

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

VINÍCIUS BIRKHAN FERREIRA

PROJETO DE DIPLOMAÇÃO

BALANÇA DE FLUXO INSERIDA EM CONTROLADOR PROGRAMÁVEL

Porto Alegre

2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

BALANÇA DE FLUXO INSERIDA EM CONTROLADOR PROGRAMÁVEL

Projeto de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para Graduação em Engenharia Elétrica.

ORIENTADOR: Marcelo Götz

Porto Alegre

2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

VINÍCIUS BIRKHAN FERREIRA

BALANÇA DE FLUXO INSERIDA EM CONTROLADOR PROGRAMÁVEL

Este projeto foi julgado adequado para fazer jus aos créditos da Disciplina de “Projeto de Diplomação”, do Departamento de Engenharia Elétrica e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: _____

Prof. Dr. Marcelo Götz, UFRGS
Doutor pela Universität Paderborn – Paderborn, Alemanha

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcelo Götz, UFRGS
Doutor pela Universität Paderborn – Paderborn, Alemanha

Eng. Dante Seade Maestri, BEXTRA
Engenheiro Mecânico pela PUCRS – Porto Alegre, Brasil

Prof. Dr. Renato Ventura Bayan Henriques, UFRGS
Doutor pela Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte, Brasil

Porto Alegre, dezembro de 2011

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em especial aos meus pais e meu irmão, pelo suporte, compreensão e principalmente por sempre me incentivarem em todos os momentos difíceis.

Dedico também a todos meus familiares e amigos, que me ajudaram e me deram forças para sempre acreditar nesta conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, por me darem condições de obter um bom ensino e de me proporcionarem a vida privilegiada que tenho.

Aos meus familiares e amigos, que estavam sempre comigo nesta conquista e também aqueles amigos que de alguma forma me ajudaram.

A uma pessoa muito especial que me ajudou e me apoiou desde o início do meu curso.

Agradeço ao Cláudio Richter, pelo apoio e auxílio dado para a realização deste trabalho e do curso.

À empresa BEXTRA, pela oportunidade de estágio, de aprendizado e de possibilidade e auxílio na realização deste trabalho.

À UFRGS, professores e ao meu orientador, que tornaram este sonho possível.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal a substituição de um sistema embarcado dedicado à leitura de células de carga em uma balança de fluxo, por um Controlador Lógico Programável.

A proposta de desenvolver e implementar uma balança de fluxo inserida dentro de um CLP tem por objetivo solucionar dificuldades encontradas nos processos de pesagem que a empresa BEXTRA tem experimentado na balança de fluxo atual.

Desta maneira, será agregada a flexibilidade da alteração e/ou criação dos programas da balança, via um software próprio utilizado pelo CLP de fácil programação. Além disso, o CLP será utilizado para leitura das células de carga e para possibilidade de se conectar de modo natural a outros periféricos de entrada e/ou saída para atuação do sistema, como sensores de nível e acionamento de carga e descarga. Será utilizada também a interface IHM para visualização dos dados de processo e calibração da balança. O CLP conta ainda com a possibilidade de gravar os dados de processo de uma maneira simples em um cartão MMC.

Palavras-chaves: Balança de Fluxo, Controlador Lógico Programável, Célula de Carga, interface IHM.

ABSTRACT

The main goal of this work is the replacement of an embedded system dedicated to read load cells on flow weighing machine, by a Programmable Logic Controller.

The proposal to develop and implement a flow weighing machine integrated into a PLC aims to solve difficulties encountered in the weighing process that the BEXTRA Company has experienced with the current flow weighing machine.

This way, it will be implemented the change and / or creation flexibility of the scale programs, through a proper software used by a low cost and easily programmable PLC. In addition, the PLC will be used to read the load cells and for the possibility to connect in a natural way to other peripheral input and / or output for the system performance, such as level sensors and loading and unloading activation. It will also be used MMI interface for viewing process data and scales calibration. The PLC also has the ability to record process data in a simple way on an MMC card.

Keywords: Flow Weighing Machine, Programmable Logic Controller, Load Cell, MMI interface.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Motivação.....	13
1.2	Colocação do Problema.....	13
1.3	Objetivo.....	13
1.4	Estrutura do Trabalho.....	14
2	DESCRIÇÃO DA BALANÇA DE FLUXO.....	15
2.1	Balança de Fluxo.....	15
2.2	A balança atual.....	17
3	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP) – μ DX201 DA EMPRESA DEXTER –.....	19
4	PERIFÉRICOS, EQUIPAMENTOS E SOFTWARE UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DA BALANÇA DE FLUXO.....	26
4.1	Interface Homem/Máquina – IHM da empresa DEXTER –.....	26
4.2	Fonte de Alimentação.....	27
4.3	Amplificador para Célula de Carga – da empresa DEXTER –.....	27
4.4	Célula de Carga.....	28
4.5	Peso de Amostra.....	30
4.6	Controles de I/Os.....	30
4.7	Software – Programador Gráfico (PG) da empresa DEXTER –.....	30
5	DESCRIÇÃO DO PROGRAMA PARA A BALANÇA DE FLUXO.....	33
6	DESCRIÇÃO DE COMO CALIBRAR A BALANÇA DE FLUXO.....	47
7	CONCLUSÃO.....	53
8	REFERÊNCIAS.....	54

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Balança de Fluxo	15
Figura 2 - Detalhamento da Balança de Fluxo	16
Figura 3 - Comando eletrônico da balança de fluxo.....	18
Figura 4 - CLP μ DX201	19
Figura 5 – Imagem do CLP μ DX201 e do Cartão MMC	23
Figura 6 - Imagem Ilustrativa da tela da IHM	26
Figura 7 - Cabo de conexão da IHM com o CLP	27
Figura 8 - Foto do Amplificador para Célula de Carga.....	28
Figura 9 - Imagem ilustrativa das conexões do Amplificador para a Célula de Carga	28
Figura 10 - Célula de carga tipo viga	29
Figura 11 – Tela do Editor PG com algumas indicações	31
Figura 12 - Tela do Editor PG em baixo e acima a Tela do Compilador PG	32
Figura 13 - Tela Principal do Programa da Balança de Fluxo.....	33
Figura 14 - Tela do Editor PG com uma parte dos blocos para gerar a Tela Principal	34
Figura 15 - Tela de confirmação que o silo balança encontra-se sem peso.....	34
Figura 16 – Tela de confirmação que o peso de amostra encontra-se posicionado no silo balança.....	35
Figura 17 – Tela de confirmação da tara da balança	36
Figura 18 - Tela de confirmação para ativar o processo.....	36
Figura 19 - Tela de confirmação para desativar o processo	37
Figura 20 - Tela de digitação do peso programado	37
Figura 21 - Tela de digitação do tempo de estabilização do peso	38
Figura 22 - Tela de digitação do tempo entre descarga e carga	38
Figura 23 - Tela de digitação de tara	39
Figura 24 - Tela de digitação da senha	39
Figura 25 - Tela de digitação da hora	40
Figura 26 - Tela de digitação da data	41
Figura 27 - Tela de digitação do limite de carregamento	42
Figura 28 - Tela de digitação da resolução.....	42

Figura 29 - Tela de digitação do filtro digital.....	43
Figura 30 - Tela do Editor PG mostrando os blocos utilizados para fazer o Filtro 2.....	44
Figura 31 - Tela de digitação do peso limite	44
Figura 32 - Tela de mensagem que o peso limite do ciclo está excedido	45
Figura 33 - Tela de digitação do ponto decimal	45
Figura 34 - Tela de digitação do peso de amostra	46
Figura 35 - Máquina de Estados do funcionamento da Balança de Fluxo	48
Figura 36 - Detalhamento da Balança de Fluxo, com a indicação dos sensores previstos.....	51
Figura 37 - Bancada de teste para a Balança de Fluxo, com os equipamentos utilizados.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS

CLP	Controlador Lógico Programável
IHM	Interface Homem / Máquina
MMI	Man Machine Interface
IP	Index of Protection (índice ou grau de proteção)
MMC	MultiMediaCard (Cartão de memória)
PG	Programador Gráfico
R	Resolução
FD	Filtro Digital
ND	Número de Divisões
PD	Ponto Decimal
PA	Peso de Amostra
PP	Peso Programado
TEP	Tempo de Estabilização do Peso
TDC	Tempo entre Descarga e Carga
TA	Programação de Tara
SEN	Troca de Senha
H	Programação de Hora
D	Programação de Data
LC	Limite de Carregamento
t	Tonelada, igual a 1000 kg
kg	Quilograma
g	Gramma
mg	Miligrama
V	Volt
mV	Milivolt
μ V	Microvolt
A	Ampere
mA	Miliampere
μ A	Microampere
kHz	Quilohertz
kW	Quilowatts
km	Quilômetro

m	Metro
cm	Centímetro
mm	Milímetro
s	Segundos
ms	Milissegundos
°C	Grau Celsius
M	Megabytes
G	Gigabytes
REF	Referência
C	Comum (GND)
	Aterramento
CPU	Central Processing Unit (Unidade central de processamento)
ESD	Electro Static Discharge (Descarga Eletrostática)
EMC	Compatibilidade Eletromagnética
CSV	Comma Separated Value
CRC	Cyclic redundancy check (Verificação de Redundância Cíclica)
LED	Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)
PWM	Pulse-Width Modulation (Modulação por Largura de Pulsos)
+V	Entrada de alimentação elétrica positiva (+24 V)
N	Entrada de neutro (GND) da alimentação elétrica.
RISC	Reduced Instruction Set Computer (Computador com um Conjunto Reduzido de Instruções)
DXNET	Rede de comunicação entre o CLP
E1 a E8	Entradas analógicas da entrada 1 até a entrada 8
E9 e E10	Entradas digitais rápidas, entrada 9 e entrada 10
S1 a S6	Saídas analógicas da saída 1 a saída 6
Sensor 1	Sensor de Nível Mínimo
Sensor 3	Sensor de Nível Máximo
Abre 1 e Abre 2	Sensor de abertura de Comporta 1 e 2
Fecha 1 e Fecha 2	Sensor de fechamento de Comporta 1 e 2
DELET	Departamento de Engenharia Elétrica
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

Atualmente, tudo que a humanidade produz necessita de uma enorme precisão em seus resultados. Pesagem de produtos e equipamentos não é diferente, além de possuir uma extensa possibilidade de aplicações.

O projeto foi desenvolvido buscando uma solução para as dificuldades enfrentadas com a balança de fluxo pela empresa BEXTRA, empresa de balanças onde o projeto aqui descrito foi desenvolvido e realizado. Este projeto busca unir a precisão eletrônica ao processo de peso e dosagem.

1.2 Colocação do Problema

Os problemas relacionados com os processos de pesagem, que a empresa BEXTRA tem experimentado na balança de fluxo, são os seguintes:

- Dificuldade no desenvolvimento e implementação de novos programas ou alterações nos programas de pesagem já existentes, aliada a pouca flexibilidade na programação existente.
- Dificuldade em gravar os dados de processos, ou seja, conseguir guardar as informações das pesagens dos produtos, sem que tenha a necessidade de estar com um computador ou uma impressora diretamente ligada a balança, o que muitas vezes, apresenta-se complicado, pois as balanças podem estar em locais de difíceis acessos ou em ambientes muitas vezes inadequados para trabalhar com esse tipo de equipamentos ligados a balança.
- Dificuldade de controlar e agregar periféricos aos sistemas atuais, ou seja, dificuldade de poder controlar, por exemplo, sensores de nível, acionamento de carga e descarga, entre outros controles de I/Os.
- Dificuldade em detectar se algumas das células de carga que compõem a balança queimaram ou se estão estressadas, ou seja, se estão medindo o peso erradamente.

1.3 Objetivo

O presente trabalho tem por objetivo mostrar que utilizando um Controlador Lógico Programável (CLP) é possível sanar-se a maioria destas dificuldades. O CLP

escolhido para este projeto foi o μ DX201 da empresa DEXTER, pois a empresa onde o projeto aqui descrito foi desenvolvido e realizado já utilizava os equipamentos desta empresa, além disso, eu já tinha conhecimento sobre o funcionamento deste CLP, dos seus periféricos e de sua linguagem de programação.

O objetivo é desenvolver e implementar uma Balança de Fluxo no Controlador μ DX201. Desta maneira, será agregada a flexibilidade da alteração e/ou criação dos programas da balança, via um software próprio utilizado pelo CLP de fácil programação. Além disso, o CLP será utilizado para leitura das células de carga e para possibilidade de se conectar de modo natural a outros periféricos de entrada e/ou saída para atuação do sistema, como sensores de nível e acionamento de carga e descarga. Será utilizada também a interface IHM para visualização dos dados de processo e calibração da balança. O CLP conta ainda com a possibilidade de gravar os dados de processo de uma maneira simples em um cartão MMC.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho é dividido basicamente em sete capítulos.

No capítulo 2, é apresenta-se a balança de fluxo, o que a compõe e como ela funciona, além de mostrar todas as dificuldades encontradas no processo de pesagem da balança de fluxo atual da empresa BEXTRA.

No capítulo 3, é descrito o Controlador Lógico Programável μ DX201, suas características e funcionalidades, mostra também como com o auxílio deste CLP é possível sanar todas as dificuldades descritas no capítulo 2.

No capítulo 4, são descritos os periféricos, equipamentos e software utilizados no desenvolvimento e implementação da balança de fluxo.

No capítulo 5, é descrito todas as telas da interface IHM existentes no programa da balança de fluxo, com figuras e explicações sobre suas funcionalidades.

No capítulo 6, é descrito como calibrar a balança de fluxo, ou seja, como colocar ela em funcionamento corretamente.

No capítulo 7 e último, é descrito as conclusões do processo e possíveis melhorias para a balança de fluxo.

2 DESCRIÇÃO DA BALANÇA DE FLUXO

2.1 Balança de Fluxo



Figura 1 - Balança de Fluxo^[3]

A balança de fluxo^[3], mostrada na Figura 1, é um sistema de pesagem por bateladas automáticas e intermitentes. Seu projeto de três caçambas (também chamadas de silos), conforme indicado na Figura 2, consiste de um silo pulmão que recebe toda a carga que pode vir, por exemplo, de uma esteira, do silo balança que é onde estão instaladas as células de carga para a medição do peso e do silo de descarga que serve mais como um guia para o correto descarregamento do produto. O silo balança é carregado, pelo silo pulmão, até atingir o valor do peso programado (PP) e posteriormente descarrega-se no silo de descarga. O peso descarregado em cada ciclo durante o processo de pesagem é somado em um totalizador, possibilitando no final do processo a verificação do peso total. A precisão no corte de material não é importante, e sim saber quanto foi descarregado (uma vez que este valor será somado aos dos ciclos anteriores, para obter o peso total descarregado). Assim, não há necessidade de corte fino.

A balança prevê dois sensores de comporta fechada, dois sensores de comporta aberta, além de um sensor de nível mínimo para o silo pulmão e um sensor de nível máximo no silo de descarga.

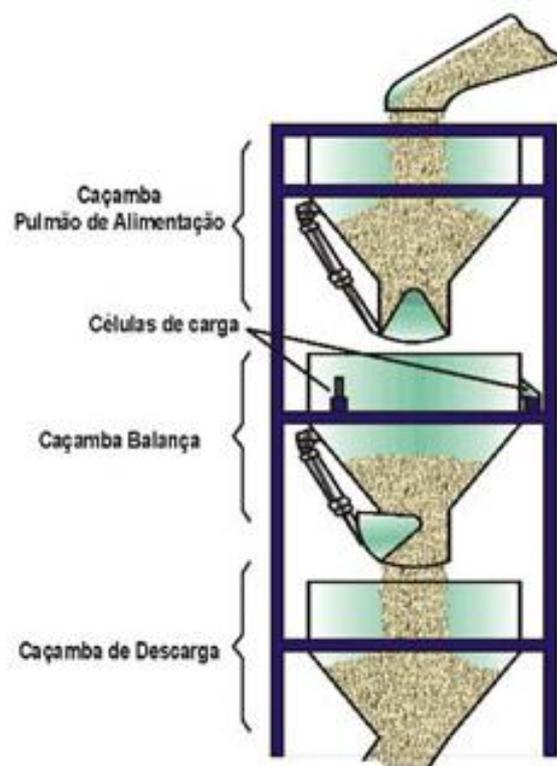


Figura 2 - Detalhamento da Balança de Fluxo ^[3]

Como é feita a balança de fluxo:

- ✓ Formada por silos pulmão, balança e de descarga, com estrutura de sustentação robusta.
- ✓ O silo balança é apoiado em células de carga blindadas IP-67, calibradas entre si.
- ✓ O silo pulmão recebe o produto e alimenta o silo balança até atingir o peso programado (PP). Interrompe-se então a alimentação e o silo balança descarrega no silo de descarga. Ao zerar a descarga no silo balança, reinicia-se o processo, até alcançarmos o Limite de Carregamento (LC).

Características técnicas que deverão ser consideradas no projeto:

- ✓ Controle de fluxo de 1 produto
- ✓ Possui cilindros pneumáticos para o silo pulmão e o silo balança, além de duto metálico para equilíbrio de pressão.
- ✓ Sensores de controle de comportas abertas e fechadas.
- ✓ Sensor de indicação de falta de ar comprimido na linha.
- ✓ Possibilidade de estabelecer um limite de carregamento que ao ser atingido paralisa depois do último ciclo ser processado.

- ✓ Possui alarmes para: limite de carregamento, falha de sensores, falha na linha de ar, aviso de parada externa, status de defeitos nas células de carga.
- ✓ Capacidade de Pesagem: até 2000 toneladas/hora
- ✓ Precisão: 0,1%

Algumas aplicações da balança de fluxo:

- ✓ Indústria de grãos e farinhas
- ✓ Indústria de óleos vegetais
- ✓ Indústria portuária
- ✓ Indústria Química
- ✓ Fábricas de Ração
- ✓ Indústria Alimentícia
- ✓ Engenho de Arroz
- ✓ Indústria Fertilizante
- ✓ Entre outras aplicações.

2.2 A balança atual

Atualmente, a balança de fluxo possui um sistema embarcado dedicado à leitura de sensores de pesagem (células de carga). Os problemas relacionados com os processos de pesagem que a empresa tem experimentado nesta balança são os seguintes:

- Dificuldade no desenvolvimento e implementação de novos programas ou alterações nos programas de pesagem já existentes, aliada a pouca flexibilidade na programação existente. A balança de fluxo atual utiliza o microprocessador 8051, que possui uma linguagem de programação em assembly, o que torna a balança pouco flexível, pela necessidade de códigos específicos para determinadas funções. Além disso, para fazer o teste em uma modificação de um programa na linguagem assembly necessita gravar uma nova EPROM e substituir pela antiga. Este processo acaba ficando complicado, pois necessita sempre além de um computador, um gravador de EPROM, EPROM apagadas, e tempo para testar, gravar e testar, o que torna o processo desgastante.

- Dificuldade em gravar os dados de processos, ou seja, conseguir guardar as informações das pesagens dos produtos, sem que tenha a necessidade de estar com um computador ou uma impressora diretamente ligada a balança, o que muitas vezes,

apresenta-se complicado, pois as balanças podem estar em locais de difíceis acessos ou em ambientes muitas vezes inadequados para trabalhar com esse tipo de equipamentos ligados a balança.

- Dificuldade de controlar e agregar periféricos aos sistemas atuais, ou seja, dificuldade de poder controlar, por exemplo, sensores de nível, acionamento de carga e descarga, entre outros controles de I/Os.
- Dificuldade em detectar se algumas das células de carga que compõem a balança queimaram ou se estão estressadas, ou seja, se estão medindo o peso erradamente. Em uma balança, normalmente, temos mais de uma célula de carga instalada e pode ocorrer de uma dessas células de carga queimar ou estressar, com isso, as outras células de carga muitas vezes acabam compensando esta célula de carga defeituosa, porém isto acarreta erros nos processos de pesagem.

A Figura 3, mostra uma foto do comando eletrônico da balança de fluxo, utilizado atualmente pela empresa BEXTRA.



Figura 3 - Comando eletrônico da balança de fluxo ^[3]

No capítulo 3 apresenta-se o Controlador Lógico Programável utilizado para solucionar todas as dificuldades apresentadas na balança de fluxo atual.

3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP) – μ DX201 DA EMPRESA DEXTER –

O Controlador Lógico Programável μ DX201 ^[1] é baseado em um microcontrolador de 16 bits com vários periféricos incorporados, e possui uma série de proteções em suas entradas e saídas. Com isso, o μ DX201 está preparado para enfrentar ambientes industriais, onde ruído elétrico e temperaturas extremas não são incomuns. Sua caixa metálica, além de conferir robustez ao equipamento, forma uma blindagem elétrica eficiente.

A rede de comunicação DXNET, proprietária a este CLP, permite a comunicação entre controladores μ DX201 até 1500 metros distantes. E pode-se conectar até 32 dispositivos sem a necessidade de amplificação. O Controlador μ DX201, possui ainda, a rede de comunicação I²C que possibilita a conexão de sensores de temperatura e umidade até 1000 metros distantes do CLP.

As entradas analógicas são protegidas contra tensões superiores a 30V, assim como as saídas analógicas. Isso protege contra espúrios de alta tensão nestes pinos (embora não proteja estas entradas e saídas no caso de aplicação de tensões superiores a 30V continuamente). Também as entradas digitais E9 e E10 possuem esta proteção. A saída de referência +10V, embora não seja precisa quanto ao seu valor absoluto (se admite uma variação de até $\pm 5\%$), é muito estável.



Figura 4 - CLP μ DX201 ^[2]

A Figura 4 mostra os conectores de entrada e saída do Controlador μ DX201. No conector superior temos as seguintes conexões:

+10V REF → Saída de 10V de referência para circuitos externos.

E1 a E8 → Entradas analógicas (0 - 2,5V, 0 - 10V, 0 - 20mA).

C → Comum (GND) para entradas e +10V REF.

E9 e E10 → Entradas digitais rápidas.

Já o conector inferior possui as seguintes conexões:

S1 a S6 → Saídas analógicas (PWM, 0-10V, 0-20mA).

C → Comum (GND) para saídas analógicas.

DXNET → Conexão A e B para RS485 (rede DXNET).

+V → Entrada de alimentação elétrica positiva (+24V).

N → Entrada de neutro (GND) da alimentação elétrica.

 → Aterramento.

Em resumo, as características gerais do CLP estão listadas na sequência:

- ✓ CPU RISC, 16 bits.
- ✓ 341 instruções, incluindo lógica aritmética de 16 e 32 bits.
- ✓ Aritmética em ponto flutuante.
- ✓ Cerca de 2000 blocos de instruções.
- ✓ Cerca de 1200 variáveis 16 bits.
- ✓ Mais de 2000 nodos.
- ✓ Blocos para cálculo de CRC utilizado em protocolo DNP-3.
- ✓ Execução do programa em modo de paralelismo lógico.
- ✓ Grande velocidade de processamento.
- ✓ Ciclo de execução do programa aplicativo abaixo de 1ms.
- ✓ "Watch-Dog Timer" incorporado.
- ✓ 8 entradas analógicas, que podem ser usadas como entradas digitais.
- ✓ 6 saídas analógicas, que podem ser usadas como saídas digitais.
- ✓ 2 entradas de contagem rápida (até 10KHz).
- ✓ Até 512 I/Os via módulos de Expansão de Entradas/Saídas (μ DX210).
- ✓ Relógio e calendário de tempo real (com previsão de ano bissexto).
- ✓ Dimensões reduzidas: 115 x 85 x 30 mm.
- ✓ Protegido contra transientes elétricos.
- ✓ Acondicionado em gabinete metálico, muito resistente.
- ✓ Bateria interna: pilha CR2032 com durabilidade de 5 anos.
- ✓ Temperatura de operação: 0°C até 55°C.

- ✓ Operação em 12V ou 24V.
- ✓ Rede DXNET para 1500 metros.
- ✓ Rede PC para 1000 metros.
- ✓ Slot para cartão MMC (registro de eventos). Cartões de 64M a 2G.
- ✓ Comunicação serial de 300 a 115200bps (porta RS232C completa).
- ✓ Proteções contra ESD e EMC reforçadas permitem operação contínua mesmo em ambiente adverso.
- ✓ quádruplo de área de buffer para comunicação serial (256 bytes).
- ✓ quádruplo de área de buffer para tarefas de comunicação via rede DXNET.
- ✓ Design inovador, que permite ser montado em duas posições diferentes, possui LEDs sinalizadores nos painéis frontal e superior.
- ✓ Conectores de engate rápido diminuem o tempo de parada e facilitam a instalação de cabos.
- ✓ O controlador μ DX201 permite conectar uma Interface Homem / Máquina (IHM) via conector de expansão. Além de possibilitar a utilização de blocos para acionamento da IHM.

Características elétricas:

- **Entradas Analógicas (E1 a E8)**

Escala de 0 - 2,5V	Resolução = 610,5 μ V (12 bits) Resistência de entrada = 400KW Precisão melhor que 0,15% do fundo de escala Máxima Tensão de entrada = 30 V
Escala de 0 - 10 V	Resolução = 2,442mV (12 bits) Resistência de entrada = 10KW Precisão melhor que 0,15% do fundo de escala Máxima Tensão de entrada = 30 V
Escala de 0 - 20 mA	Resolução = 4,884 μ A (12 bits) Resistência de entrada = 125 W Precisão melhor que 0,15% do fundo de escala Máxima Corrente de entrada = 30 mA

- **Saídas Analógicas (S1 a S6)**

Escala de 0 - 10 V	Resolução = 2,442mV (12 bits)
--------------------	-------------------------------

Corrente máxima de saída = 10 mA

Precisão melhor que 0,3% do fundo de escala

Escala de 0 - 20 mA Resolução = 4,884 μ A (12 bits)

Resistência de carga \leq 500 W

Precisão melhor que 0,3% do fundo de escala

- **Referência de Tensão (+10V REF)**

Tensão nominal = 10V \pm 5%

Estabilidade térmica típica = 100ppm/ $^{\circ}$ C

Corrente de saída máxima = 10mA

- **Entradas Digitais Rápidas (E9 e E10)**

Frequência Máxima = 8KHz

Resistência de Entrada = 10KW

Mínima Tensão de entrada = 3V

Máxima Tensão de entrada = 30V

- **Alimentação Elétrica (+V e N)**

Tensão de operação = 12 ou 24Vdc \pm 10% *

Corrente Típica (sem Expansões) = 150mA

Corrente Máxima (com 32 Expansões μ DX210, em 24Vdc) = 4A

* Para funcionamento em 12V existem as seguintes restrições:

É necessário empregar Expansões μ DX210-12 (relés para 12Vdc).

Limitação de 16 Expansões μ DX210-12 (em vez de 32 μ DX210).

Saídas analógicas perdem sua função (não permitem saída em 0-10V ou 0-20mA), mas podem ser utilizadas como saídas digitais, modulação PWM ou função DIMMER.

Cartão MMC ^[1]

O controlador μ DX201 permite a conexão de cartão MMC para armazenamento de dados, permitindo ao CLP gerar histórico do valor de variáveis e nodos. O cartão é gravado com os dados especificados no programa aplicativo do controlador em formato CSV, permitindo sua leitura via programas de planilhas eletrônicas, como o Excel. Na

Figura 5 se observa a imagem do CLP junto ao cartão MMC utilizado para armazenamento dos dados de processo.



Figura 5 – Imagem do CLP μ DX201 e do Cartão MMC ^[1]

Como descrito acima o Controlador Lógico Programável μ DX201 apresenta todas as características necessárias para solucionar os problemas enfrentados pela empresa nos processos de pesagem.

Em relação à dificuldade no desenvolvimento e implementação de novos programas ou alterações nos programas de pesagem já existentes, o μ DX201 utiliza o software de programação PG (Programador Gráfico) que é desenvolvido em ambiente Windows (com todas as facilidades próprias deste sistema operacional, como múltiplas janelas). O programa aplicativo é criado conectando-se blocos com "fios" que tanto podem transportar variáveis binárias (ligado ou desligado) quanto variáveis inteiras, longint, ou ainda reais. Assim, não existem linhas de programação nem instruções, mas blocos funcionais ("ícones") que são interligados, como se fossem componentes elétricos reais. Todas as operações são feitas através do mouse, com poucas intervenções do teclado. Esta vantagem permite que com o auxílio do CLP seja possível criar programas aplicativos para a balança de fluxo, de forma mais simples, amigável e intuitiva

Além disso, para salvar qualquer alteração feita no programa da balança de fluxo no μ DX201, basta utilizar um cabo adaptador USB-RS232. O Controlador Programável μ DX201 utiliza comunicação serial RS232C para programação com programa PG, assim como comunicação com softwares de supervisão. A maioria dos computadores portáteis e mesmo alguns computadores de mesa não possuem porta serial. Então, o

cabo adaptador USB-RS232 permite criar uma porta serial virtual, disponibilizando toda funcionalidade do Controlador μ DX201 via porta USB do computador. Esta é uma facilidade incrível, considerando que não é mais necessário gravar EPROM para qualquer modificação feita no programa de balança de fluxo.

Em relação à dificuldade em gravar os dados de processos, ou seja, conseguir guardar as informações das pesagens dos produtos, sem que tenha a necessidade de estar com um computador ou uma impressora diretamente ligada a balança, o que muitas vezes, apresenta-se complicado, pois as balanças podem estar em locais de difíceis acessos ou em ambientes muitas vezes inadequados para trabalhar com esse tipo de equipamentos ligados a balança. O CLP utiliza-se de um cartão MMC para armazenamento dos dados de processo de pesagem. Esses dados podem ser visualizados no PG, programa aplicativo do μ DX201, mas também podem ser visualizados via programas de planilhas eletrônicas, como o Excel.

Em relação à dificuldade de controlar e agregar periféricos aos sistemas atuais, ou seja, dificuldade de poder controlar, por exemplo, sensores de nível, acionamento de carga e descarga, entre outros controles de I/Os. O CLP possui, para a conexão de periféricos, 8 entradas analógicas, que podem ser usadas como entradas digitais, 6 saídas analógicas, que podem ser usadas como saídas digitais e 2 entradas de contagem rápida (até 10KHz). Além disso, o μ DX201 já possui vários periféricos criados diretamente para serem acoplados aos projetos junto a ele. Como é o caso do amplificador da célula de carga e da Interface Homem / Máquina (IHM), que serão utilizados na implementação da nova balança de fluxo. Estes dois periféricos serão explicados ainda neste trabalho.

Em relação à dificuldade em detectar se algumas das células de carga que compõem a balança queimaram ou se estão estressadas, ou seja, se estão medindo o peso erradamente. Em uma balança, normalmente, temos mais de uma célula de carga instalada e pode ocorrer de uma dessas células de carga queimar ou estressar, com isso, as outras células de carga muitas vezes acabam compensando esta célula de carga defeituosa, porém isto acarreta erros nos processos de pesagem. O CLP vai ler cada resposta das células de carga separadamente nas suas entradas, com isso, é possível prever um aviso no programa aplicativo para indicar quando algumas das células de carga que compõem a balança deram defeito. Isto seria uma inovação muito grande no mercado, pois não conheço equipamento que consiga fazer tal detecção.

Além disso, a balança de fluxo criada com o CLP vai apresentar 4096 divisões no caso de possuímos apenas uma célula de carga instalada no silo balança, a primeira vista este número de divisões parece ser pouca, considerando que a balança atual pode apresentar 10000 divisões. Porém, o normal é de ser instalado pelo menos 3 células de carga para compor a balança, com isso multiplicamos as 4096 divisões por 3, totalizando aproximadamente 12000 divisões. Este CLP permite ainda utilizar até 8 células de carga em suas 8 entradas analógicas, com isso, pode-se obter até aproximadamente 32000 divisões para o nosso silo balança. O número de divisões de uma balança indica quão precisa essa balança será. Sendo que a capacidade dessas divisões também é determinada pelos sensores de peso (célula de carga) utilizados na balança.

Além de solucionar os problemas enfrentados pela empresa nos processos de pesagem o Controlador Lógico Programável μ DX201 apresenta ainda outras características que podem ser utilizadas em futuros projetos e/ou implementações nos processos de pesagem já existentes, como é o caso da rede de comunicação I²C que possibilita a conexão de sensores de temperatura e umidade até 1000 metros distantes do CLP. Em certos ambientes onde a balança de fluxo é instalada torna-se interessante a utilização desta característica do CLP, visando adequar à temperatura e umidade na utilização de alguns produtos.

4 PERIFÉRICOS, EQUIPAMENTOS E SOFTWARE UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DA BALANÇA DE FLUXO

4.1 Interface Homem/Máquina – IHM da empresa DEXTER –

A indicação de peso da balança de fluxo vai ser feita através de uma Interface Homem / Máquina ^[1] (IHM), que permite também programar a balança. O controlador μ DX201 permite a conexão de Interface IHM via conector de expansão. Esta Interface IHM possui um display monocromático gráfico, com resolução de 128 x 64 pixels, e área retangular de 67 x 36 mm (display de 3 polegadas), conforme mostra a imagem ilustrativa na Figura 6.

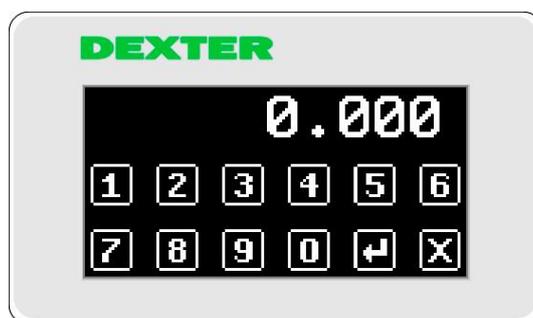


Figura 6 - Imagem Ilustrativa da tela da IHM ^[1]

Para entrada de dados a IHM possui sensor táctil (touchscreen) na área do display, o que permite desenhar teclas no display e pressioná-las tocando a superfície do display. Com isso, a IHM possui uma grande flexibilidade na visualização e entrada de dados.

O μ DX201 possui uma série de blocos de programação para impressão de variáveis, traçado de linhas, preenchimento de áreas, etc. De forma a oferecer um indicativo quando o sensor touchscreen é acionado foi incluído um buzzer (feedback auditivo), que pode também ser acionado via programa aplicativo. O display é iluminado por luz branca de fundo (backlight), com quatro níveis de iluminação (0%, 33%, 66%, 100%).

Por fim, ainda temos duas entradas analógicas de baixa resolução (8 bits) disponíveis na interface IHM, para acoplar potenciômetros ou outros dispositivos analógicos, e uma saída digital para comandar dispositivos externos.

A alimentação elétrica da interface IHM é suprida pelo conector de expansão do μ DX201. Ele pode ser alimentado com as mesmas tensões permitidas ao μ DX201, ou seja, de 11,0 a 26,4Vdc.

A conexão da IHM ao controlador μ DX201 é realizada via conector de expansão feita por um cabo chato (flat cable) de 20 vias que possui tamanho padrão de 80 cm, como mostra a Figura 7, porém é possível especificar comprimentos conforme a necessidade. Mas é preciso atentar para que o comprimento máximo total (cabo de expansões + cabo de IHM) não seja superior a 2 metros.

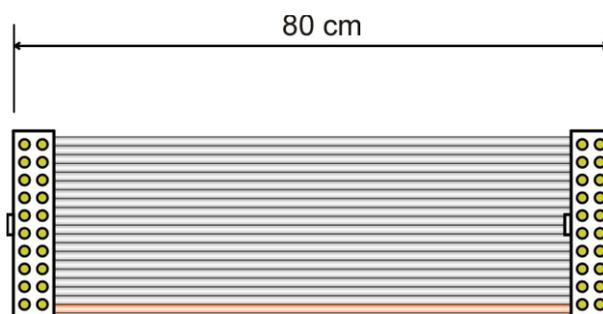


Figura 7 - Cabo de conexão da IHM com o CLP ^[1]

4.2 Fonte de Alimentação

Fonte de alimentação com tensão de saída de 12 Vdc ou 24 Vdc para alimentar o Controlador Lógico Programável, placa de Amplificador para a Célula de Carga e a interface IHM. Para este projeto, utilizou-se uma fonte com alimentação de entrada bivolt (110 V / 220 V), fornecendo na saída uma tensão de 24 Vdc.

4.3 Amplificador para Célula de Carga – da empresa DEXTER –

O Amplificador para Célula de Carga ^[1], mostrado na Figura 8, possui fonte estabilizada de 10 V para alimentar a célula, e amplificador diferencial com ganho 100 para leitura de peso. Assim, conectando a célula de carga que apresenta ganho na ordem de 2 mV/V no amplificador a saída do amplificador vai excursionar até 2 V. Mostrou-se necessário a utilização deste Amplificador, pois as entradas analógicas do Controlador μ DX201 são programadas para a entrada de 0 - 2,5V e com o auxílio do amplificador é possível excursionar em sua saída 2V, podendo assim ligar a célula de carga no amplificador e sua saída diretamente a uma das entradas analógicas do controlador μ DX201. A alimentação da placa de Amplificador de Célula de Carga pode ser qualquer

ponte de Wheatstone. O tipo de aplicação da célula é o fator determinante para a escolha da quantidade de extensômetros e configuração do circuito da ponte. Normalmente as células de carga apresentam ganho da ordem de 2mV/V de sensibilidade, ou seja, uma célula de carga de 30kg de capacidade nominal, com uma tensão de excitação na entrada de 10 V, quando sujeita a uma força de 30Kg apresentará na saída uma variação de tensão de 20mV.

A Figura 10, ilustra um modelo de célula de carga muito utilizado em diversas aplicações na indústria. Ex.: medidas de peso em silos. Sua fabricação geralmente é de alumínio maciço, esse modelo é chamado de célula de carga tipo viga, com rasgos projetados para auxiliar na deformação e pontos de fixação de acordo com a aplicação.



Figura 10 - Célula de carga tipo viga ^[8]

Em resumo, as características técnicas das células de carga ^[4] são:

- ✓ Sensores de peso que transformam a deformação física em sinal proporcional de 0 a 20 mV;
- ✓ A existência das células de carga que proporcionaram a criação das balanças eletrônicas;
- ✓ Existem células de carga para as mais diversas aplicações e capacidades;
- ✓ Aplicações: de força tipo tração, compressão e flexão;
- ✓ Capacidades: de 1 kg a 100.000 kg;
- ✓ Blindagens: até IP-68, fabricadas em aço alumínio, aço liga ou aço inoxidável;
- ✓ Precisão ^[8]: a precisão é o erro máximo admissível relacionado em divisões da capacidade nominal. A capacidade nominal é o peso máximo que a célula de carga deverá medir. As células de carga neste caso podem ser divididas em:
 - Baixa precisão: até 1.000 divisões (ou 0,1% da capacidade nominal)
 - Media precisão: de 3.000 a 5.000 divisões (ou 0,03 a 0,02% da capacidade nominal)

- Alta precisão: 10.000 divisões (ou 0,01% da capacidade nominal)
- ✓ A especificação correta para cada aplicação é que determina o desempenho adequado deste tipo de sensor. Por isso, é fundamental o conhecimento técnico e experiência do fabricante de balanças;

4.5 Peso de Amostra

O peso de amostra ou peso padrão é um peso calibrado e com valor conhecido, necessário para a calibração e ajuste da precisão da balança de fluxo. O peso de amostra depende da capacidade das células de carga, quanto maior a capacidade da célula de carga maior tem que ser o valor do peso de amostra. Quanto mais próximo da capacidade das células de carga conseguirmos o peso de amostra, melhor ficará a calibração da balança de fluxo e com isso garantimos uma melhor precisão.

4.6 Controles de I/Os

Este projeto vai possibilitar maior facilidade em controlar e agregar periféricos aos sistemas atuais de pesagem, ou seja, acabar com a dificuldade de poder controlar, por exemplo, sensores de nível máximo e mínimo, acionamento de carga e descarga, entre outros periféricos que se queira agregar e controlar no processo de pesagem.

4.7 Software – Programador Gráfico (PG) da empresa DEXTER –

O software de programação PG ^[1] (Programador Gráfico) que acompanha o controlador μ DX201 é desenvolvido para ambiente Windows (com todas as facilidades próprias deste sistema operacional, como múltiplas janelas), permite criar programas aplicativos para o CLP de forma amigável e intuitiva, possui grande quantidade de blocos de programação (mais de 240 tipos diferentes). Além disso, este CLP possui um processador RISC de alta performance, 16 bits, isso permite ciclos de execução do programa aplicativo abaixo de 1ms. O PG é dividido em dois módulos: Editor PG e Compilador PG. No Editor, mostrado na Figura 11, é criado o programa aplicativo conectando-se blocos com "fios" que tanto podem transportar variáveis binárias (ligado ou desligado) quanto variáveis inteiras, longint, ou ainda reais. Assim, não existem linhas de programação nem instruções, mas blocos funcionais ("ícones") que são

interligados, como se fossem componentes elétricos reais. Todas as operações são feitas através do mouse, com poucas intervenções do teclado.

A criação de um programa para o μ DX201 é muito fácil e pode ser dividida em quatro etapas:

- ✓ Abertura de um projeto para abrigar todas as páginas do programa;
- ✓ Confeção das páginas de programação;
- ✓ Pré-compilação do projeto;
- ✓ Compilação e envio do programa para o μ DX201;

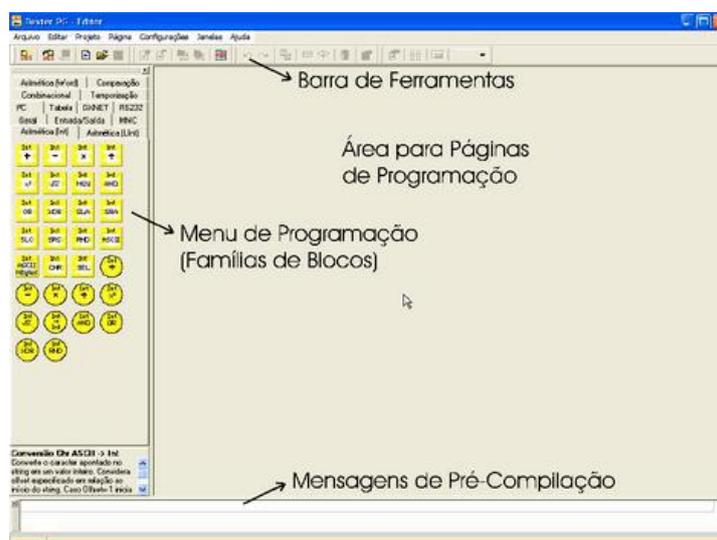


Figura 11 – Tela do Editor PG com algumas indicações ^[1]

Depois de elaborar o programa utilizando o Editor PG, basta compilar o programa utilizando o Compilador PG e transmiti-lo para o μ DX201 via porta serial. Na Figura 12 é mostrada a tela com o Compilador PG e o Editor PG ao fundo. Note que o Compilador PG não só permite transmitir o programa para o CLP, como também permite monitorar ou modificar o valor de variáveis e nodos do programa aplicativo.

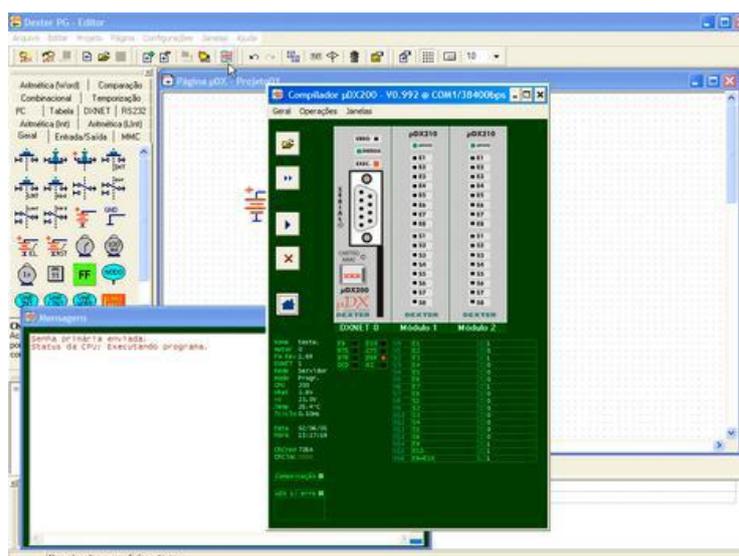


Figura 12 - Tela do Editor PG em baixo e acima a Tela do Compilador PG ^[1]

As variáveis são listadas com seus respectivos valores, enquanto os nodos são representados como "leds" vermelhos. Além disso, todas as informações de status do µDX201 monitorado são apresentadas na tela do Compilador PG, assim como o estado de todas as entradas e saídas das Expansões µDX210 utilizadas no programa aplicativo do CLP, além de mostrar também a mesma tela que aparece na IHM.

5 DESCRIÇÃO DO PROGRAMA PARA A BALANÇA DE FLUXO

A seguir, estão descritas todas as telas existentes no programa da balança de fluxo, com figuras e explicações sobre suas funcionalidades.

Assim que a balança de fluxo é ligada surge na interface IHM a Tela Principal, mostrada na Figura 13. Esta Tela Principal possui este layout para que se mantenha a filosofia de interface utilizada na balança de fluxo atual existente da empresa BEXTRA, que é mostrada na Figura 3 - Comando eletrônico da balança de fluxo, na página 18. Neste layout tem-se:

- Na primeira linha se vê o PESO. Este peso é referente à medição realizada durante cada ciclo de pesagem.
- Na segunda linha se vê o TOTAL. Este total é referente aos pesos acumulados durante todos os ciclos de pesagem até o momento da visualização.
- As teclas F1, F2, F3 e F4 são funções da balança de fluxo e estão explicadas a seguir.
- As teclas Program. e Aferição são destinadas, respectivamente, a programação e aferição da balança de fluxo e também estão melhor explicadas a seguir.

A Tela Principal é a mais importante no programa da balança de fluxo, pois é nesta tela que é possível visualizar o Peso e o Total durante os processos de pesagem. Além disso, é nesta tela que entramos ao clicar nas teclas existentes nas diversas opções de programação, aferição e funções da balança de fluxo, explicadas a seguir.



Figura 13 - Tela Principal do Programa da Balança de Fluxo

A Figura 14 mostra a tela do Editor PG com uma parte dos blocos utilizados para gerar a Tela Principal. Além da Tela Principal, todas as outras telas e o programa da balança de fluxo foram criados utilizando este tipo de programação. Esta programação de blocos funcionais interligados é própria do Controlador μ DX201 e foi explicada anteriormente.

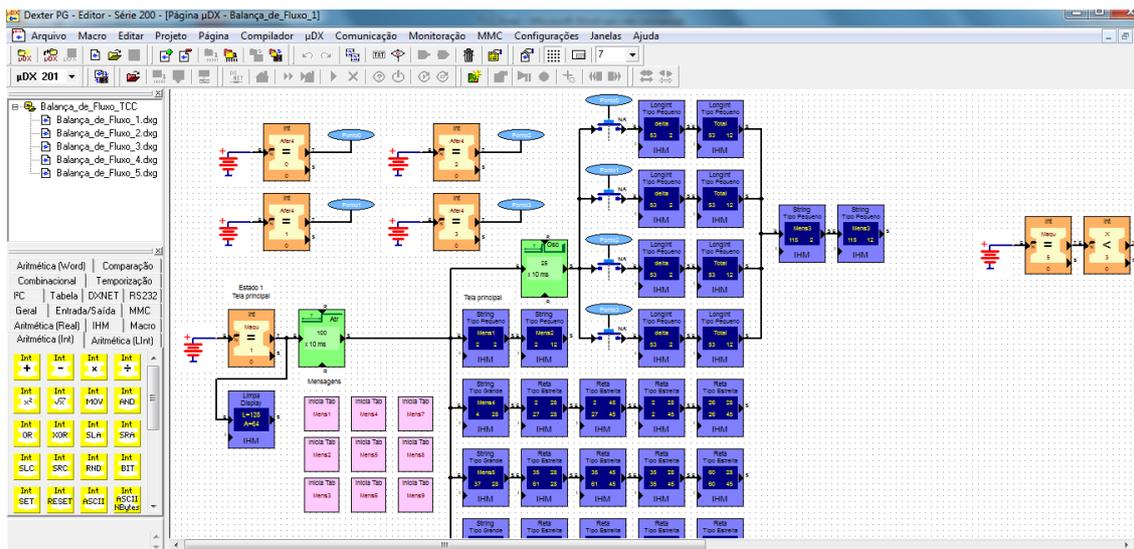


Figura 14 - Tela do Editor PG com uma parte dos blocos para gerar a Tela Principal

As seguintes funções estão disponíveis na Tela Principal do equipamento:

Tecla F1

A tecla F1 serve para marcar o zero do silo balança, ou seja, marcar o momento em que a balança encontra-se totalmente sem peso sobre ela. Pressionando a tecla F1 surge à mensagem para confirmar que o silo balança encontra-se sem peso, esta mensagem é mostrada na Figura 15.



Figura 15 - Tela de confirmação que o silo balança encontra-se sem peso

Caso o silo balança encontre-se realmente sem peso sobre ele, pode-se confirmar, pressionando a tecla SIM. Caso contrário, pressiona-se a tecla NÃO e retira-se o peso que se encontra no silo balança. Pressionando SIM se vê que o Peso mostrado na tela principal, ver Figura 13, assume exatamente zero.

Tecla F2

A tecla F2 serve para marcar o peso de amostra colocado no silo balança, é através deste peso de amostra, que é um peso conhecido, que a balança vai ser calibrada. Pressionando a tecla F2 surge à mensagem para confirmar que o peso de amostra encontra-se posicionado sobre o silo balança, esta mensagem é mostrada na Figura 16.



Figura 16 – Tela de confirmação que o peso de amostra encontra-se posicionado no silo balança

Caso o peso de amostra já tenha sido colocado sobre o silo balança, deve-se pressionar a tecla SIM, com isso é possível verificar que o Peso mostrado na Tela Principal, ver Figura 13, vai assumir exatamente o valor do peso de amostra, que foi indicado na aferição no item peso de amostra (PA), explicado a seguir. Caso não se tenha ainda posicionado o peso de amostra no silo balança ou não se tenha feito a aferição para este peso de amostra, deve-se pressionar a tecla NÃO.

Este item é muito importante para que se calibre a balança corretamente, fazendo assim que a balança mostre exatamente os valores de peso que se encontram sobre ela.

Tecla F3

A tecla F3 serve para tarar a balança, ou seja, mesmo que a balança apresente um peso sobre ela, caso confirme-se pressionando a tecla SIM a balança assume o peso no silo como zero e irá apresentar na Tela Principal o Peso como 0 kg. Pressionando-se a tecla F3 surge à mensagem para confirmar que se quer tarar a balança, esta mensagem é mostrada na Figura 17.



Figura 17 – Tela de confirmação da tara da balança

Se possível, é interessante durante os ciclos de pesagem verificar se ficou agregado ao silo balança algum material, fazendo com que o peso da balança nunca retorne a zero, caso isso ocorra é interessante fazer uma limpeza no silo balança ou usar esta opção de tarar a balança de fluxo. Assim, se evita que este material agregado seja somado ao total a cada ciclo, ocasionando erros de pesagem no final do processo.

Tecla F4

Existem duas condições possíveis para a balança de fluxo, processo ativado ou processo desativado. A tecla F4 serve exatamente para isso, ativar ou desativar o processo.

Depois de configurar todos os dados pertinentes à pesagem, deve-se pressionar a tecla F4 para dar início ao processo de pesagem. Pressionando a tecla F4 pela primeira vez surge à mensagem para confirmar que se deseja ativar o processo, esta mensagem é mostrada na Figura 18, caso pressione-se a tecla SIM o processo ficará ativo. Se for necessário interromper o processo por qualquer motivo pressiona-se novamente a tecla F4 então surge à mensagem para confirmar que se deseja desativar o processo, esta mensagem é mostrada na Figura 19, caso pressione-se SIM o processo desativará depois de concluir o último ciclo de pesagem que tenha iniciado. Para colocar a balança em processo novamente basta pressionar outra vez a tecla F4.



Figura 18 - Tela de confirmação para ativar o processo



Figura 19 - Tela de confirmação para desativar o processo

Tecla Program.

A tecla Program. é utilizada para se entrar na parte da programação da balança de fluxo. Pressionando a tecla Program. surge a seguinte mensagem, mostrada na Figura 20, que é o primeiro item da programação da balança.

Peso Programado

PP: 00000



Figura 20 - Tela de digitação do peso programado

Este item permite programar o peso desejado a ser medido em cada ciclo de pesagem no silo balança, ou seja, o peso no qual ocorre o corte da alimentação do produto do silo pulmão para o silo balança. Este valor pode ser até no máximo de 32000 que é a capacidade limite da balança colocada no programa. Este valor foi ajustado para este limite, pois se utilizou no programa da balança de fluxo um bloco de inteiros que vai até 32000. Para quase todas as aplicações de pesagem este valor é suficiente, pois dificilmente vai se medir mais do que 32000 kg em um ciclo de pesagem. Porém, é possível aumentar de uma maneira fácil este limite, basta alterar no programa este bloco de inteiro (int) para um bloco longo inteiro (longint).

Após digitar o PP desejado utilizando a tela de digitação do peso programado, mostrada na Figura 20, pressionar a tecla ENTRA (seta), assim o equipamento irá passar ao próximo item da programação.

Programação de Tempos

Os dois tempos a serem programados são especificados no programa inicialmente em 0,1 segundos. Foi utilizada esta variação inicial de tempo, pois muitas vezes esses tempos são muito pequenos ou até inexistentes. No caso, por exemplo, se digitarmos 10 corresponderá a 1 segundo. É sugerido prever sempre uma margem de segurança nos tempos, pois sempre se tem que prever, por exemplo, a inércia do motor.

Tempo de Estabilização do Peso

TEP: 00000



Figura 21 - Tela de digitação do tempo de estabilização do peso

Este item permite programar o tempo de estabilização do peso após o corte no peso programado. Este atraso é necessário para permitir que todo material esteja no silo balança e não ainda caindo (entre a válvula de carga de material e o silo), atraso que ocorre devido ao tempo de fechamento da válvula de carga.

Após digitar o TEP desejado utilizando a tela de digitação do tempo de estabilização do peso, mostrada na Figura 21, pressionar a tecla ENTRA (seta), assim o equipamento irá passar ao próximo item da programação.

Tempo entre Descarga e Carga

TDC: 00000



Figura 22 - Tela de digitação do tempo entre descarga e carga

Este item permite programar o tempo entre o fechamento da descarga e abertura da alimentação. Este tempo é necessário para permitir o fechamento completo da válvula de descarga antes de ligar a carga de material para o ciclo de passagem seguinte.

Após digitar o TDC desejado utilizando a tela de digitação do tempo entre descarga e carga, mostrada na Figura 22, pressionar a tecla ENTRA (seta), assim o equipamento irá passar ao próximo item da programação.

Programação de Tara

TA: 00000



Figura 23 - Tela de digitação de tara

Este item permite programar um peso de material que pode vir a se agregar junto à balança, ou seja, possibilita terminar o ciclo de descarga mesmo que o peso no silo não retorne exatamente a zero. Este valor é muito necessário na prática, pois dependendo do material ele se agrega a balança impossibilitando ela retornar exatamente para zero, com isso não é possível que a balança execute o próximo ciclo de pesagem.

Após digitar a TA desejada utilizando a tela de digitação de tara, mostrada na Figura 23, pressionar a tecla ENTRA (seta), assim o equipamento irá passar ao próximo item da programação.

Troca de Senha

SEN: 00000



Figura 24 - Tela de digitação da senha

Este item permite programar uma senha para a balança de até 5 dígitos. Este valor pode ser até no máximo de 32000 que é a capacidade limite da balança colocada no programa. Este valor foi ajustado para este limite, pois se utilizou no programa da balança de fluxo um bloco de inteiros que vai até 32000. Porém, é possível aumentar de uma maneira fácil este limite, basta alterar no programa este bloco de inteiro (int) para um bloco longo inteiro (longint).

Este item ainda não foi completamente desenvolvido no programa desta balança de fluxo, apenas consta a tela de digitação da senha, mostrada na Figura 24, para uma futura utilização.

Após digitar a SEN desejada utilizando a tela de digitação da senha, mostrada na Figura 24, pressionar a tecla ENTRA (seta), assim o equipamento irá passar ao próximo item da programação.

Programação de Hora

H: 00000



Figura 25 - Tela de digitação da hora

O CLP possui um relógio interno que é acertado através do Programador Gráfico (PG), utilizando o relógio que consta no computador que realizou a transferência do programa para o CLP. Este item permite programar à hora corrente, independente do relógio interno do CLP. Digita-se o valor em horas, minutos e segundos. Por exemplo: caso sejam 15 horas, 23 minutos e 30 segundos digita-se:

H: 152330

Caso o valor digitado seja inconsistente (por exemplo, hora é maior que 23) o dado é rejeitado, até digitar um horário consistente. Este item ainda não foi completamente desenvolvido no programa desta balança de fluxo, apenas consta a tela de digitação da hora, mostrada na Figura 25, para uma futura utilização.

Após digitar a H desejada utilizando a tela de digitação da hora, mostrada na Figura 25, pressionar a tecla ENTRA (seta), assim o equipamento irá passar ao próximo item da programação.

Programação de Data

D: 00000



Figura 26 - Tela de digitação da data

Assim como na programação da hora, o CLP possui um calendário interno que é acertado através do Programador Gráfico (PG), utilizando o calendário que consta no computador que realizou a transferência do programa para o CLP. Este item permite programar a data corrente, independente do calendário interno do CLP. Digita-se o valor no formato dia, mês e ano. Por exemplo, se estivermos em 09 de março de 1993 digita-se:

D: 090393

Caso o valor digitado seja inconsistente (por exemplo, data é maior que 31) o dado é rejeitado, até digitar uma data consistente. Este item ainda não foi completamente desenvolvido no programa desta balança de fluxo, apenas consta a tela de digitação da data, mostrada na Figura 26, para uma futura utilização.

Após digitar a D desejada utilizando a tela de digitação da data, mostrada na Figura 26, pressionar a tecla ENTRA (seta), assim o equipamento irá passar ao próximo item da programação.

Limite de Carregamento

LC: 00000



Figura 27 - Tela de digitação do limite de carregamento

Este item permite programar um limite de carregamento para a balança, ou seja, permite programar um peso máximo que a balança vai pesar enquanto estiver em processo, ultrapassando este limite a balança conclui o último ciclo de pesagem em andamento e sai de processo. Caso se ative processo com o limite de carregamento zerado a balança irá assumir que não há limite de carregamento e, portanto, irá processar cargas até ser interrompida manualmente ou via sinal elétrico o processo. Este valor pode ser até no máximo de 32000 que é a capacidade limite da balança colocada no programa. Este valor foi ajustado para este limite, pois se utilizou no programa da balança de fluxo um bloco de inteiros que vai até 32000. Porém, é possível aumentar de uma maneira fácil este limite, basta alterar no programa este bloco de inteiro (int) para um bloco longo inteiro (longint).

Após digitar o LC desejado utilizando a tela de digitação do limite de carregamento, mostrada na Figura 27, pressionar a tecla ENTRA (seta), assim o equipamento irá passar para a Tela Principal, pois já foram digitados todos os itens da programação.

Tecla Aferição

Resolução

R: 00000



Figura 28 - Tela de digitação da resolução

Este item permite programar a resolução desejada na balança de fluxo, ou seja, programa-se a variação que se quer ter na última casa decimal. Assim, se selecionarmos uma resolução 2, o equipamento irá pesar de 2 em 2.

As resoluções aceitáveis e comumente utilizadas nos processos de pesagem são as seguintes:

Resolução 1 pesa de 1 em 1.

Resolução 2 pesa de 2 em 2.

Resolução 5 pesa de 5 em 5.

Após digitar a R desejada utilizando a tela de digitação da resolução, mostrada na Figura 28, pressionar a tecla ENTRA (seta), assim o equipamento irá passar ao próximo item da aferição.

Filtro Digital

FD: 00000



Figura 29 - Tela de digitação do filtro digital

Este item permite programar o filtro digital desejado na balança de fluxo. Quanto maior o valor do filtro digital mais estável é a indicação de peso da balança, mas por outro lado também cada vez é mais lenta a sua atualização. O filtro digital 3 e 4 são os filtros mais utilizados nos processos de pesagem, pois tornam a indicação do peso da balança, relativamente, estável e ao mesmo tempo não tornam tão lenta sua atualização.

Após digitar o FD desejado utilizando a tela de digitação do filtro digital, mostrada na Figura 29, pressionar a tecla ENTRA (seta), assim o equipamento irá passar ao próximo item da aferição.

Abaixo temos as fórmulas utilizadas para implementar os filtros digitais na balança de fluxo:

Filtro 0 → Sem filtro.

Filtro 1 → $y_n = 0,7y_{n-1} + 0,3x_n$

$$\text{Filtro 2} \rightarrow y_n = 0,7y_{n-1} + 0,15x_n + 0,15x_{n-1}$$

$$\text{Filtro 3} \rightarrow y_n = 0,7y_{n-1} + 0,1x_n + 0,1x_{n-1} + 0,1x_{n-2}$$

$$\text{Filtro 4} \rightarrow y_n = 0,85y_{n-1} + 0,05x_n + 0,05x_{n-1} + 0,05x_{n-2}$$

$$\text{Filtro 5} \rightarrow y_n = 0,8875y_{n-1} + 0,0375x_n + 0,0375x_{n-1} + 0,0375x_{n-2}$$

$$\text{Filtro 6} \rightarrow y_n = 0,925y_{n-1} + 0,025x_n + 0,025x_{n-1} + 0,025x_{n-2}$$

$$\text{Filtro 7} \rightarrow y_n = 0,9625y_{n-1} + 0,0125x_n + 0,0125x_{n-1} + 0,0125x_{n-2}$$

Estas fórmulas são as mesmas utilizadas na implementação dos filtros digitais das balanças atuais da empresa BEXTRA. Na Figura 30 é possível verificar os blocos necessários para o desenvolvimento do filtro 2. Os demais filtros foram desenvolvidos utilizando a mesma idéia de blocos funcionais interligados do filtro 2.

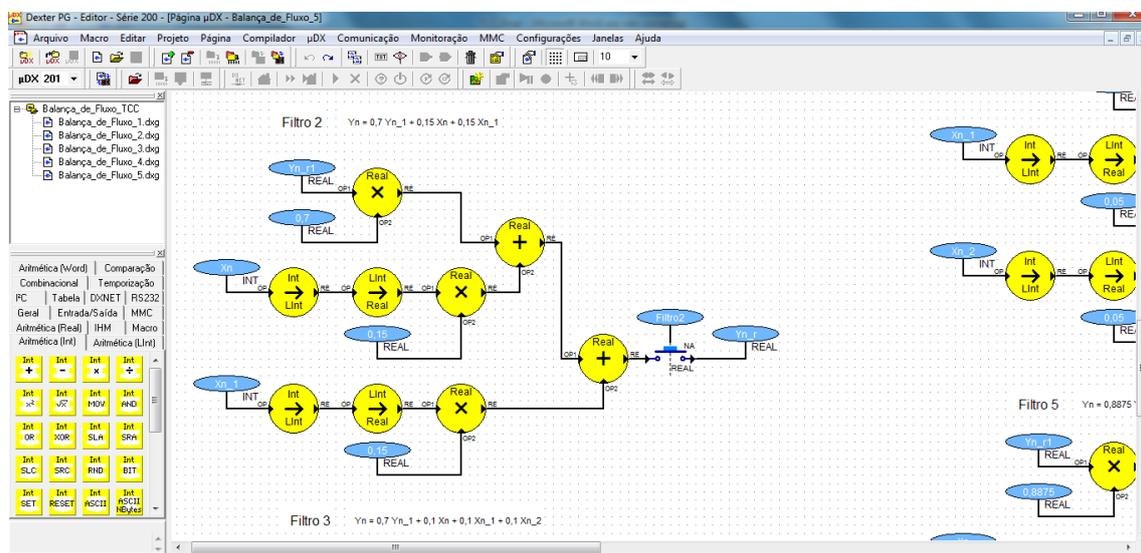


Figura 30 - Tela do Editor PG mostrando os blocos utilizados para fazer o Filtro 2

Peso Limite

PL: 00000



Figura 31 - Tela de digitação do peso limite

O peso limite é o peso máximo que se deseja que a balança pese em cada ciclo de pesagem. Caso este peso seja ultrapassado nos ciclos de pesagem surge na tela à mensagem que se excedeu a capacidade da balança, mostrada na Figura 32. Caso tente-se pressionar a tecla VOLTAR vê-se que não é possível sair desta tela, a não ser que se tenha retirado o peso que esta excedendo este peso limite programado. Após a retirada do peso que excede este limite, pode-se pressionar a tecla VOLTAR, assim se segue normalmente com o processo de pesagem.

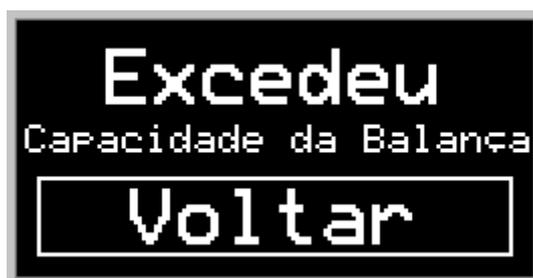


Figura 32 - Tela de mensagem que o peso limite do ciclo esta excedido

Após digitar o PL desejado utilizando a tela de digitação do peso limite, mostrada na Figura 31, pressionar a tecla ENTRA (seta), assim o equipamento irá passar ao próximo item da aferição.

Ponto Decimal

PD: 00000



Figura 33 - Tela de digitação do ponto decimal

Pode-se selecionar o ponto decimal de quatro diferentes maneiras, conforme a seguinte idéia:

Sem ponto decimal: não se utiliza o ponto decimal quando se pesa de 1 kg em 1 kg.

Ponto decimal na primeira casa: quando se pesa de 100 g em 100 g.

Ponto decimal na segunda casa: quando se pesa de 10 g em 10 g.

Ponto decimal na terceira casa: quando se pesa de 1 g em 1 g.

Além disso, o primeiro item da aferição, que é a resolução, esta diretamente relacionada ao ponto decimal. Caso seleciona-se resolução 1, se mantém a idéia descrita acima, porém caso seleciona-se resolução 2, tem-se que multiplicar toda esta idéia por 2. O mesmo é válido se seleciona-se a resolução 5.

Após digitar o PD desejado utilizando a tela de digitação do ponto decimal, mostrada na Figura 33, pressionar a tecla ENTRA (seta), assim o equipamento irá passar ao próximo item da aferição.

Peso de Amostra

PA: 00000



Figura 34 - Tela de digitação do peso de amostra

O último item da aferição é o peso de amostra. Deve-se especificar um peso padrão, de valor conhecido que será colocado no silo balança, de forma que a balança possa calibrar sua escala. Este valor pode ser até no máximo 32000 que é a capacidade limite da balança. Este valor é posto conforme o PD selecionado anteriormente, por exemplo, caso seleciona-se um PD igual a 2 e tem-se 10 kg de peso de amostra, deve-se digitar 1000 no PA.

Obs.: Não convém utilizar pesos de aferição muito menores que a capacidade máxima do silo, pois isto pode acarretar erros maiores no fundo de escala. Por exemplo, se aferirmos uma balança de 1000 kg com um peso de 10 kg poderá haver um erro de ± 2 divisões no fundo de escala. Portanto, não é aconselhável utilizar pesos inferiores à metade da capacidade do silo da balança.

Após digitar o PA desejado utilizando a tela de digitação do peso de amostra, mostrada na Figura 34, pressionar a tecla ENTRA (seta), assim o equipamento irá passar para a Tela Principal, pois já foram digitados todos os itens da aferição.

6 DESCRIÇÃO DE COMO CALIBRAR A BALANÇA DE FLUXO

A seguir, tem-se um passo a passo de como calibrar a balança de fluxo para o seu correto funcionamento:

1º) Ligar a balança.

Ao ligar a balança se vê que ela inicializa direto na Tela Principal do programa da balança de fluxo, mostrada na Figura 13.

2º) Pressionar a Tecla Aferição.

Ao pressionar a tecla Aferição entra-se nos pontos de aferição da balança que são: Resolução, Filtro Digital, Peso Limite, Ponto Decimal e Peso de Amostra. Fazer a aferição conforme foi explicado a partir da página 41 do capítulo 5.

3º) Deixar o silo balança completamente sem peso.

4º) Pressionar a Tecla F1.

Como se havia deixado a balança sem peso, conforme foi indicado no item 3º, basta confirmar pressionando a Tecla SIM. Vê-se que o Peso mostrado na Tela Principal assume exatamente zero. (Este item está melhor explicado na página 33 do capítulo 5).

5º) Posicionar o Peso de Amostra.

O peso de amostra que se indica no último item da aferição, pode ser posicionado no silo balança.

6º) Pressionar a Tecla F2.

Após posicionar o peso de amostra no silo balança, aguardar 30 segundos para a estabilização do peso, e confirmar apertando Tecla SIM. Vê-se que o Peso mostrado na Tela Principal assume exatamente o valor do peso de amostra. (Este item está melhor explicado na página 34 do capítulo 5)

7º) Pressionar a Tecla Program.

Ao pressionar a tecla Program. entra-se nos pontos de programação da balança de fluxo que são: Peso de Amostra, Tempo de Estabilização do Peso, Tempo entre Descarga e Carga, Programação de Tara, Troca de Senha, Programação de Hora, Programação de Data e Limite de Carregamento. Fazer a programação conforme foi explicado a partir da página 36 do capítulo 5.

8º) Pressionar a Tecla F4.

Depois de executar todos os itens descritos acima, agora sim se pode entrar em processo, pressionando F4 e posteriormente apertando a Tecla SIM, para confirmar que se quer ativar o processo.

O processo da balança de fluxo funciona conforme esta descrita na máquina de estados, mostrada na Figura 35.

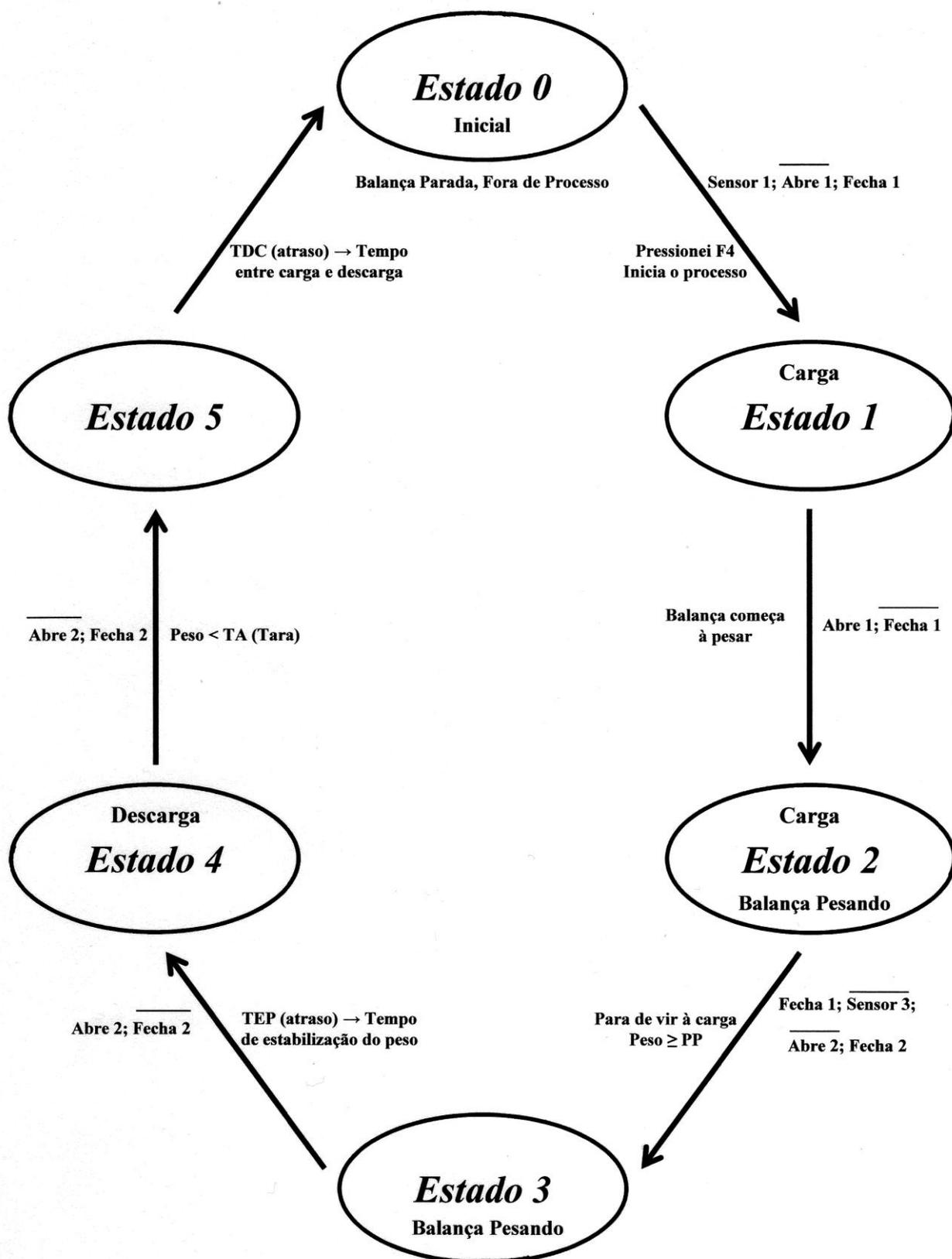


Figura 35 - Máquina de Estados do funcionamento da Balança de Fluxo

A explicação da Máquina de Estados, mostrada na Figura 35, com o auxílio do detalhamento da balança de fluxo, com a indicação dos sensores previstos, mostrado na Figura 36, é feita abaixo:

ESTADO 0 → É o estado inicial, onde a balança encontra-se parada, ou seja, fora de processo. Para passar do Estado 0 para o Estado 1 algumas condições têm que ser satisfeitas, que são essas:

- O Sensor 1 (sensor de nível mínimo instalado no silo pulmão) deve estar ativado, ou seja, estar indicando que possui-se a quantidade mínima de produto para começar o processo.
- O Abre 1 (sensor de abertura de comporta instalado na saída do silo pulmão) deve estar desativado, ou seja, estar indicando que a comporta não está aberta.
- O Fecha 1 (sensor de fechamento de comporta instalado na saída do silo pulmão) deve estar ativado, ou seja, estar indicando que a comporta está realmente fechada.
- Pressionar a Tecla F4 para entrar em Processo.

ESTADO 1 → Estado indicando a CARGA. Para passar do Estado 1 para o Estado 2, onde a balança começa a pesar, algumas condições têm que ser satisfeitas, que são essas:

- O Abre 1 (sensor de abertura de comporta instalado na saída do silo pulmão) deve estar ativado, ou seja, estar indicando que a comporta está realmente aberta.
- O Fecha 1 (sensor de fechamento de comporta instalado na saída do silo pulmão) deve estar desativado, ou seja, estar indicando que a comporta não está fechada.

ESTADO 2 → Estado indicando a CARGA. Balança Pesando. Para passar do Estado 2 para o Estado 3 algumas condições têm que ser satisfeitas, que são essas:

- O Sensor 3 (sensor de nível máximo instalado no silo descarga) deve estar desativado, ou seja, estar indicando que o silo não encontra-se cheio de produto.
- O Abre 2 (sensor de abertura de comporta instalado na saída do silo balança) deve estar desativado, ou seja, estar indicando que a comporta não está aberta.
- O Fecha 2 (sensor de fechamento de comporta instalado na saída do silo balança) deve estar ativado, ou seja, estar indicando que a comporta está realmente fechada.

- O Fecha 1 (sensor de fechamento de comporta instalado na saída do silo pulmão) deve estar ativado, ou seja, estar indicando que a comporta já foi realmente fechada.
- $\text{Peso} \geq \text{PP}$ (o peso do ciclo deve ser maior ou igual ao peso programado).

ESTADO 3 → Balança Pesando. Para passar do Estado 3 para o Estado 4 algumas condições têm que ser satisfeitas, que são essas:

- O Abre 2 (sensor de abertura de comporta instalado na saída do silo balança) deve estar ativado, ou seja, estar indicando que a comporta está realmente aberta.
- O Fecha 2 (sensor de fechamento de comporta instalado na saída do silo balança) deve estar desativado, ou seja, estar indicando que a comporta não está fechada.
- Esperar um atraso, TEP (tempo de estabilização do peso).

ESTADO 4 → Estado indicando a DESCARGA. No Estado 4 tem-se um **contador de ciclos**, além de ser gravado neste estado as informações do processo no **cartão MMC** que está no CLP.

A cada ciclo de pesagem é gravada uma linha no cartão MMC com os seguintes dados:

PESO; TOTAL; HORA; DATA; CICLO;

PESO: é o peso medido neste ciclo, depois de ter passado o TEP (tempo de estabilização do peso).

TOTAL: é o valor total acumulado de peso antes deste ciclo + o peso do ciclo em processo.

HORA: é a hora em que foi completado o ciclo de pesagem. Mostrada em hh:mm:ss.

DATA: é a data em que foi completado o ciclo de pesagem. Mostrada em dd/mm/aa.

CICLO: é o contador de ciclos. Ele é incrementado a cada ciclo de pesagem.

Para passar do Estado 4 para o Estado 5 algumas condições têm que ser satisfeitas, que são essas:

- O Abre 2 (sensor de abertura de comporta instalado na saída do silo balança) deve estar desativado, ou seja, estar indicando que a comporta não está aberta.
- O Fecha 2 (sensor de fechamento de comporta instalado na saída do silo balança) deve estar ativado, ou seja, estar indicando que a comporta está realmente fechada.

- $\text{Peso} < \text{TA}$ (o peso do ciclo deve ser menor que a Tara). Com isso, garante-se que a carga saiu completamente do silo balança para o silo descarga.

ESTADO 5 → Estado de passagem. Para passar do Estado 5 para o Estado 0 somente uma condição tem que ser satisfeita, que é a seguinte:

- Esperar um atraso, TDC (tempo entre descarga e carga).

Obs.: Se o Total (do processo atual, e não o Total acumulado de peso que é mostrado no display) for maior que o LC (Limite de Carregamento), a balança termina o ciclo que está executando e depois sai de processo. O processo pode ser ativado novamente, pressionando-se a tecla F4.

Além disso, se por qualquer motivo desejar-se sair do processo, basta pressionar a Tecla F4 e confirmar apertando a Tecla SIM. A balança de fluxo executará o último ciclo de pesagem que está em andamento e em seguida sairá de processo.

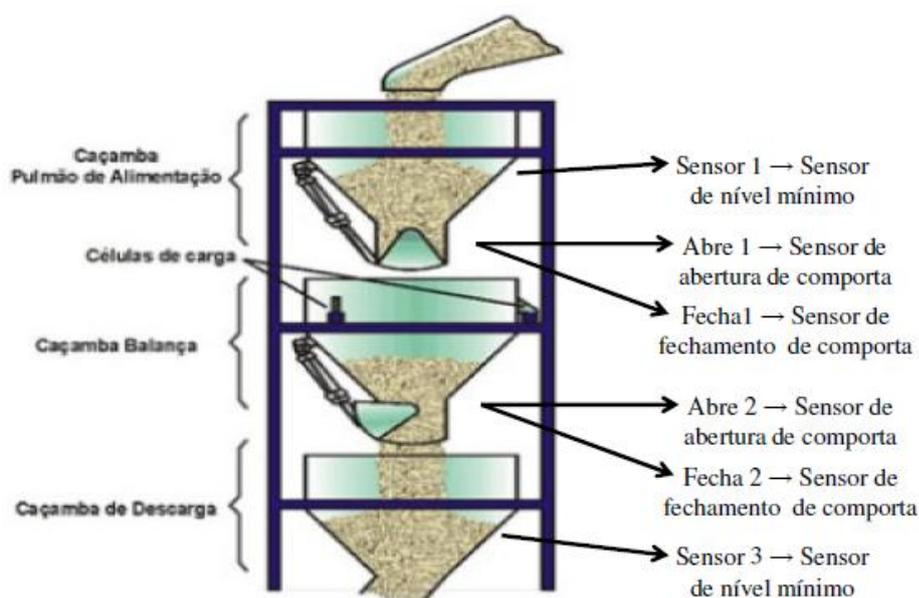


Figura 36 - Detalhamento da Balança de Fluxo, com a indicação dos sensores previstos

A Figura 37 mostra uma foto da bancada de teste, com todos os equipamentos utilizados no desenvolvimento da nova balança de fluxo, além da imagem do Compilador PG em monitoração na tela do notebook.

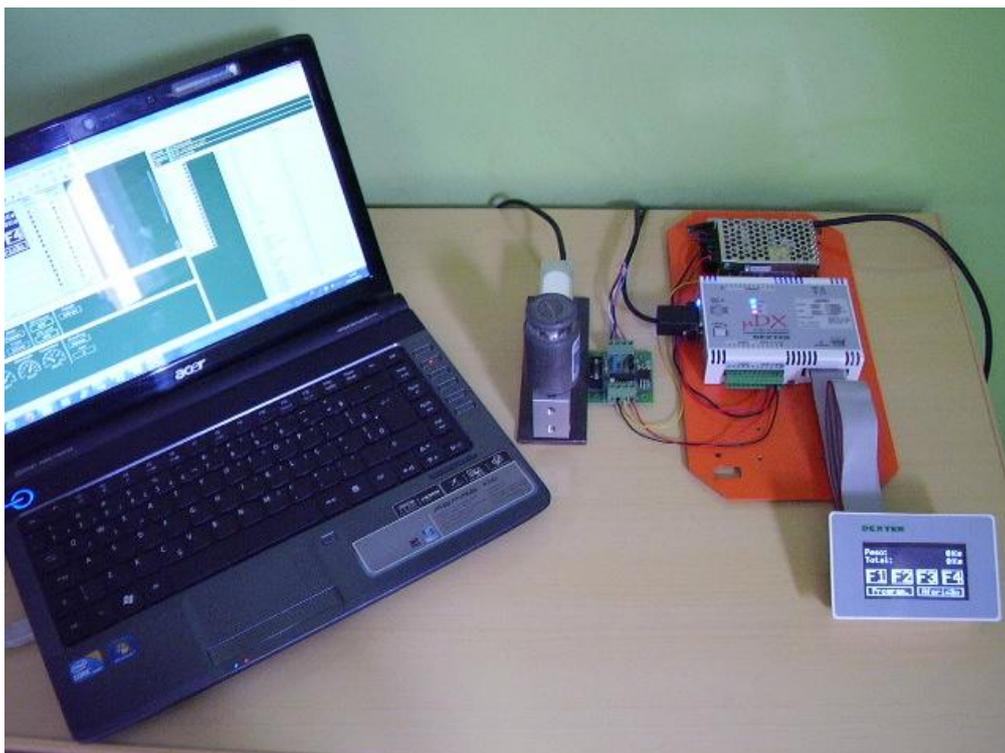


Figura 37 - Bancada de teste para a Balança de Fluxo, com os equipamentos utilizados

7 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi à substituição de um sistema embarcado dedicado à leitura de células de carga em uma balança de fluxo por um Controlador Lógico Programável. Este objetivo foi plenamente atingido.

A proposta de desenvolver e implementar uma balança de fluxo inserida dentro de um CLP solucionou a maioria das dificuldades encontradas nos processos de pesagem que a empresa BEXTRA vinha experimentando na balança de fluxo atual.

O Controlador Lógico Programável μ DX201 utilizado mostrou-se flexível para a alteração e/ou criação dos programas da balança, via um software próprio utilizado pelo CLP de fácil programação. Além disso, o CLP é muito útil para leitura das células de carga e para possibilidade de se conectar de modo natural a outros periféricos de entrada e/ou saída para atuação do sistema, como sensores de nível e acionamento de carga e descarga. A utilização da interface IHM para visualização dos dados de processo e calibração da balança foi muito favorável e de fácil inserção. A possibilidade de gravar os dados de processo de uma maneira simples em um cartão MMC mostrou-se extremamente atraente e útil para aplicação na balança de fluxo.

A leitura de peso feita pelo CLP ficou dentro do esperado, com uma variação bem baixa e próxima da balança de fluxo atual. Melhorias no programa junto à interface IHM para a utilização do usuário ainda serão desenvolvidas, como a inserção de senha na balança e a possibilidade de alterar data e hora. Estes itens já se encontram disponíveis na balança de fluxo, apenas necessitam de ligeiras modificações para realmente atuarem.

Pela facilidade de programação encontrada neste CLP é possível prever para desenvolvimentos futuros, ligeiras modificações no programa para se adequar a outros tipos de balanças. Praticamente, o que seria necessário para o programa se adequar a novos tipos de balanças é a modificação apenas da máquina de estados que define a atuação da balança durante o processo, podendo a maior parte do programa e das telas criadas serem aproveitadas.

8 REFERÊNCIAS

- [1] Richter, C. J., **μDX200 Controlador Lógico Programável, Produtos DEXTER**. Porto Alegre, Abril/2010.
- [2] DEXTER Indústria e Comércio de Equipamentos Eletrônicos Ltda., **μDX200 Controlador Programável, Manual de Utilização μDX200**. Revisão 2.92. Junho/2011
- [3] **BEXTRA Sistema de Pesagem**. manual-balanca-de-fluxo-contínuo_bexflux-plus. Disponível em: <<http://www.bextra.com.br/pesagem-dosagem-gravimetrica/balanca-de-fluxo-contínuo-dosagem-gravimetrica>>. Acesso em: 20/08/2011.
- [4] **BEXTRA Sistema de Pesagem**. Disponível em: <<http://www.bextra.com.br/pesagens-especiais-para-veiculos-rodoviaros-e-agricolas/celula-de-carga>>. Acesso em: 20/08/2011.
- [5] ABNT. **Norma brasileira NBR-14724 – Informações e documentação – Trabalhos acadêmicos**. Rio de Janeiro, 2005. 2 ed.
- [6] ABNT. **Norma brasileira NBR-6023 – Informações e documentação – Referências**. Rio de Janeiro, 2002. 2 ed.
- [7] Carer, M., Carraro E., **Célula de Carga**, Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul. Disponível em: <<http://hermes.ucs.br/ccet/demc/vjbrusam/inst/cel61.pdf>>. Acesso em: 03/12/2011.
- [8] Adilson R. dos Santos, **Sistema de Pesagem com Interface Web em Plataforma Linux Embarcada**. Dissertação de Graduação, Universidade Luterana do Brasil. Canoas, Julho/2010.