mas para estudos de qualidade de energia ele deverá ser ligado à entrada da fonte. Portanto, deve ser previsto o chaveamento deste medidor.

- Os TC(s) de medição, se necessários, deverão ser de classe de exatidão igual ou menor que 0,3.

- Sinais de tensão e corrente deverão estar disponíveis tanto na entrada quando na saída dos acionamentos, permitindo sua verificação em osciloscópios.

- As conexões elétricas dos motores deverão ser realizadas por sistemas de conexão rápida, usando tomadas e plugues industriais. Desta forma, a troca dos motores elétricos (padrão e alto rendimento) poderá ser feita rapidamente e sem a ajuda de ferramentas. O mesmo deverá ser feito para as conexões dos sensores de temperatura interna do motor e os sinais do transdutor de torque contínuo.

- Uma rotina de diagnóstico deverá ser executada pelo Sistema de Supervisão e Controle antes do início dos ensaios para assegurar que todos os contatos dos circuitos de força, de comando e controle estão em condições de operação.
- Por medida de segurança, deverá ser feito o intertravamento físico e lógico na seleção do tipo de partida e acionamento e também para evitar a partida do motor quando as válvulas do sistema estiverem fechadas ou em qualquer situação que possa causar dados operacionais.
- Os sistemas deverão possuir proteção contra choque elétrico, quebra de máquinas, proteção dos acoplamentos mecânicos e proteção contra contatos elétricos diretos e indiretos; além de chave de emergência para interrupção imediata do fornecimento de energia elétrica.
- As bancadas de ensaio também deverão ter chaves limites (fim de curso, chave bóia, etc.) para proteção física adicional contra erros de programação do Sistema Supervisório. A atuação destas chaves deve ser indicada pelo supervisório como erro e gerar um sinal de alerta.

### 3.1) Características do Painel do PLC e CCM Instalados

O painel de comando, controle e proteção dos motores (CCM) foi projetado e fornecido pela CIMTEC Engenharia e Sistemas Ltda. Na figura 1 é mostrada um diagrama unifilar dos alimentadores e, nas figuras 2 e 3, são mostrados os diagramas unifilares das fontes de 2 cv e 5 cv e suas respectivas cargas (bancadas).

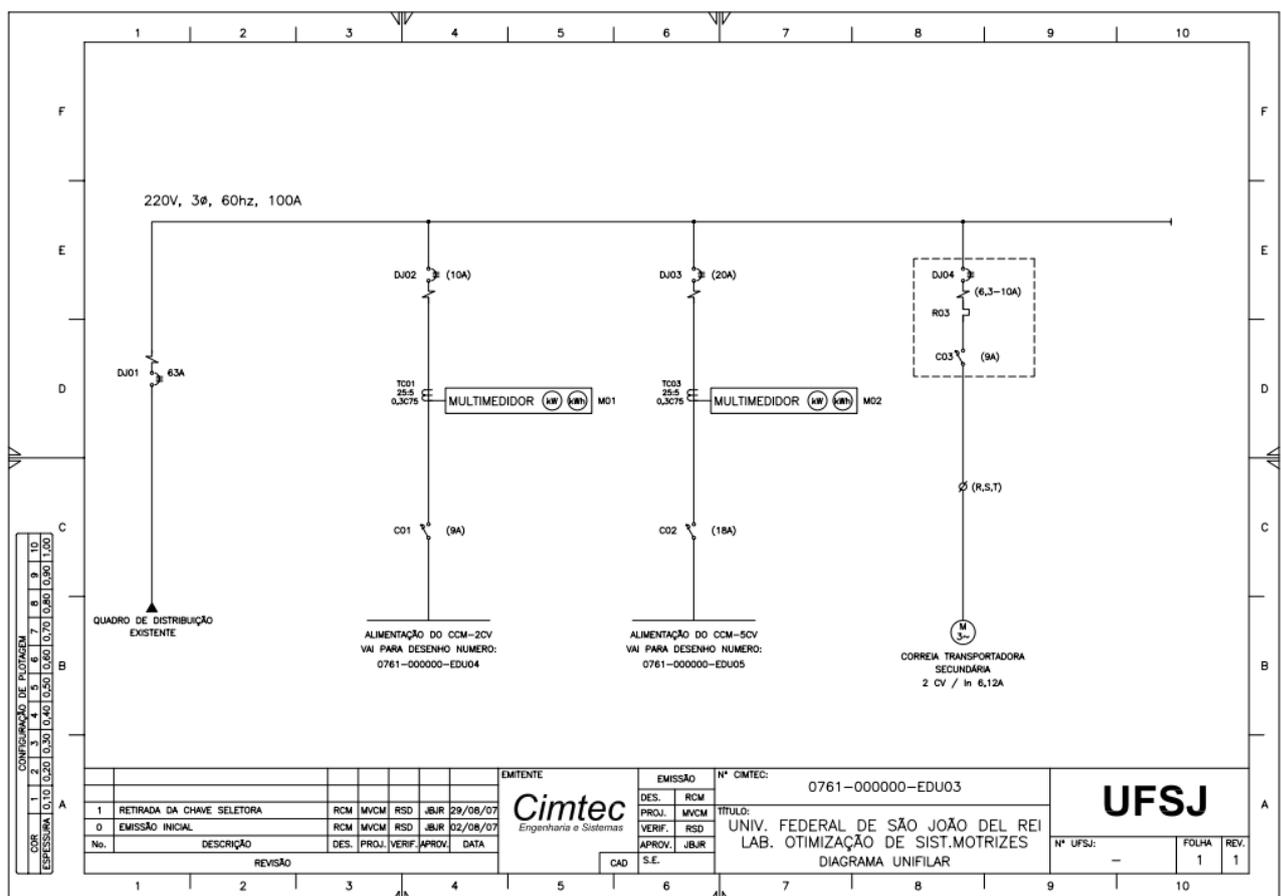


Figura 1. Diagrama unifilar dos alimentadores

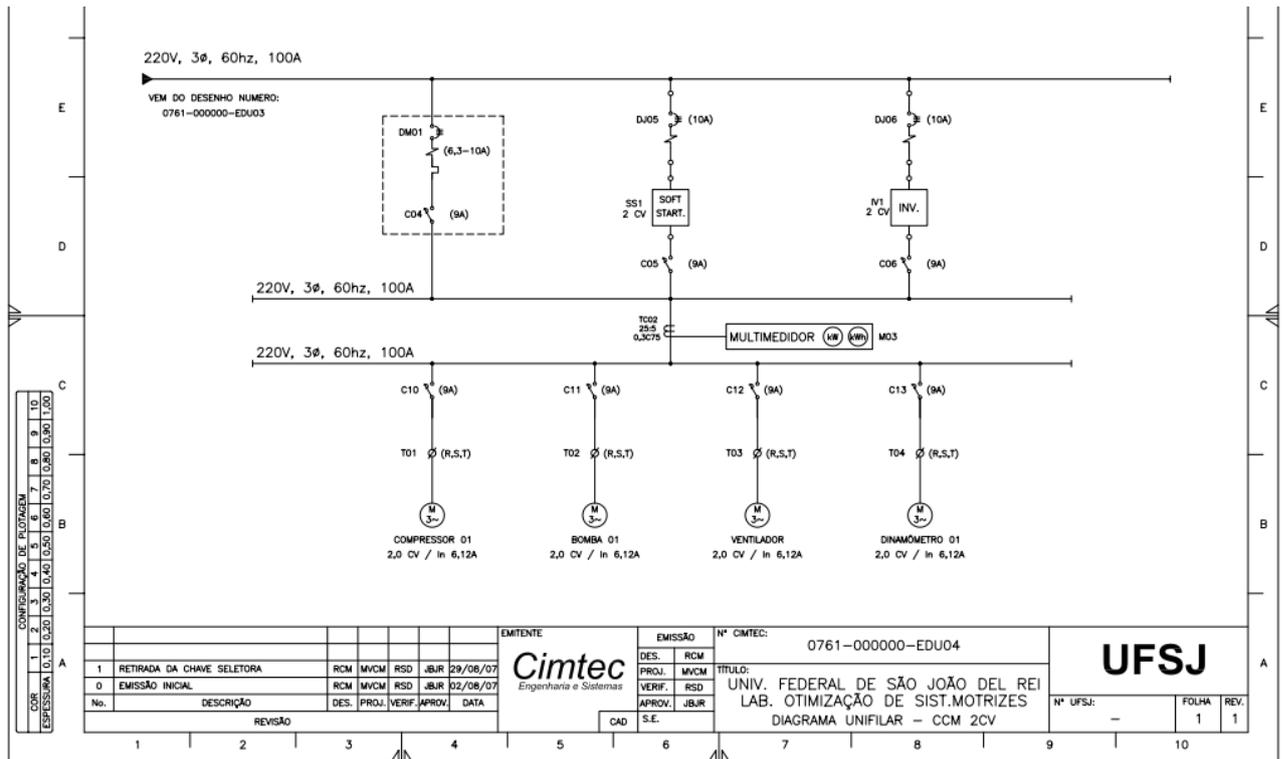


Figura 2. Diagrama unifilar da fonte de 2 cv

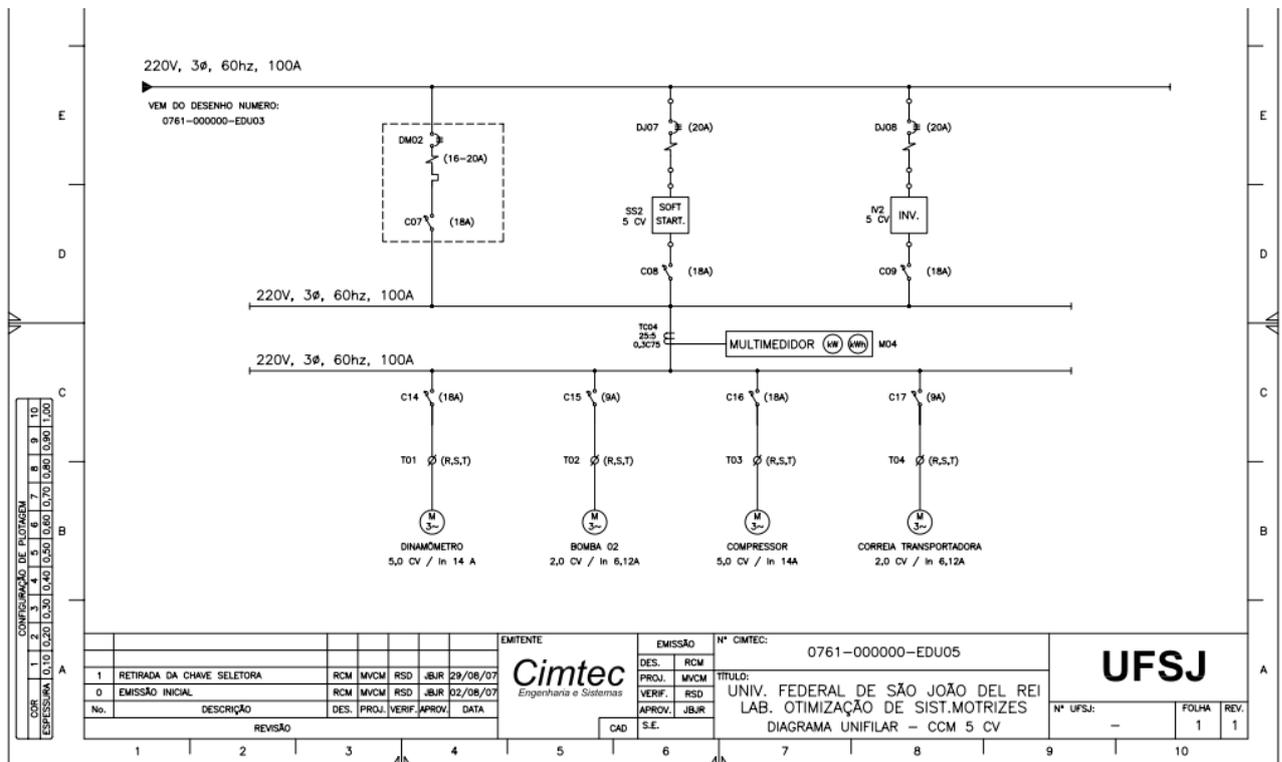
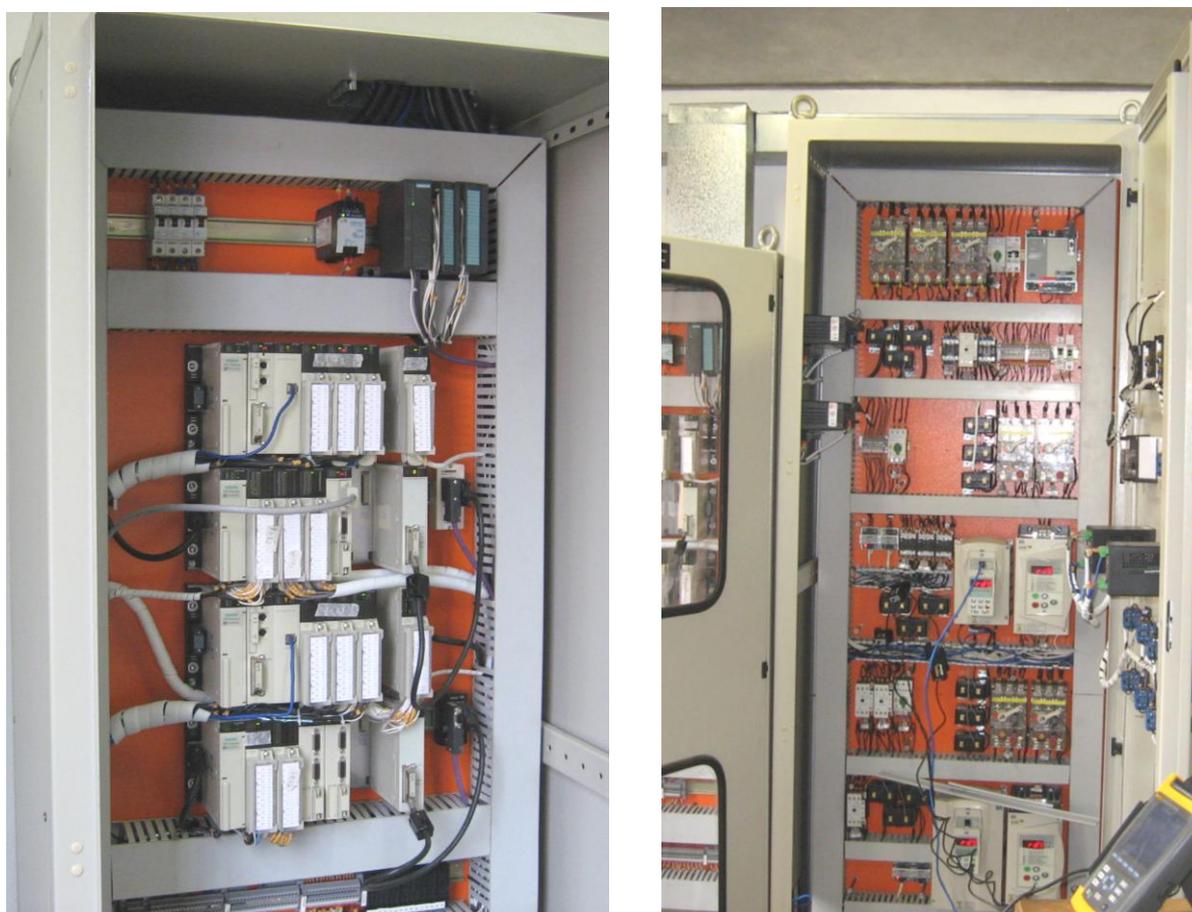


Figura 3. Diagrama unifilar da fonte de 5 cv

As fotos mostradas nas figuras 4, 5 destacam os painéis do CCM e do PLC.



**Figura 4. Vista frontal externa do Painel do PLC e do CCM**



**Figura 5. Vista interna do Painel do PLC e do CCM**

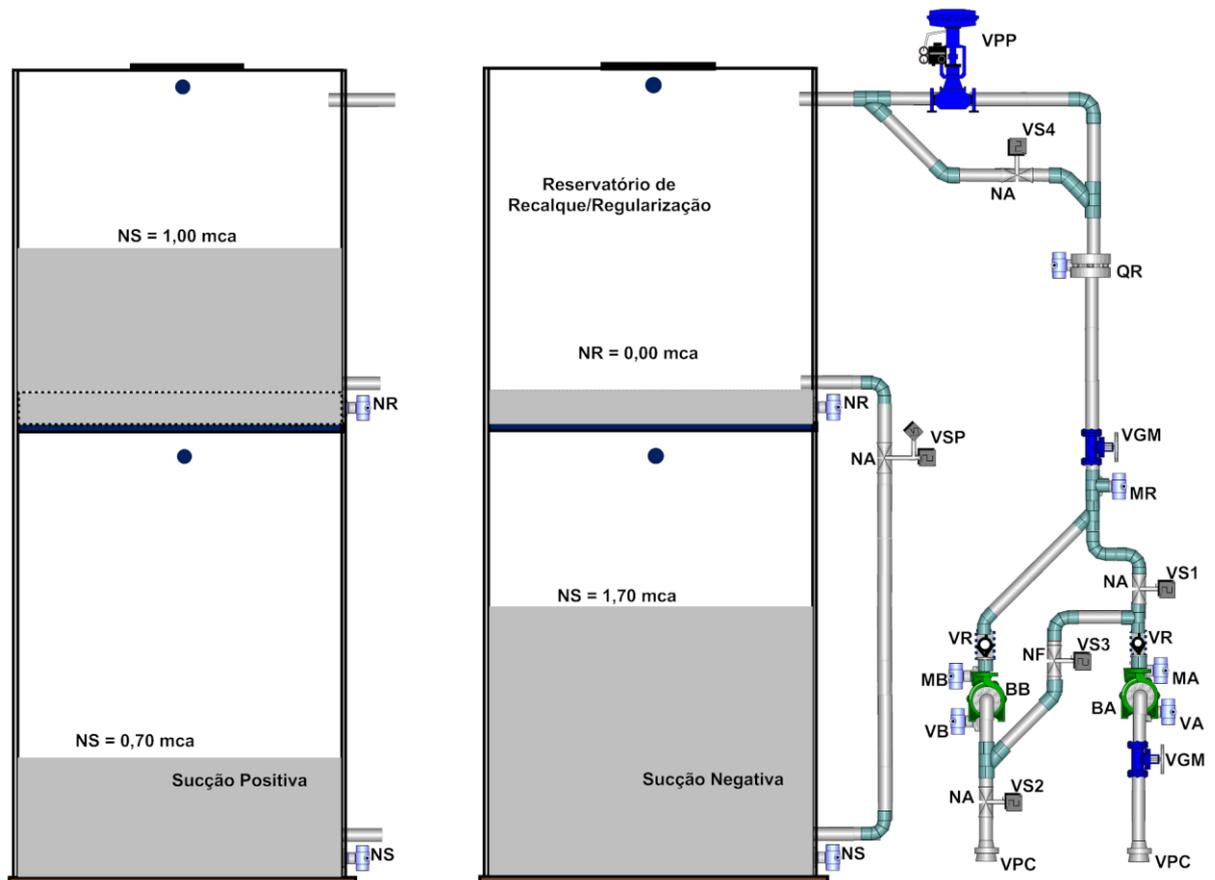
#### 4) Bancada das Bombas Hidráulicas

O objetivo desta bancada é o estudo dos acionamentos elétricos das bombas hidráulicas que, inicialmente, deverá permitir as seguintes operações:

- Levantamento das curvas características da bomba:  $H \times Q$ ,  $Q \times P$ ,  $Q \times n$ ;
- Associação de bombas: série/paralelo;
- Estudo de sistemas de bombeamento;
- Estudo das características bomba e sistema em função da velocidade de operação x estrangulamento da tubulação.

##### 4.1) Descrição da bancada de bombas hidráulicas centrífugas

Para atender os objetivos propostos para a bancada de Bombas Hidráulicas Centrífugas, foi projetado e montado um circuito fechado de bombeamento de água, como esquematizado na Figura 2 com os equipamentos e sensores indicados como discriminados na tabela 2.



Modos de Operação			
Operação	Válvulas		
	VS1	VS2	VS3
BA	Aberta	x	Fechada
BB	x	Aberta	Fechada
Paralelo	Aberta	Aberta	Fechada
Série	Fechada	Fechada	Aberta

Figura 2. Esquema do circuito fechado de bombeamento de água

Tabela 2. Lista dos equipamentos da bancada de bombas hidráulicas

Item	Descrição: Bancada Bombas Hidráulicas	Qte.	Identificação nas Figuras
1	<b>Bomba hidráulica centrífuga KSB modelo Meganorm 32-160:</b> 15 m <sup>3</sup> /h, 12 mca, 1750 rpm, um estágio, sucção simples horizontal e recalque na posição vertical, água limpa; eixo livre (sem motor), fabricada em ferro fundido, em peça única e apoiada em pés próprios e anel de desgaste do lado de sucção. Tomadas de pressão, rosca NPT, na sucção e recalque. Construção mecânica que permite a manutenção e reparos pela parte traseira sem interferir na fixação e alinhamento das tubulações.	2	BA BB
2	<b>Válvula proporcional de pistão a ar:</b> 0 – 100% NF, 2" (duas polegadas) BSP, corpo em bronze, pressão de trabalho 7bar, diâmetro do operador 63mm, sinal de controle 4-20mA, em caso de falha a posição é mantida. Marca Ascoval	1	VPP
3	<b>Válvula elétrica solenóide:</b> "on-off"; NA, 110V, 60Hz, 100psi; 2 pol; água limpa, marca Danfoss	3	VS1, VS2, VS4
4	<b>Válvula elétrica solenóide:</b> "on-off"; NF, 110V, 60Hz, 100psi; 2 pol; água limpa, marca Danfoss	1	VS3
5	<b>Válvula de Pistão a ar "on/off":</b> NA para água limpa a temperatura ambiente; 2 pol; 100PSI; 120V; 60Hz, acionada a ar comprimido, marca Ascoval	1	VSP
6	<b>Transmissor de nível:</b> transmissor de pressão manométrica com controle PID incorporado Hart 4 – 20 mA, indicador digital local; água limpa, 24V CC, 4.17 a 500 mbar, ajuste local de zero e spam; precisão < 0,1%, aço inox, marca Smar.	2	NR, NS
7	<b>Transmissor de pressão (manômetro):</b> transmissor de pressão manométrica com controle PID incorporado; Hart 4 – 20mA; indicador digital local; água limpa, 24V CC, 0.28 a 25 bar, ajuste local de zero e spam; precisão < 0,1%, aço inox, marca Smar.	3	MA, MB, MR
8	<b>Transmissor de pressão (vacuômetro):</b> água; transmissor de pressão manométrica com controle PID incorporado Hart 4–20 mA; indicador digital local ; água limpa, 24V CC, 20.8 a 2500 mbar, ajuste local de zero e spam; precisão <0,1%,aço inox, marca Smar.	2	VA, VB
9	<b>Conjunto medição de vazão para água limpa:</b> vazão 0 a 30m <sup>3</sup> /h; composto por: 1) transmissor de pressão diferencial com controle PID incorporado - HART/4-20 mA; Indicador digital local; 4,17 a 500 mbar; ajuste local de Zero e Spam; precisão < 0,1%; Aço Inox. Marca Smar 2) Placa de orifício concêntrica, canto vivo com tomadas em flanges, tubulação 2 pol SCH 40, marca Digimat. 3) Válvula manifold de 3 vias tipo Y, marca Smar. 4) Par de flanges para placa de orifício, kit e acessórios de montagem.	1	QR
10	<b>Válvula de retenção:</b> tipo portinhola, água limpa; 2 pol; 100psi, montagem em qualquer posição; extremidades rosqueadas; marca Mipel	2	VR
11	<b>Válvula globo reta:</b> água limpa; 2 pol; bronze, extremidades rosqueadas, marca Mipel.	2	VGM
12	<b>Válvula de pé com crivo:</b> água limpa; 100psi; 2 pol; bronze, roscável.	2	VPC
13	<b>Válvula de gaveta:</b> água limpa; ¾ pol; bronze; extremidades rosqueadas; marca Mipel.	2	VGR, VGS
14	<b>Transdutor de torque e velocidade:</b> Transdutor de torque com eixos lisos e amplificador integrado, com as seguintes características: Torque fornecido: 20,0 Nm precisão < 0,15%; Torque máximo: 40,0 Nm; Velocidade máxima: 6.000 rpm; Cabo para ligação (5 metros) com conector fêmea.	1	

	Alimentação: 20 a 32 VDC / 100 mA.. Sinal de torque $\pm 5/\pm 10$ V. Sinal de velocidade/frequência: coletor aberto (15 $\Omega$ em série) max. 30 VDC, protegido contra curto circuito marca/modelo: Magtrol/TBM308.		
15	<b>Motor elétrico de indução trifásico, alto rendimento:</b> 2CV 380/220V; 60Hz; 4 pólos; com sensores tipo PT 100 instalados nas bobinas do estator e, nos mancais dianteiro e trazeiro do motor.	1	
16	<b>Motor elétrico de indução trifásico, padrão:</b> 2CV, 380/220V; 60Hz; 4 pólos; com sensores tipo PT 100 instalados nas bobinas do estator e, nos mancais dianteiro e trazeiro do motor.	1	
17	<b>Reservatórios de água (sucção e recalque/regularização)</b>	1	

As principais características deste circuito hidráulico são destacadas a seguir:

- Duas bombas hidráulicas KSB modelo Meganorm 32-160, cujas características são mostradas na figura 3. Uma bomba é acionada por um motor de alto rendimento de 2 cv; 220V; 60Hz; 4 pólos e a outra, por um motor padrão de mesmas características nominais;
- Altura de sucção positiva ou negativa (bomba afogada) pode ser programada transferindo água do reservatório de sucção para o reservatório de regularização através do controle da válvula de retorno (válvula VSP);
- As tubulações são de aço galvanizado de diâmetro igual a 2 pol.

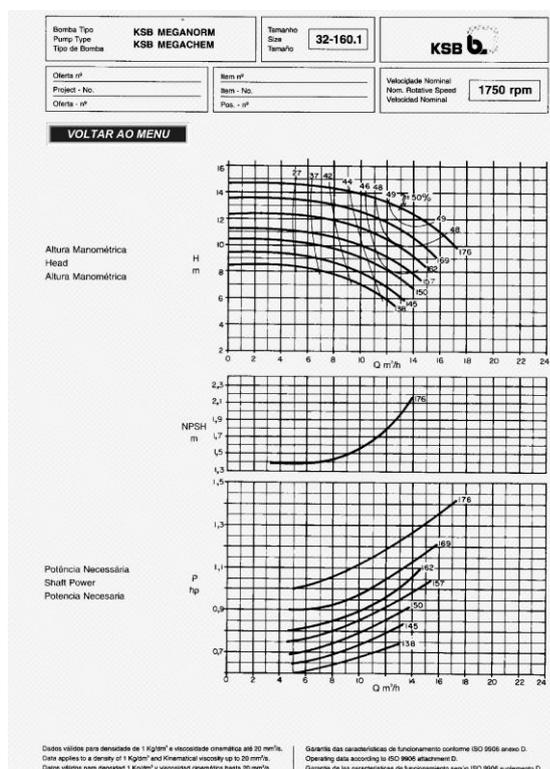
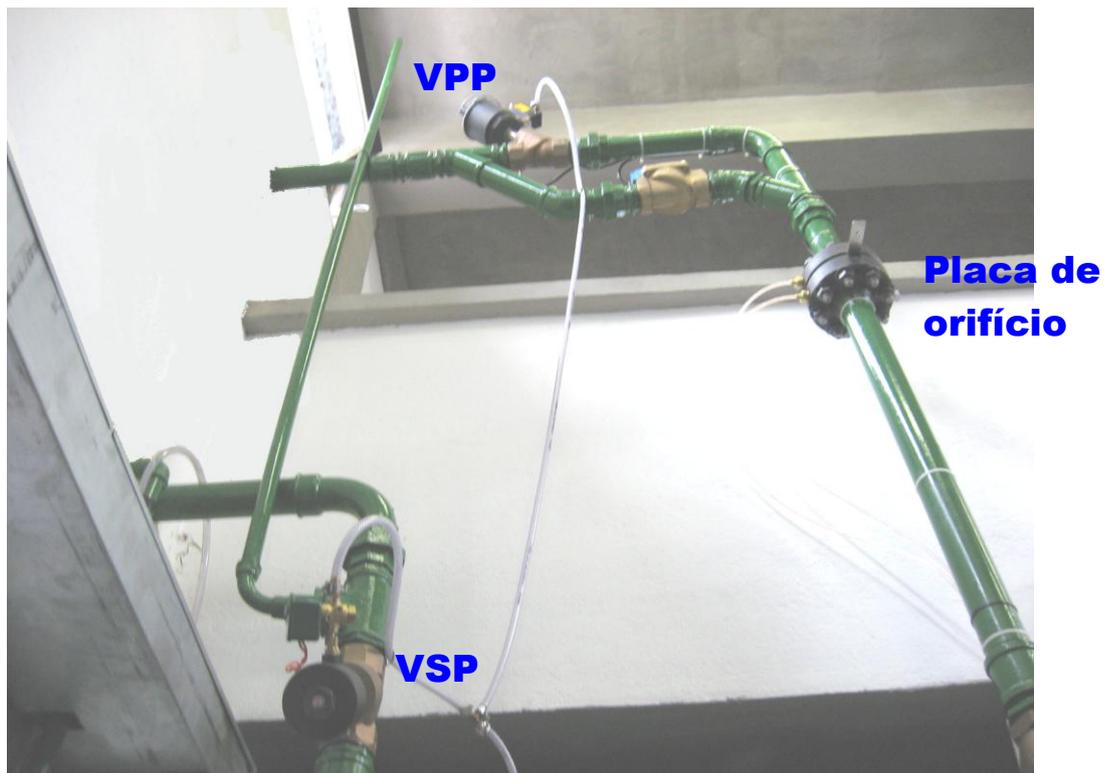


Figura 3. Curvas Características das Bombas

Detalhes do sistema de bombeamento instalado são mostrados através das montagens fotográficas das figuras 4, 5 e 6.



**Figura 4. Detalhes da instrumentação da Bancada de Bombas**  
 A instrumentação é identificada conforme listagem da tabela 2



**Figura 5. Vistas da bancada de Bombas Hidráulicas**



**Figura 6. Vista do Reservatório de Sucção e Recalque/Regularização**

## **5) Bancada de correia transportadora**

As Correias Transportadoras ou Transportadores Contínuos são classificados como Máquinas de Elevação e Transportes e se aplicam, principalmente, no transporte de produtos a granel. Destaca-se que em nossa região, o transportador de correias é muito usado, devido a presença de grandes mineradoras e siderúrgicas.

A Bancada de Carga Correia Transportadora deverá ter montagem e características construtivas especiais, mas usando os materiais e recursos industriais hoje disponíveis e usados no mercado, além de dispor de instrumentos de medidas e monitoramento para permitir o estudo, avaliação e pesquisa, conforme os objetivos propostos. O transportador de correias deve trabalhar em um sistema fechado; como ilustrado que permita uma operação em regime contínuo com carga e, para isto, serão usados dois transportadores; o principal, que será monitorado, e que fará a descarga em um transportador secundário, que será usado apenas para o retorno do material. Como carga, é proposto o uso da pedra britada (Código D26 - NBR 8011), que é um material barato e fácil de adquirir em várias granometrias e que pode, inclusive, ser lavada para reduzir a poeira.

Nesta bancada podemos destacar a capacidade para os seguintes estudos e análises:

- Avaliação e análise das forças (tensões mecânicas) estáticas e dinâmicas na operação do
- Transportador em regime permanente e transitório;
- Estudo e avaliação das normas de especificação e construção das correias transportadoras;
- Estudo e avaliação dos métodos de cálculo da capacidade da correia transportadora;
- Estudo dos métodos de seleção e especificação das correias;

- Estudo e avaliação dos sistemas de acionamento elétrico e mecânico;
- Estudo e avaliação dos motores elétricos no acionamento de correias transportadoras, no regime permanente e transitório.

### 5.1) Sistema fechado de Correias Transportadoras instalado

O sistema fechado de correias transportadoras foi projetado e fornecido pela AP Mecânica Industrial Ltda, a partir das especificações fornecidas pelo Projeto Básico do LOSIM. A tabela 3 e a figura 7 detalham o projeto mecânico do sistema montado, e as características técnicas dos principais equipamentos são listadas na tabela 4. As montagens fotográficas mostradas nas figuras 8 e 9 registram e destacam a bancada de correias transportadoras.

**Tabela 3. Características mecânicas do Sistema Fechado de Correias Transportadoras**

DADOS TÉCNICOS					
CAPACIDADE DE PROJETO		120,0 T/h			
CAPACIDADE NOMINAL		120,0 T/h			
MATERIAL		PEDRA BRITADA			
PESO ESPECÍFICO		2300 kg/m <sup>3</sup>			
GRANULOMETRIA		-			
UMIDADE		NATURAL			
REGIME DE TRABALHO		6 H/D			
INCLINAÇÃO DOS ROLETES		20°			
VELOCIDADE DA CORREIA		1,0 m/s			
LARGURA E TIPO DA CORREIA		GOODYEAR 16" - EP 220 - 2 LONAS COBERTURA EXTRA ABRASÃO 3/16"x1/16"			
MOTOREDUTOR:					
R57 DZ100LS4/BMG C/ FREIO CONTRA RECUO					
RPM ENTRADA/SAÍDA: 1700/48					
P= 2,2KW					
FS= 1,05			PROTEÇÃO: IPW 55		
I= 35,07			CLASSE DE TEMPERATURA: F		
Ø DE SAÍDA= 35mm			TENSÃO: 220V		
REDUTOR:					
R57 AD2					
RPM ENTRADA/SAÍDA: 1700/40					
FS= 1,00					
I= 35,07					
Ø DE SAÍDA= 35mm					
Ø DE ENTRADA= 19mm					
ACOPLAMENTOS					
CAVALETES			CHAVES ELÉTRICAS		
SÍMB.	TIPO	QTD.	SÍMB.	TIPO	QTD.
⊕	CARGA	08	◁	EMERGENCIA SIMPLES	-
⊕	IMPACTO	06	◁▷	EMERGENCIA DUPLA	-
⊕	ALINHANTE CARGA	-	◻→	DESALINHAMENTO	-
⊗	TRANSIÇÃO	-	◻○	LIMITE VELOCIDADE	-

⊕	RETORNO PLANO	04	■	SONDA	–
⊕	TRANSITO IMPACTO	–	□	FIM DE CURSO	–
⊕	ALINHANTE RETORNO	–	▽	DETETORA DE CORTE	–
⊕	CONJUNTO MOVEL	–	Ⓜ	MOTOR ELÉTRICO	–
■	ROLO DE PROT. P/ ESTRUT.	–			
●	CARGA ESPECIAL P/ BALANÇA	–			

PERFIL DO TRANSPORTADOR

PARTIDA (Kg)	
T <sub>1</sub>	312,53
T <sub>2</sub>	167,77
T <sub>3</sub>	160,24

TAMBORES

TAMBOR				REVESTIMENTO			MANCAL
POS.	FUNÇÃO	Ø	LARG.	ESP.	TIPO	DUREZA SHORE-A	TIPO
	ACIONAMENTO	400	500	–	S/REV.	–	SNL 511
	RETORNO	318	500	–	S/REV.	–	SNL 509

**Tabela 4. Lista de material da Bancada de Correias Transportadoras**

Item	Descrição: Bancada Correia Transportadora	Qte.
1	<b>Correia transportadora principal:</b> 5,5 metros de comprimento com capacidade de inclinação de até 18°, velocidade, a plena carga, igual a 1,0 m/seg.	1
2	<b>Correia transportadora secundária:</b> 5,5 metros de comprimento, inclinação com capacidade de inclinação de até 18°; velocidade, a plena carga, igual a 1,0 m/seg.	1
3	<b>Motor elétrico de indução trifásico, alto rendimento:</b> 2CV; 380/220V; 60Hz; 4 polos; com sensores tipo PT 100 instalados nas bobinas do estator e, nos mancais dianteiro e traseiro do motor.	1
4	<b>Motor elétrico de indução trifásico, padrão:</b> 2CV; 380/220V; 60Hz; 4 polos; com sensores tipo PT 100 instalados nas bobinas do estator e, nos mancais dianteiro e traseiro do motor.	1
5	<b>Transdutor de torque e velocidade:</b> de eixos lisos e amplificador integrado, com as seguintes características: Torque fornecido: 20,0Nm precisão < 0,15%; Torque máximo: 40,0 Nm; Velocidade máxima rotacional: 6.000 rpm; Cabo para ligação (5 metros) com conector fêmea. Alimentação: 20 a 32 VDC / 100 mA.. Sinal de torque ±5/±10 V. Sinal de velocidade/frequência: coletor aberto (15 Ω em série) max. 30 VDC, protegido contra curto circuito.	1
6	<b>Transmissor de Velocidade da correia:</b> saída 4 a 20 mA; linear; precisão < 0,5%; 24 V CC; compatível com a velocidade máxima da correia.	1
7	<b>Ponte de pesagem:</b> modelo M301 Magcon com uma balança Integradora modelo M300 e sensor de velocidade modelo M325A.	1
8	<b>Motoredutor:</b> 3cv; 220V; 60Hz; marca SEW modelo SPIROPLAN W	1
9	<b>Redutor:</b> marca SEW modelo SPIROPLAN W	1

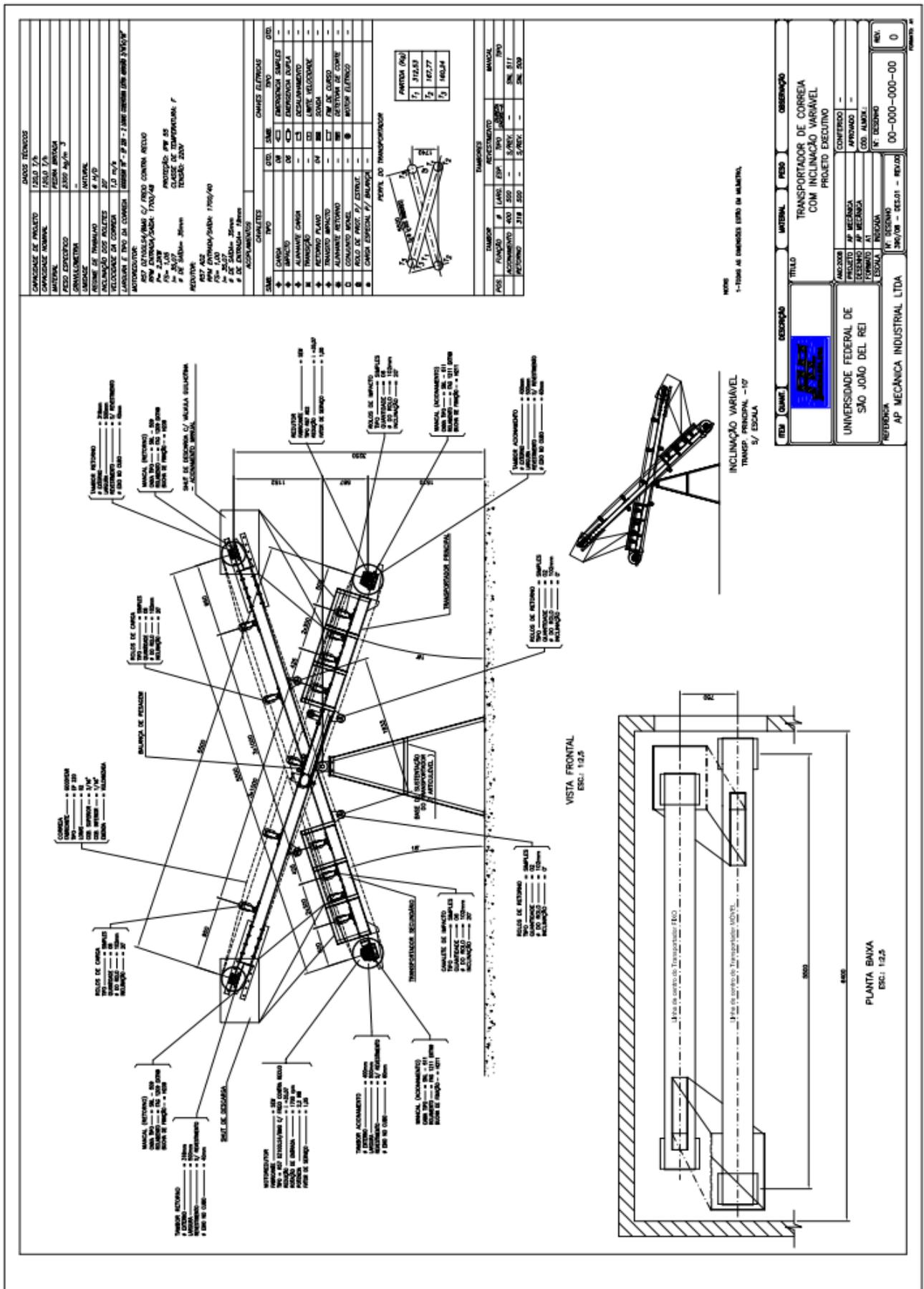


Figura 7. Características mecânicas do Sistema Fechado de Correias Transportadoras



**Figura 8. Vista do Sistema Fechado de Correias Transportadoras**



Figura 9. Detalhes dos equipamentos do Sistema Fechado de Correias Transportadoras

## 6) Bancada do Ventilador

A bancada do ventilador como ilustrado na figura 10, é baseada na norma AMCA 210 e, inicialmente, deve atender os seguintes objetivos:

- Levantamento das curvas características do ventilador;
- Estudo de sistemas de ventilação;
- Estudo das características do conjunto ventilador-sistema em função da velocidade do ventilador x abertura do registro (damper);
- Estudo de eficiência em instalações de ventilação.
- Estudo de eficiência do acoplamento motor-ventilador.
- Analisar as perdas de energia do sistema através da variação da vazão/pressão do ar utilizando um damper motorizado para controle automático do ângulo de deflexão das pás
- Perdas de energia através da variação da vazão e/ou pressão do sistema utilizando damper x inversor de frequência.

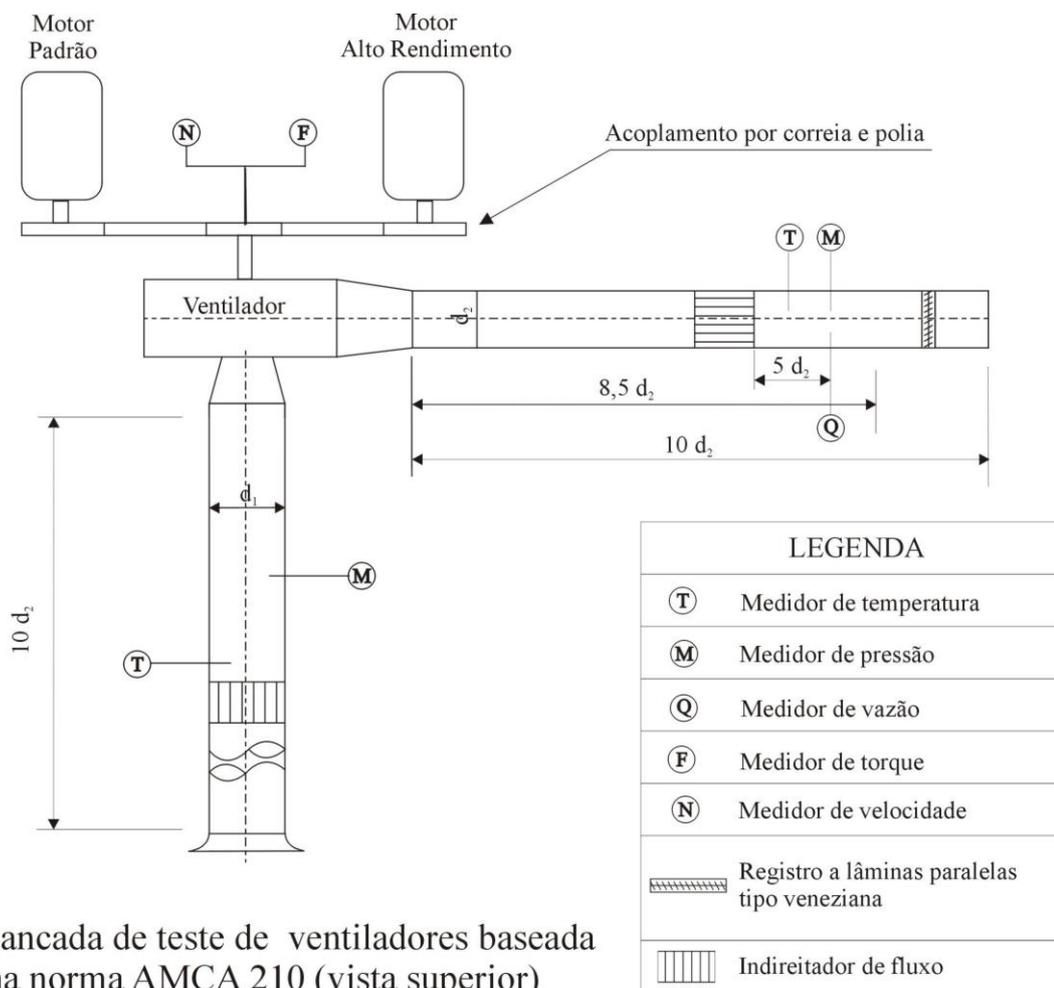


Figura 10. Diagrama esquemático da bancada do ventilador.

## 6.1) Montagem da Bancada do Ventilador

A bancada do ventilador foi montada com um ventilador industrial centrífugo, tipo sirocco, com tubulação de sucção ( $\varnothing = 280$  mm) e descarga ( $\varnothing = 252$  mm) de chapas galvanizadas e com toda a instrumentação instalada conforme a norma AMCA 210.

As características técnicas nominais do ventilador são mostradas na figura 11; e os principais materiais e componentes da bancada do ventilador estão discriminados na tabela 5.

As montagens fotográficas mostradas nas figuras 12, 13 e 14 registram e detalham a bancada do ventilador.



DADOS TÉCNICOS		Data: 1/3/2007
Cliente: UFSJ - Prof. José Tarcísio		Folha: 1 de 1
Ref.:		Projeto N°:
		Obs.:

#### VENTILADOR

Item		1			
TAG					
Quantidade		1			
Tipo		Sirocco			
Modelo		BSC 270-152			
Arranjo Construtivo		3 - SWSI			
Posição de Montagem		CW 1			
Tipo de Aspiração		simples			
Diâmetro do Rotor	mm	270			
Largura do Rotor	mm	152			
Peso (sem acessórios)	kgf	10			

#### PONTO DE OPERAÇÃO

Vazão	m³/h	2400			
Temperatura do Ar	°C	30			
Altitude Geográfica	m	900			
Pressão Atmosférica	mm HG	682,31			
Densidade do Ar	kg/m³	1,0459			
Rotação	rpm	1886,7			
Pressão Estática	mmca	80			
Pressão Dinâmica	mmca	5,8574			
Pressão Total	mmca	85,857			
Velocidade Periférica	m/s	26,672			
Velocidade de Descarga	m/s	10,48			
Potência Absorvida	HP	1,3163			
Eficiência Total	%	57,185			
Pressão Sonora (à distância de)	dBA	79,7 (1 m)			

#### MOTOR ELÉTRICO

Tipo		Trif. Standard			
Potência	HP	2			
Rotação	rpm	1720			
Tensão Elétrica	V	220/380			
N° Pólos   Freqüência		4 pólos   60 Hz			
Carcaca   Grau Proteção		90 S   IP 55			
Motor incluso com o ventilador					

#### ACESSÓRIOS INCLUSOS

Anel antifalasca					
Base única					
Carcaca bipartida					
Coxins de borracha					
Dreno					
Filtros metálicos (G1 / G0)					
Filtros sintéticos (G3)					
Gaveta porta-filtro					
Montagem do motor		X			
Pintura alumínio de alta temperatura					
Pintura epóxi a pó					
Porta de inspeção					
Proteção 45°					
Protetor de correias		X			
Quadro		X			
Suporte do motor		X			
Transmissão (polias e correias)		X			
Contraflange [aspiração   descarga]					
Damper regulável [aspiração   descarga]					
Flange [aspiração   descarga]					
Ligação flexível [aspiração   descarga]					
Tela de proteção [aspiração   descarga]					
Veneziana sob pressão [aspiração   descarga]					

Figura 11. Características técnicas nominais do ventilador

**Tabela 5. Equipamentos da Bancada do Ventilador**

Item	Descrição: Bancada Ventilador	Qte.
1	<b>Ventilador centrífugo tipo sirocco:</b> aspiração simples, pressão 80 mmCa, vazão 2400 m <sup>3</sup> /h. com rotor montado entre mancais fixados na carcaça. Posição de montagem: descarga superior horizontal; rotação sentido horário (código ANCA: CW 90). Montagem em quadro. Acionamento: motor elétrico trifásico; 2CV, 220/380V; 4 polos, 60Hz. Marca Torin modelo BSC 270-152.	1
2	<b>Dispositivo para variação de vazão:</b> Damper motorizado 291 x 222mm; marca Comparco modelo DGG+LM24SR, acionado por um servo motor DC Belimo modelo LM24SR.	1
3	<b>Conjunto medidor de vazão de ar tipo tubo de pitot:</b> pressão nominal: 80 mmCa, vazão de 0 a 3200 m <sup>3</sup> /h. Elemento primário de medição de vazão, tipo haste de inserção multifuros; marca Digimat; diâmetro tubulação: 254mm. Transmissor de pressão diferencial com controle PID incorporado - HART/4-20mA; Indicador digital local; ajuste local de Zero e Spam; precisão <0,1%; Aço Inox. Válvula manifold de 3 vias tipo Y e todos os acessórios de montagem; marca Smar modelo LD301.	1
4	<b>Sensor de temperatura PT-100:</b> Termoresistência convencional composta de fios e isoladores, com cabeçote. Limite de temperatura: -40 a 85 °C	2
5	<b>Transmissor de pressão para ar</b> limpo à temperatura ambiente; transmissor de pressão manométrica com controle PID incorporado - HART/4-20mA; Indicador digital local; 0 a 50 mbar; ajuste local de Zero e Spam; precisão <0,1%; Aço Inox; marca Smar modelo LD301	2
6	<b>Transdutor de torque e velocidade</b> com eixos lisos e amplificador integrado, com as seguintes características: Torque fornecido: 20,0Nm precisão < 0,15%; Torque máximo: 40,0 Nm; Velocidade máxima rotacional: 6.000 rpm; Cabo para ligação (5 metros) com conector fêmea. Alimentação: 20 a 32 VDC / 100 mA.. Sinal de torque ±5/±10 V. Sinal de velocidade/freqüência: coletor aberto (15 Ω em série) max. 30 VDC, protegido contra curto circuito. Marca Magtol modelo TMB 308	1
7	<b>Motor elétrico de indução trifásico padrão:</b> 2CV, 380/220V; 60Hz; 4 polos; com sensores tipo PT 100 instalados nas bobinas do estator e nos mancais dianteiro e traseiro.	1
8	<b>Motor elétrico de indução trifásico de alto rendimento:</b> 2CV, 380/220V; 60Hz; 4 polos; com sensores tipo PT 100 instalados nas bobinas do estator e nos mancais dianteiro e traseiro.	1



**Figura 12. Detalhes da montagem da Bancada do Ventilador**



Figura 13. Detalhes da montagem da *damper* com o seu servo motor



Figura 14. Detalhes da montagem da bancada do ventilador com vista do sensor de temperatura e a haste do tubo Pitot no interior da tubulação de descarga

## 7) Bancada de Compressores

A principal hipótese levantada e a ser pesquisada nesta bancada é a possibilidade de utilizar o modelo da planta e o regime típico de trabalho, para a proposição de uma estratégia de controle ótimo, cuja função custo considere, principalmente, o consumo do sistema. Pode-se avaliar, por exemplo, a relação entre pressão de trabalho e produtividade x eficiência energética e os seguintes experimentos:

- Estudo de sistemas geração e distribuição de ar comprimido com reservatório e/ou de ar direto.
- Simulação de perfis de cargas típicas de compressores por meio do controle das válvulas.
- Investigação de estratégias de controle ótimo, cuja função custo leve em conta principalmente o consumo do sistema.

- Comparação e avaliação dos dois tipos de compressores.
- Simulação e avaliação de perdas.

## 7.1) Montagem da Bancada de Compressores

A montagem da bancada do compressor, como ilustrado na Figura 15, é constituída por um compressor tipo alternativo de 1 estágio e 2 pistões em V; em paralelo com um compressor tipo parafuso de 5 cv alimentando um reservatório de 180 l. Cada compressor pode ser acionado por um motor padrão ou por um motor de alto rendimento e, o acoplamento é feito por meio de polias e correia para o acionamento de velocidade constante e acoplamento direto quanto o motor for alimentado pelo inversor de frequência.

Este sistema pode alimentar uma rede de ar comprimido, que simula uma instalação industrial. A vazão de ar para rede pode ser controlada por meio de uma válvula proporcional a pistão.

Todos os sensores e equipamentos da bancada de compressores estão discriminados na tabela 6 que também apresenta uma legenda para a identificação destes componentes nas respectivas figuras. As montagens fotográficas mostradas nas figuras 16, 17 e 18, registram os detalhes da montagem da bancada de compressores.

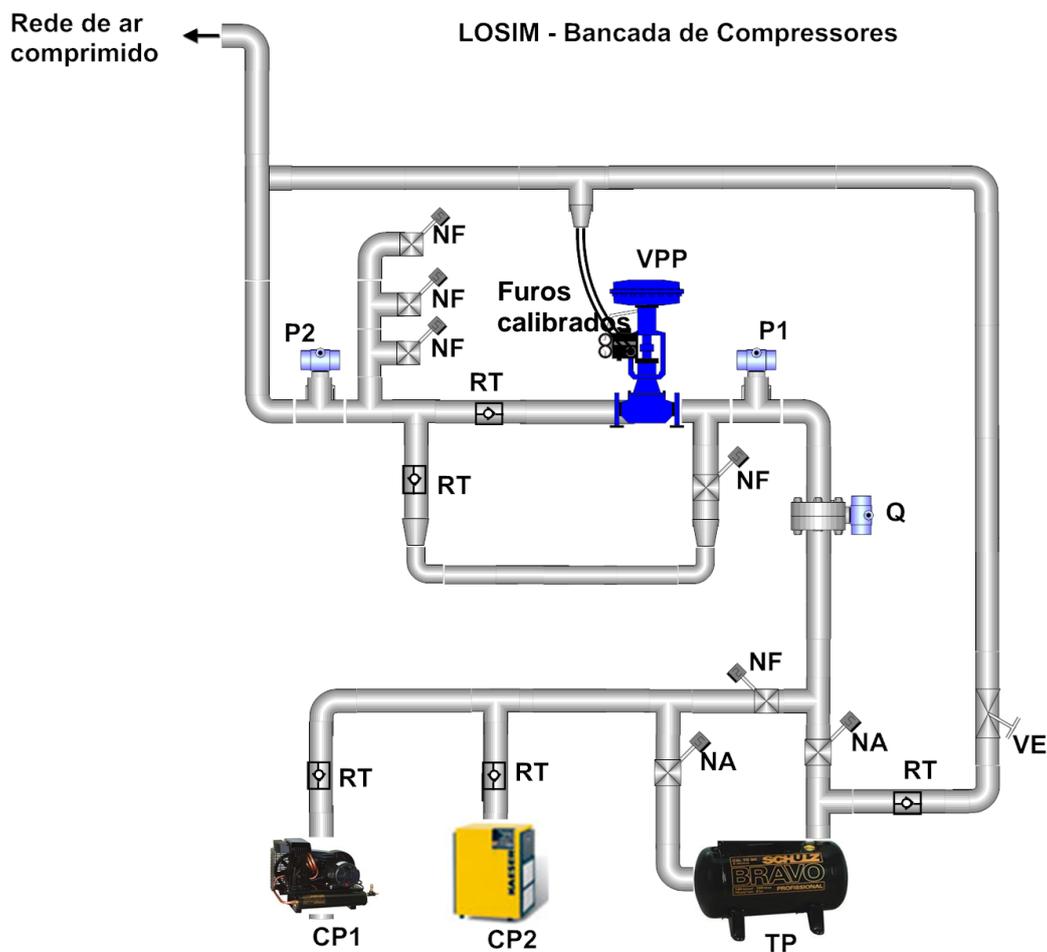


Figura 15. Esquema funcional da bancada de compressores

Tabela 6. Materias e equipamentos da bancada de compressores

Item	Descrição: Bancada Compressor de Ar	Qte.	Legenda Figuras
1	<b>Compressor de ar tipo pistão:</b> 9,7 bar; 2 CV; linha profissional; 1 estágio; 2 pistões em V; Baixa rotação; 2 cilindros; Baixo nível de ruído; Reservatórios produzidos em conformidade com as normas ASME, selos "U" e "UM" e testados hidrostáticamente conforme NR13; Válvula de segurança com certificação ASME. Reservatório de 180 litros. Marca Schulz modelo CSL 10 BR/180 L.	1	CP1
2	<b>Compressor de ar rotativo tipo parafuso</b> lubrificado KAESER modelo SX 6 (5 hp), com vazão de 23 PCM (0,65 m³/min) pressão de trabalho @ 8,5 bar, painel eletrônico SIGMA CONTROL BASIC, refrigerado a ar.	1	CP2
3	<b>Transmissor digital de vazão de ar comprimido</b> limpo; vazão de 0 a 15 pcm; incluindo transmissor de pressão diferencial com controle PID incorporado - HART/4 – 20 mA; Indicador digital local; ajuste local de Zero e Spam; precisão <0,1%; aço Inox; marca Smar; modelo LD301. Placa de orifício integral concêntrica, canto vivo com tomadas em cantos (Corner Taps); tubulação ½ pol SCH 40 e acessórios; marca Digimat.	1	Q
4	<b>Válvula de controle proporcional de pistão a ar:</b> abertura/vazão linear, normal fechada, 4 – 20 mA, ½ pol; 5,5 – 12,5 bar; ar limpo com operador 63mm, em caso de falha a posição é mantida. Marca Ascoval; modelo E290	1	VPP
5	<b>Transmissor de pressão para ar comprimido</b> limpo; transmissor de pressão manométrica com controle PID incorporado - HART/4-20mA; Indicador digital local; 0 a 25 bar; ajuste local de Zero e Spam; precisão <0,1%; aço Inox; marca Smar; modelo LD301.	2	P1, P2
6	<b>Válvula solenóide:</b> 2/2 vias NF ar limpo à temperatura ambiente, 110V, 60Hz, rosca 1/2pol NPT; marca Danfoss.	5	NF
7	<b>Válvula solenóide:</b> 2/2 vias NA ar limpo à temperatura ambiente, 110V, 60Hz, rosca 1/2pol NPT marca Danfoss.	2	NA
8	<b>Válvula de isolamento:</b> tipo esfera; rosca ½ pol NPT; ar comprimido 15 bar; marca Genebre	5	VE
9	<b>Válvula de retenção:</b> ar comprimido, abertura de baixa pressão; pressão máxima 15 bar; montagem horizontal; marca Mipel.	6	RT
10	<b>Motor elétrico de indução trifásico padrão:</b> 2 CV; 220/380 V; 60Hz; 4 polos; com sensores tipo PT 100 instalados nas bobinas do estator e, nos mancais traseiro e dianteiro.	1	
11	<b>Motor elétrico de indução trifásico de alto rendimento:</b> 2 CV; 220/380 V; 60Hz; 4 polos; com sensores tipo PT 100 instalados nas bobinas do estator e, nos mancais traseiro e dianteiro.	1	
12	<b>Motor elétrico de indução trifásico padrão:</b> 5 CV 220/380 V; 60Hz; 4 polos; com sensores tipo PT 100 instalados nas bobinas do estator e, nos mancais traseiro e dianteiro.	1	
13	<b>Motor elétrico de indução trifásico de alto rendimento:</b> 5 CV 220/380 V; 60Hz; 4 polos; com sensores tipo PT 100 instalados nas bobinas do estator e, nos mancais traseiro e dianteiro.	1	
14	<b>Pistola de Pintura Pneumática:</b> Pistola de Pintura, tipo sucção, profissional; Consumo de ar: 8,9 pcm à 50 lbf/pol <sup>2</sup> ; Capacidade do reservatório: 1 litro; Bico padrão: 1,6 mm em aço inox.	1	
15	<b>Parafusadeira Pneumática Reta ¼:</b> Automática; tipo embreagem; capacidade: até 5/32"; torque: 0,1 a 0,4 Kgfm; peso: 0,6kg; consumo intermitente: 5,3pcm; pressão de trabalho: 90psi	1	
16	<b>Furadeira Pneumática ½:</b> Capacidade até ½; Consumo intermitente: 8 pcm; Pressão de trabalho: 90psi	1	

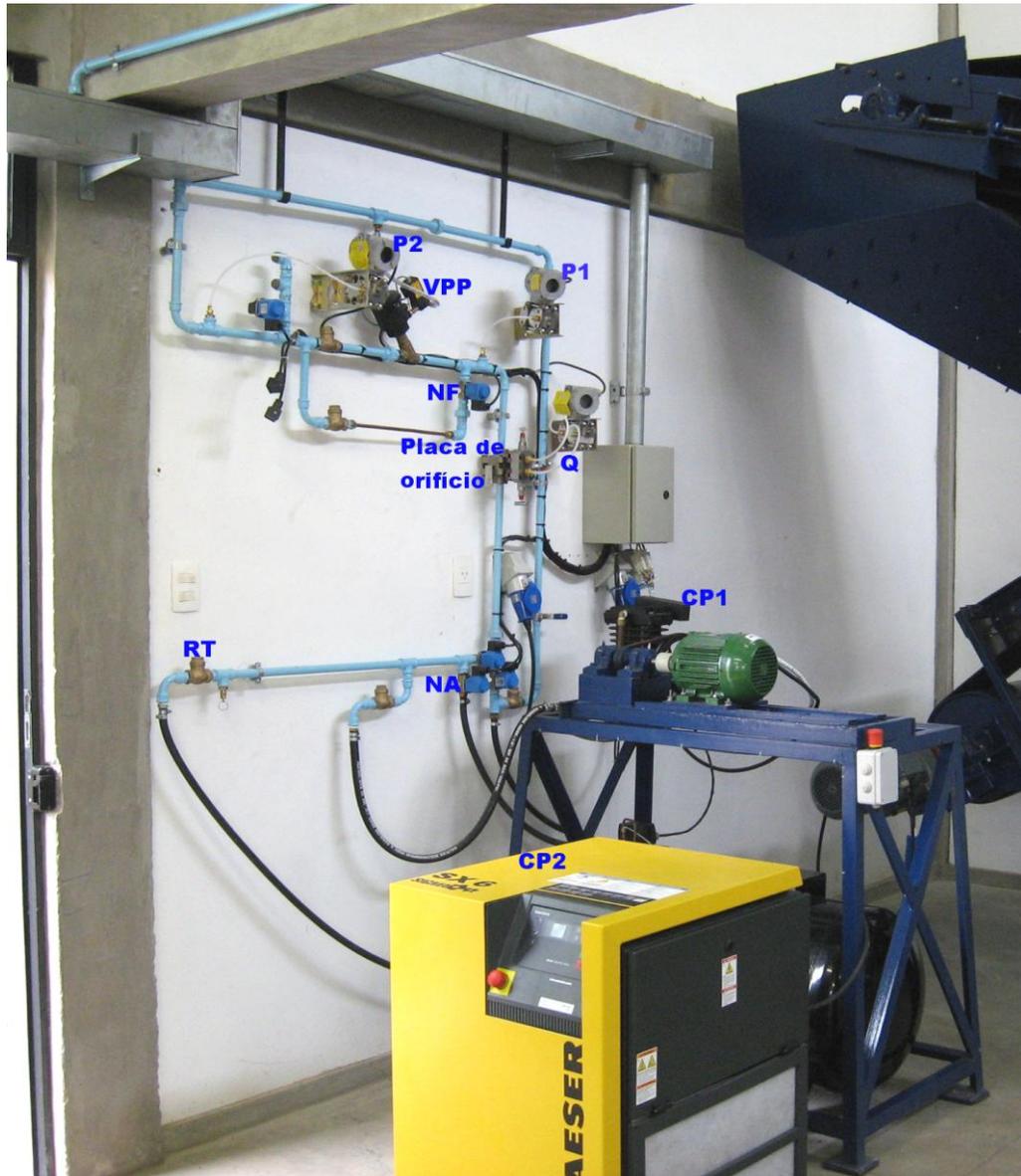


Figura 16. Visão geral da Bancada de Compressores



Figura 17. Detalhes da montagem do compressor de pistão



Figura 18. Vistas da rede de ar comprimido

## 8) Bancada do Dinamômetro

A bancada do dinamômetro será, essencialmente, usada para pesquisas avançadas em máquinas elétricas rotativas. É proposta uma bancada com capacidade de ensaio de motores elétricos de até 5 cv, com grau de precisão igual ou inferior a 0,2%. O dinamômetro será alimentado pela fonte de 5 cv e para garantir a precisão, resolução e tempo de resposta será integrada ao sistema de controle e aquisição de dados que deverá dispor de uma tela específica para esta bancada.

A bancada usará um transdutor de torque contínuo montado em uma bancada para operar como dinamômetro. Este equipamento permite a aquisição de dados (torque e velocidade de rotação), e estará completamente integrado ao sistema de supervisão e controle do Laboratório. E ainda, garante a precisão adequada e necessária a um dinamômetro. Para a simulação de carga pode-se usar um inversor, já previsto no projeto do laboratório, acionando um motor de indução em frenagem dinâmica (reostática ou regenerativa), como gerador de indução ou um gerador de corrente contínua. A montagem final da bancada de dinamômetro é registrada pelas fotografias mostradas na figura 19, com os equipamentos listados na tabela 7.

Tabela 7. Equipamentos da Bancada do Dinamômetro

Item	Descrição: Bancada do Dinamômetro	Qte.
1	<b>Transdutor de torque e velocidade</b> com eixos lisos e amplificador integrado, com as seguintes características: Torque fornecido: 20,0Nm precisão < 0,15%; Torque máximo: 40,0 Nm; Velocidade máxima rotacional: 6.000 rpm; Cabo para ligação (5 metros) com conector fêmea. Alimentação: 20 a 32 VDC / 100 mA.. Sinal de torque $\pm 5/\pm 10$ V. Sinal de velocidade/freqüência: coletor aberto (15 $\Omega$ em série) max. 30 VDC, protegido contra curto circuito. Marca Magtol modelo TMB 308	1
2	<b>Motor elétrico de indução trifásico padrão:</b> 2 CV, 380/220V; 60Hz; 4 polos; com sensores tipo PT 100 instalados nas bobinas do estator e nos mancais dianteiro e traseiro.	1
3	<b>Motor elétrico de indução trifásico de alto rendimento:</b> 5 CV, 380/220V; 60Hz; 4 polos; com sensores tipo PT 100 instalados nas bobinas do estator e nos mancais dianteiro e traseiro.	1



Figura 19. Vistas da Bancada do Dinamômetro

## 9) Sistema de Supervisão e Controle

O sistema de Controle e Supervisão consiste de dois CLP's e duas Estações de Supervisão. Os CLP's têm a função de gerenciar automaticamente as etapas dos ensaios das bancadas, ligar e desligar o sistema, selecionar as bancadas e o modo de partida, comandar o estado dos dispositivos de comando e controle de grandezas elétricas e mecânicas e monitorar, em tempo real, todas as etapas dos ensaios de cada bancada.

Os parâmetros a serem aqisitados em cada bancada serão: tensões e correntes trifásicas e de fase, potências ativa e reativa, fator de potência, freqüência, conteúdo harmônico de tensão e corrente, torque e velocidade angular do motor, além das grandezas associadas a cada carga (pressão, vazão, velocidade, nível e carga, temperatura e posição das válvulas e *damper*). Os canais de entrada/saída analógicos, terão sinais de 4 a 20 mA,  $\pm 10$  Vcc e sinais *on/off*, e deverão ser individualizados para cada grandeza coletada de cada bancada. O CLP deve permitir a operação completa, inclusive mudanças de parâmetros operacionais, de qualquer uma das bancadas sem interferir na operação das demais.

O supervisório deverá conter uma tela principal para cada bancada, com o desenho esquemático desta, sendo que cada elemento constituinte da bancada (multimedidor, acionamento, carga, etc) deverá conter um *link* para abertura das telas de monitoração correspondentes.

## 9.1) Sistema de Supervisão e Controle Instalado

O sistema supervisório SCADA implantado é constituído de dois PLC da Schneider Elétric; modelo Premium. As tabelas 8 e 9 listam as placas do PLC1 e PLC2, respectivamente e, a tabela 10 lista os softwares e cabos conversores.

**Tabela 8. Componentes do PLC1**

It	Qtd	Referência	Descrição
1	2	TSXPSY2600M	FONTE PREMIUM 100/240VAC 26W
2	1	TSXP572634M	572X4 ETH UNY PROCESSOR
3	1	TSXMRPP224K	SRAM MEM 224KB PROG
4	3	TSXAEY414	PLACA ENT.ANA.MULTIGAMA 16BI
5	1	TSXAEY1600	PLAC 16 ENT.ANA.0/10VCC 4/20MA
6	1	TSXASY410	PL. 4 SAIDAS ANAL.0-10V/4-20MA
7	1	TSXDEY16D2	PLACA 16 ENT.24VCC C/BORNEIRA
8	1	TSXDSY16R5	PLACA 16 SAIDAS RELE C/BORNE
9	1	TSXCTY2A	PLACA 2 VIAS CONT.40KHZ
10	6	TSXBLY01	BORNEIRA PRA MODULO TSX57
11	1	TSXSCP114	CARTAO INTERF.COMUN. RS485 PCM
12	1	TSXSCPCX4030	CABO CARTAO TSXSCP114 P/RS485
13	1	TSXPBY100	PLACA PROFIBUS DP PREMIUM
14	2	TSXRKY8EX	SUORTE MONTAGEM CONTR.PROGRAM
15	1	TSXTLYEX	FIM DE LINHA CONT.PROG TSX57
16	1	TSXCBY010K	CABO PARA SUORTE MONTAG.TSX57

**Tabela 9. Componentes do PLC2**

It	Qtd	Referência	Descrição
1	2	TSXPSY2600M	FONTE PREMIUM 100/240VAC 26W
2	1	TSXP572634M	572X4 ETH UNY PROCESSOR
3	1	TSXMRPP224K	SRAM MEM 224KB PROG
4	3	TSXAEY414	PLACA ENT.ANA.MULTIGAMA 16BI
5	1	TSXAEY1600	PLAC 16 ENT.ANA.0/10VCC 4/20MA
6	1	TSXASY410	PL. 4 SAIDAS ANAL.0-10V/4-20MA
7	1	TSXDEY16D2	PLACA 16 ENT.24VCC C/BORNEIRA
8	1	TSXDSY16R5	PLACA 16 SAIDAS RELE C/BORNE
9	1	TSXDSY08R5	PLACA 8S RELES 3A.TH 24CC/
10	2	TSXCTY2A	PLACA 2 VIAS CONT.40KHZ
11	7	TSXBLY01	BORNEIRA PRA MODULO TSX57
12	1	TSXSCP114	CARTAO INTERF.COMUN. RS485 PCM
13	1	TSXSCPCX4030	CABO CARTAO TSXSCP114 P/RS485
14	1	TSXPBY100	PLACA PROFIBUS DP PREMIUM
15	2	TSXRKY8EX	SUORTE MONTAGEM CONTR.PROGRAM
16	1	TSXCBY010K	CABO PARA SUORTE MONTAG.TSX57
17	1	TSXRKA02	TAMPA DE SLOT PREMIUM
18	1	TSXTLYEX	FIM DE LINHA CONT.PROG TSX57

**Tabela 10. Software e Cabos conversores dos PLCs**

It	Qtd	Referência	Descrição
1	1	UNYSPUMFUCD30	UNITY PRO M V3.0
1	1	SYGSPULFDCD29M	CONFIGURADOR SYCON 2.9 INTERNO
1	1	TSXCUSB485	CABO CONVERSOR USB/RS485
1	1	TSXCRJMD25	CABO ENTRE CONV USB485 E TSX

O supervisor é da Elipse com as seguintes licenças: Elipse Scada Configurador MMI; Elipse Scada Runtime Full MMI e Drive de comunicação PLC Schneider.

As principais características de operação do Sistema de Supervisão e Controle constam do documento “**Descritivo Técnico e Funcional do Sistema de Supervisão e Controle**” em anexo.

## 10) Instrumentos e Equipamentos de Bancada

Como previsto no Plano de Aplicação do Convênio ECV-023/2004 Eletrobrás / UFSJ-FAUF e demonstrado na planilha de controle da aplicação de recursos foram adquiridos os equipamentos listados na tabela 11, e registrados pela montagem fotográfica mostrada na figura 20.

**Tabela 11. Equipamentos e instrumentos de bancada.**

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Qte.</b>
1	<b>Analisador portátil de qualidade de energia:</b> trifásico; portátil; medição de harmônicos até 50ª ordem, energia, potências, tensão e corrente nas três fases e no neutro simultaneamente, variações de tensão de curta duração, desequilíbrio de tensão, fator de potência, frequência, corrente de inrush, taxa de amostragem igual ou superior a 250 amostras por ciclo, função de oscilografia, capacidade de armazenamento de no mínimo 16 Mb, software de análise dos registros, medição de tensão até 500V fase-neutro, garras de corrente (clamps) de até 5 A, garras de corrente (clamps) de até 2000A, bateria interna com autonomia igual ou superior a 5 horas. Padrão IEC 61000-4-30 Classe A. <b>Marca/modelo: Fluke modelo 435, com três conjuntos de pinças amperimétricas ( I5SPQ3; 400s e i400s Flex ).</b>	1
2	<b>Termômetro digital de contato:</b> de dois canais, com datalogger para 10000 registros de ambos os canais e interface RS-232, LCD duplo de 4 dígitos, resolução de 0,1°C, precisão básica de 0,1%+0,7°C, congelamento de leitura, registro de máximo, mínimo e média, modo relativo, função T1 - T2, desligamento automático, modo comparação. Medida de temperatura na faixa de 50°C a 750°C. <b>Marca: Texto 175 T3</b>	1
3	<b>Termômetro digital infravermelho:</b> de precisão; com relação distância foco de 50 : 1, mira laser (classe II) com determinação de foco, emissividade ajustável 0,10 a 1, LCD de 3 ½ dígitos, resolução de 0.1°C, funções avançadas como registro Máximo e Mínimo, Média, Diferencial, Hi e Lo; capacidade de armazenamento de dados e fotos; software para análise dos dados e desligamento automático. Realiza medidas de temperatura na faixa de -40°C a +800°C. <b>Marca/modelo: Fluke 568.</b>	1
4	<b>Tacômetro digital:</b> LCD de 5 dígitos, precisão básica de 0.05%+1D e registro de máximo, mínimo e leitura atual e mudança de faixa automática. Medidas de RPM por meio foto-eletrônico e por contato e medidas de velocidade de superfície em m/min. Acessórios adaptadores e fitas refletoras. <b>Marca/modelo: Minipa MDT2238A.</b>	2
5	<b>Megômetro digital:</b> 1kV, medição até 1T Ohms, microprocessado, tensões configuráveis em passos de 50V, auto escala, tensão contínua, negativa em relação à terra, cronômetro incorporado, medida direta do índice de polarização e de absorção dielétrica, saída RS-232, bateria recarregável. <b>Marca/modelo: Megabras MD1035e.</b>	1
6	<b>Ponte de Kelvin:</b> 1µ a 200 Ohm, microprocessado, portátil, medida a 4 fios, corrente de teste até 100A, precisão 0,5% com cabos de medição, sensor de térmico para correção automática por temperatura, saída RS-232, bateria recarregável, proteção térmica. <b>Marca/modelo: Megabras MPK102.</b>	1
7	<b>Chave de partida compensadora (autotransformador):</b> 5CV; 220V, 60Hz.	1



Figura 20. Equipamentos e Instrumentos de Bancada e Ferramentas Pneumáticas

## 11) Anexo I: Descritivo Técnico e Funcional do Sistema de Supervisão e Controle

---

Prof. José Tarcísio Assunção  
Coordenador do Convênio ECV-023/2004 ELETROBRÁS / UFSJ-FAUF