

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO
(Bacharelado)

**PROTÓTIPO DE UM DOSADOR DE MATÉRIA-PRIMA PARA
PEQUENAS EMPRESAS DE PRODUTOS PRÉ-
FABRICADOS DE CONCRETO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO À UNIVERSIDADE
REGIONAL DE BLUMENAU PARA A OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA
DISCIPLINA COM NOME EQUIVALENTE NO CURSO DE CIÊNCIAS DA
COMPUTAÇÃO — BACHARELADO

SAULO FERNANDO MANTEUFEL

BLUMENAU, JUNHO/2001

2001/64

PROTÓTIPO DE UM DOSADOR DE MATÉRIA-PRIMA PARA PEQUENAS EMPRESAS DE PRODUTOS PRÉ- FABRICADOS DE CONCRETO

SAULO FERNANDO MANTEUFEL

ESTE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, FOI JULGADO ADEQUADO
PARA OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA DISCIPLINA DE TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO OBRIGATÓRIA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE:

BACHAREL EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

Prof. Antonio Carlos Tavares — Orientador na FURB

Prof. José Roque Voltolini da Silva — Coordenador do TCC

BANCA EXAMINADORA

Prof. Antonio Carlos Tavares

Prof. Miguel A . Wisintainer

Prof. Sérgio Stringari

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu tio Waldir Carlos Schulz, que tornou financeiramente possível a conclusão deste curso, contribuindo para o meu engrandecimento profissional.

Ao meu pai e aos meus irmãos Werner e Jonatas que me auxiliaram para que eu pudesse me dedicar a elaboração deste trabalho.

Ao professor orientador Antonio Carlos Tavares, que sempre esteve pronto a me auxiliar.

A minha noiva Cristiane, que me compreendeu nesta fase de conclusão do curso.

E principalmente a minha mãe Eliana, pela compreensão, carinho e incentivo dado em todas etapas vencidas até a conclusão deste curso.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	2
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO	2
2. PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO.....	4
2.1 HISTÓRIA DA PRÉ-FABRICAÇÃO E SUAS FASES SUCESSIVAS.....	4
2.1.1 PRÉ-FABRICAÇÃO LEVE.....	5
2.1.2 PRÉ-FABRICAÇÃO INDUSTRIAL.....	6
2.1.3 PRÉ-FABRICAÇÃO PESADA.....	6
2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA PRÉ-FABRICAÇÃO.....	7
2.3 CONSTRUÇÃO DE MOLDES PARA FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS.....	9
2.4 COMPACTAÇÃO DO CONCRETO.....	10
2.4.1 PICADO.....	10
2.4.2 PISADO.....	10
2.4.3 VIBRADO.....	11
2.5 DOSAGEM DE MATÉRIA-PRIMA.....	11
2.5.1 DOSAGEM DOS ÁRIDOS.....	12
2.5.2 DOSAGEM DO CIMENTO.....	12
2.5.3 DOSAGEM DA ÁGUA.....	13
3 SISTEMA DE CONTROLE DE PROCESSOS.....	14
3.1 COMPONENTES BÁSICOS DE UM SISTEMA DE CONTROLE.....	14
3.2 VARIÁVEIS DE UM SISTEMA E CONTROLE.....	15
3.3 TÉCNICAS DE CONTROLE.....	15

3.4 CONFIGURAÇÕES DE CONTROLE.....	16
4 INTERFACE ENTRE O COMPUTADOR E O PROCESSO.....	17
4.1 CONVERSÃO DE SINAL	18
4.1.1 CONVERSOR ANALÓGICO/DIGITAL.....	18
4.1.2 CONVERSOR DIGITAL/ANALÓGICO	19
4.2 AMOSTRAGEM DE SINAIS	20
4.3 INTERCONEXÃO ENTRE COMPUTADOR E PROCESSO	21
4.3.1 O CONECTOR DB25.....	22
5 SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS	24
5.1 HARDWARE DE AQUISIÇÃO	25
5.2 SOFTWARE DE AQUISIÇÃO.....	25
6 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO	26
6.1 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROTÓTIPO.....	27
6.2 PROJETO DOS EQUIPAMENTOS.....	28
6.2.1 SILOS DE ARMAZENAGEM.....	28
6.2.2 ESTEIRAS	29
6.2.3 CONJUNTO RESERVATÓRIO/BOMBA D'ÁGUA.....	29
6.2.4 BALANÇA COM BANDEJA SUSPensa EM QUATRO PONTOS	30
6.2.5 MECANISMO PARA VIRAR A BANDEJA DA BALANÇA	31
6.2.6 ENCODER.....	31
6.2.7 CIRCUITOS ELETRONICOS	32
6.2.7.1 CIRCUITO PARA LEITURA DOS VALORES DA BALANÇA.....	32
6.2.7.2 CIRCUITO PARA ACIONAMENTO DOS MOTORES E BOMBA D'ÁGUA	33
6.2.8 MICROCOMPUTADOR.....	34
6.3 ESPECIFICAÇÃO DO PROTÓTIPO	35
6.4 IMPLEMENTAÇÃO	41
6.4.1 ETAPAS NA IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO.....	41

6.4.2 OPERACIONALIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO.....	44
7 CONCLUSÕES	49
7.1 EXTENSÕES.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXO 1	52
ANEXO 2	56

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DIAGRAMA DE UM SISTEMA EM MALHA ABERTA.....	16
FIGURA 2 – DIAGRAMA DE UM SISTEMA EM MALHA FECHADA.....	16
FIGURA 3 – DIAGRAMA EM BLOCOS DE UM CONVERSOR AD.....	18
FIGURA 4 – DIAGRAMA BÁSICO DO CONVERSOR DA.....	19
FIGURA 5 – IDENTIFICAÇÃO DOS PINOS DO CONECTOR DB25.....	22
FIGURA 6 – ESQUEMA FÍSICO DO PROTÓTIPO.....	28
FIGURA 7 – CONJUNTO RESERVATÓRIO/BOMBA D' ÁGUA.....	29
FIGURA 8- BALANÇA UTILIZADA NO PROTÓTIPO.....	30
FIGURA 9 – MECANISMO UTILIZADO PARA PUXA A BANDEJA DA BALANÇA. ..	31
FIGURA 10 –ENCODER UTILIZADO NO PROTÓTIPO.....	32
FIGURA 11 – CIRCUITO DE AQUISIÇÃO DE DADOS.....	33
FIGURA 12 – CIRCUITO RESPONSÁVEL PELO ACIONAMENTO DOS MOTORES E DA BOMBA D' ÁGUA.....	34
FIGURA 13 – TIPO DE CONTROLE UTILIZADO PARA A DOSAGEM DOS ÁRIDOS.....	35
FIGURA 14 – CONFIGURAÇÃO DE CONTROLE EM MALHA FECHADA UTILIZADA PARA CONTROLAR A BALANÇA.....	36
FIGURA 15 - DIAGRAMA DE CONTEXTO DO PROTÓTIPO.....	36
FIGURA 16 – DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS DO PROTÓTIPO.....	37
FIGURA 17 – FLUXOGRAMA DE EXECUÇÃO SEGUIDO PELO PROTÓTIPO... ..	38
FIGURA 18 – FLUXOGRAMA DA DOSAGEM DOS ÁRIDOS E DA ÁGUA.....	39
FIGURA 19 – FLUXOGRAMA DA DOSAGEM DO CIMENTO.....	40

FIGURA 20 – FORMATO DA TABELA DE PEÇAS.....	41
FIGURA 21 – ESQUEMA DO CABO DE COMUNICAÇÃO UTILIZADO NO PROTÓTIPO.....	44
FIGURA 22 – TELA PRINCIPAL DO PROTÓTIPO.....	45
FIGURA 23 – TELA DE CALIBRAGEM DOS MECANISMOS.....	46
FIGURA 24 – TELA DE CADASTRO DE PEÇAS..	47
FIGURA 25 – TELA DE DOSAGEM DE MATÉRIA-PRIMA.....	47
FIGURA 26 - TELA SOBRE.....	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: ECONOMIA GERADA PELA UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS PRÉ-MOLDADOS.....	8
TABELA 2. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS EMPREGADOS NA CONFECÇÃO DOS MOLDES	9
TABELA 3 – DESCRIÇÃO DA FUNÇÃO DOS PINOS DO CONECTOR DB25.....	23
TABELA 4 – PEÇAS PRÉ-FABRICADAS PRODUZIDAS.....	27
TABELA 5 – DICIONÁRIOS DE DADOS DA TABELA PEÇAS.	38
TABELA 6 – RESULTADO DA DETERMINAÇÃO DOS TEMPOS PARA AS ESTEIRAS E BOMBA D'ÁGUA.....	42
TABELA 7 – RESULTADOS DOS TESTES REALIZADOS COM A BALANÇA.....	43

RESUMO

Este trabalho apresenta um protótipo de um dosador de matéria-prima que pode ser aplicado em uma pequena empresa de produtos pré-fabricados de concreto. Para tornar isso possível foi realizada uma revisão bibliográfica do assunto além da especificação do protótipo e sua implementação propriamente dita em escala de bancada, feita utilizando o ambiente de programação DELPHI.

ABSTRACT

This work presents a prototype of a raw material dose which can be applied in a small company of pre-manufacture concrete products. To be this possible a bibliographic revision of the subject was made, besides the specification of the prototype and its implementation in a miniature using the environmental DELPHI program.

1 INTRODUÇÃO

Por definição pré-fabricado: é uma qualidade do edifício cujas partes, industrialmente fabricadas, são apenas montadas no local da obra. Porém a técnica de construção com elementos pré-fabricados, ou pré-moldados, tem um campo de aplicação mais ampla do que apenas fornecer peças para construção de edifícios, casas e etc.

Atualmente, estas peças são muito utilizadas na construção civil, como exemplo podemos citar os tubos de esgotos, fossas e filtros para sanitarismo, elementos de grande porte para construção de pontes e viadutos, até coisas mais corriqueiras no nosso dia a dia como lajotas para pavimentação, postes de iluminação, elementos para construção de muros e etc.

Nos últimos tempos, a diversidade de elementos pré-fabricados de concreto utilizados na construção civil fez com que esta indústria passasse da fase artesanal para a categoria de indústria racionalizada e automatizada, fazendo-a acompanhar a revolução técnica que teve início no século passado e que tem conduzido a produção em massa a quase todos os campos de atividade industrial.

Dentre as muitas vantagens deste sistema construtivo pode-se citar a economia em transportes, a economia de mão-de-obra, a economia de matéria-prima e etc. Para que se possa usufruir com mais ênfase das vantagens deste sistema construtivo, é necessário um controle em todo o processo produtivo para que se evite desperdícios tanto de matéria-prima quanto de mão de obra, e isso pode ser conseguido utilizando, nas etapas da produção das peças pré-fabricadas, a mecanização das atividades utilizando sistemas de controle.

Os sistemas de controle surgiram na indústria para eliminar ou diminuir o trabalho do homem no controle dos processos. Tal sistema busca atingir determinados objetivos definidos de acordo com as necessidades do processo a ser controlado.

O controle de uma forma geral é obtido por um conjunto de informações adquiridas do processo que são analisadas pelo computador, o qual toma determinadas decisões que são aplicadas ao processo para que possam ser atingidos os objetivos desejados. Num controle automático, os mecanismos de controle são formados por dispositivos elétricos, mecânicos, pneumáticos ou hidráulicos.

Observando o processo produtivo de pequenas empresas do ramo de elementos pré-fabricados, verificou-se uma deficiência na etapa de mistura dos elementos que dão origem ao concreto, que atualmente na maioria dos casos, são feitas utilizando caixas de volume

conhecidos, confiando a dosagem apenas ao acerto do operário. Portanto, se esta etapa, de mistura dos componentes, fosse mecanizada, se conseguiria economia de mão-de-obra e de matéria-prima, visto que o sistema utilizado atualmente não proporciona dosagens de material tão confiáveis, quanto as dosagens que um sistema automático proporcionaria.

Desta observação, surgiu a idéia do desenvolvimento de um protótipo de um dosador de matéria-prima para fabricação de elementos pré-fabricados de concreto.

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho possui como objetivo principal o desenvolvimento de um protótipo de um dosador de matéria-prima para pequenas empresas de elementos pré-fabricados de concreto.

Os demais objetivos são:

- a) apresentar os conceitos básicos relacionados a técnica de fabricação de elementos pré-moldados;
- b) apresentar algumas características do controle de processos;

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 7 capítulos.

O capítulo 1 fornece um esclarecimento sobre a motivação que levou o autor ao desenvolvimento do trabalho, os seus objetivos e divisões do trabalho.

O capítulo 2 refere-se aos elementos pré-fabricados de concreto, sua história, suas características e os métodos utilizados na sua produção.

O capítulo 3 trata de uma breve contextualização de sistemas de controle com seus componentes, configurações de controle e etc.

O capítulo 4 enfoca os conceitos de controle por computador, destacando suas características, vantagens, desvantagens, conversões de sinais e a interconexão entre computador e o processo a ser controlado.

O capítulo 5 traz uma breve introdução de uma arquitetura de um sistema de aquisição de dados.

O capítulo 6 apresenta o protótipo do dosador de matéria-prima para pequenas empresas de elementos pré-fabricados de concreto, sendo neste capítulo descritas as suas funcionalidades, seus processos e a interface.

O capítulo 7 é encontrada a conclusão deste trabalho, relacionando-se as limitações existentes e possibilidades de expansão de suas características para seu aprimoramento.

2 PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

Para começar a entender o que são elementos pré-fabricados de concreto vejamos a seguinte definição: Concreto é um material de construção composto de áridos (brita, areia ou outros agregados) e um aglutinante (cimento) com água que forma uma massa compacta de consistência plástica que endurece depois de seca. Esta plasticidade e o fato de o concreto endurecer depois de seco torna o concreto um material fácil de ser moldado, com as dimensões e os formatos requeridos pela obra em que o elemento produzido será utilizado.

De posse deste conceito, podem então definir que: produtos pré-fabricados (pré-moldados) são aqueles que são fabricado antes de serem colocados na obra. No seu sentido mais geral, esta denominação se aplica a toda fabricação de elementos de construção em fábricas, a partir de matéria-prima ou de semi-produtos, sendo em seguida estes elementos transportados até a obra onde serão utilizados no trabalho de edificação.

O enunciado acima incita a pensar que a pré-fabricação é de uso muito antigo, remontando a mais alta antigüidade, nos tempos mais remotos os homens já faziam paralelepípedos de argila para obter ladrilhos, que eram utilizados na construção de muros. Para permanecer nos tempos modernos, nos limitemos a dizer que a indústria de ladrilhos consiste em fabricar ladrilhos em fábricas, para livrar a obra dessa tarefa de produção. Abaixo segue uma breve ilustração histórica e um leve embasamento teórico sobre as técnicas de fabricação de elementos pré-fabricados.

2.1 HISTÓRIA DA PRÉ-FABRICAÇÃO E SUAS FASES SUCESSIVAS

A história da pré-fabricação pode ser dividida em três fases: Pré-Fabricação Leve, Pré-Fabricação Industrial e Pré-Fabricação Pesada. Abaixo segue um detalhamento de todas as fases que a pré-fabricação passou até chegar aos dias de hoje.

2.1.1 PRÉ-FABRICAÇÃO LEVE

No início do século, em meados de 1905, os estabelecimentos Edmond Coignet, iniciaram a fabricação de peças moldadas de cimento. As peças assim fabricadas podiam competir com as similares de pedra. Vendidas com o nome de “pedra reconstruídas” eram menos caras que as pedras verdadeiras, e seus prazos de obtenção eram menores, por não estar a fabricação em indústrias influenciadas por agentes atmosféricos, como ocorria geralmente no caso da obtenção e escultura das pedras em locais a céu aberto.

Estas vantagens favoreceram o desenvolvimento deste sistema de fabricação, sendo que surgiram durante o período entre as duas guerras mundiais, muitos artesãos e pequenas empresas que se especializaram neste tipo de atividade. Os produtos assim fabricados eram, a princípio, de qualidade mediana. A areia era utilizada sem análise granulométrica, o cimento era dosificado com demasiada escassez para obter economia e a colocação do concreto no molde se fazia através do método “Pisado”, o que não assegurava ao produto obtido uma compactação satisfatória. Esta indústria aproveitou, após isso os aperfeiçoamentos para execução do concreto armado, conseguidos pelas grandes empresas. O estudo do granulometria dos áridos, a dosificação correta do cimento, a compactação por vibração, são fatores essenciais que permitem a fabricação de produtos de qualidade até os dias de hoje. Progressivamente, os artesãos e as pequenas empresas começaram a fabricar alguns produtos como:

- a) tubos de saneamento e drenagem;
- b) vasos;
- c) pias;
- d) fossas sépticas;
- e) lajes para usos diversos;
- f) aglomerados maciços e ocos, cujo emprego se desenvolveu consideravelmente na construções de muros.

2.1.2 PRÉ-FABRICAÇÃO INDUSTRIAL

Os progressos da qualidade da pré-fabricação permitiram seu desenvolvimento a uma escala que supera a fase artesanal. As grandes empresas se equiparam e criaram instalações capazes de grandes produções. Este desenvolvimento industrial repercutiu, em particular, sobre as seguintes fabricações:

- estacas para alicerce de concreto armado;
- tubos de médio e grande diâmetro para transporte de água;
- vigas de teto;
- lajes de médias e grandes dimensões para solos;
- pilares de estrutura;
- postes de iluminação pública;
- lustres para postes de iluminação pública.

Esta lista, ainda que incompleta, dá uma idéia do desenvolvimento industrial da pré-fabricação, cujo ponto de partida não foi mais do que uma atividade artesanal.

2.1.3 PRÉ-FABRICAÇÃO PESADA

A pré-fabricação pesada é a última fase, a mais recente, que surgiu no período após a Segunda guerra mundial. A evolução rápida das técnicas de construção, para fazer frente às enormes necessidades de alojamento, levaram a construções de grandes edifícios com fachadas que alcançam de 50 a 100 metros de comprimento.

Nestes grandes edifícios, a repetição de módulos idênticos fez com que se utilizasse a pré-fabricação. A técnica moderna, neste campo, compreende a pré-fabricação de painéis de muros com a altura de um piso e largura correspondente a um múltiplo do módulo escolhido; estes painéis são inteiros ou com vãos (para portas ou janelas). Para diminuir o número de

juntas de união entre estes painéis, se opta pela maior largura possível, entretanto, o volume e o peso destes painéis devem ser compatíveis com os meios de transporte e de manipulação.

O desejo de produzir grandes elementos, sem ter as limitações do transporte a grande distância, levaram as empresas a instalar oficinas de pré-fabricação na mesma obra onde se encontra o emprego dos produtos pré-fabricados. Porém nos dias de hoje esta prática não é muito utilizada, pois os construtores preferem equipar uma fábrica central e transportar os elementos pré-fabricados.

A pré-fabricação pesada corresponde a uma extensão da pré-fabricação industrial, porém utilizando elementos de dimensões maiores e de pesos mais elevados.

2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA PRÉ-FABRICAÇÃO

Revel (1973) mostra uma lista de vantagens e desvantagens de se utilizar elementos pré-fabricados no lugar do concreto armado clássico:

Vantagens da utilização de elementos pré-fabricados:

- a) economia de concreto, de aço e de instalações;
- b) economia de mão-de-obra e melhores condições de trabalho;
- c) economia de transportes;
- d) indiferença as condições atmosféricas;
- e) obtenção de alta qualidade (compactação do concreto e colocação das armaduras de concreto);
- f) aumentos e modificações fáceis;
- g) reutilização parcial possível em caso de destruição;
- h) as formas complicadas se tornam baratas, tendo em conta os numerosos reocupações dos moldes;

Desvantagens da utilização de elementos pré-fabricados:

- a) utilização incompleta das propriedades de resistência do concreto;
- b) colocação custosa;
- c) necessidade de instalações especiais;
- d) necessidade de material de transporte e elevação que limitam os pesos dos elementos pré-fabricados;
- e) trabalhos de estudo e de preparação mais importante e necessidade de prever com precisão o tempo de montagem;
- f) restrições na liberdade de concepção dos projetos.

Em comparação com o concreto armado clássico, a utilização de elementos pré-fabricados proporciona economia. A tabela 1 nos dá uma idéia desta economia gerada pela utilização do elementos pré-fabricados na construção:

Tabela 1: Economia gerada pela utilização de produtos pré-moldados.

ECONOMIA	%
Concreto	20 a 24
Cimento	25 a 33
Áridos	22 a 28
Aço	50 a 62
Madeiras	70 a 90
Duração da execução da construção	40 a 54

Fonte: Revel (1973)

Em contrapartida os gastos com os trabalhos de estudo da obra crescem na ordem de 20 a 25 %.

2.3 CONSTRUÇÃO DOS MOLDES PARA ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS

O conceito de molde compreende todo dispositivo de molde utilizado para a fabricação de peças pré-fabricadas. Os moldes constituem um fator muito importante entre os meios de fabricação. Sua repercussão nos custos de fabricação é relativamente alta pois têm que cumprir uma série de condições e requisitos, já que a exatidão e precisão dos elementos e sua qualidade dependem muito dos moldes.

Segundo Koncz (1975), são preferíveis os moldes que:

- a) apresentam estabilidade de volume, a fim de poder assegurar as medidas corretas das peças;
- b) sejam utilizados repetidas vezes sem custos essenciais de manutenção;
- c) sejam fáceis de manejar e de fácil montagem;
- d) apresentem pouca aderência com o concreto e permitam uma fácil limpeza;
- e) sejam utilizáveis para diversos perfis e
- f) sejam transportáveis para o caso de que se trate de uma pré-fabricação ao pé de obra.

Os materiais que se empregam na construção dos moldes são: aço, madeira, concreto ou plástico. A tabela 2 mostra um comparativo entre seus desempenhos quando da sua utilização para confecção de formas.

Tabela 2. Características dos materiais empregados na confecção dos moldes.

	Aço	Madeira	Concreto	Plástico
Constância do volume	Boa	Menor	Boa	Boa
Manejo	Bom	Bom	Menor	Bom
Possibilidade de Transformação	Boa	Boa	Ruim	Menor
Aderência	Boa	Menor	Menor	Boa
Facilidade de Transporte	Bom	Bom	Ruim	Bom

Fonte: Koncz (1975)

2.4 COMPACTAÇÃO DO CONCRETO

Os procedimentos utilizados para a compactação ou assentamento do concreto se devem ao interesse em obter uma massa compacta, isenta de ociosos, fazendo com que os áridos (brita e areia) ocupem o mínimo de volume e obtendo a distribuição mais regular possível. Apresentam maior ou menor importância dependendo do grau de utilização no campo industrial, sendo os mais antigos os métodos “Picado” e “Pisado”. Abaixo seguem alguns métodos para compactação do concreto.

2.4.1 PICADO

É o procedimento mais simples e primitivo para se compactar o concreto, consiste em obrigar o concreto a colocar-se no molde e penetrar entre as armaduras com a ajuda de uma barra metálica, geralmente cilíndrica, com a qual se fura (pica) repetida e regularmente a massa, para ganhar, no possível, uma uniformidade da mesma e facilitar a subida do ar, que está obstruído no interior do concreto, em direção a superfície. “Este método exige o emprego de concreto bastante fluido, o que pode causar uma acentuada redução de resistência.” Vilagut (1975)

2.4.2 PISADO

Este método consiste em compactar o concreto utilizando placas de espessura reduzida, golpeando em direção vertical com pancadas uniformes e repetidas. Este procedimento de consolidação, com o qual se obtém as vezes assentamentos irregulares, se utiliza freqüentemente, e em especial quando se trata de superfícies horizontais, ligeiramente armadas e de espessura reduzida.

Para este método de compactação, a consistência do concreto deve estar entre semiplástica e plástica, e é necessária uma mão-de-obra cuidadosa para que se expulse o ar preso nos ociosos, principalmente ao longo das paredes dos moldes.

2.4.3 VIBRADO

A vibração do concreto é muito utilizada na pré-fabricação de elementos e nas obras construídas com tal material. A vibração aplicada ao concreto tem por objetivo obter uma massa o mais compacta e homogênea possível, utilizando a mínima relação água/cimento.

A compactação do concreto por vibração pode efetuar-se com:

- a) Vibradores de imersão: consiste em vibrar o concreto mediante um dispositivo que se introduz dentro da massa do mesmo. É chamado também de vibrador interno;
- b) Vibradores de superfície: consiste em vibrar o concreto transmitindo desde a superfície a vibração para a massa. Os tipos de vibradores variam, desde uma simples régua ou placa com um pequeno vibrador, até grandes máquinas para pavimentações de estradas. Este procedimento é, na verdade um método de compactação por vibração de camadas superiores. No princípio se aplicava somente à compactação do concreto em camadas relativamente delgadas, como placas e pavimentos de estrada;
- c) Vibradores externos: assim como na vibração interna e na de superfície o molde fica imóvel. Os vibradores externos são mais utilizados para a pré-fabricação de elementos lineares como postes.
- d) Mesas vibratórias: São constituídos por um tabuleiro rígido, suportado por apoios fixos. Debaxo do tabuleiro se localiza um ou mais geradores de vibrações. O tabuleiro deverá suportar a peça ou elemento que se deseja vibrar, em geral, um molde que contém a massa de concreto. Os apoios estão geralmente fixados a um chassis metálico, o qual deve ser rigidamente preso a uma base firme, o suficientemente pesado para que não vibre com as vibrações que recebe através das colunas de apoio.

2.5 DOSAGEM DE MATÉRIA-PRIMA

Tanto na produção em grandes séries como na preparação do concreto, é cada vez mais rentável o estabelecimento de instalações totalmente mecanizadas e, eventualmente automatizadas. Também, é decisivo o aumento de rendimento e a maior exatidão na

preparação das composições de concreto. Na continuação do texto se indicam as diversas possibilidades existentes para dosagem de matéria-prima para produção do concreto.

2.5.1 DOSAGEM DOS ÁRIDOS

Existem algumas várias maneiras de realizar a dosagem dos áridos, são elas:

– Dosagem Volumétrica: Neste caso, mais simples, se carrega a betoneira diretamente com os áridos do depósito, confiando a dosagem apenas ao acerto do operário. Assim mesmo, existe a possibilidade de efetuar a dosagem em caixões oscilantes, ou recorrer, por exemplo, a cargas de capacidade conhecida.

Porém, existe a possibilidade de se fazer a dosagem utilizando esteiras coletoras. “São cintas de largura conhecidas, com a possibilidade de graduar a altura do material transportado mediante uma válvula regulável, de tal modo que o volume transportado pelas mesmas é proporcional a duração do movimento da esteira, segundo o seu tempo e o número de voltas dadas pela mesma.

– Dosagem Gravimétrica: Aparte das disposições de dosagem, já apontadas anteriormente, seja mediante balanças individuais seguidas da esteira coletora, o seja por meio de uma balança coletora de dosagem, a disposição mais rentável consiste em dispor uma balança central que vá dosando e somando as quantidades de pesos desejados.

2.5.2 DOSAGEM DO CIMENTO

“A dosagem volumétrica do cimento deve se descartar por completo, dado que o peso específico do cimento varia entre 0,9 e 1,3 toneladas por m^3 , segundo seu tempo de fabricação, finura, moagem e sistema de transporte. O melhor sistema para se passar o cimento dos caminhões aos silos é o transporte pneumático. A dosagem do cimento, se consegue através da aplicação de um parafuso transportador (uma rosca se fim) para uma balança de curso móvel com suspensão em quatro pontos. Quando é alcançado o peso

desejado, um interruptor automático detém a rosca sem fim, com isso se interrompe a chegada do material a balança. ” Koncz (1975)

2.5.3 DOSAGEM DA ÁGUA

É indispensável levar em conta a umidade própria dos áridos, a qual deve ser levada em consideração no momento em que se fará a mistura que dará origem ao concreto. Portanto, deve-se corrigir, de vez em quando, a quantidade de água a ser adicionada na mistura. Para isso deve-se encontrar outro sistema para determinar a quantidade exata de água necessária. Os sistemas que podem ser utilizados para dosar a água são:

- Volumétrico: A quantidade de água necessária se dosifica em um recipiente de medida ou com um medidor contínuo;
- Gravimétrico: Não é imprescindível que o peso da água tenha uma exatidão excessiva, não obstante, pode-se intercalar com facilidade uma balança para uma medição automática;
- Por medição de umidade: Existem vários higrômetros que determinam com grande exatidão a quantidade de água a medir, baseando-se na condutibilidade do material misturado.
- Por comparação de plasticidade: Um método que não garante a observação de uma relação água cimento determinada, mas que assegura uma consistência uniforme.

3 SISTEMA DE CONTROLE DE PROCESSOS

Nos dias de hoje, os sistemas de controle representam um importante papel no desenvolvimento e avanço da tecnologia. Tais sistemas vieram a diminuir o trabalho humano no controle de processos, e atualmente podem ser encontrados nos mais diversos setores da economia.

Processo é uma operação onde varia pelo menos uma característica física ou química é denominada variável de controle, ou variável física, e o objetivo do controle de processo é manter esta variável em um valor preestabelecido para que o processo mantenha-se em equilíbrio, no ponto nominal de operação.

Um sistema de controle de processos é formado por uma série de instrumentos e dispositivos de controle que recebem e fornecem informações interligados sob a forma de malha de controle, de modo a produzir resultados adequados com o mínimo de supervisão humana.

3.1 COMPONENTES BÁSICOS DE UM SISTEMA DE CONTROLE

Basicamente os sistemas de controle apresentam os seguintes componentes:

- a) processo: consiste de uma complexa montagem de fenômenos que relatam alguma seqüência de transformações;
- b) elemento de medição: o resultado de uma medição é a transformação de uma variável dinâmica em alguma informação proporcional na forma requisitada por outros elementos no controle de processo;
- c) controlador: examina a medição e determina qual a ação, se esta deve ser tomada. O controlador necessita de no mínimo duas entradas, a medição obtida do processo e o valor desejado comumente chamado de set-point;
- d) elemento de controle: é o elemento final no controle de processo exercendo influência sobre o mesmo, que provê mudanças na variável dinâmica para trazê-la de volta ao valor desejado.

3.2 VARIÁVEIS DE UM SISTEMA DE CONTROLE

Ao projetar um sistema de controle é necessário definir as variáveis (de entrada e de saída) que influenciam ou que sofrem influência do processo. As variáveis de entrada representam os efeitos do ambiente sobre o processo e as variáveis de saída representa efeitos do processo sobre o ambiente. As variáveis do processo são:

- a) variável controlada: é a grandeza ou condição que é medida e controlada objetivando um determinado valor;
- b) variável manipulada: é a grandeza ou condição que é variada pelo controlador de modo a afetar o valor da variável controlada;
- c) variável de perturbação: provoca o desvio da variável controlada do valor desejado.

3.3 TÉCNICAS DE CONTROLE

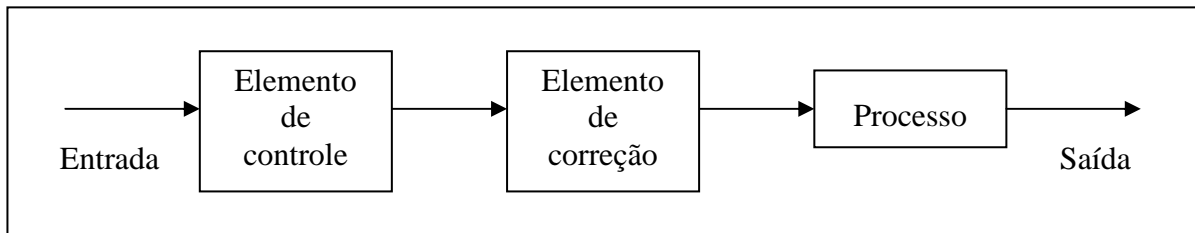
O controle automático pode ser dividido em controle seqüencial e controle realimentado. Miyagi (1993)

- a) controle seqüencial: Nesta técnica, considera-se que os vários elementos que compõem o objeto de controle possuem um número finito de estados que podem assumir. Por exemplo ligar/desligar o motor de uma bomba, abrir/fechar a porta de um tanque, subir/descer o carro de um elevador, entre outros;
- b) controle realimentado: a técnica de controle realimentado é utilizada para controlar sistemas de variáveis contínuas, que são governadas através de valores mensuráveis como temperatura de um ambiente ou o volume de água em um tanque. Qualquer quantidade a ser controlada pode ser ajustada através de um controle realimentado.

3.4 CONFIGURAÇÕES DE CONTROLE

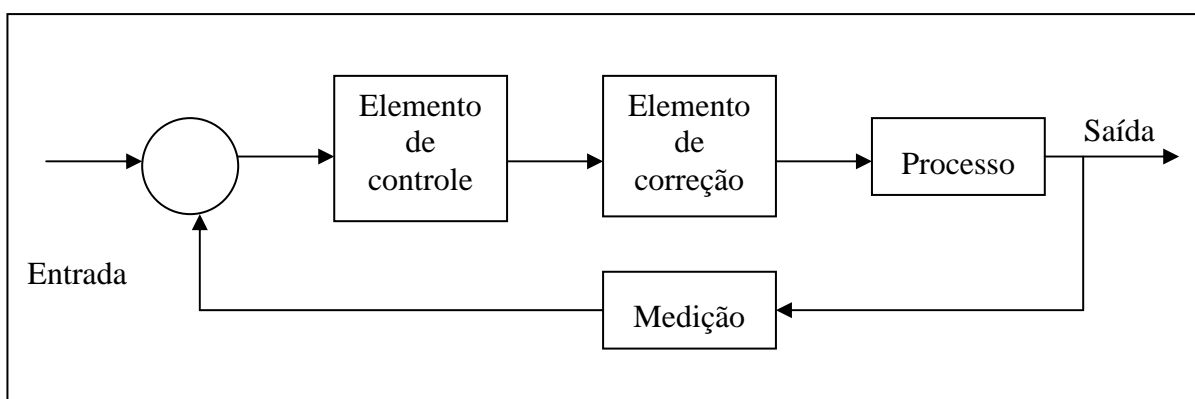
- a) malha aberta: neste controle a saída do sistema não tem efeito sobre a ação de controle, isto é, no controle em malha aberta, a saída não é medida e nem realimentada para comparação com a entrada. A figura 1 mostra um diagrama que representa o sistema de controle em malha aberta. Coughanowr (1978)

Figura 1 – Diagrama de um sistema em malha aberta.



- b) malha fechada: neste sistema, além dos elementos existentes no sistema de malha aberta, existe ainda a medição da saída do processo, que é feita depois que o processo sofreu a ação do elemento de correção, com o resultado desta medição é feita a comparação com o sinal de entrada, o que gera uma nova entrada ao elemento de controle. A figura 2 mostra um diagrama que representa o sistema de controle em malha fechada.

Figura 2 – Diagrama de um sistema em malha fechada.



4. INTERFACE ENTRE O COMPUTADOR E O PROCESSO

Desde a década de 60, com o aparecimento dos então chamados minicomputadores, iniciou-se, ainda que lento, o processo de substituição dos antigos controladores (elétricos, pneumáticos ou hidráulicos) para os controladores digitais.

As vantagens dos sistemas digitais são muitas, pois:

- a) dispensam os ajustes mecânicos, necessários nos controladores pneumáticos e hidráulicos. Nestes tipos de controle, o valor de referência era atingido realizando ajustes em parafusos, molas e outros componentes mecânicos;
- b) dimensões reduzidas, característica da microeletrônica. As salas de controle de sistemas controlados pneumaticamente ou hidraulicamente eram enormes, com extensos corredores de relógios que os operadores deveriam percorrer de tempos em tempos, afim de anotar os valores das variáveis e analisar o que ocorria;
- c) facilidades de operação, já que através de um console o operador pode visualizar o valor de qualquer variável, alterar o valor de referência de qualquer controlador, modificar ganhos dos controladores, etc;
- d) Facilidade de manutenção, já que não é necessário, por exemplo, trocar uma mola em um controlador pneumático ou hidráulico.

Mas apesar de todas estas vantagens, a utilização de controle digital aconteceu de forma lenta, pois na década de 60, os minicomputadores, embora tivessem um preço bastante inferior aos “mainframes”, não tinham preços acessíveis. Além disso os controladores antigos já funcionavam, e para época, funcionavam muito bem. E se juntarmos o fato de que na época eram poucos os que conheciam os computadores e ainda assim, destes poucos, quem acreditava neles o suficiente para entregar o processo produtivo de toda a sua fábrica para que os computadores controlassem.

Na função de supervisão o computador auxilia o operador na sua decisão de controle, apresentando a ele informações precisas de tempos em tempos. Em sua função de controle o computador calcula explicitamente as ações a serem implementadas e aciona o operador para executá-las, ou aplica o controle automaticamente no modo em malha fechada.

Quando se decide aplicar o controle por computador a um determinado processo, alguns problemas vem à tona, e alguns aspectos importantes de implementação devem ser considerados. Alguns dos aspectos mais importantes, conversão do sinal, interconexão entre computador e processo, e amostragem de sinais, serão abordados a seguir.

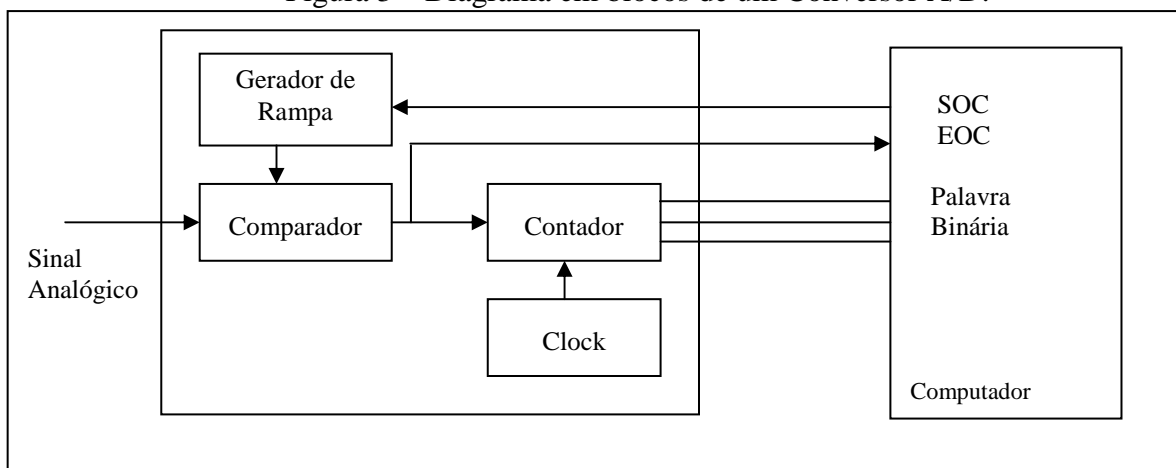
4.1 CONVERSÃO DE SINAL

Qualquer grandeza, para ser manipulada pelo computador, precisa estar no formato binário, interno do computador. Já o universo dos processos é caracterizado por grandezas físicas: um termômetro, por exemplo, fornece um sinal elétrico cujo valor é proporcional a temperatura. “O valor, de natureza analógica, se altera constantemente e continuamente; já nos computadores, os valores se alteram de acordo com a velocidade do programa (que depende da máquina em que está executando) e discretamente (dependendo da precisão numérica). Logo, são necessários os conversores Analógico/Digital (A/D) para a entrada de valores do processo em um computador, e os conversores Digital/Analógico (D/A), para que o valor calculado pelo computador seja enviado ao processo.” Miyagi (1993)

4.1.1 CONVERSOR ANALÓGICO/DIGITAL

Um exemplo de conversor A/D é mostrado no diagrama em blocos da Figura 3.

Figura 3 – Diagrama em blocos de um Conversor A/D.



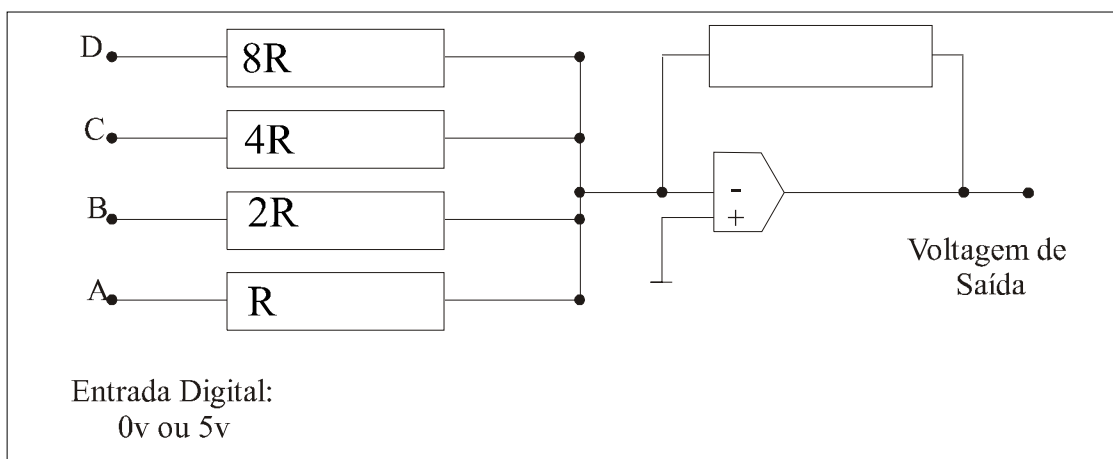
“Quando o computador envia o sinal SOC (*Start of Conversion*), o conversor dispara o gerador de rampa, o contador é zerado e inicia a contagem dos pulsos do “clock”. Quando o comparador verifica que o sinal analógico de entrada é igual ao valor da rampa, inibe a contagem. Este mesmo sinal pode ser utilizado para indicar o final de conversão (*End of Conversion*). O valor do contador é então proporcional ao valor do sinal analógico à entrada do conversor AD e pode portanto ser lido pelo computador.” Miyagi (1993)

O sinal de entrada, portanto, deve ter uma faixa determinada, especificada pelo fabricante do conversor A/D. São típicos os conversores para a faixa de +5V a -5V e os conversores para a faixa de 0V e -10V. Se o sinal do processo não estiver nesta faixa, será necessário um condicionador de sinais.

4.1.2 CONVERSOR DIGITAL/ANALÓGICO

“Os conversores Digital/Analógico (D/A) fazem o trabalho inverso dos conversores A/D: transformam o sinal binários do computador em um sinal analógico. Do ponto de vista eletrônico, o circuito básico de um conversor A/D é muito mais simples que o do conversor A/D. A figura 4 mostra um diagrama básico de um conversor D/A.

Figura 4 – Diagrama Básico do conversor DA.



“O propósito de um conversor DA é converter a informação contida em uma seqüência de bits, em um valor de saída que pode ser uma corrente, uma voltagem ou outra

quantidade física” Houpis (1985). Quanto maior é quantidade de bits da seqüência, maior a resolução da saída gerada pelo conversor.

“O registrador à esquerda da figura 4 é acessado pelo computador com a porta de saída; o processador escreve nele uma palavra binária. Do ponto de vista elétrico, cada *bit* estará armazenado como um valor de tensão (por exemplo, 0V para nível lógico 0 e 5V para nível lógico 1). A tensão correspondente a cada bit, ao ser imposta à rede de resistores, produz uma tensão à saída proporcional à potência de dois da posição do bit.” Miyagi (1993)

4.2 AMOSTRAGEM DE SINAIS

No controle de processos contínuos, todas as variáveis adquiridas são sinais contínuos, ou seja, todas as variáveis estão continuamente presentes e conhecidas no tempo. Como o computador trabalha com números, exigindo o “desligamento” do mundo externo enquanto realiza cálculos ou processa instruções de qualquer natureza, a única forma possível de se estabelecer a conexão real entre o computador e o processo é em instantes determinados de tempo. O sistema global é dito a sinais amostrados, e o computador deve basear suas opções nos valores amostrados. O intervalo entre duas ativações sucessivas do sinal de SOC (*Start of Conversion*), na conversão de A/D, é denominado de intervalo de amostragem. O inverso deste valor é a frequência de amostragem. Miyagi (1993)

A frequência de amostragem representa um papel importante na aquisição de dados, pois que o controlador digital baseia sua ação nos valores amostrados. Logo, se a frequência de amostragem é muito baixa, é possível que o controlador digital apresente um comportamento pior que um controlador analógico. Por outro lado, para se ter frequência de amostragem elevadas é necessário contar-se com conversores A/D rápidos (pequeno tempo de conversão) e com programas rápidos (para ativação do sinal SOC, cálculo da lei de controle e nova ativação do sinal SOC).

A escolha da frequência de amostragem não depende somente do desempenho do controlador, mas também da dinâmica do processo, do equipamento de medição, das exigências do operador, do esforço computacional e da complexidade do processo Miyagi (1993).

4.3 INTERCONEXÃO ENTRE COMPUTADOR E PROCESSO

Existem dois modos de interconexão entre o computador e o processo, o modo *off-line* e o modo *on-line*. No modo *off-line* o computador recebe informações do processo através de um intermediário humano (coleta manual de dados), ou seja, não existe interação direta entre o computador e o processo. No modo *on-line* o computador está conectado fisicamente ao processo, recebendo informações sem intervenção humana. Neste caso, o sistema de controle passa a ser um sistema em tempo real.

Um sistema em tempo real é um sistema que deve trabalhar sobre restrições de tempo. Tipicamente, um sistema em tempo real consiste de um subsistema de controle e de um subsistema controlado. A interação entre os dois subsistemas é descrita por três operações: Amostragem, processamento e resposta. O subsistema de controle continuamente realiza a leitura dos dados do dispositivo físico durante sua operação normal. Quando um dado é amostrado, o subsistema de controle imediatamente processa a informação e retorna uma resposta apropriada para o dispositivo físico. Todas estas operações devem ser realizadas em um tempo específico, sendo esta a restrição de tempo.

A porta paralela é uma interface de comunicação entre o computador e um periférico. Quando a IBM criou seu primeiro PC (Personal Computer) ou Computador Pessoal, a idéia era conectar a essa porta uma impressora, mas atualmente, são vários os periféricos que utilizam-se desta porta para enviar e receber dados para o computador (exemplos: *Scanners*, Câmeras de vídeo, Unidade de disco removível e outros).

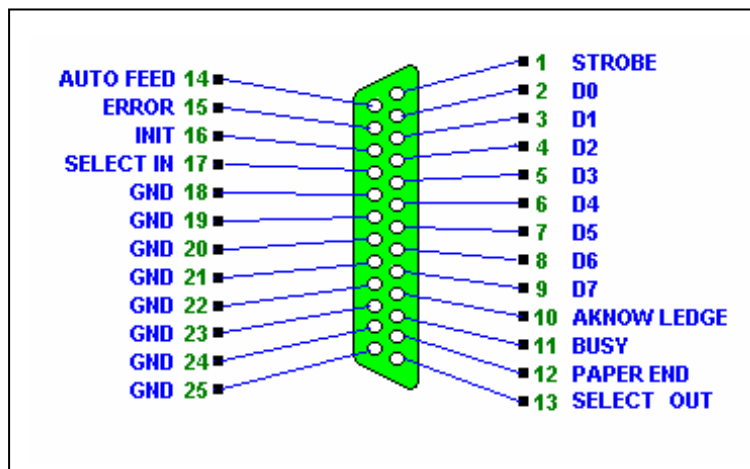
O computador nomeia as Portas Paralelas, chamando-as de LPT1, LPT2, LPT3 etc, mas, a porta física padrão do computador é a LPT1, e seus endereços são: 378h (para enviar um byte de dados pela porta), 379h (para receber um valor através da Porta) e, 37Ah (para enviar dados). Às vezes pode estar disponível a LPT2, e seus endereços são: 278h, 279h e 27Ah, com as mesmas funções dos endereços da porta LPT1 respectivamente.

Um tipo de interconexão entre computador e o processo, se dá quando utiliza a porta paralela, ou seja a porta utilizada pela impressora, para isso utilizamos o conector DB25.

4.3.1 O CONECTOR DB25

O DB25 é um conector que geralmente fica na parte de trás do gabinete do computador, e é através deste, que o cabo paralelo se conecta ao computador para poder enviar e receber dados. A figura 5 mostra o conector padrão DB25, com 25 pinos, onde cada pino tem um nome que o identifica:

Figura 5 – Identificação dos pinos do conector DB25.



Para que se possa utilizar a porta paralela com o conector DB25 é necessário que se conheça a direção dos dados em relação ao computador, isto é, quais pinos podem ser utilizados para fazer a leitura de dados do processo e quais pinos podem ser utilizados para enviar dados ao processo. A função dos pinos do conector DB25 podem ser vistas na tabela 3.

Tabela 3 – Descrição da função dos pinos do conector DB25.

Pino	Direção	Descrição da Função
1	Saída	Strobe
2	Saída	Bit 0 do dado
3	Saída	Bit 1 do dado
4	Saída	Bit 2 do dado
5	Saída	Bit 3 do dado
6	Saída	Bit 4 do dado
7	Saída	Bit 5 do dado
8	Saída	Bit 6 do dado
9	Saída	Bit 7 do dado
10	Entrada	<i>Acknowledge</i>
11	Entrada	Ocupada
12	Entrada	Fim de papel
13	Entrada	Impressora on-line ou não on-line
14	Saída	Alimentação Automática
15	Entrada	Erro
16	Saída	<i>Init printer</i>
17	Saída	<i>Select input</i>
18 – 25		Terra

5. SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Naturalmente, em todos os campos da atividade humana existe a necessidade de buscar informação de forma contínua e ordenada. Um sistema de aquisição de dados por computador realiza esta tarefa de forma eficiente e sistemática, liberando o homem deste trabalho monótono para concentrar seus esforços em áreas mais criativas.

O sistema de aquisição de dados é formado por hardware e software. O funcionamento do sistema é administrado pelo software de aquisição, que comanda o hardware para realizar a interface com o processo. Tal processo pode ser dividido nas seguintes etapas:

- a) medição da variável de controle: é realizada por um sensor conectado ao processo;
- b) condicionamento do sinal: adequação da amplitude do sinal através de um circuito eletrônico;
- c) conversão analógico-digital do sinal: realizada pelo hardware de aquisição (utilizando um conversor A/D).
- d) leitura do valor digital: realizada pelo software de aquisição (através de um canal de entrada);
- e) armazenamento do valor: realizada pelo software de aquisição (em meio magnético).
- f) demonstração do valor: realizada pelo software de aquisição. Na aquisição por computador o valor adquirido é exibido na tela, através de um gráfico que representa o processo sendo monitorado.

Antes do advento dos microprocessadores, o sistema de aquisição de dados era baseado em amplificadores operacionais e circuitos lógicos. Apesar da eficiência em aplicações particulares, apresentava baixa flexibilidade: a introdução de novas funções ao sistema implicava em alterações do hardware e, por conseguinte, na desativação temporária para proceder às alterações a nível de circuito eletrônico.

Com os microprocessadores e circuitos digitais, tornou-se possível desenvolver um hardware básico, padronizado, projetando-se o sistema de forma que qualquer função a ser acrescentada ou modificada fosse efetuada apenas a nível de software.

5.1 HARDWARE DE AQUISIÇÃO

O sistema de aquisição, a nível de hardware, é formada pelos sensores, pela placa de aquisição de dados e pelo computador. As placas de aquisição de dados disponíveis para computador variam quanto à resolução e performance.

A resolução da placa refere-se ao número de *bits* com os quais pode-se representar o valor da variável controlada. Já a performance da placa refere-se à velocidade com que ela pode realizar a conversão do sinal analógico para digital. A escolha da placa depende da aplicação.

Os sensores fazem a conexão entre os processos e a placa de aquisição, transmitindo os valores das variáveis, através de um sinal analógico, para a placa de aquisição.

A placa de aquisição, que é acoplada a um dos slots de expansão do microcomputador, é formada por um circuito elétrico contendo portas de entrada e saídas A/D e D/A. Bento (1989)

5.2 SOFTWARE DE AQUISIÇÃO

O funcionamento do sistema de aquisição é definido pelo software de aquisição, que, ao ser executado pelo microprocessador, opera em *loop*, lendo o valor da variável controlada através da interface A/D e representando graficamente o valor adquirido.

Caso o software esteja monitorando mais de um processo ao mesmo tempo, ele deve executar a tarefa de aquisição de dados para cada processo, um de cada vez, respeitando a frequência de amostragem específica de cada um.

Pode-se verificar a performance de um sistema de aquisição por computador pode ser medida pelo tempo gasto pelo computador para realizar uma amostragem, mais o tempo gasto para computar o algoritmo de aquisição, considerando-se ainda que diversas variáveis podem estar sendo monitoradas ao mesmo tempo. Houpis (1985)

6. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Em visitas realizadas a algumas empresas de produtos pré-moldados situadas na região de Joinville, constatou-se que, na maioria dos casos existe uma deficiência na etapa da produção correspondente a preparação do concreto utilizado na produção das peças. Esta deficiência ocorre devido ao método de dosagem dos materiais, realizada, atualmente de maneira pouco eficiente.

Os procedimentos manuais para a produção de concreto consistem em , utilizando uma caixa, medir o volume dos materiais para então adicioná-los na betoneira onde se dará a homogeneização da mistura.

Mesmo considerando a uniformidade da medida, não é levada em consideração a umidade da areia, normalmente armazenada a céu aberto, e do cimento.

Há casos em que esta medição dá-se apenas através da utilização de pás, onde certamente o erro é maior

A necessidade de melhoria da qualidade do concreto utilizado por estas empresas de produtos pré-moldados, que traz como benefícios a redução de custos de fabricação não desperdiçando matéria-prima, reduzindo o custo da mão-de-obra e também aumentando a resistência das peças, passa obrigatoriamente pela correta dosagem de seus componentes. Sendo então, desenvolvido um protótipo de um sistema de dosagem de matéria-prima, utilizando-se um sistema de controle de processos.

Este trabalho baseia-se na idéia de implementar um mecanismo que faça a dosagem correta dos materiais necessários para a produção do concreto, com quantidades previamente definidas e variáveis, de acordo com a peça que se deseja produzir com tal composição de quantidades dos materiais.

Na tabela 4 vê-se o volume de concreto a ser produzido para cada peça de pré-fabricada. Assim, a mistura deve ser capaz de trabalhar com volumes desta grandeza.

Tabela 4 – Peças Pré-fabricadas Produzidas

Peça	Diâmetro (cm)	Volume Peça	Volume (l)				Peso (Kg)
			Areia	Brita 1	Brita 2	Água	Cimento
Anel	120	98	65	82	0	2,5	32
Anel	300	341	229	286	0	6	114
Tampa	120	56	37	47	0	1,5	18
Tampa	300	494	332	415	0	6,3	166

6.1 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROTÓTIPO

Para que se faça a dosagem de matéria-prima para produção de concreto, convencionou-se que o protótipo em questão deve permitir que se trabalhe com três tipos de materiais áridos (areia, brita 1 e brita 2), um material aglomerante (cimento) e água. Portanto o protótipo deve possuir mecanismos que sejam capazes de armazenar e dosar corretamente todos estes materiais.

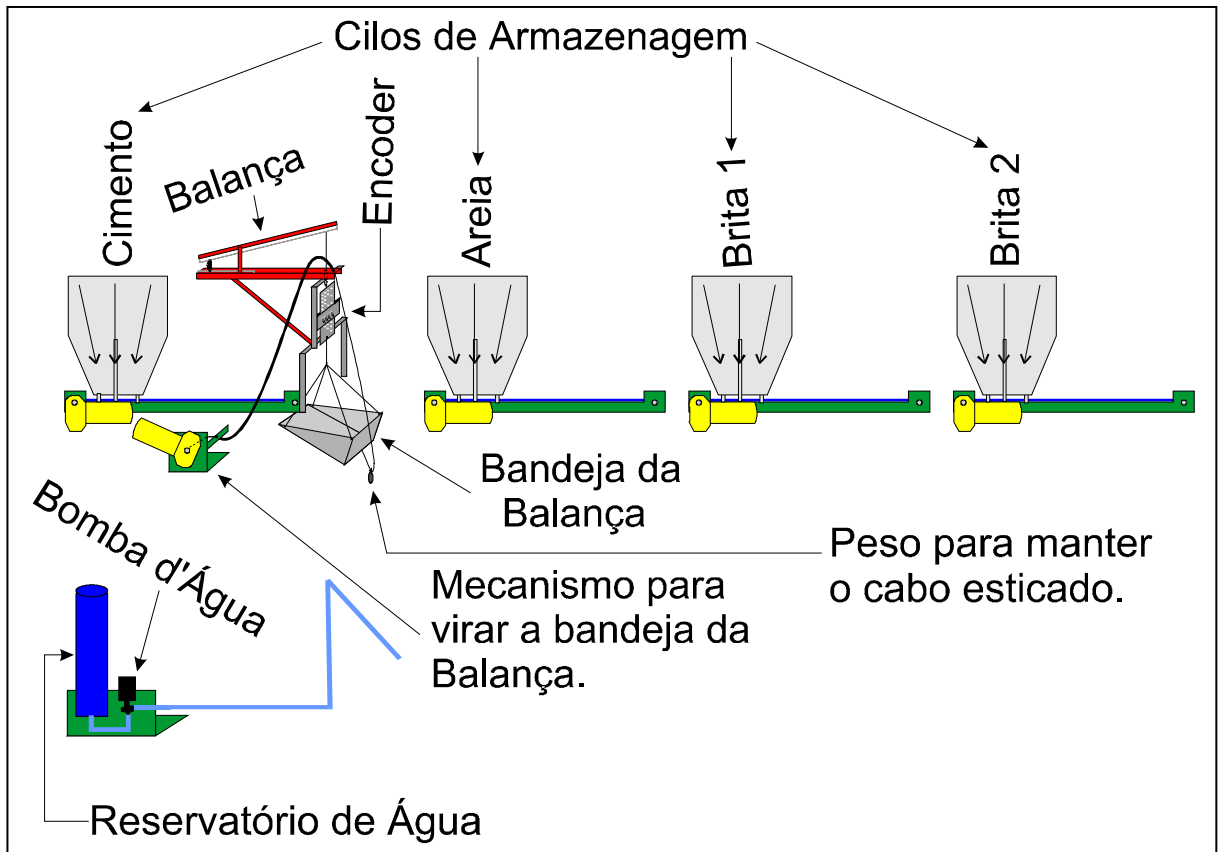
Dentre os requisitos do sistema destacam-se:

- a) Quatro silos para armazenar matéria-prima: Para areia, cimento, brita 1 e brita2;
- b) Quatro esteiras: Para conduzir matéria-prima até a caixa coletora. Estas esteiras serão movimentadas por motores de corrente contínua.
- c) Conjunto Reservatório/Bomba d'água: Para dosar e conduzir a água até a betoneira;
- d) Uma balança com a bandeja suspensa e quatro pontos: Serve para dosar o cimento por peso, seguindo referência citada em 2.7.
- e) Encoder: mecanismo para fazer a leitura da balança;
- f) Mecanismo para virar a bandeja: Para puxar o cabo que vira a bandeja da balança;
- g) Circuitos eletrônicos: Conectados a interface paralela serve para fazer o controle de leitura de balança e o controle dos motores e da bomba d'água;
- h) Microcomputador: Para realizar o controle do protótipo;

6.2 PROJETO DOS EQUIPAMENTOS

Na figura 6 apresenta-se um esquema físico do protótipo.

Figura 6 – Esquema físico do protótipo.



Quando é feita a dosagem de matéria-prima, considere-se que todos estes mecanismos despejam o material em uma caixa coletora que o leva até a betoneira. A seguir tem-se uma descrição individual de todos os componentes acima citados

6.2.1 SILOS DE ARMAZENAGEM

Os silos de armazenamento são peças em forma de caixa que possuem uma abertura na sua parte inferior por onde sai a matéria-prima. Sua função é somente armazenar a matéria-prima que as esteiras levarão até a caixa coletora.

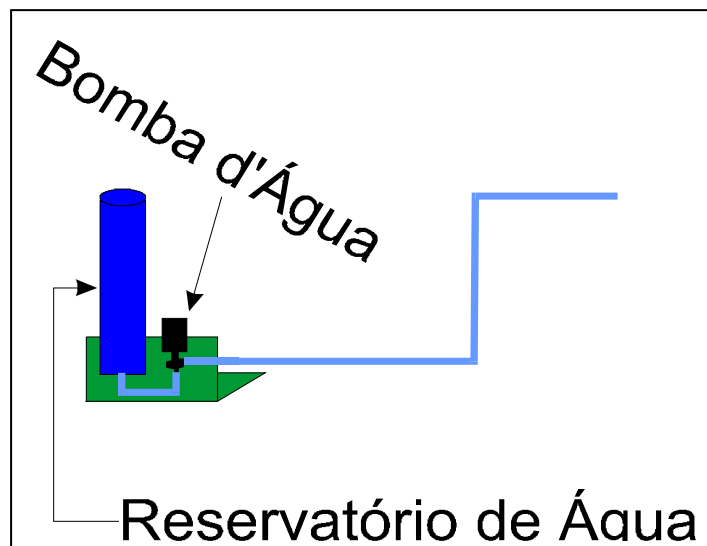
6.2.2 ESTEIRAS

As esteiras tem a função de levar a matéria-prima da parte inferior dos silos até a caixa coletora ou até a balança para pesagem do cimento. Para movimentar as esteiras foram utilizadas motores de corrente contínua (12 V). As esteiras são responsáveis pela dosagem dos áridos (areia, brita 1 e brita 2). A quantidade de matéria-prima depositado na caixa coletora é função do tempo em que a esteira esteja ligada, considerando-se que o volume de matéria-prima no silo seja mantido suficiente para alimentação do sistema.

6.2.3 CONJUNTO RESERVATÓRIO/BOMBA D'ÁGUA

É um reservatório de 2 litros e uma pequena bomba d'água de corrente contínua (12 V). Este responsável por fornecer, na betoneira, a quantidade de água necessária para confecção do concreto. A figura 7 mostra uma idéia do funcionamento deste conjunto.

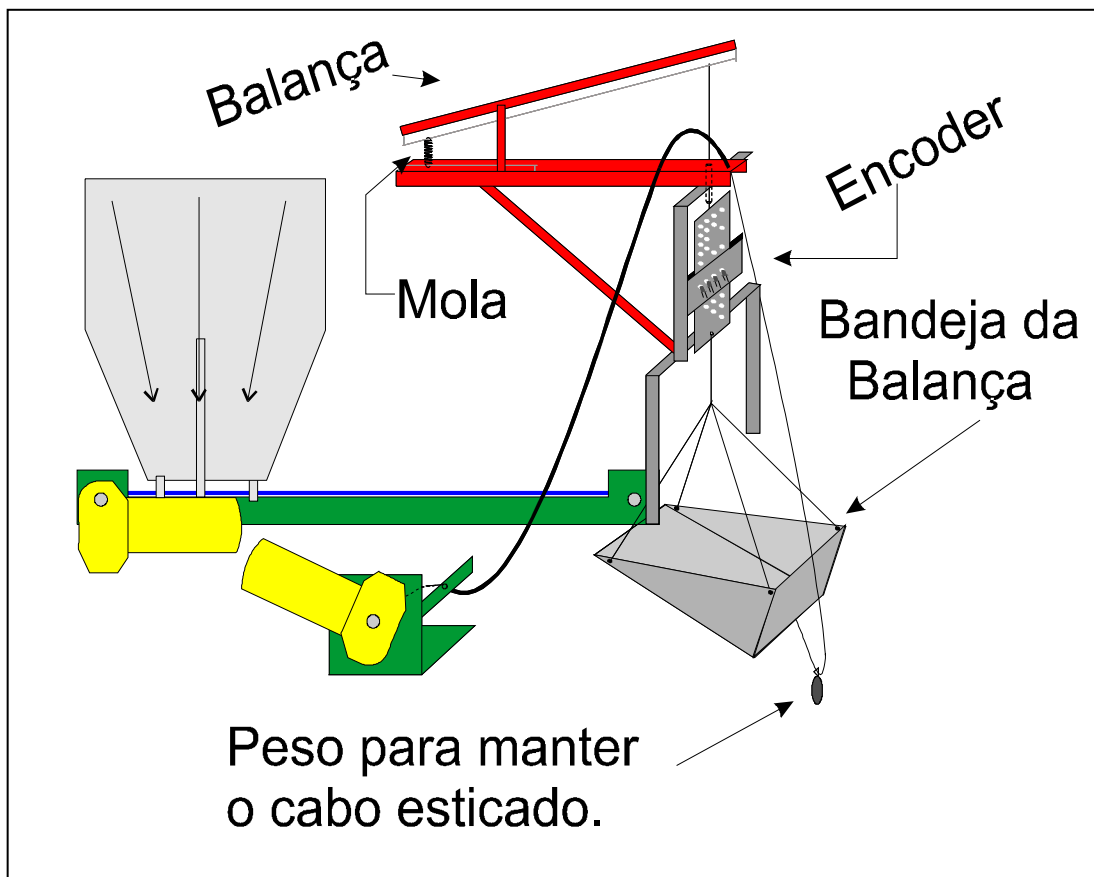
Figura 7 – Conjunto reservatório/Bomba d'água.



6.2.4 BALANÇA COM BANDEJA SUSPensa EM QUATRO PONTOS

Esta balança é constituída por uma mola, um braço com parafusos posicionados paralelamente a ele. Esta mola serve para oferecer a resistência ao peso a ser lido, os parafusos são utilizados para fazer o “ajuste fino” de leitura da balança. Para despejar o conteúdo da bandeja da balança, a mesma é virada por um mecanismo construído para tal finalidade descrito a seguir, tal bandeja é suspensa em quatro pontos, conforme necessidade apontada no capítulo 2. O cabo responsável por virar a bandeja possui preso a ele um peso de aproximadamente 40g para mantê-lo esticado. A figura 8 mostra um esquema da balança utilizada no protótipo.

Figura 8- Balança utilizada no protótipo.

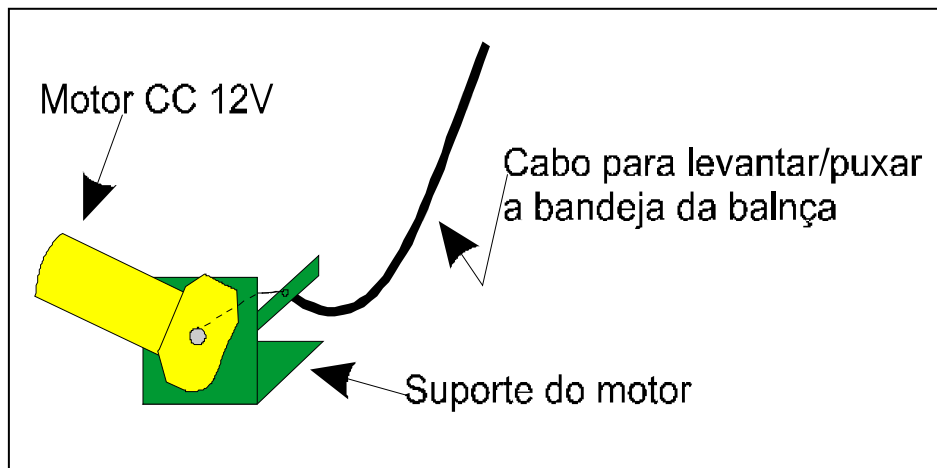


A leitura do peso a ser registrado pela balança é feito pelo “encoder”, que será abordado no ítem 6.2.6.

6.2.5 MECANISMO PARA VIRAR A BANDEJA

É composto por um motor de corrente contínua (12 v), um suporte para fixá-lo e uma pequena polia nele adaptada. Sua função é puxar e soltar um cabo que é responsável pela movimentação (subir/descer) da bandeja da balança utilizada para pesar o cimento. A figura 9 mostra uma ampliação deste mecanismo.

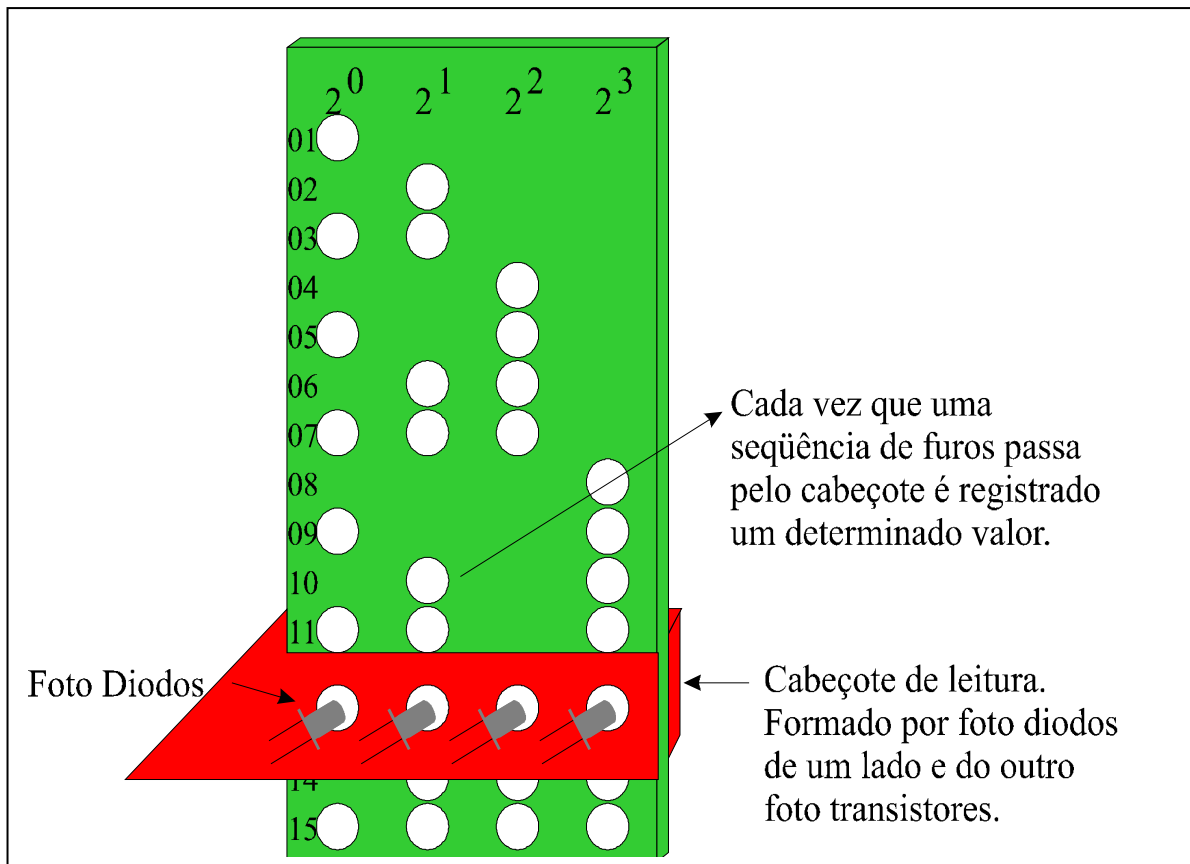
Figura 9 – Mecanismo utilizado para puxa a bandeja da balança.



6.2.6 ENCODER

É o mecanismo utilizado para fazer leitura da balança, consiste de uma barra perfurada em posições pré-determinadas utilizando a seqüência dos números binários. Esta barra desliza na posição vertical mudando a posição dos furos com referência a 4 foto diodos e 4 foto transistores. Cada vez que o furo passa na frente de um foto diodo, ele permite a passagem da luz infra-vermelha para o foto transistor, e com isso gera um sinal digital que será lido pela placa de aquisição. A figura 10 mostra o encoder utilizado no protótipo.

Figura 10 –Encoder utilizado no protótipo.



6.2.7 CIRCUITOS ELETRÔNICOS

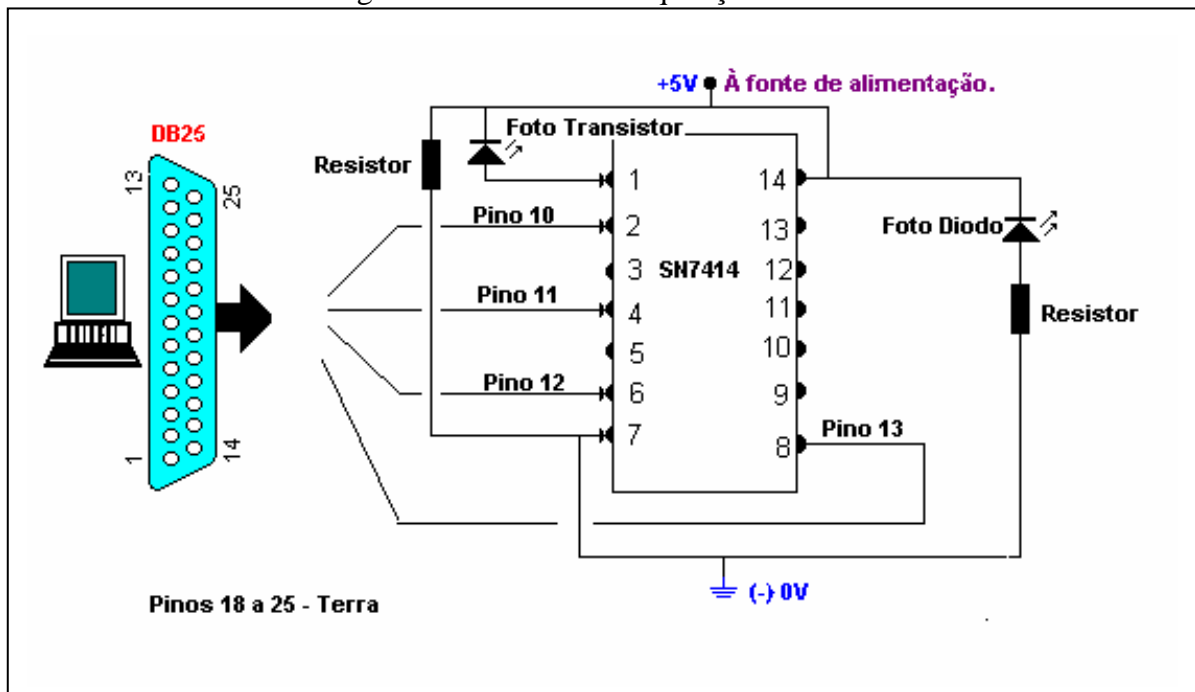
Neste protótipo são necessários dois circuitos digitais, um para fazer a leitura dos valores da balança e outro que ligará e desligará os motores das esteiras e da bomba de água além de virar a bandeja da balança.

6.2.7.1 CIRCUITO PARA LEITURA DOS VALORES DA BALANÇA

No protótipo é utilizado para leitura do peso do material na balança apenas quatro bits. É utilizado um circuito SN7414 para fornecer sinais digitais, este circuito consiste de 6 inversores “*Shmidt Trigher*” . Os quatro fototransistores do encoder estão ligados as entradas

do circuito SN7414 que estão conectados à porta paralela para leitura. O circuito de aquisição pode ser visto na figura 11.

Figura 11 – Circuito de aquisição de dados.

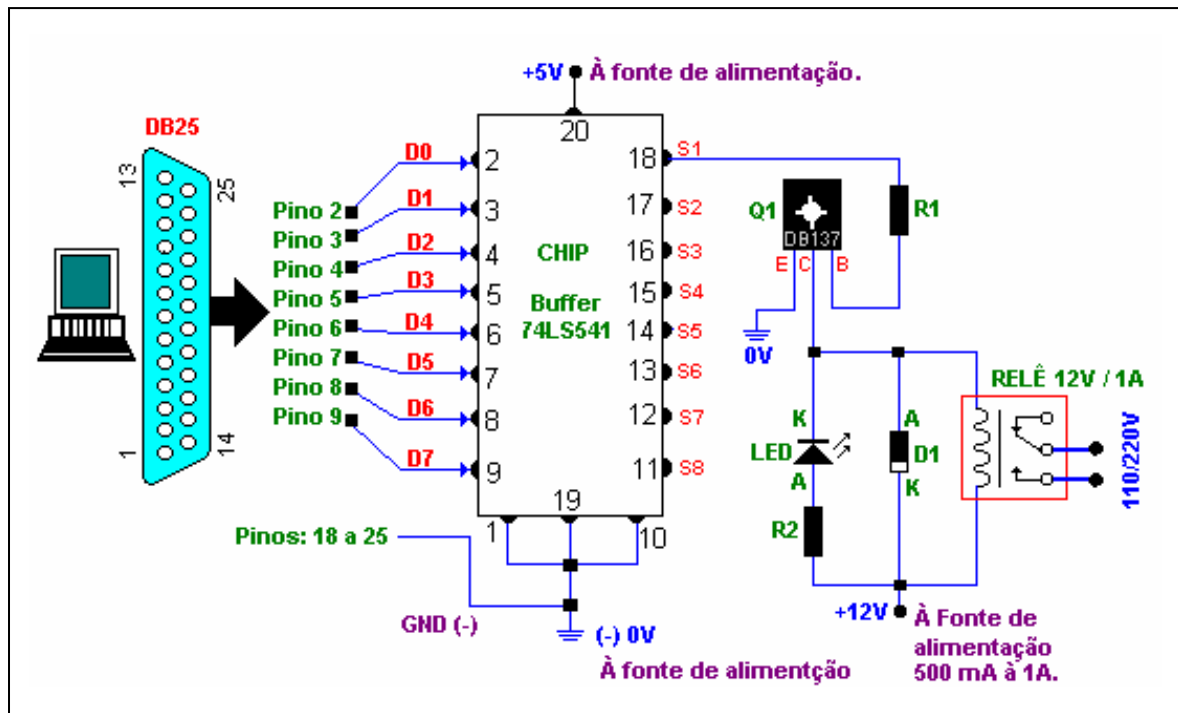


6.2.7.2 CIRCUITO ACIONAMENTO DOS MOTORES E BOMBA D'ÁGUA

O circuito eletrônico utilizado para acionamento dos motores e da bomba de água foi obtido na internet. Este circuito pode ser visto na figura 12.

No circuito mostrado na figura 12, o chip 74LS541 é um “buffer” usado para proteger a Porta Paralela de altas correntes. Este é alimentado com 5v, diferente da outra parte do circuito que controla o relê, que precisa de 12v para ser acionado. Os contatos do relê devem suportar 220v/1A, para que seja possível acionar motores de maior potência. Com este circuito é possível controlar até oito aparelhos simultaneamente, a partir das saídas S1 a S8.

Figura 12 – Circuito responsável pelo acionamento dos motores e da bomba d'água.



Fonte: www.eletronica.com.br

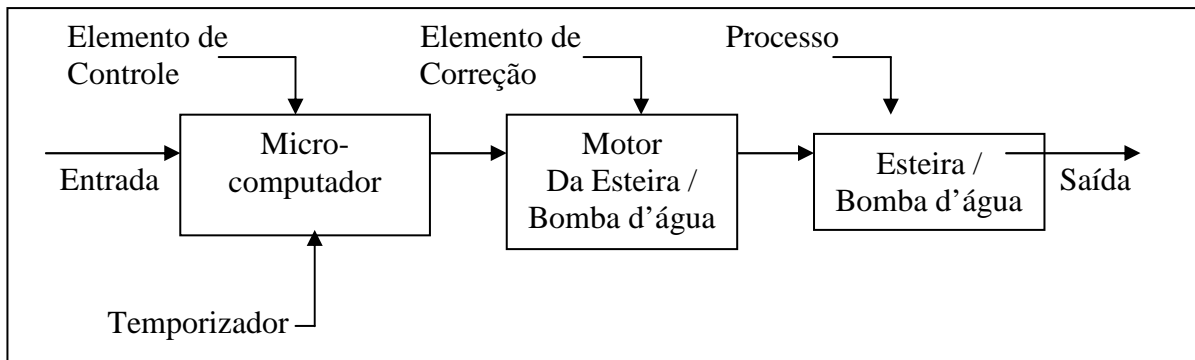
6.2.8 MICROCOMPUTADOR

É responsável pelo gerenciamento do processo. Recebe sinais digitais referentes ao posicionamento (indicando o peso lido) da balança, vindos da placa de leitura de dados. O microcomputador também tem a função de enviar sinais digitais para a placa saída, estes sinais farão o controle liga/desliga dos motores das esteiras e da bomba de água. É nele que estará armazenada a tabela de peças com as descrições e as quantidades de matéria-prima utilizada para produzir a peça.

6.3 ESPECIFICAÇÃO DO PROTÓTIPO

Para a dosagem dos áridos e da água, foi utilizado o controle seqüencial, juntamente com a forma de interligação em malha aberta, sendo que a informação de entrada não gera uma saída que possa alterá-la. A figura 13 mostra um diagrama exemplificando o tipo de controle utilizado para a dosagem dos áridos.

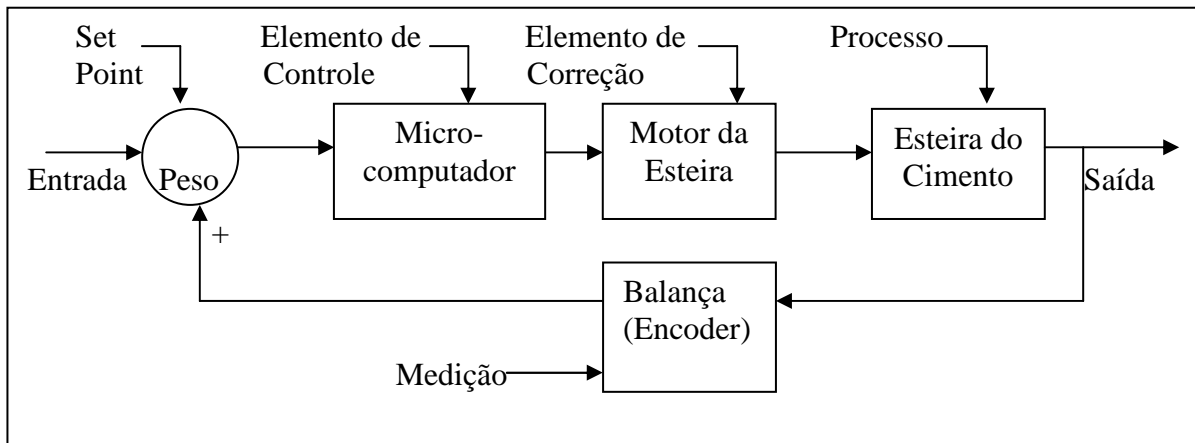
Figura 13 – Tipo de controle utilizado para a dosagem dos áridos.



Neste caso, o Elemento de Controle (Microcomputador) é diretamente influenciado pelo Temporizador do sistema, pois a esteira deve ficar ligada períodos conhecidos de tempo onde o temporizador é utilizado como um “contador” de tempo.

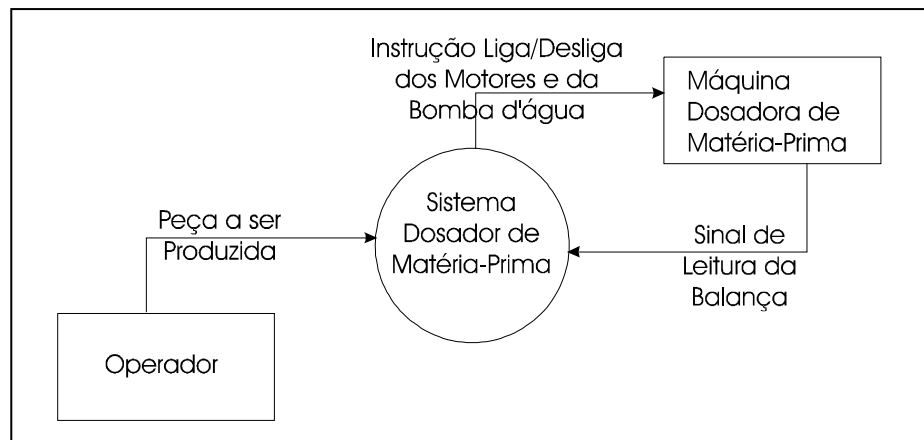
Para a dosagem do cimento, também foi utilizado o controle seqüencial porém a interligação é em malha fechada pois o sistema deverá medir (através da balança) o peso do cimento para que se saiba o momento em que deve ser desligado o motor da esteira. Isto justifica a interligação em malha fechada, pois o valor medido na balança é comparado com o *set point*, após esta comparação o elemento de controle deve determinar a ação a ser tomada pelo elemento de correção (ligar/desligar o motor da esteira). A Figura 14 mostra a configuração de controle em malha fechada utilizada para controlar a balança do protótipo.

Figura 14 – Configuração de controle em malha fechada utilizada para controlar a balança.



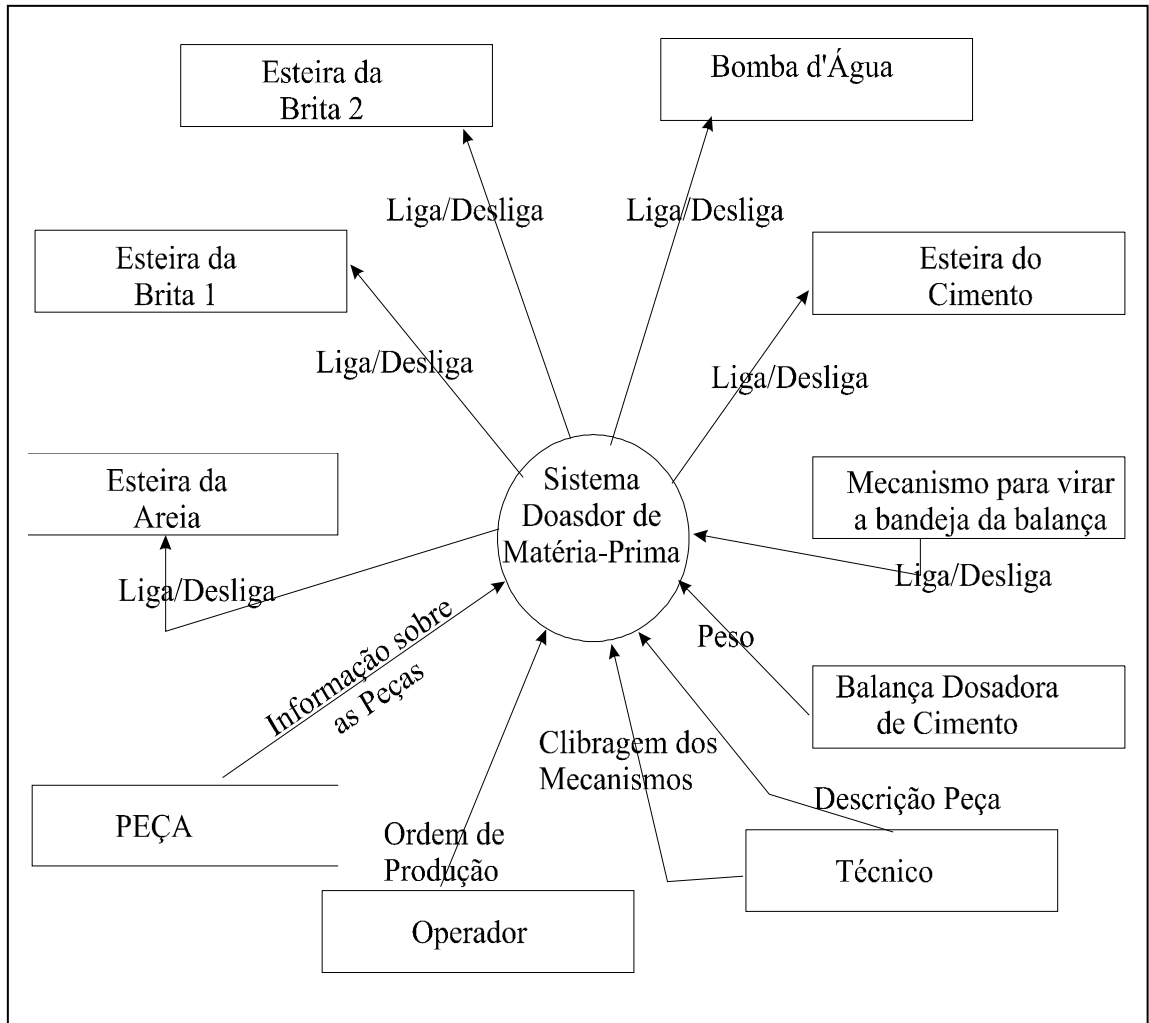
Para a especificação do software foram utilizados diagrama de contexto e diagrama de fluxo de dados (DFD), utilizando as convenções de diagramação definidas por Yourdon e De Marco (Martin, 1991). Na figura 15 encontra-se o modelo do diagrama de contexto do protótipo.

Figura 15 - Diagrama de Contexto do Protótipo



Na figura 16 tem-se o diagrama de fluxo de dados do protótipo.

Figura 16 – Diagrama de fluxo de dados do protótipo



No protótipo foi adotada apenas uma tabela, a tabela de registro de peças. Nela devem ser armazenados os dados de identificação da peça, o volume de concreto necessário para produzi-la, o volume de água utilizado e o traço de composição do concreto.

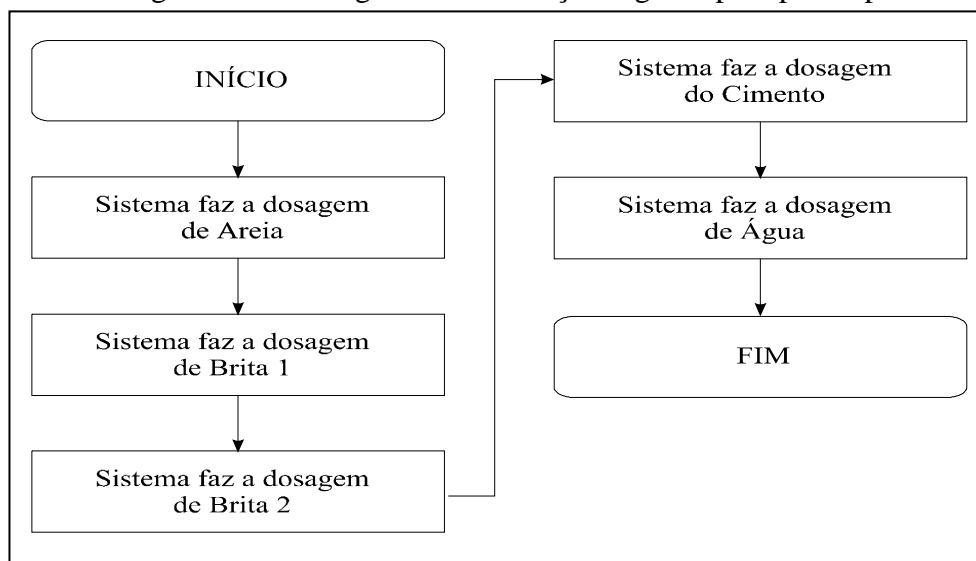
A tabela 5 mostra o dicionário de dados da tabela de Peças.

Tabela 5 – Dicionários de dados da tabela Peças.

TABELA PEÇAS		
Cod_Peca	A	Código de Identificação das Peças.
Nome_Peca	A	Nome de descrição das Peças.
Composição	N	Composição (Traço) da quantidades de matéria-prima sólidas (cimento e agregados).
Volume_Peça	N	Volume da peça.
Quant_Agua	N	Quantidade de água a ser dosada.

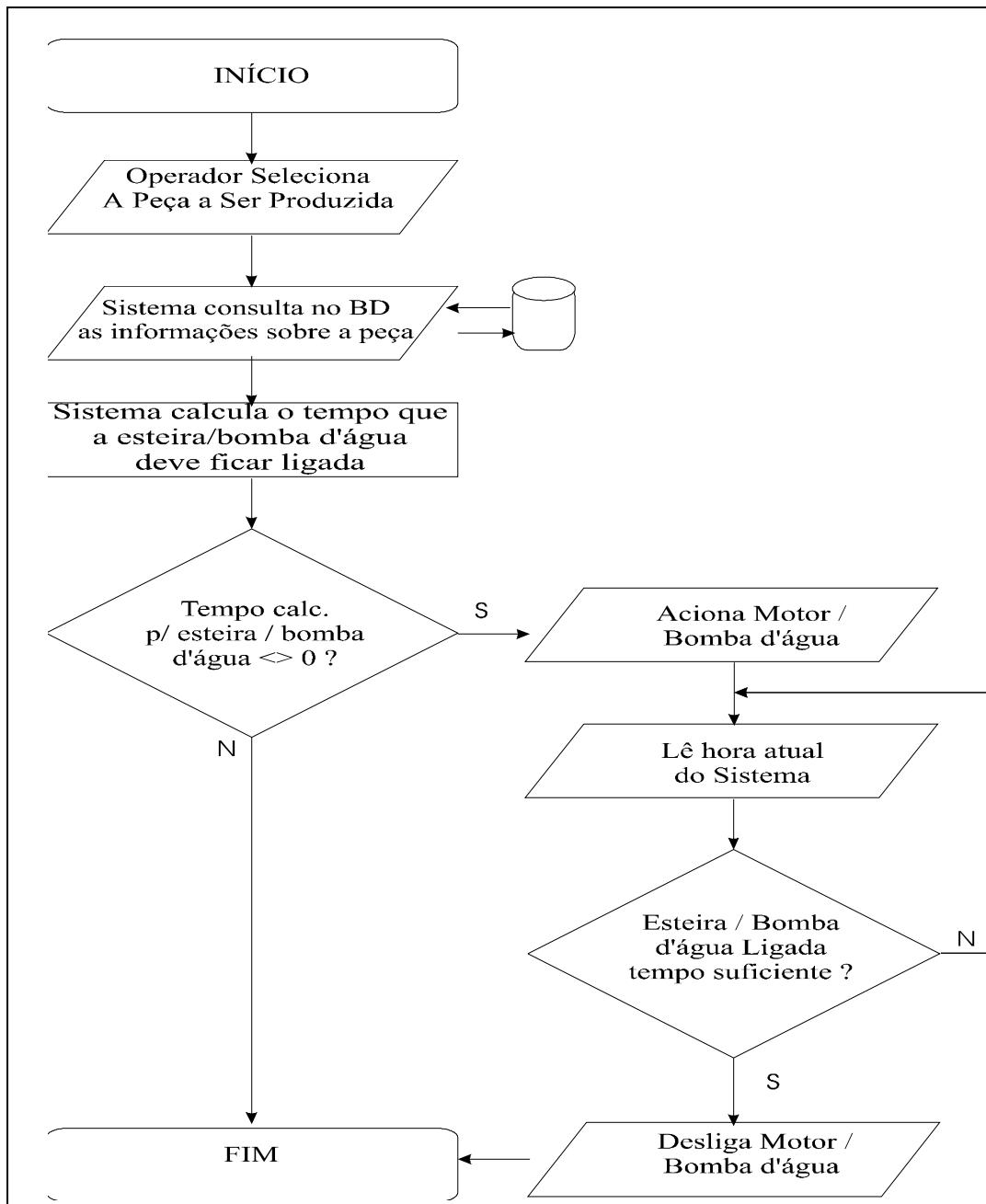
A seqüência de execução seguida pelo protótipo é bastante simples e pode ser vista no fluxograma apresentado na figura 17.

Figura 17 – Fluxograma de execução seguido pelo protótipo.



A figura 18 apresenta um fluxograma indicando a seqüência de execução no caso da dosagem dos áridos e da água.

Figura 18 – Fluxograma da dosagem dos áridos e da água.

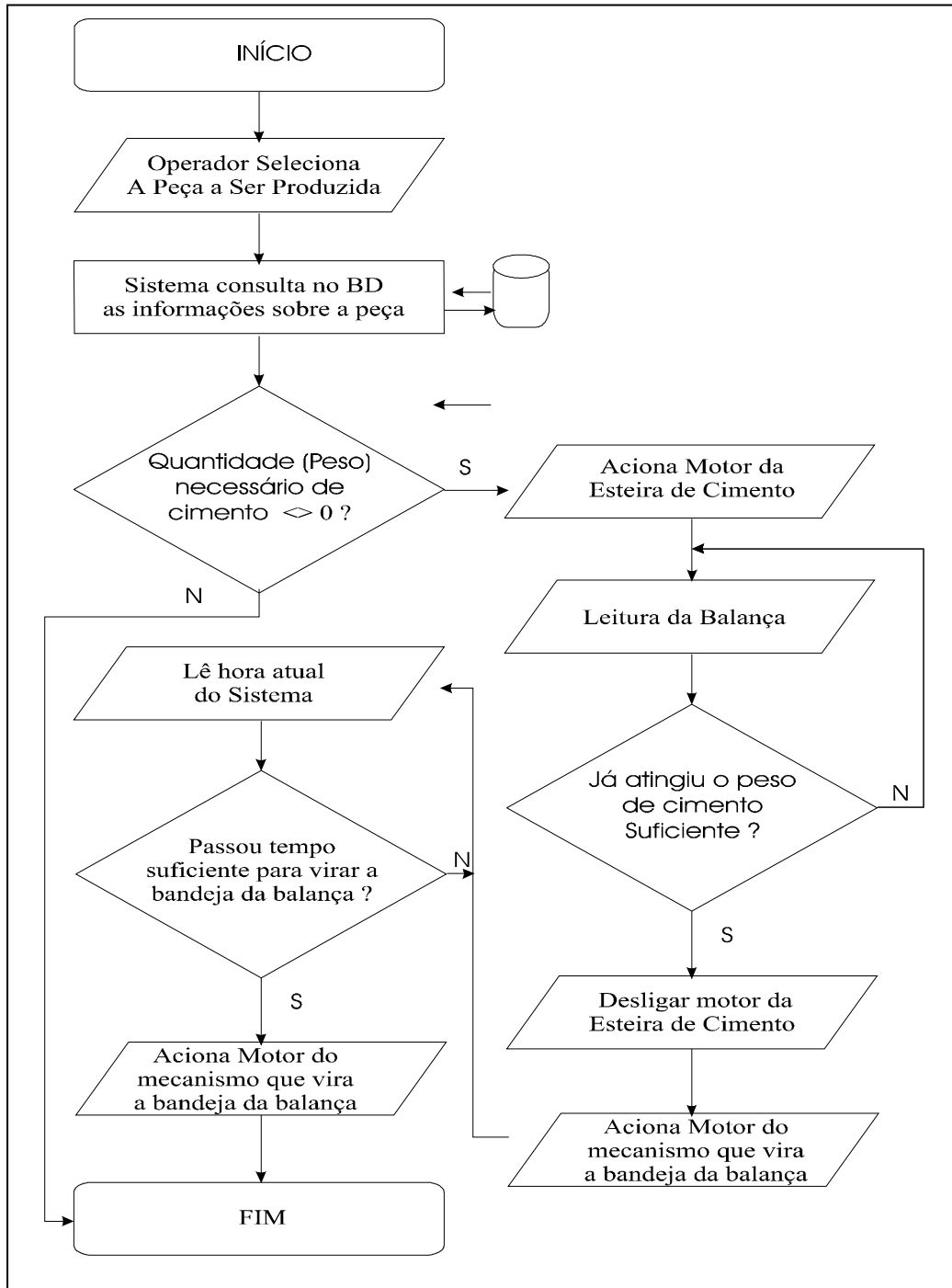


A figura 19 apresenta um fluxograma indicando a seqüência de execução seguida no caso da dosagem do cimento.

Utilizaram-se entradas e saídas digitais (LPT1, porta paralela) para o controle das variáveis e entrada (peso de cimento na balança) e de saída (acionamento dos motores das esteiras e da bomba da água).

O protótipo opera totalmente *on-line* não havendo a necessidade de intervenção por parte do operador no processo.

Figura 19 – Fluxograma da dosagem do cimento.



6.4 IMPLEMENTAÇÃO

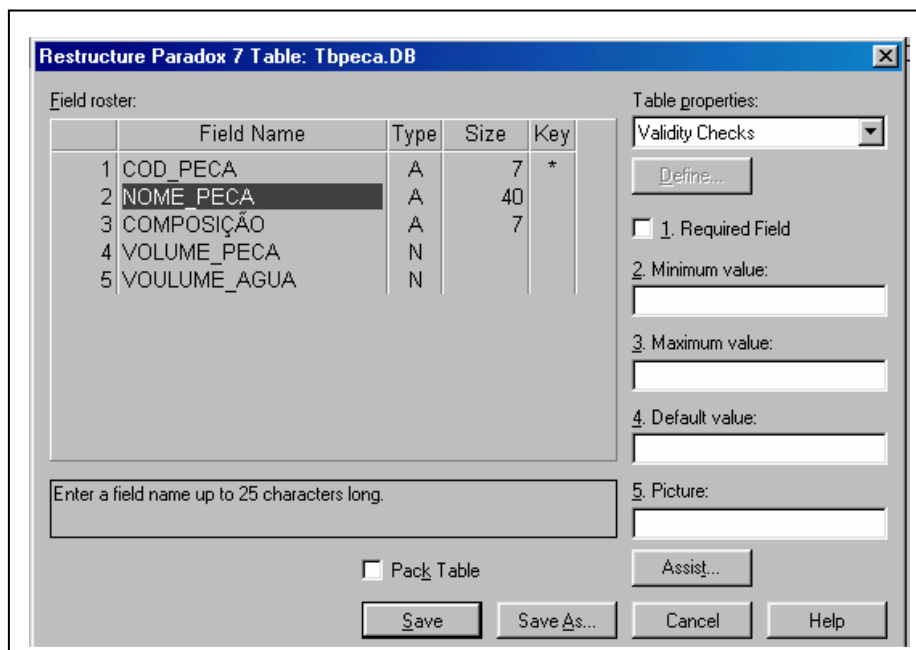
Na fase de implementação do protótipo utilizou-se o ambiente de desenvolvimento Delphi 4.0 sob a plataforma Windows 98 devido as suas características visuais e facilidades de interfaces existentes.

Para o armazenamento das informações da tabela Peças, foi utilizada uma tabela do Paradox, *default* do ambiente Delphi. No Anexo 2 pode ser encontrado uma parte do código fonte.

6.4.1 ETAPAS NA IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

De posse dos endereços da porta paralela, é necessário acessar a porta paralela através do software para que fosse possível desenvolver o software de aquisição de dados e de controle do processo. Neste trabalho, o acesso a porta paralela foi realizado utilizando uma *unit* de autoria de Anatoly Podgoretsky (conseguida via internet). A listagem desta *unit* pode ser vista no Anexo 1. Depois de resolver a questão de acesso a porta paralela, foi criada a tabela peças. Esta pode ser vista na figura 20.

Figura 20 – Formato da Tabela de Peças.



A determinação dos tempos que as esteiras e a bomba d'água devem ficar ligadas foram obtidos através de vários experimentos para determinar o comportamento das mesmas. Foi medido o tempo e a quantidade de material transportado. Os testes realizados para determinação do tempo são mostrados na tabela 6. Nestes testes foram cronometrados os tempos que cada esteira leva para despejar o volume 1 litro de areia, 1 litro de brita 1, 1 litro de brita 2 e 1 litro de água através da bomba.

Tabela 6 – Resultado da determinação dos tempos para as esteiras e bomba d'água.

Material	Volume (litros)	Tempo (Segundos)
Areia	1	7
	2	13
Brita 1	1	10
	2	19
Brita 2	1	14
	2	27
Água	1	6
	2	11

De posse desta tabela, pode-se concluir que para despejar o primeiro litro de material tem-se aproximadamente 1 segundo de diferença, que pode ser atribuído ao tempo que a esteira leva para começar a mover o material. No caso da bomba d'água também pode ser atribuído ao tempo que a bomba leva para começar a impulsionar a água. Após isso foram feitos testes para verificar a confiabilidade da balança. Esta foi regulada com resolução de 150 gramas, ou seja, na 1^a posição do encoder ela deve registrar 150g, na 2^a posição ela deve registrar 300 gramas e assim sucessivamente até chegar na 15^a posição onde o encoder deve registrar 2250 gramas. A tabela 7 mostra os testes realizados com a balança.

Para armazenar as constantes de tempo que as esteiras e a bomba d'água leva para despejar uma quantidade x de material, foi criado um arquivo de parâmetros. O mesmo

armazena também a constante que representa os múltiplos da balança e a constante que representa o volume admitido pela betoneira.

Tabela 7 – Resultados dos testes realizados com a balança.

Posição Encoder	Valor Esperado	Medição									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	150	195	145	150	170	165	155	160	160	165	155
2	<u>300</u>	<u>360</u>	330	335	330	300	320	310	345	330	320
3	450	450	460	495	450	460	450	460	455	445	450
4	600	615	620	630	615	620	625	610	620	600	615
5	750	740	765	775	760	740	750	765	760	755	750
6	900	890	910	920	900	925	910	890	915	930	920
7	1050	1040	1050	1085	1065	1060	1065	1070	1065	1050	1085
8	1200	1160	1195	1190	1195	1200	1195	1200	1190	1200	1200
9	1350	1330	1310	1315	1340	1335	1315	1345	1355	1340	1350
10	1500	1490	1500	1495	1500	1505	1500	1500	1495	1520	1500
11	1650	1625	1620	1610	1635	1635	1660	1675	1635	1645	1645
12	1800	1810	1775	1760	1765	1810	1760	1765	1765	1765	1765
13	1950	1900	1905	1895	1895	1895	1885	1900	1880	1880	1875
14	2100	2100	2100	2065	2100	2085	2080	2090	2075	2085	2090
15	<u>2250</u>	<u>2310</u>	2305	2290	2280	2255	2255	2280	2265	2275	2250

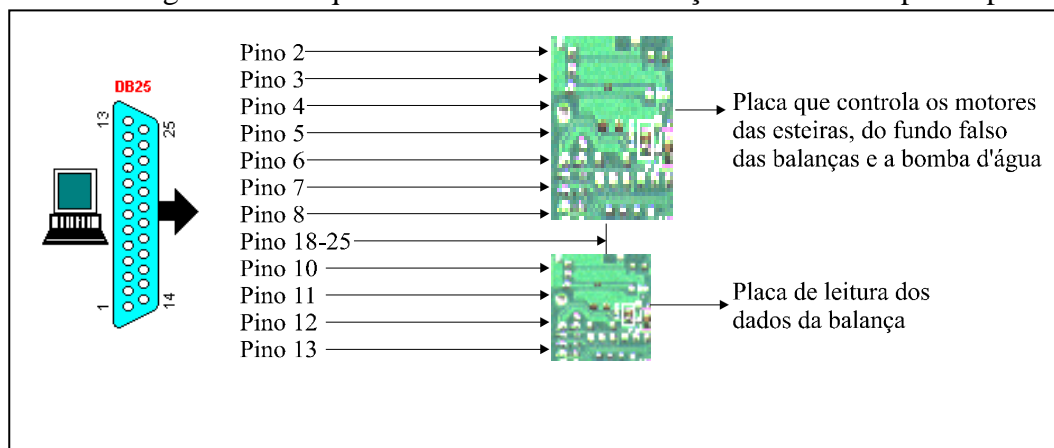
Ao observar esta tabela, ve-se que a maior diferença entre o peso esperado e o peso obtido nas pesagens (valores grifados) é de 60 g, ou seja, uma diferença muito pequena se considerarmos que o protótipo objetiva a precisão para grandes volumes de matéria-prima, conforme citada em 6.0.

Em relação a dosagem volumétrica da água e dos áridos, deve-se acrescentar que as margens de erro nestas dosagens não ultrapassou o valor de 0,25 litros, o que também é aceitável devido ao grande volume das dosagens.

A conexão física entre o computador e os circuitos digitais foi feita através da porta que o computador geralmente destina a impressora, esta porta utiliza como padrão o conector DB25.

Na implementação deste protótipo foram utilizados os pinos 2 a 8 para ativar e desativar os motores e a bomba d'água, os pinos 10 a 13 para fazer a leitura da balança. E os pinos 18 a 25 que farão o função de terra dos circuitos digitais. A figura 21 ilustra melhor esta conexão.

Figura 21 – Esquema do cabo de comunicação utilizado no protótipo.



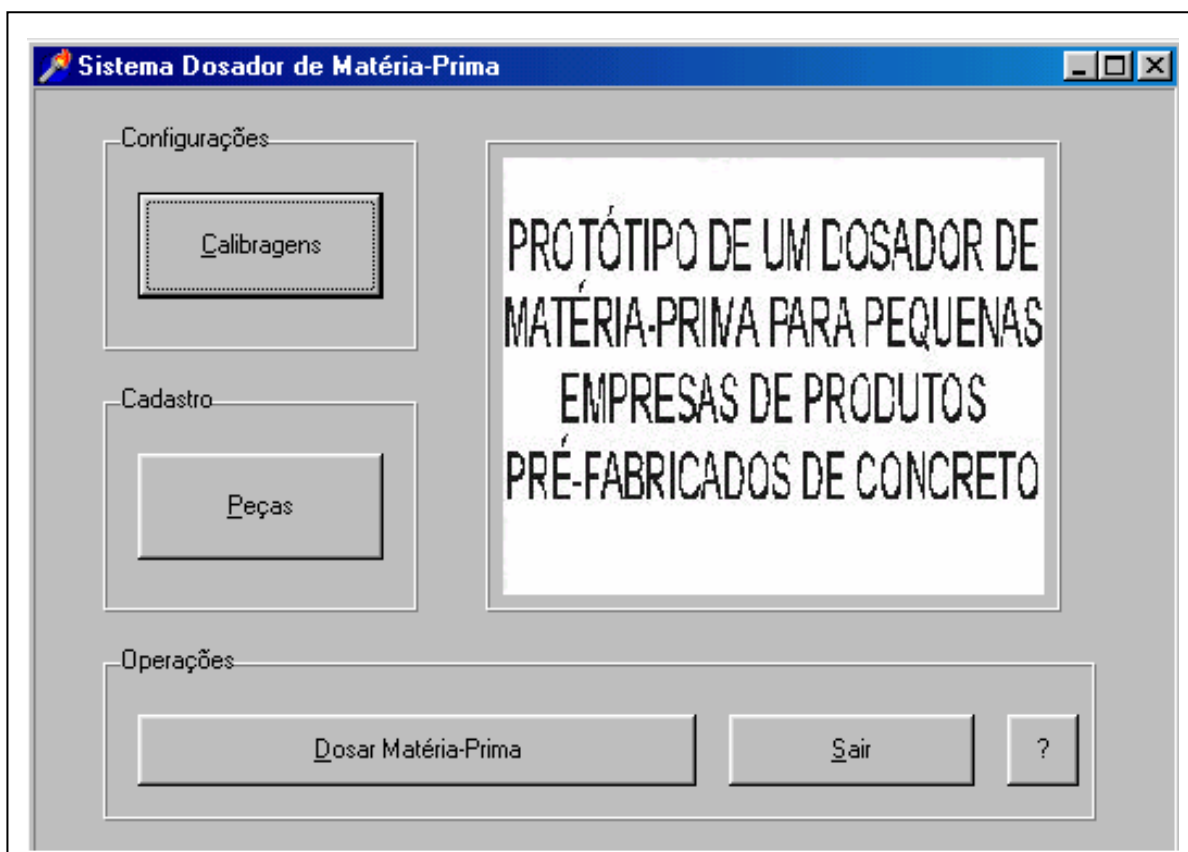
6.4.2 OPERACIONALIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO

A seguir serão descritas as telas do sistema, suas características. Na figura 22 pode ser vista a tela principal do sistema e suas opções. Está tela mostra todas as opções possíveis de serem executadas pelo protótipo, são elas:

- Calibrar Esteiras: Permite a calibragem dos mecanismos existentes nos protótipo, tais como: Esteira de Areia, Esteira de Brita 1, Esteira de Brita 2, Balança do Cimento, Bomba d'água e o Mecanismo utilizado para virar a balança;
- Cadastro de Peças: Para que se cadastre todas as peças a serem produzidas;
- Dosar Matéria-Prima: Para fazer a dosagem propriamente dita;
- Sair: Encerra o protótipo;

- Sobre (?): Abre a tela com informações básicas sobre o protótipo.

Figura 22 – Tela Principal do Protótipo.



A seguir, na figura 23, vemos a telas de calibragens. Para fazer a calibragem dos dispositivos deve-se escolhê-lo no local indicado e clicar em *Inicia Calibragem*, após isso, quando o mecanismo já tiver atingido seu objetivo, deve-se clicar em *Encerra Calibragem*. Para salvar o valor registrado, deve-se clicar em *Salvar Alterações*. Caso contrário, deve-se *Desfazer Alterações*.

Além disso, pode-se calibrar o valor múltiplo da balança e o volume total da betoneira, para não se exceda o volume total admitido pela mesma.

Figura 23 – Tela de Calibragem dos Mecanismos.

The screenshot shows a software window titled "Calibragens" with a blue header bar. The window is divided into several sections for configuring calibration parameters:

- Calibragem das Esteiras e Bomba D'água:** A section for configuring conveyor and water pump settings. It includes a label "Tempo para despejar 1 litro de:" followed by four input fields:
 - Areia: 9 Segundos
 - Brita 1: 9 Segundos
 - Brita 2: 14 Segundos
 - Água (100 ml): 9 Segundos
- Mecanismo a ser Calibrado:** A section for selecting the mechanism to be calibrated. It features a dropdown menu labeled "Escolher o Mecanismo" and two buttons: "Inicia Calibragem" and "Encerra Calibragem".
- Múltiplo da Balança:** A section for setting the scale multiplier. It has an input field with the value "300" and the unit "Gramas".
- Volume da Betoneira:** A section for setting the volume. It has an input field with the value "500" and the unit "Litros".
- Mecanismo para Virar a Balança:** A section for configuring the weighing mechanism. It includes two input fields:
 - Subir: 4 Segundos
 - Descer: 7 Segundos

At the bottom of the window, there are three buttons: "Salvar Alterações", "Desfazer Alterações", and "Sair".

Na Figura 24, vemos a tela de Cadastro de Peças.

Figura 24 – Tela de Cadastro de Peças.

The screenshot shows a software window titled "Cadastro de Peças". At the top, there is a toolbar with navigation and control icons. The main area contains the following fields and values:

- Código da Peça: ANEL120
- Nome da Peça: ANEL COM 120 cm DE DIÂMETRO
- Composição do Concreto: 2-4-5-0 (Cimento/Areia/Brita1/Brita2)
- Volume da Peça: 40 Litros
- Volume de Água: 4000 ml

A "Sair" button is located on the right side of the form.

Na Figura 25, vemos a tela de Dosagem de Matéria Prima.

Figura 25 – Tela de Dosagem de Matéria-Prima.

The screenshot shows a software window titled "Dosador de Matéria-Prima". It is divided into two main sections:

- Descrição da Peça:**
 - Código da Peça: ANEL120
 - Nome da Peça: ANEL COM 120 cm DE DIÂMETRO
 - Composição do Concreto: 2-4-5-0 (Cimento/Areia/Brita1/Brita2)
 - Volume da Peça: 98 Litros
 - Volume de Água: 400 (x 100 ml)
- Volumes de Matéria-Prima Necessários:**
 - Cimento: 0 Kg
 - Areia: 0 Litros
 - Brita 1: 0 Litros
 - Brita 2: 0 Litros
 - Água: 0 (100 ml)

At the bottom of the window, there are two buttons: "Fazer Dosagem" and "Sair".

Para fazer a dosagem, deve-se selecionar a peça a ser produzida e clicar em *Fazer Dosagem*.

Para carregar qualquer esteiras deve-se escolher o mecanismo e clicar e *Recarregar*. Na figura 27 temos a tela de informações sobre o sistema.

Figura 26 - Tela Sobre.



7 CONCLUSÕES

No início do trabalho, um dos itens que mais preocupava era a parte física do protótipo, ou seja, a esteira, a bomba d'água, balança e os silos de armazenagem.

A respeito das esteiras, pode-se dizer que funcionaram a contento pois atendeu os objetivos de maneira adequada. Os motores utilizados para impulsioná-las foram motores utilizados para movimentar limpadores de parabrisas dos carros, e pode-se dizer que funcionaram bem, podendo até ser aplicados até numa eventual ampliação da parte física deste protótipo.

A bomba d'água é mais comumente utilizada para molhar os parabrisas dos carros, e também funcionou a contento devido a sua precisão na vazão de água, que já é suficiente para o protótipo. Porém, numa eventual ampliação ela deverá ser substituída pois pode não resistir a vazão de um grande volume de água e a um intervalo de tempo muito grande.

No que se refere aos silos de armazenagem, deve ser relatado que, depois de 3 testes de inclinação de suas paredes, também funcionou de maneira bem eficiente, ou seja, além de fornecer o material para a esteira de maneira adequada, este impede que grude material nas suas paredes, desde que este material esteja seco. O que é imprescindível para uma boa dosagem feita por este protótipo, pois este não apresenta nenhuma função que compense a água apresentada pelos materiais no momento da dosagem.

No que se refere as ferramentas utilizadas, no caso o ambiente Delphi de programação, já era sabido que ele se adaptaria perfeitamente na implementação do protótipo.

De maneira geral, pode-se dizer que os resultados obtidos foram muito animadores pois os objetivos foram realmente atendidos. A construção do protótipo em tamanho maior, a fim de realmente utilizá-lo na dosagem de concreto, seria extremamente útil no caso das pequenas empresas que necessitem de uma dosagem mais confiável do que a que é praticada no dias de hoje.

7.1 EXTENSÕES

Este protótipo apresenta algumas restrições, a saber:

- a) Não foi implementada nenhuma função que forneça a quantidade disponível de cada matéria-prima, disponível para produção produtos;
- b) O protótipo não trata o caso da quantidade de água já contida na mistura, admite-se que os áridos sejam armazenados em local coberto;

Como sugestão para um trabalho futura, além de implementar as restrições apontadas. Pode-se-ia tentar fazer com que o protótipo opere sem o microcomputador para controlá-lo utilizando um hardware programável com um microcontrolador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENTO, Celso R. **Sistemas de controle: teoria e projeto**. São Paulo: Érica, 1989.

CANTÚ, Marco. **Dominando o Delphi 3**. São Paulo: Makron Books, 1998.

COUGHANOWR, Donald R., KOPPEL, Lowel B. **Análise e controle de processos**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978.

HOUPIIS, Constantine H.; LAMONT, Gary B. **Digital control systems: theory, hardware, software**. 2. Ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1987.

MIYAGI, Paulo Eigi; BARRETO, Marcos Pereira Ribeiro e SILVA, José Reinaldo. **Domótica: controle e automação**. Embase: VI EBAI, 1993.

REVEL, Maurice. **La prefabricacion en la construccion**. Espartero: Ediciones URMO, 1975.

KONCZ, Tihamér. **Manual de la construccion prefabricada**. Madrid: Grefol, 1975.

MARTIN, James; MCCLURE, Carma. **Técnicas estruturadas e case**. São Paulo: Makron Books, 1991.

VILAGUT, F. **Prefabricados de hormigón**. Barcelona: Ferrer Coll, 1975.

REVEL, Maurice. **La prefabricacion en la construccion**. Espartero : Ediciones URMO, 1975.

ANEXO 1

Listagem da unit de acesso a porta paralela do computador.

```

unit Port95;
{*****}
* Description:Port95 - very simple unit, that lets you access port  *
* under Window 95,not under Windows NT.                            *
* Status:                Freeware                                    *
You can freely use or distribute this unit                            *
* Target:                Delphi 2 and Windows 95                    *
* Version:               1.0 (April 27, 1997                       *
* Status:                Freeware                                    *
* Author:                Anatoly Podgoretsky                       *
* Address:               kvk@estpak.ee                             *
* Tips:                  font Courier, tabs = 2                    *
* Problems:              Word Read/Write utulities may problems on some *
*                        computers or interface cards, that can't access whole*
*                        word. To prevent it You can use slow equivalent of *
*                        these  procedures with suffix LS          *
* Copyright:             Copyright (C) 1997, NPS                   *
*****}
interface
function PortReadByte(Addr:Word) : Byte;
function PortReadWord(Addr:Word) : Word;
function PortReadWordLS(Addr:Word) : Word;
procedure PortWriteByte(Addr:Word; Value:Byte);
procedure PortWriteWord(Addr:Word; Value:Word);
procedure PortWriteWordLS(Addr:Word; Value:Word);

implementation

```

```

{*****}
* Port Read byte function *
* Parameter: port address *
* Return:          byte value from given port *
*****}

```

```
function PortReadByte(Addr:Word) : Byte; assembler; register;
```

```
asm
```

```
    MOV  DX,AX
```

```
    IN   AL,DX
```

```
end;
```

```

{*****}
* HIGH SPEED Port Read Word function *
* Parameter: port address *
* Return:          word value from given port *
* Comment:  may problem with some cards and computers *
              that can't to access whole word, usualy it work. *
*****}

```

```
function PortReadWord(Addr:Word) : Word; assembler; register;
```

```
asm
```

```
    MOV  DX,AX
```

```
    IN   AX,DX
```

```
end;
```

```

{*****}
* LOW SPEED Port Read Word function *
* Parameter: port address *
* Return:          word value from given port *
* Comment:  work in all cases, only to adjust DELAY if need *
*****}

```

```
function PortReadWordLS(Addr:Word) : Word; assembler; register;
```

```
const
```

```
    Delay = 150;          // depending of CPU speed and cards speed
```

```
asm
```

```

        MOV      DX,AX
IN      AL,DX          // read LSB port
        MOV      ECX,Delay
@1:
        LOOP @1          // delay between two reads
        XCHG AH,AL
INC     DX            // port+1
        IN      AL,DX          // read MSB port
        XCHG AH,AL          // restore bytes order
end;
{*****}
* Port Write byte function *
* Parameter: port address *
*****}
procedure PortWriteByte(Addr:Word; Value:Byte); assembler; register;
asm
        XCHG AX,DX
        OUT   DX,AL
end;
{*****}
* HIGH SPEED Port Write word procedure *
* Comment: may problem with some cards and computers *
*           that can't to access whole word, usualy it work. *
*****}
procedure PortWriteWord(Addr:word; Value:word); assembler; register;
asm
        XCHG AX,DX
        OUT   DX,AX
end;
{*****}
* LOW SPEED Port Write Word procedure *
* Parameter: port address *

```



```

* Return:          word value from given port          *
* Comment:  work in all cases, only to adjust DELAY if need  *
*****}
procedure PortWriteWordLS(Addr:word; Value:word); assembler; register;
const
    Delay = 150;          // depending of CPU speed and cards speed
asm
    XCHG AX,DX
    OUT  DX,AL           // port LSB
    MOV  ECX,Delay
@1:
    LOOP @1              // delay between two writes
    XCHG AH,AL
    INC  DX              // port+1
    OUT  DX,AL           // port MSB
end;

end.

```

ANEXO 2

Listagem de parte do código fonte.

```
procedure TFrmDosarMatPri.FormActivate(Sender: TObject);
begin
    {Zerar o conteúdo de ITENS do Combobox}
    DBCBCodPeca.Items.Text := '';
    {Adicionar o conteúdo da tabela no ComboBox}
    with TBLPecas do
    begin
        {Fechar e abrir o tabela de Matéria Prima para garantir
        que ela esteja aberta}
        Close;
        Open;
        {Enquanto não chega ao final da tabela escreva as opções
        no ComboBox}
        while not EOF do
        begin
            DBCBCodPeca.Items.Add(fieldbyname('Cod_Peca').AsString);
            Next;
        end;
        {Posiciona o índice no primeiro registro da tabela}
        First;
    end;
```

```
end;

procedure TFrmDosarMatPri.DBCBCodPecaChange(Sender: TObject);
Var
  Soma_Comp,{Var para fazer a leitura da composição}
  Ind : integer; {Var índice para percorrer a tabela}
  Volume_Unit : Real; {Var para fazer o calculo do volume}
begin
  {Escolher a opção do ComboBox}
  with TBLPecas do
  begin
    {Fechar e abrir o tabela de Matéria Prima para garantir
    que ela esteja aberta}
    Close;
    Open;
    {Achar o registro correspondente ao ComboBox}
    For Ind := 0 to (DBCBCodPeca.Itemindex)-1 do
      Next;
    End;
    {Fazer a soma das quantidades da composição}
    Ind := 1;
    Soma_Comp := 0;
    While Ind < 8 do
    Begin
      Soma_Comp := Soma_Comp + StrToInt(DBEdtComposicao.Text[IND]);
      Ind := Ind + 2;
    End;
```

```

{Calcula o volume unitário do, ou seja, divide o volume da peça
pelo total de unidades da composição}
Volume_Unit := StrToInt(DBEdtVolumePeca.Text) / Soma_Comp;
{Preencher o quadro do calculo de necessidade de matéria-prima -
Volume de Água}
EdtVolumeAgua.Text := DBEdtVolumeAgua.Text;
{Multiplicação por 1.85, constante encontrada por experiência pois quando
os agregados se misturam eles tendem a diminuir seu volume, ou seja, se dosamos
a brita e a areia isoladamente cada uma tem um volume, mas quando as misturamos,
a areia tende a entrar pelo meio da brita e o volume diminui}
EdtCimento.Text:=          FloatToStr(1.85          *          Volume_Unit          *
StrToInt(DBEdtComposicao.Text[1]));

EdtAreia.Text := FloatToStr(1.85 * Volume_Unit * StrToInt(DBEdtComposicao.Text[3]));
EdtBrita1.Text := FloatToStr(1.85 * Volume_Unit * StrToInt(DBEdtComposicao.Text[5]));
EdtBrita2.Text := FloatToStr(Volume_Unit * StrToInt(DBEdtComposicao.Text[7]));
end;

procedure TFrmDosarMatPri.FormClose(Sender: TObject;
var Action: TCloseAction);
begin
    PortWriteByte($378,255);
end;

procedure TFrmDosarMatPri.BtnInterromperDosagemClick( Sender: TObject);
begin
    {Interrompe todos os mecanismos de dosagem.}
    PortWriteByte($378,255);
    Close;

```

```

end;

Procedure Controla_Tempo (Valor_Porta : Integer; Tempo : Integer);
var
    Present: TDateTime;
    Seg_Aux, { Var para auxiliar na contagem dos segundos }
    Hora, Minu, Seg, MSec: Word; { Valores para ler a hora do sistema. }
    Cont_Segundos    : Integer;
begin
    If tempo <> 0 then
        Begin
            {Retorna a hora atual do sistema.}
            Present:= Now;
            {Decodifica a hora do sistema.}
            DecodeTime(Present, Hora, Minu, Seg, MSec);
            Seg_Aux := Seg;
            {Ligar a esteira e Bomba d'água}
            PortWriteByte($378,Valor_Porta);
            {Zerar o contador de SEgundos}
            Cont_Segundos := 0;
            {Enquanto o contador de segundos não chegar no valor do tempo, mate tempo}
            While Cont_Segundos < Tempo + 1 do {+1 seg. para ligar os mecanismos}
                Begin
                    Present:= Now;
                    DecodeTime(Present, Hora, Minu, Seg, MSec);
                    If Seg <> Seg_Aux Then
                        Begin

```

```

    Seg_Aux := Seg;
    Inc(Cont_Segundos);
End;
End;
{Desligar a Esteira}
PortWriteByte($378,255);
End;
End;
Procedure Valor_Inteiro (Expressao : String; var Valor : Integer);
Var
    Valor_Real : Real;
Begin
    {Coversão de valor, string para função <int> -> real, real -> Str,
    Str -> Integer}
    Valor_Real := Int(Strtfloat(Expressao));
    Expressao := FloattoStr(Valor_Real);
    Valor := Strtoint(Expressao);
End;
procedure TFrmDosarMatPri.BtnInicioDodagemClick(Sender: TObject);
Var
    Valor_desejado, {Para calc. o valor procurado.}
    Leitura_Balanca : real; {Var para fazer a leitura da balança.}
    Reg_config : Arq_Config;
    Configuracao : Config;
    Tempo_Esteira : Integer; {var p/ calc. o tempo que a esteira deve ficar
    ligada.}

```

```

begin
  TblPecas.close;

  {Inicializa o valor do registro (Reg_Config)}
  Reg_Config.Valor := 0;

  {Associa e cria um novo arquivo "Config.TXT".}
  AssignFile(Configuracao,'c:Config.txt'); { File selected in dialog box }
  Reset(Configuracao);
  {***** A R E I A *****}
  {Posicionar o índice no primeiro registro do arquivo.}
  Seek(Configuracao,0);
  {Lê o tempo de Areia.}
  Read(configuracao,Reg_Config);
  {Converter o valor do edit para inteiro.}
  Valor_Inteiro (EdtAreia.Text,Tempo_Esteira );
  {Pegar o Valor do arquivo (p/ 1 litro) * quant. de litros}
  Tempo_Esteira := Tempo_Esteira * Reg_Config.Valor;
  {Chamar a Procedure encarregada de administrar o tempo.}
  Controla_Tempo(191,Tempo_Esteira);
  Tempo_Esteira := 0;
  {***** B R I T A 1 *****}
  Seek(Configuracao,1);
  {Lê o tempo de Brita1.}
  Read(configuracao,Reg_Config);
  {Converter o valor do edit para inteiro.}
  Valor_Inteiro (EdtBrita1.Text,Tempo_Esteira );

```

```

{Pegar o Valor do arquivo (p/ 1 litro) * quant. de litros}
Tempo_Esteira := Tempo_Esteira * Reg_Config.Valor;
{Chamar a Procedure encarregada de administrar o tempo.}
Controla_Tempo(239,Tempo_Esteira);
Tempo_Esteira := 0;
{***** B R I T A  2 *****}
Seek(Configuracao,2);
{Lê o tempo de Brita2.}
Read(configuracao,Reg_Config);
{Coverter o valor do edit para inteiro.}
Valor_Inteiro (EdtBrita2.Text,Tempo_Esteira );
{Pegar o Valor do arquivo (p/ 1 litro) * quant. de litros}
Tempo_Esteira := Tempo_Esteira * Reg_Config.Valor;
{Chamar a Procedure encarregada de administrar o tempo.}
Controla_Tempo(247,Tempo_Esteira);
Tempo_Esteira := 0;
{***** C I M E N T O *****}
Seek(Configuracao,6);
{Ler o Múltiplo Balança.}
Read(configuracao,Reg_Config);
{Coverter o valor do edit para inteiro, porém neste caso, a var.
Tempo_Esteira recebe o valor inteiro de múltiplo balança.}
Valor_Inteiro (EdtCimento.Text,Tempo_Esteira );
{Calc. quanto de cimento é necessário.}
Valor_Desejado := (int((1000*tempo_Esteira)/Reg_Config.Valor))+1;

```



```

{Faz leitura da balança.}
Leitura_Balanca := (127- PortReadByte($379))/8;
{Enquanto não chega ao valor desejado, leia}
While Leitura_Balanca <> Valor_Desejado do
Begin
    PortWriteByte($378,127);
    Leitura_Balanca := (127- PortReadByte($379))/8;
End;
{Desligar a Esteira}
PortWriteByte($378,255);
Tempo_Esteira := 0;
{***** Á G U A *****}
Seek(Configuracao,3);
{Lê o tempo de Água.}
Read(configuracao,Reg_Config);
{Coverter o valor do edit para inteiro.}
Valor_Inteiro (EdtVolumeAgua.Text,Tempo_Esteira );
{Pegar o Valor do arquivo (p/ 1 litro) * quant. de litros}
Tempo_Esteira := Tempo_Esteira * Reg_Config.Valor;
{Chamar a Procedure encarregada de administrar o tempo.}
Controla_Tempo(251,Tempo_Esteira);
Tempo_Esteira := 0;
{***** M E C.  S U B I R *****}
Seek(Configuracao,4);
{Lê o tempo do mecanismo.}
Read(Configuracao,Reg_Config);

```

```

    {Chamar a Procedure encarregada de administrar o tempo.}
    Controla_Tempo(254,Reg_Config.Valor );
    Tempo_Esteira := 0;
    {***** M E C.  D E S C E R *****}
    Seek(Configuracao,5);
    {Lê o tempo do mecanismo.}
    Read(Configuracao,Reg_Config);
    {Chamar a Procedure encarregada de administrar o tempo.}
    Controla_Tempo(253,Reg_Config.Valor );
    Tempo_Esteira := 0;
    {Fecha o Arquivo.}
    CloseFile(Configuracao);
    {Fechar o Form.}
    Close;
end;

procedure TFrmDosarMatPri.BtnSairClick(Sender: TObject);
begin
    Close;
end;

procedure TFrmDosarMatPri.BtnInicioDodagemMouseMove(Sender: TObject;
    Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
begin
    TblPecas.close;
end;
end.

```