



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA

Ary Torres de Araújo Neto

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE COLETOR AUTOMÁTICO
DESTINADO À COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA EM CORPOS
AQUÁTICOS PARA ANÁLISE EM LABORATÓRIO**

Natal / RN

2008

Ary Torres de Araújo Neto

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE COLETOR AUTOMÁTICO
DESTINADO À COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA EM CORPOS
AQUÁTICOS PARA ANÁLISE EM LABORATÓRIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

Orientador: Dr. Lúcio Flávio Ferreira Moreira

Natal / RN

2008

ARY TORRES DE ARAÚJO NETO

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE COLETOR AUTOMÁTICO
DESTINADO À COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA EM CORPOS
AQUÁTICOS PARA ANÁLISE EM LABORATÓRIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Lúcio Flávio Ferreira Moreira – Orientador

Dr. Manoel Lucas Filho – Examinador

Dr. Celso Augusto Guimarães Santos – Examinador externo UFPB

Natal, 22 de dezembro de 2008

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, minha irmã, e a toda minha família que me acolheu com muito carinho, apoio e não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Ao meu orientador Dr. Lúcio Flávio Ferreira Moreira por seu apoio e inspiração no amadurecimento dos meus conhecimentos e conceitos que me levaram a execução e conclusão desta dissertação.

A todos os professores do PPgES, em especial, André Luís Calado, Antônio Marozzi Righetto, Arthur Mattos, Cícero Onofre, João Abner, Lúcio Flávio, Luiz Pereira, Olavo Francisco, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta dissertação.

Aos amigos e colegas, em especial, Francisco Rafael, Vitor e Jean, pelo incentivo e pelo apoio constante.

Aos colegas de classe pela espontaneidade e alegria na troca de informações e materiais numa rara demonstração de amizade e solidariedade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq/MCT pelo apoio e pelo financiamento deste projeto de pesquisa.

E, finalmente, a DEUS pela oportunidade e pelo privilégio que me foi concedido em compartilhar tamanha experiência e, ao frequentar este curso, perceber e atentar para a relevância de temas que não faziam parte, em profundidade, da minha vida.

RESUMO

O objetivo deste estudo é desenvolver e apresentar um protótipo de coletor automático de amostras de água. Nos últimos anos, tem havido uma crescente necessidade no uso de equipamentos automáticos no monitoramento de variáveis hidro-climáticas, tanto em ambientes rurais como urbanos. Esses equipamentos são normalmente usados para gerar informação de vital importância no desenvolvimento de ações em recursos hídricos na bacia hidrográfica. Atualmente, várias instituições públicas e de pesquisa têm usado esses tipos de equipamentos. Na maioria dos casos, os equipamentos automáticos são caros e necessitam ser importados, gerando uma situação de dependência tecnológica. O protótipo desenvolvido tem como base um sistema eletrônico que controla o funcionamento de uma bomba peristáltica, cinco válvulas solenóides e de um sensor ultra-sônico acoplados a um *datalogger*. Uma interface com o usuário permite comunicação com um PC, quando os parâmetros de funcionamento do equipamento podem ser introduzidos. O equipamento dispõe de um módulo hidráulico composto de uma bomba peristáltica 12V acoplada a um circuito de distribuição com cinco válvulas solenóides, uma delas usada na limpeza do circuito antes de cada coleta de amostra. As amostras são coletadas em quatro garrafas de polietileno, capacidade 1,95 ml. A estrutura do equipamento é feita em acrílico, com um formato cilíndrico, dimensões 0,72 m e 0,38 m de altura e diâmetro, respectivamente. O peso do equipamento sem as amostras é de aproximadamente 15 kg, o que lhe confere portabilidade. O orçamento referente ao custo total de desenvolvimento do equipamento foi de aproximadamente 1.560 dólares americanos. Testes em laboratório, realizados para avaliar seu desempenho e funcionamento, foram bastante satisfatórios.

Palavras-chave: Protótipo. Amostrador automático. Recursos hídricos. Automatização. Sensor ultra-sônico.

ABSTRACT

The aim of this approach is to describe the design and construction of a low-cost automated water sampler prototype. In recent years, there is an increasing need on the use of automated equipments for hydro climatic variables to be use in urban and rural environments. Such devices are always used to provide measured information which is of crucial importance on the development of water resources strategies at watershed scale. Actually, many research and water public institutions have been using these kinds of equipments. In most of the cases, automated equipments are expensive and need to be imported, generating a situation of technologic dependency. The prototype is based on an electronic system which controls a peristaltic pump functioning, five solenoid valves and an ultrasonic sensor connected to a datalogger. An interface with the user allows communication with a PC, when the equipment functioning parameters can be provided. The equipment has a hydraulic module composed by a 12V peristaltic pump connected to a distribution circuit composed by five solenoid valves, one of them being used to clean the circuit before each sampling procedure. Samples are collected by four 1.95 polyethylene bottles. The sampler body was made of acrylic material, with a cylindrical shape, and dimensions 0.72 m and 0.38 m height and diameter, respectively. The weight of the equipment without samples is approximately 15 kg, which infers to its portability. The prototype development total cost budget was approximately US\$ 1,560.00. Laboratory tests aimed to evaluate the equipment performance and functioning demonstrated satisfactory results.

Key-words: Prototype. Automatic sampler. Water resources. Automation. Ultrasonic sensor.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de amostradores mais utilizados.	9
Tabela 2 - Especificações gerais do equipamento ISCO 6712 full size.	22
Tabela 3 - Dados da bomba do equipamento ISCO 6712 full size.	22
Tabela 4 - Dados do controlador do equipamento ISCO 6712 full size.	23
Tabela 5 - Estudo comparativo dos equipamentos disponíveis no mercado.	28
Tabela 6 - Conexões na linha de sucção.	36
Tabela 7 - Conexões situadas no primeiro trecho do recalque.	36
Tabela 8 - Conexões do segundo trecho (válvula 1 ou válvula 2 aberta).	37
Tabela 9 - Conexões do segundo trecho (válvula 3 ou válvula 4 aberta).	37
Tabela 10 - Conexões do segundo trecho (válvula 5 aberta).	38
Tabela 11 - Quadro de resumo das perdas totais no amostrador.	38
Tabela 12 – Dados experimentais de funcionamento da bomba AWG200.	43
Tabela 13 - Especificações da bateria.	45
Tabela 14 - Detalhes do crivo da sucção.	53
Tabela 15 - Testes realizados por intervalos de tempo.	56
Tabela 16 - Testes realizados por variação de nível e intervalos de tempo.	57
Tabela 17 - Planilha orçamentária do coletor automático.	70
Tabela 18 - Itens que compõem os estágios do equipamento.	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Orifício orientado contra corrente.....	8
Figura 2 - Orifício orientado perpendicular ao escoamento.....	8
Figura 3 - Técnica típica de uso do ADCP.	12
Figura 4 - Mudança de frequência causada pelo efeito Doppler.	12
Figura 5 - Analisador de Sólidos Suspensos e Turbidez TxPro-2.	13
Figura 6 - Coletor de amostra.....	14
Figura 7 - Componentes do coletor.	14
Figura 8 - Condições de funcionamento do coletor.	15
Figura 9 - Coletor de amostra US DH-48.	16
Figura 10 - Coletor de amostra US DH-59.	17
Figura 11 - Dimensões do coletor de amostra US DH-59.	17
Figura 12 - Amostrador de água Go-Flo modelo 1080.	18
Figura 13 - Amostrador de água ISCO Série 6712 <i>full size</i>	19
Figura 14 - Possibilidades de configuração do amostrador ISCO 6712 <i>full size</i>	19
Figura 15 - Interface do ISCO 6712 <i>full size</i>	20
Figura 16 - Possibilidades de coleta de amostra.....	21
Figura 17 - Amostrador Liquiport 2000.....	24
Figura 18 - Dimensões do Liquiport 2000.	24
Figura 19 - Vista detalhada da bomba do Liquiport 2000.....	25
Figura 20 - Detalhe dos processos de funcionamento da bomba.	25
Figura 21 - Local de armazenagem das amostras.	26
Figura 22 - Processo de resfriamento das amostras.....	27
Figura 23 - Esquema dos componentes básicos do protótipo de amostrador.....	30
Figura 24 - Dimensões e divisão dos estágios do amostrador automático.	31
Figura 25 - Estágio 1.	32
Figura 26 - Estágios 2 e 3.	32
Figura 27 - Estágio 4.	32
Figura 28 - Detalhe dos roletes provocando sucção.	39
Figura 29 - Vista da bomba AWG200.....	40
Figura 30 - Detalhe interno da bomba AWG200.	41
Figura 31 - Curva característica da bomba peristáltica AWG200.....	43

Figura 32 - Ponto de trabalho da bomba AWG200	44
Figura 33 - Bateria MT1290P	44
Figura 34 - Vista frontal da válvula solenóide.....	46
Figura 35 - Vista da tubulação de distribuição.....	46
Figura 36 - Esquema básico do circuito de distribuição das amostras e de limpeza da tubulação.....	47
Figura 37 - Vista lateral da tubulação de distribuição.....	47
Figura 38 - Vista frontal da tubulação de distribuição.....	47
Figura 39 - Vista da tubulação dentro do equipamento.....	47
Figura 40 - Vista em perspectiva do sonar	48
Figura 41 - Vista lateral do sonar	48
Figura 42 - Esquema básico da placa de comando do sistema de controle, de aquisição e armazenamento de dados.....	51
Figura 43 - Vista do local de instalação da placa de comando.....	52
Figura 44 - válvula de pé com crivo.....	53
Figura 45 - Detalhe da área lateral do crivo.	53
Figura 46 - Recipiente armazenador da amostra.	54
Figura 47 - Vista (a) superior e (b) lateral das garrafas em seu local de armazenamento.	54
Figura 48 - Relatório do teste 13.....	56
Figura 49 - Relatório do teste 15.....	56
Figura 50 - Relatório do teste 1.....	57
Figura 51 - Relatório do teste 4.....	57
Figura 52 - Ícone do programa “amostrador.exe”.....	64
Figura 53 - Opção de escolha da porta de entrada.....	64
Figura 54 - Conectando o programa.	65
Figura 55 - Sincronismo do relógio do programa.	65
Figura 56 - Programando por intervalo de tempo.....	66
Figura 57 - Programando por variação de nível.	67
Figura 58 - Gerando um relatório.	69

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.2. Descrição geral do trabalho.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Monitoramento da qualidade da água.....	4
2.2. Amostradores de sedimentos em cursos d'água.....	7
2.3. Amostradores da água.....	13
2.3.1. Coletor de amostras.....	13
2.3.1.1. Composição do conjunto coletor de amostra com bombeamento manual.....	14
2.3.1.2. Frascos.....	15
2.3.1.3. Preparação.....	15
2.3.1.4. Amostra para teste.....	15
2.3.2. Amostrador US DH-48.....	16
2.3.3. Amostrador US DH-59.....	16
2.3.4. Amostrador de água GO-FLO modelo 1080.....	18
2.3.5. Amostrador automático ISCO Série 6712 full size.....	18
2.3.5.1. Aplicações.....	21
2.3.5.2. Acessórios.....	21
2.3.5.3. Especificações.....	22
2.3.6. Liquiport 2000 (L2000).....	23
2.3.6.1. Função e projeto do sistema.....	23
2.3.6.1.1. Princípio de amostragem.....	24
2.3.6.1.2. Distribuição e preservação da amostra.....	26
2.3.6.1.3. Resfriamento da amostra (opcional).....	26
2.4. Tabela comparativa dos amostradores da água.....	28
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
3.1. Metodologia.....	30
3.2. Descrição do amostrador.....	31
3.2.1. Funcionamento do amostrador.....	33
3.2.2. Perda de carga no amostrador.....	34

3.3. Descrição dos componentes do amostrador.....	39
3.3.1. Bomba hidráulica peristáltica modelo AWG200.....	39
3.3.1.1. Princípio de funcionamento	39
3.3.1.2. Características da bomba peristáltica modelo AWG200.....	40
3.3.1.3. Construção	41
3.3.1.4. Vantagens da bomba peristáltica.....	41
3.3.1.5. Determinação da curva característica da bomba e sistema	42
3.3.1.6. Ponto de trabalho da bomba AWG200	43
3.3.2. Bateria de 12V modelo MT1290P	44
3.3.3. Válvula solenóide (EVA 04)	45
3.3.4. Circuito de distribuição.....	46
3.3.5. Sensor ultra-sônico LV-MaxSonar EZ1.....	48
3.3.5.1. Características do sensor LV-MaxSonar-EZ1.....	49
3.3.5.2. Benefícios do sensor LV-MaxSonar-EZ1.....	49
3.3.5.3. Instruções de uso.....	50
3.3.6. Placa de comando	50
3.3.6.1. Desenvolvimento do hardware	50
3.3.6.2. Desenvolvimento do software.....	51
3.3.7. Tubulações de sucção e de descarga	52
3.3.8. Garrafas plásticas	54
4. RESULTADOS OBTIDOS.....	55
4.1. Testes realizados	55
4.1.1. Coleta por intervalo de tempo.....	55
4.1.2. Coleta por variação de nível	56
5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	59
7. ANEXOS	63
7.1. Anexo 1	64
7.2. Anexo 2	70
7.3. Anexo 3	71
7.4. Anexo 4	73

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de pesquisa em diversas áreas do conhecimento exige a utilização de equipamentos automáticos destinados a medir e armazenar variáveis. Notadamente nos estudos relacionados com o meio ambiente, como na Engenharia de Recursos Hídricos e Hidrologia, o uso de equipamentos automáticos possibilita o monitoramento de variáveis hidráulicas e hidrológicas de diversos tipos, tais como vazão numa seção transversal de um curso d'água ou precipitação. Essa informação constitui uma base de dados de extrema importância nos estudos ambientais e de engenharia. As informações obtidas através do monitoramento podem, por exemplo, ser utilizadas como dados de entrada em modelos hidrológicos de simulação dos processos de escoamento na bacia hidrográfica.

Este estudo contempla a necessidade de disponibilizar um modelo alternativo para os existentes equipamentos automáticos destinados à coleta de amostras de água e de medição do nível em corpos d'água. As amostras coletadas podem ser objeto de análise em laboratório, onde serão submetidas à análise de parâmetros físico-químicos. Vale ressaltar que atualmente o uso desse tipo de equipamentos resulta em altos custos, uma vez que a maioria deles são objetos de importação.

Os equipamentos automáticos de monitoramento hidrológico foram se tornando mais confiáveis e eficientes nos últimos anos com a incorporação dos avanços tecnológicos.

De fato, a evolução tecnológica permitiu o desenvolvimento de uma série de equipamentos destinados à medição e coleta de informação hidrológica. Por exemplo, já existem equipamentos capazes de medir o nível de turbidez da água utilizando um sensor ótico. Assim, o desenvolvimento tecnológico, em áreas como mecânica, ótica, eletrônica e computação, têm sido transferido e aplicado aos equipamentos automáticos e aos sensores a eles acoplados. Em geral, esses equipamentos são concebidos de forma a apresentar precisão confiável, livre de inconveniências, compactos, leves e de fácil operação pelo usuário final.

O monitoramento da qualidade da água tem tido cada vez mais importância em diversos estudos relacionados com o uso da água no ambiente urbano. De fato, uma das características mais importantes num programa de monitoramento da qualidade da água consiste na eficiência quanto ao padrão da coleta dessas

amostras. A confiabilidade, nos dados obtidos e nos resultados, depende da metodologia utilizada na coleta das amostras e da análise realizada em laboratório. Por exemplo, a abstração de uma amostra supostamente representativa das condições locais, o acondicionamento em recipientes, sujeitando-a a um novo ambiente físico, pode ser suficiente para romper o equilíbrio natural e provocar alterações. O intervalo de tempo entre coleta de amostras e a realização das análises também pode comprometer sobremaneira sua composição inicial, especialmente no caso de substâncias que se encontram em pequenas concentrações.

1.1. Objetivos

Este trabalho tem o objetivo de apresentar um protótipo destinado à coleta automática de amostras de água em corpo hídrico. O equipamento dispõe de um sistema automatizado que controla o acionamento de uma bomba peristáltica, além de um sensor ultra-sônico que mede o nível da superfície da água. As amostras são armazenadas em quatro recipientes de polietileno. Uma vez cumprida a programação da coleta, é gerado um relatório contendo os dados de nível d'água e número da amostra em função do tempo.

O desenvolvimento do equipamento contou com o apoio técnico do engenheiro eletrônico Jean Paiva, no que se refere ao desenvolvimento do hardware e software do sistema de aquisição e armazenamento de dados.

1.2. Descrição geral do trabalho

Este trabalho está dividido em capítulos, contemplando o desenvolvimento da pesquisa, obedecendo às seguintes etapas:

- A Revisão da literatura (capítulo 2) aborda o monitoramento da qualidade da água e os tipos de equipamentos existentes no mercado;
- No capítulo 3, os Materiais e métodos apresenta critérios, parâmetros e ferramentas utilizadas no desenvolvimento do protótipo;
- O capítulo 4 traz os resultados obtidos com os testes do protótipo em suas várias opções de uso;
- As Conclusões e considerações finais, referências bibliográficas e anexos encontram-se nos capítulos 5, 6 e 7, respectivamente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Monitoramento da qualidade da água

A implementação das políticas de controle de uso da água e do meio ambiente na bacia hidrográfica normalmente envolve a necessidade de monitoramento dos recursos hídricos (COIMBRA, 1991). Nesse sentido, os sistemas de monitoramento geram subsídios bastante úteis na definição das políticas de gestão e controle do uso da água. O monitoramento envolve a aquisição de informação do sistema hídrico mediante o uso de diversos tipos de equipamentos de medição e aquisição de dados (DICK, 1996). O cuidado com a qualidade da água assume vital importância, uma vez que as atividades humanas têm a capacidade de degradar a água e o meio ambiente.

De um modo geral, o monitoramento dos recursos hídricos envolve as dimensões quantitativas e qualitativas da água. O monitoramento da quantidade envolve a realização de medições topo-batimétricas da seção transversal e da velocidade pontual do escoamento na seção transversal com o objetivo de estabelecer uma relação que permite estimar a vazão com base na leitura do nível da superfície do escoamento (PORTO, 2008). O monitoramento da qualidade, por sua vez, envolve a coleta de amostra representativa do corpo hídrico objeto de análise obedecendo a uma metodologia pré-estabelecida. A coleta da amostra é realizada pontualmente e envolve a retirada de um pequeno volume considerado representativo das características do corpo hídrico no instante da coleta (CETESB, 1987). A pesquisa nessa área tem permitido o desenvolvimento de diferentes tipos de amostradores (GRAYSON, 2005). Em geral, os amostradores podem ser classificados em manuais e automáticos.

Os equipamentos automáticos têm ganhado bastante espaço nos últimos anos devido ao avanço da informática e automação, com sua aplicação em diversos setores. A principal vantagem dos amostradores automáticos está na automação, o que significa a possibilidade de programar previamente o procedimento de coleta de amostra de acordo com os objetivos do estudo e interesse do usuário. Além disso, esses equipamentos dispõem de uma interface com o usuário, seja através de um computador portátil ou teclado, onde são disponibilizadas as opções de amostragem, horários de coleta e frequência. Uma vez finalizado o procedimento de

coleta, são gerados relatórios onde são apresentados os dados da coleta em função do tempo, que podem ser intensidade da chuva, nível do corpo hídrico, entre outros. Vale ressaltar a boa qualidade dos resultados obtidos no uso do amostrador automatizado, essencial nos estudos hidrológicos e de qualidade de água em bacias sujeitas a atividades humanas, tais como urbanização, industrial e agropecuária (MAGINA et al., 2007).

O monitoramento da qualidade da água fornece informações importantes a respeito das condições de balneabilidade, pesca ou de uso da água para consumo. No monitoramento, os técnicos responsáveis coletam amostras da água, sedimento ou animais que compõem o ecossistema (peixes, macro-invertebrados bentônicos, entre outros) com o objetivo de determinar parâmetros físico-químicos, tais como oxigênio dissolvido, nutrientes, metais, óleos e pesticidas. Também podem ser monitoradas as condições físicas da água, tais como temperatura, descarga líquida e sedimentos. O monitoramento biológico está relacionado com a abundância e diversidade da fauna aquática e vida animal. A capacidade de sobrevivência dos organismos bentônicos serve de subsídio a respeito da qualidade da água.

O monitoramento pode ser realizado em estações fixas com a geração de dados contínuos no tempo. Pode também ser realizado em pontos fixos como resposta à necessidade de solucionar problemas específicos. Por outro lado, pode ter um caráter temporário e sazonal. O monitoramento da qualidade da água tem-se tornado uma atividade vital, considerando o fato de que as atividades humanas têm a capacidade de degradar a qualidade da água drenada na bacia hidrográfica.

Dentre os objetivos do monitoramento, cabe destacar os seguintes: (a) identificar variações na qualidade da água ao longo do tempo; (b) identificar situações de problema na qualidade da água; (c) geração de uma base de dados com o objetivo de fornecer subsídios para solucionar problemas de poluição da água ou programas de remediação e (d) verificar o cumprimento de ações de controle da poluição na bacia.

Os sedimentos constituem uma importante fonte poluidora da água. De um modo geral, os sedimentos alcançam a calha fluvial pelo escoamento superficial, quando vários tipos de substâncias poluidoras são levadas pelo fluxo. Esse potencial poluidor se deve ao fato de que substâncias poluentes se aderem aos sedimentos e contaminam a água. Essas substâncias entram em contato com a fauna bentônica presente no sedimento do leito, destruindo as espécies bentônicas sensíveis e

afetando a biodiversidade. Ao mesmo tempo, afetam a cadeia alimentar das espécies de peixes à medida que eles se alimentam desses animais.

Com relação às fontes de contaminação, elas podem ser de origem pontual ou difusa. As fontes pontuais são de fácil identificação, tal como uma tubulação. As fontes difusas, por outro lado, não têm origem definida.

A maior parte dos sedimentos transportados por um curso de água é proveniente da erosão do solo da bacia hidrográfica. A erosão provocada pela chuva constitui um processo físico complexo de desprendimento e transporte de partículas do solo pela ação do impacto das gotas de chuva e pela ação de arraste do escoamento das águas pluviais sobre os terrenos. Segundo Righetto (1998), a capacidade de transporte de sedimento pelo escoamento depende de diversas variáveis, tais como vazão, velocidade, declividade da linha de energia, tensões de atrito, intensidade de turbulência, tamanho das partículas, etc.

Christofolletti (1988) faz uma divisão dos tipos de transporte de sedimentos. São eles:

1- Carga do leito ou de arrasto: são as partículas que rolam longitudinalmente pelo curso da água e estão em contato quase que permanente com o leito.

2- Carga sólida saltitante: composta por material com granulometria maior, como areias e cascalhos, os quais são transportados por meio da saltação, deslizamento ou rolamento na superfície do curso d'água. Em função do volume e da densidade das partículas, a velocidade da carga do leito é muito mais lenta que a do fluxo, pelo fato de as partículas não se deslocarem de modo contínuo dependendo da correnteza ou do choque entre partículas.

3- Carga em suspensão: está ligada ao fluxo de partículas de granulometria reduzida como silte e argila, que por serem pequenas e leves se conservam em suspensão durante a movimentação turbulenta pelo canal, resultando na carga de sedimentos suspensos.

A determinação dessa descarga sólida em suspensão, em uma seção transversal de um curso d'água, pode ser realizada a partir da coleta de amostras em cada vertical de vários segmentos com igual incremento de largura. A aplicação do método de integração na vertical permite considerar a variação da concentração

de sedimentos em cada vertical e posterior determinação da concentração média na seção transversal. A descarga sólida em suspensão é obtida a partir da determinação da descarga líquida na seção transversal.

Os métodos convencionais determinam a concentração do sedimento para obtenção da descarga em suspensão, havendo, no entanto, métodos que determinam diretamente a descarga pela acumulação de sedimentos. A coleta e análise das amostras são feitas por equipamentos que fazem amostragem em um ponto ou na vertical ou efetuam uma medição direta em um determinado ponto.

A medição direta é efetuada, na maioria dos métodos, sem amostragem física. A medição *in situ* necessita de medidas em vários pontos, representando “amostras”, existindo, no entanto, equipamentos fixos que medem em posições pontuais. Na medição indireta é exigida uma amostra física, com coleta de uma porção de mistura água-sedimento. A amostragem é obtida em diversas posições, que são colhidas adequadamente, procurando levar em conta a distribuição do sedimento na seção transversal (Carvalho, 1994).

2.2. Amostradores de sedimentos em cursos d'água

Em seu trabalho, Carvalho (1994) classificou os equipamentos de coleta de amostra da mistura água-sedimento em suspensão de acordo com o procedimento de coleta da amostra nos seguintes tipos:

- Amostradores tipo instantâneos: Realizam a coleta de um volume de água-sedimento através do fechamento instantâneo, por meio de dispositivos, das extremidades do recipiente de coleta;

- Amostradores tipo integração na vertical: Permitem acumular no recipiente uma amostra da mistura água-sedimento durante o deslocamento de descida e subida do coletor na vertical. A retirada da amostra do fluxo ambiente é realizada através de um pequeno bocal. À medida que a amostra vai sendo coletada, o ar existente no recipiente vai sendo retirado. O seu deslocamento na vertical deve ser feito com velocidade constante. Durante o trajeto, a amostra coletada não deve ultrapassar 2/3 do volume da garrafa;

- Amostradores pontuais tipo bombeamento: Esses amostradores utilizam uma máquina hidráulica para realizar a extração da amostra. É importante que a coleta da

amostra seja feita levando em conta o efeito isocinético relacionado com o fluxo ambiente. Ou seja, a velocidade de entrada da amostra no bocal deve ser aproximadamente igual à do fluxo ambiente naquele ponto.

Alguns tipos de amostradores de água-sedimento em suspensão, independentemente do método da amostragem, podem ser classificados em função do ângulo de orientação formado pelo bocal, para a admissão da amostra, e o sentido do escoamento do corpo aquático.

- Orifícios contra a corrente e paralelo ao escoamento (Figura 1) (amostradores da série americana, instantâneos horizontais, de bombeamento usados de barco);

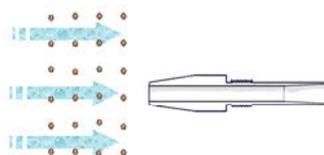


Figura 1: Orifício orientado contra corrente.

- Orifícios orientados em ângulo reto ao escoamento (Figura 2) (amostradores de bombeamento para operação fixa, equipamentos fixos registradores e instantâneos verticais).



Figura 2: Orifício orientado perpendicular ao escoamento.

Quando a coleta de amostra utiliza um amostrador automático é importante atentar para o fato de que uma amostra pontual pode não representar, por si só, a distribuição de sedimentos na seção transversal. Para que a amostra seja representativa, o bico de sucção deve ser posicionado num local adequado, inserido na região da corrente principal na seção. Colocando-o muito próximo do fundo, a

amostra pode conter um volume excessivo de sedimento, o que pode comprometer o funcionamento do equipamento.

Por outro lado, os equipamentos de medição direta da mistura água-sedimento em suspensão, de uso mais recente, utilizam tecnologia fotoelétrica ou nuclear para medir parâmetros relacionados com a concentração de sedimentos, tal como a turbidez.

Uma pesquisa conduzida pelo Subcomitê em Sedimentação, usando vários tipos de amostradores instantâneos, verificou algumas limitações importantes quanto ao uso desses equipamentos na medida da descarga sólida em suspensão. Isso se deve ao comportamento da velocidade na entrada do bocal, comprometendo o efeito isocinético de admissão da amostra (ASCE *et al.*, 1977).

De um modo geral, o amostrador provoca certa perturbação na corrente líquida no corpo hídrico onde está inserido. Apesar disso, o bocal deve permitir a entrada da amostra de tal forma que não se produza turbulência na região próxima da entrada.

Os amostradores do tipo integrador atendem às necessidades supracitadas, sendo assim os mais usados na análise da carga de sedimentos em suspensão.

Os amostradores e medidores da concentração de sedimento em suspensão podem ser classificados em 12 diferentes tipos, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Tipos de amostradores mais utilizados.

Tipos de amostradores	
Tubo comum vertical	Integrador
Instantâneo horizontal	Fotoelétrico
Instantâneo vertical	Nuclear
Garrafa	Ultra-sônico
Saca	Ultra-sônico de dispersão
Bombeamento	Eletrônico

No procedimento de amostragem, o amostrador de tubo comum vertical é deslocado verticalmente. Nesse movimento, o líquido objeto da amostra flui através do recipiente aberto. Uma vez alcançada a profundidade de coleta, um dispositivo

fecha as válvulas situadas nas extremidades do tubo e a amostra é aprisionada. Por seu manuseio simples, esse amostrador é bastante usado, principalmente em corpos hídricos de água parada, como lagos.

O amostrador horizontal de retenção instantânea consiste em um cilindro horizontal equipado com válvulas nas extremidades que podem ser fechadas automaticamente com o objetivo de aprisionar a amostra a uma profundidade previamente estabelecida (*Subcommittee on Sedimentation*, 1963).

O amostrador tipo instantâneo vertical realiza a coleta da amostra à medida que atravessa o ponto de amostragem, o que ocorre num espaço de tempo suficientemente curto. Nesse tipo de amostrador, um peso mensageiro é largado no cabo de suspensão, o que serve para acionar as válvulas das extremidades do recipiente que se fecham com a amostra.

O amostrador tipo garrafa, por sua vez, é o mais simples instrumento para amostragem. Pode ser uma simples garrafa ou qualquer outro recipiente com um dispositivo adequado para o seu deslocamento até o ponto de amostragem. Os amostradores tipo garrafa são providos com um dispositivo de entrada, denominado bico, cujo diâmetro pode variar entre 1/8" até o diâmetro da boca da garrafa. Os diâmetros de referência usados para os bicos são 1/8", 3/16" e 1/4". Durante a entrada da amostra, o ar contido na garrafa é extraído automaticamente pela diferença de pressão.

O amostrador de saca utiliza um recipiente de plástico flexível, o qual pode ser amassado com a retirada de ar. Assim, a admissão da amostra ocorre devido à diferença de pressão entre o meio externo e o interior da saca.

No amostrador com bombeamento, a amostra é coletada graças à ação do bombeamento produzido por uma bomba hidráulica, em geral do tipo peristáltica. A amostra é transferida através de uma mangueira instalada previamente no ponto de amostragem. Quando é utilizado um amostrador de coleta automática, é necessária uma calibração para que sejam validadas as amostras coletadas. Isso se deve ao fato de que as amostras são pontuais e não representam a condição real de concentração média de sedimentos em suspensão. A calibração, por sua vez, exige que sejam realizadas amostragem adotando o procedimento padrão de coleta e outra usando o equipamento automático ao mesmo tempo. Os dados obtidos permitem obter uma relação, ajustada entre os dois procedimentos, válida para as condições hidráulicas da seção transversal.

Os medidores que utilizam tecnologia fotoelétrica, nuclear, ultra-sônico ótico e ultra-sônico de dispersão medem *in situ* a concentração de sedimento em suspensão. Eles efetuam uma medição direta da carga sólida em suspensão presente no fluxo.

O medidor fotoelétrico relaciona a concentração de partículas de pequeno tamanho em suspensão no escoamento com a turbidez medida com base no efeito fotoelétrico. Pode ser usado em ambientes com transporte de sedimentos finos e baixa concentração, sendo o limite superior de aplicação de 5.000 mg/L. O desenvolvimento dos medidores fotoelétricos de turbidez é baseado no princípio de atenuação da luz transmitida através do líquido, necessitando de calibração periódica.

O medidor nuclear da concentração de sedimento usa radioisótopos e é também conhecido como traçador radioativo. Em geral, se baseia na absorção ou difusão de radiações eletromagnéticas pela matéria, medindo a densidade do sedimento na mistura água-sedimento.

O medidor ultra-sônico ótico permite a determinação da concentração de sedimento e sua granulometria média *in situ*. Para isso, são efetuadas leituras em dois medidores que refletem o efeito ultra-sônico e o efeito fotoelétrico, respectivamente. Os valores de concentração e granulometria média podem ser obtidos através do uso de gráficos calibrados em laboratório (YUQIAN *et al.*, 1983).

O medidor ultra-sônico de dispersão efetua a medida *in situ* em função da dispersão do ultra-som em partículas de sedimento em suspensão no fluxo. A velocidade das partículas finas e a concentração de sedimento são medidas simultaneamente com base na frequência e intensidade do sinal do efeito Doppler (YUQIAN *et al.*, 1983), onde esse efeito Doppler refere-se à mudança de frequência do sinal transmitido pelo sonar, causada pelo movimento relativo entre o aparelho e o material em suspensão da água sob a ação do feixe das ondas sonoras. Como o material em suspensão se desloca na mesma velocidade da corrente de água, a magnitude do efeito Doppler é diretamente proporcional à essa velocidade. Medindo-se a frequência dos ecos que retornam do material em suspensão e comparando-a com a frequência do som emitido. O ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) é um aparelho utilizado para medir a vazão dos cursos d'água através do efeito "Doppler" (Figura 3). Ele também pode ser utilizado para medir o seu movimento com relação

ao fundo do rio e a distribuição dos sedimentos em suspensão na seção de medição (Figura 4).

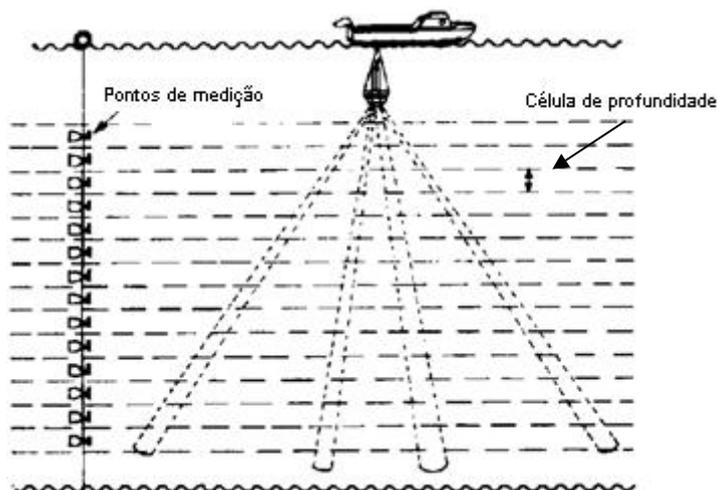


Figura 3: Técnica típica de uso do ADCP.

Fonte: Tiago Filho *et al.*, 1999

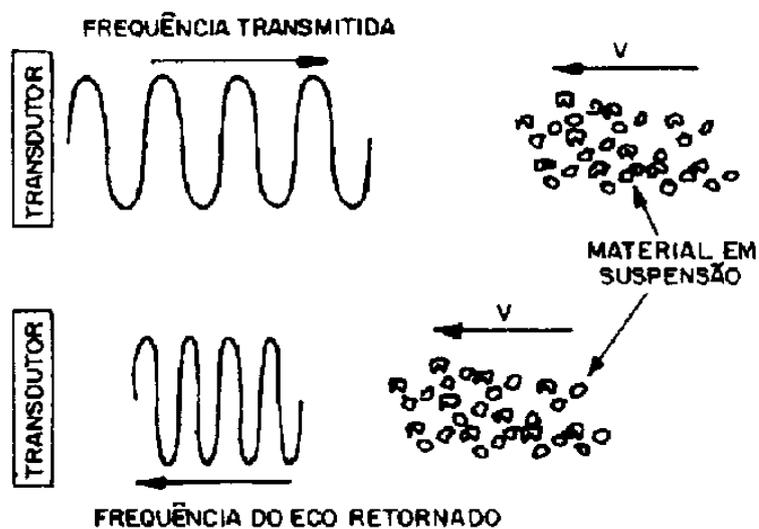


Figura 4: Mudança de freqüência causada pelo efeito Doppler.

Fonte: Tiago Filho *et al.*, 1999

O medidor eletrônico (Figura 5) usa uma cápsula que aprisiona o sedimento à medida que ele atravessa e simultaneamente registra o escoamento. Para isso, utiliza um módulo de controle eletrônico que realiza medições em tempos previamente estabelecidos. O medidor eletrônico faz a determinação *in situ* da

concentração de sedimentos utilizando sensores que medem a turbidez. Necessitam de calibragem periódica para cada seção de medição no curso d'água.



Figura 5: Analisador de Sólidos Suspensos e Turbidez TxPro-2.

Fonte: USE, 1996

De acordo com Carvalho (1994), os mais recentes equipamentos desenvolvidos em sedimentometria são os medidores ultra-sônicos óticos, ultra-sônicos de dispersão e amostradores de bombeamento com separação *in situ* da água e sedimento.

2.3. Amostradores da água

2.3.1. Coletor de amostras

Trata-se de um amostrador de coleta pontual, que realiza o bombeamento da amostra através de sucção manual. É usado em refinarias, coleta de efluentes, indústrias farmacêuticas, alimentícias e de mineração. Possui um êmbolo que gera um vácuo e a sucção do líquido. Oferece regularidade da quantidade amostrada.



Figura 6: Coletor de amostra.

Fonte: HDA, 2003

O coletor de amostras (Figura 6) possibilita a coleta de amostras de boa qualidade para serem analisadas segundo a norma ISO 4406. Para se obter amostras de forma adequada, devem ser adotados os procedimentos necessários para que a amostra não venha a ser contaminada.

2.3.1.1. Composição do conjunto coletor de amostra com bombeamento manual

O coletor de amostras com bombeamento manual (Figura 7) é um equipamento que, em sua composição, possui os seguintes itens:

- Bomba de vácuo;
- Contrapeso;
- Mangueira transparente (3 metros);
- Frascos de vidro com etiquetas para identificação de amostras;
- Caixa plástica para acondicionamento dos componentes citados acima.

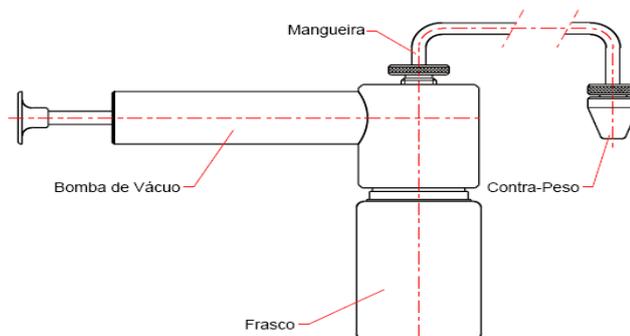


Figura 7: Componentes do coletor.

Fonte: HDA, 2003

2.3.1.2. Frascos

Os frascos fornecidos são lavados e secos, utilizando para isso, fluidos filtrados em membranas, garantindo assim, que após a coleta da amostra, as partículas nela contida, fiquem retidas na membrana.

2.3.1.3. Preparação

Na preparação do equipamento para a coleta de amostras devem ser seguidos os seguintes passos:

- Instalar um frasco na bomba;
- Instalar a mangueira na bomba, e nela o contrapeso;
- Instalar a mangueira, previamente limpa, e o contrapeso no reservatório de onde será colhida a amostra (Figura 8);
- Acionar a bomba até criar vácuo. Deixar a haste estendida até encher o frasco.

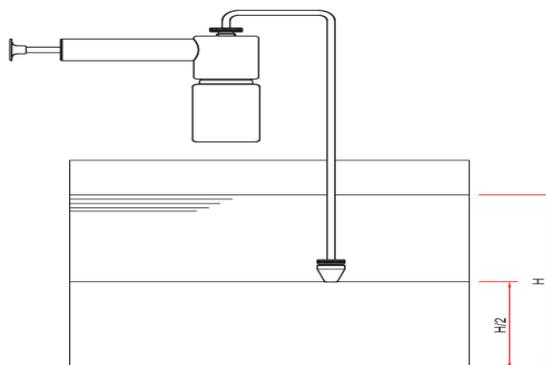


Figura 8: Condições de funcionamento do coletor.

Fonte: HDA, 2003

2.3.1.4. Amostra para teste

Após a preparação do equipamento, com cuidado de não remover o filme plástico protetor após a retirada da tampa, deve ser feito um furo no filme plástico com o próprio tubo e rosquear o frasco na bomba. Se o frasco não ficar bem apertado poderá ocorrer vazamento de ar e não será possível colher a amostra. Por fim, deve ser retirado o frasco da bomba e recolocado sua tampa.

A primeira amostra de cada reservatório deve ser descartada para evitar a influência de resíduos de óleo da amostra anterior ou contaminantes eventualmente depositados na mangueira.

2.3.2. Amostrador US DH-48

O amostrador US DH-48 (Figura 9) é do tipo leve, composto de um corpo hidrodinâmico em alumínio onde é fixada uma pequena garrafa de vidro. Esse conjunto é fixado a uma haste metálica graduada com 2 m de comprimento. Pode ser operado a vau em cursos d'água de pequena profundidade.



Figura 9: Coletor de amostra US DH-48.

Fonte: Davis, 2005

O US DH-48 é do tipo integrador na vertical, utiliza um bico de 1/4" e é usado em profundidades até 1,5 m para a coleta de amostra. O amostrador pesa aproximadamente 3 kg. A haste metálica é usada no deslocamento vertical do amostrador. Existem adaptações desse amostrador, com uso de sapata ou de um lastro e cauda alongada, para uso com guincho (DEJIA *et al.*, 1981).

2.3.3. Amostrador US DH-59

O amostrador US DH-59 (Figuras 10 e 11) foi fabricado para coleta de amostra de sedimentos em suspensão. É do tipo leve, usa garrafa e foi concebido para ser usado atrelado a um cabo de suspensão. Esse cabo pode ser operado a

vau a partir de uma ponte ou barco em rios com velocidade media até 1,5 m/s. É do tipo integrador na vertical, podendo ser usado em profundidades até 5 m e possui três bicos de entrada com 1/8", 3/16" e 1/4" de diâmetro, os quais são selecionados em função da profundidade e da velocidade da corrente. O amostrador é fundido em bronze e possui um formato hidrodinâmico (DEJIA *et al.*, 1981).



Figura 10: Coletor de amostra US DH-59.

Fonte: Davis, 2005

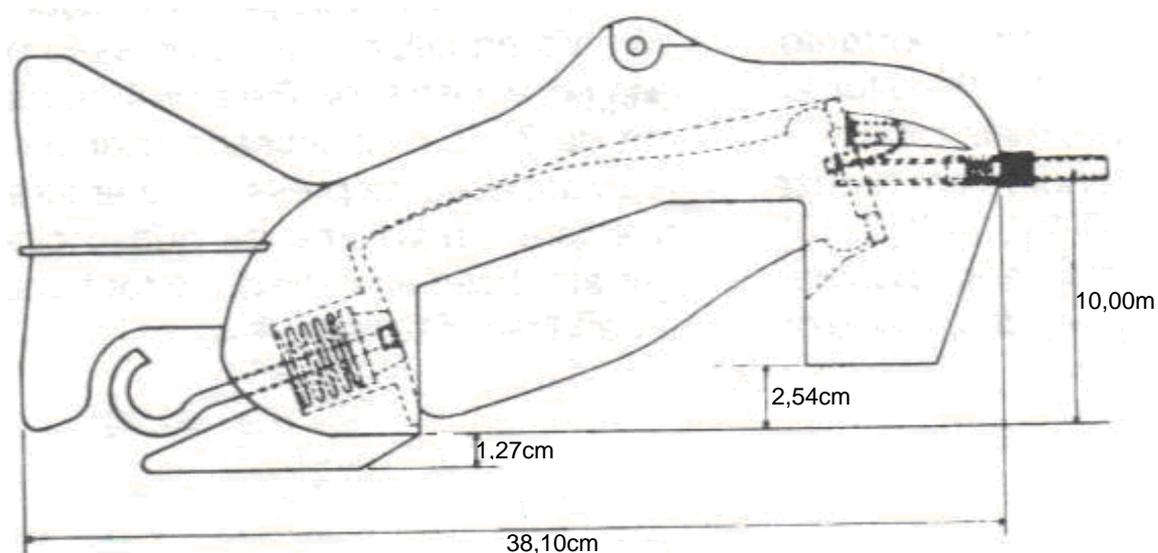


Figura 11: Dimensões do coletor de amostra US DH-59.

Fonte: CARVALHO, 1994

2.3.4. Amostrador de água GO-FLO modelo 1080

Os amostradores Go-Flo (Figura 12) são usados na coleta de amostras em ambientes aquáticos e permite a determinação de parâmetros como produtividade primária, clorofila, fito-plâncton total, entre outros. A válvula do amostrador abre automaticamente pela ação da pressão hidrostática a aproximadamente 10 metros de profundidade. Com a abertura, o líquido é admitido para dentro do amostrador.



Figura 12: Amostrador de água Go-Flo modelo 1080.

Fonte: LUNUS, 1996

Uma vantagem importante está no fato de que a Garrafa Go-Flo evita algumas possibilidades de contaminação e saída da amostra durante o procedimento de coleta a uma determinada profundidade.

2.3.5. Amostrador automático ISCO Série 6712 full size

O amostrador automático ISCO Série 6712 (Figura 13) é um equipamento de coleta de amostras fabricado com material altamente resistente às agressões do meio ambiente e tem seus dados gerais apresentados na Tabela 2. Permite a coleta de amostras, através de uma bomba peristáltica (especificações na Tabela 3), com volume variando entre 10 e 9.990 ml. O acoplamento de outros tipos de equipamentos automáticos permite a medição de variáveis importantes durante a amostragem, tais como pluviógrafo, sensor ultra-sônico, entre outros. Realiza coleta de amostras simples ou compostas, onde a amostra composta é aquela formada pela combinação de todas as amostras simples, ou subamostras, que pertencem a

uma amostragem ou medição. Apresenta uma ampla gama de aplicações, podendo ser usado em diversos tipos de ambientes, tais como na amostragem de efluentes industriais, domésticos ou em corpos d'água urbanos.



Figura 13: Amostrador de água ISCO Série 6712 full size.

Fonte: ISCO, 2004

O amostrador ISCO pode ser programado para realizar coleta de amostras simples ou compostas em intervalos de tempo pré-definidos pelo usuário.

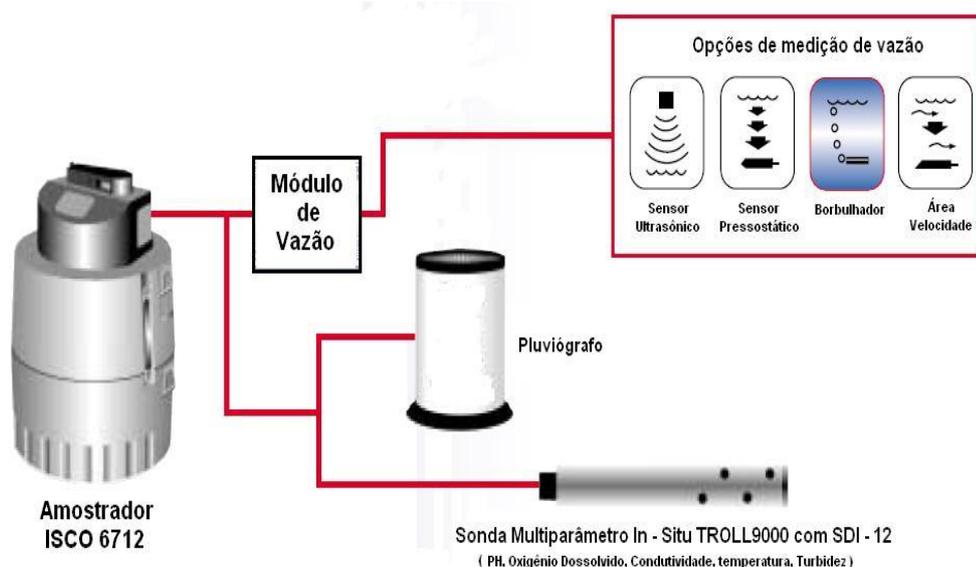


Figura 14: Possibilidades de configuração do amostrador ISCO 6712 full size.

Fonte: Clean Environment Brasil, 2004

O estabelecimento de um determinado padrão de amostragem é feito dependendo dos objetivos do estudo, em função de variações de vazão, alterações dos parâmetros físico-químicos do efluente (pH, temperatura e oxigênio dissolvido), ou em função de chuvas, pois ele tem entradas para vários tipos acessórios (Figura 14).

O Amostrador ISCO 6712 *full size* permite a comunicação com equipamentos externos via conexão digital e possui um *datalogger* (sistema de registro e armazenamento de dados) com capacidade de 4 MB, permitindo o armazenamento de dados de vazão, parâmetros do efluente e índices pluviométricos. O controlador 6712, cujos dados estão apresentados na Tabela 4, é um registrador de dados SDI-12 poderoso, que possui uma interface simples e de fácil manuseio (Figura 15), e pode ser conectado a vários tipos de sensores ambientais.



Figura 15: Interface do ISCO 6712 *full size*.

Fonte: Clean Environment Brasil, 2004

A série 6712 possibilita diversas formas de coleta da amostra (Figura 16), disponibiliza também versões portáteis refrigeradas com gelo e refrigeradas eletricamente. Podem ser usados na amostragem de efluentes industriais, redes de esgoto e controle de desempenho de estações de tratamento de esgoto e efluentes.



Figura 16: Possibilidades de coleta de amostra.

Fonte: ISCO, 2004

2.3.5.1. Aplicações

O equipamento ISCO Série 6712 *full size*, pode ser utilizado para vários tipos de aplicações:

- Efluentes industriais;
- Monitoramento de escoamento de águas superficiais;
- Controle de descargas de efluentes;
- Avaliação de desempenho em estações de tratamento de esgoto e efluentes;
- Monitoramento em estações de tratamento preliminar.

2.3.5.2. Acessórios

Os amostradores série 6712 podem ser conectados com vários equipamentos auxiliares, via conexão SDI-12.

- Medidores de Vazão (ultra-sônico, pressostático, borbulhador ou área-velocidade) em Calhas Parshall, canais abertos ou tubulações;
- Sondas multiparamétricas para qualidade de água;
- Pluviógrafo;
- Sistemas de telemetria SCADA;
- Alimentação por energia solar;
- Comunicação 4 - 20 mA;
- Alarmes por SMS via celular;
- Conexão com *laptop*.

2.3.5.3. Especificações

Neste item, serão mostradas algumas especificações do equipamento, como: dados gerais, dados da bomba peristáltica AWG200 e do controlador

Tabela 2: Especificações gerais do equipamento ISCO 6712 *full size*.

Dados gerais	
Refrigeração	Gelo
Dimensões	68,6 × 50,7 cm
Peso líquido	15 kg
Material	Fibra de Vidro
Alimentação	Bateria 12 VDC

Tabela 3: Dados da bomba do equipamento ISCO 6712 *full size*.

Bomba peristáltica	
Capacidade de sucção	7,9 m ao nível do mar
Variância	± 10 ml
Velocidade de fluxo em função da altura de sucção	0,76 m/s a 3,10 m

Tabela 4: Dados do controlador do equipamento ISCO 6712 *full size*.

Controlador	
Peso	5,9 kg
Dimensões	26,0 × 31,7 × 25,4 cm
Temperatura operacional	0 a 49 °C
Classificação de segurança	NEMA 4X, 6 IP67
Memória de programação	ROM não volátil
Conexão para interface	8 pin connector; RS-232 a 2400 bps em ASCII; SDI-12.
Frequência de amostragem	1 min a 99 h 59 min em incrementos de 1 min ou em horários programados
Volume por amostragem	de 10 a 9.990 ml

2.3.6. Liquiport 2000 (L2000)

2.3.6.1. Função e projeto do sistema

O Liquiport 2000 (Figura 17) é um amostrador portátil para a amostragem automatizada. O amostrador é alimentado por bateria portátil com amostragem controlada por tempo, fluxo ou evento em meio líquido de 20 a 9.999 ml, usando bomba peristáltica. A operação é orientada por menu com “Configuração rápida”, duas entradas / saídas digitais, e uma entrada analógica. O equipamento L2000 possui um diâmetro externo de 480 mm, altura de 700 mm (Figura 18) e peso vazio de aproximadamente 19 kg; atende a uma altura da amostragem de 6 m a no máximo 8 m e uma distância de transporte de no máximo 30 m. Possui a conexão da mangueira com diâmetro de 10 mm e comprimento da mangueira de sucção variando entre 6 e 8 m, com diâmetro de 10 mm.



Figura 17: Amostrador Liquiport 2000.

Fonte: Hobeco, 2006

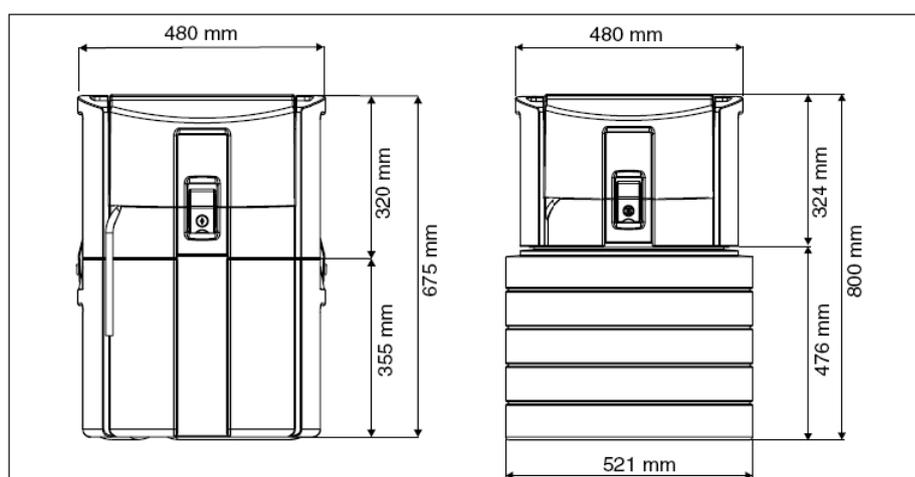


Figura 18: Dimensões do Liquiport 2000.

Fonte: Hobeco, 2006

2.3.6.1.1. Princípio de amostragem

Uma bomba peristáltica (Figura 19) é usada para succionar e dosar o líquido de amostragem. A mangueira da bomba é periodicamente apertada por roletes que correm ao longo da circunferência da mesma, gerando assim um efeito de bomba. O sistema de detecção do meio controla o cálculo do volume eletrônico.

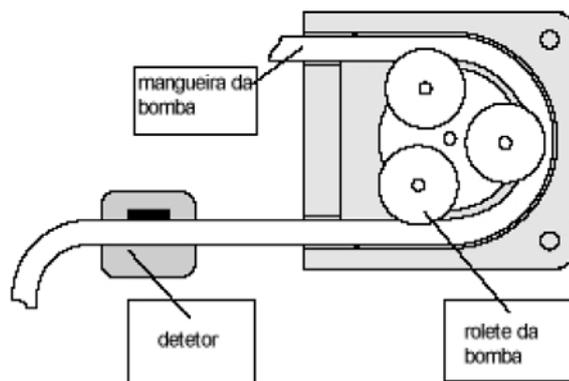


Figura 19: Vista detalhada da bomba do Liquiport 2000.

Fonte: Hobeco, 2006

A amostragem acontece em três etapas, como mostrado na Figura 20.

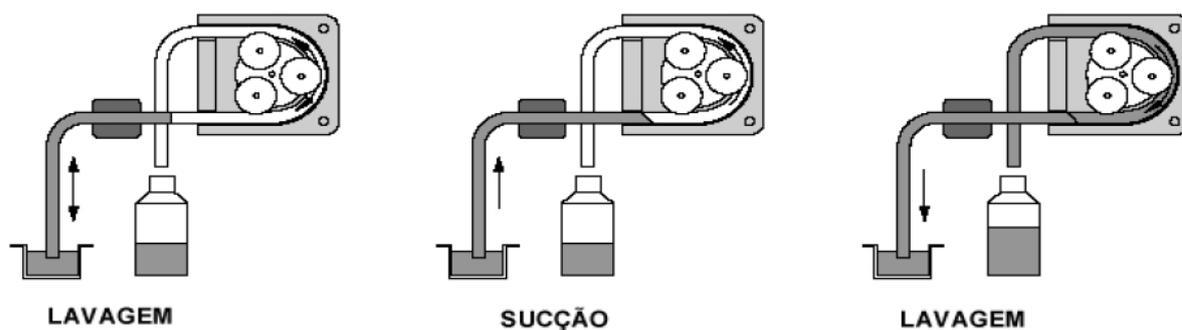


Figura 20: Detalhe dos processos de funcionamento da bomba.

Fonte: Hobeco, 2006

- Levantamento da linha de sucção: o líquido de amostragem é sugado até que o sistema de detecção do meio seja disparado. Então a bomba corre para trás e empurra o líquido de volta ao ponto de amostragem. O processo de levantamento pode ser repetido até três vezes.

- Sucção do líquido de amostragem: o líquido de amostragem é sugado do ponto de amostragem para o amostrador e o volume da amostra é calculado eletronicamente.

- Esvaziamento da linha de sucção: após a amostragem, o líquido deixado na linha de sucção é bombeado de volta ao ponto de amostragem.

2.3.6.1.2. Distribuição e preservação da amostra

O líquido de amostragem é distribuído nos frascos individuais através da rotação do tubo de distribuição. Além do recipiente de 20 litros, várias distribuições de frascos estão disponíveis. A versão de distribuição pode ser substituída facilmente sem a necessidade de ferramentas.

O Liquiport 2000 permite a configuração flexível da distribuição da amostra. Os frascos individuais e grupos de frascos podem ser livremente definidos para os principais programas de comutação e eventos (Figura 21).

Os frascos de amostra estão localizados no compartimento inferior do amostrador.

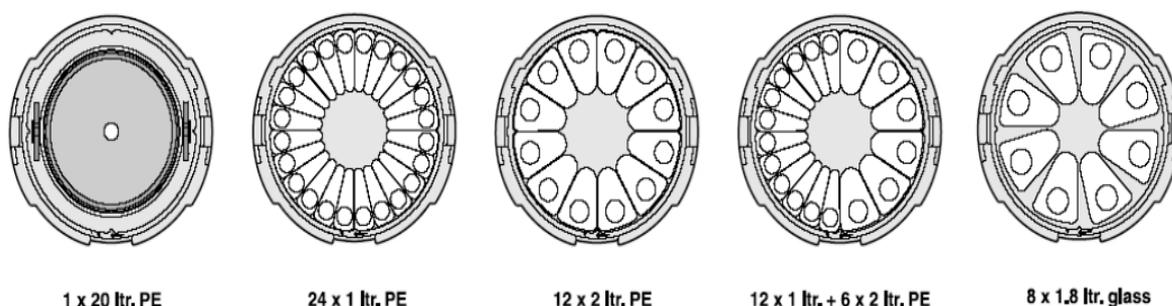


Figura 21: Local de armazenagem das amostras.

Fonte: Hobeco, 2006

Eles podem ser resfriados com gelo. O compartimento inferior do amostrador pode ser selado com uma tampa e transportado separadamente da seção superior do amostrador.

2.3.6.1.3. Resfriamento da amostra (opcional)

O Liquiport 2000 pode ser equipado com um compartimento de resfriamento de aço inoxidável, como uma opção. Isso significa que as amostras podem ser armazenadas por 48 horas a +4 °C, mesmo sem qualquer fonte de alimentação.

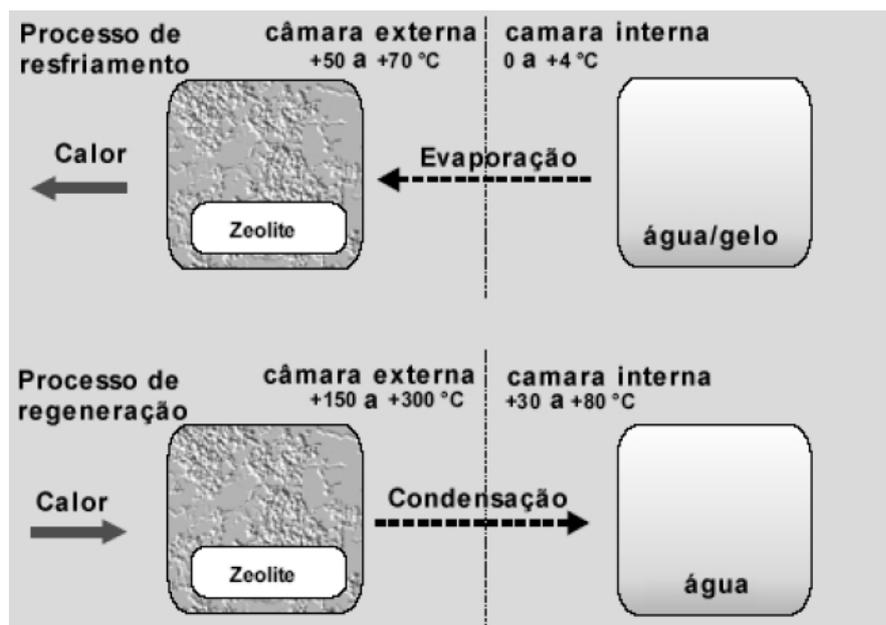


Figura 22: Processo de resfriamento das amostras.

Fonte: Hobeco, 2006

O recipiente de resfriamento da amostra do Liquiport 2000 possui Zeolite na parte mais externa dos dois compartimentos conectados através de uma válvula. O Zeolite, um mineral natural, absorve vapor d'água, incorporando-o em sua estrutura interna, enquanto libera grandes quantidades de calor ao mesmo tempo. Como resultado do resfriamento por evaporação, energia é tomada da água no compartimento mais interno. A água esfria dramaticamente e congela para formar gelo. Este é o processo usado para resfriar as amostras (Figura 22). Depois do ciclo de resfriamento, o tanque de resfriamento é regenerado em um forno especial e então usado novamente para resfriamento.

2.4. Tabela comparativa dos amostradores da água

A Tabela 5 apresenta um resumo contendo as vantagens e desvantagens no uso dos equipamentos citados no estudo.

Tabela 5: Estudo comparativo dos equipamentos disponíveis no mercado.

Tipos de equipamentos	Princípio de funcionamento	Vantagens	Desvantagens
Coletor de amostras	O coletor de amostras e uma amostrador pontual.	Durante a coleta ocorre a separação do sedimento através de uma membrana situada na entrada do recipiente.	É um amostrador pontual de uso manual.
	Funciona por uma sucção manual através de um êmbolo ocasionando a coleta da amostra.		Coleta uma amostra por campanha.
US DH-48	O amostrador US DH-48 é um amostrador integrador na vertical. As amostras devem ser coletadas de forma que o tempo de coleta para a descida e subida do amostrador seja o mesmo, enchendo aproximadamente 3/4 da garrafa de coleta.	Amostrador US DH-48, com denominação nacional AMS-1, é integrador na vertical para profundidades de até 1,5 metros, para coleta de amostra em suspensão.	É um amostrador integrador na vertical de uso manual.
			Coleta uma amostra por campanha.
			É limitado para coletas até 1,5 m.
			O amostrador pesa aproximadamente 3 kg; a haste metálica é usada no deslocamento vertical do amostrador.
US DH-59	O amostrador US DH-59 é um amostrador integrador na vertical. As amostras devem ser coletadas de forma que o tempo de coleta para a descida e subida do amostrador seja o mesmo, enchendo aproximadamente 3/4 da garrafa de coleta.	Amostrador US DH-59, com denominação nacional AMS-3, com o mesmo sistema de funcionamento que o AMS-1, porém para profundidades de até 5 metros e com velocidades até 1,5 m/s.	É um amostrador integrador na vertical de uso manual.
			Coleta uma amostra por campanha.
			É limitado para rios com velocidades de 1,5 m/s e coleta até 5,0 m.
Garrafa Go-Flo modelo 1080	A garrafa Go-Flo abre automaticamente a 10 m de profundidade, a água flui pelo interior do amostrador até o seu fechamento pelo mensageiro. Gás inerte pode ser injetado para dentro da garrafa para forçar a saída da amostra diretamente pela válvula de filtragem.	A Garrafa Go-Flo evita a contaminação da amostra na superfície, a contaminação interna pela mola, a perda de amostra no convés (lacs internos) e a troca de água de diferentes profundidades.	A garrafa Go-Flo só realiza uma coleta por campanha.
			Tem seu funcionamento ativado a uma profundidade de 10 m.

Tabela 5 (continuação): Estudo comparativo dos equipamentos disponíveis no mercado.

Tipos de equipamentos	Princípio de funcionamento	Vantagens	Desvantagens
<p>Amostrados automático ISCO série 6712 full size</p>	<p>O amostrador automático ISCO Série 6712 <i>full size</i> é um equipamento de coleta de amostras feito de um material altamente resistente às agressões do meio ambiente. Permite coletar um volume de amostras entre 10 a 9.990 ml e também o acoplamento de vários acessórios que ajudam na coleta, tais como: pluviógrafo, sensor ultrassônico, sonda de multiparâmetros.</p>	<p>Esse equipamento pode ser programado para coletar amostras simples ou compostas em intervalos de tempo pré-estabelecidos em função de variações de vazão, alterações dos parâmetros físico-químicos do efluente (pH, temperatura e oxigênio dissolvido), ou em função de chuvas, pois ele tem entradas para vários tipos acessórios.</p>	<p>Seu funcionamento em conjunto com uma bomba peristáltica limita a coleta de sedimentos até 40% do diâmetro da mangueira da bomba.</p>
<p>Liquiport 2000</p>	<p>O Liquiport 2000 é um amostrador portátil para a amostragem automatizada de material líquido, é alimentado por bateria portátil com amostragem controlada por tempo, fluxo ou evento em meio líquido de 20 a 9.999 ml, usando bomba peristáltica. A operação é orientada por menu com "Configuração rápida", duas entrada/saída digitais e uma entrada analógica.</p>	<p>As partes que transportam materiais podem ser montadas facilmente e sem ferramentas para limpeza fácil e manutenção.</p> <p>O compartimento do amostrador pode ser selado e carregado separadamente para transporte fácil e seguro da amostra.</p> <p><i>Datalogger</i> integrado para registro dos valores medidos e dados estatísticos de amostra.</p> <p>Resfriamento Zeolite (opcional) para resfriamento alimentado por bateria e de amostra móvel.</p>	<p>A sucção de partículas sólidas fica limitada a sedimentos com o diâmetro de 40% do diâmetro da mangueira, devido a seu funcionamento em conjunto com uma bomba peristáltica.</p>

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Metodologia

O equipamento coletor de amostras proposto neste estudo pode ser descrito considerando os componentes básicos que o integram: (a) sistema hidráulico; (b) sistema de controle automático. O sistema hidráulico é formado basicamente por uma bomba hidráulica do tipo peristáltica, bateria 12 Volts, sistema de distribuição formado por tubulação e conexões em PVC, mangueiras e válvulas solenóides. O sistema de controle automático, por sua vez, é formado por dois componentes: um sistema de aquisição e armazenamento de dados e outro sistema destinado ao gerenciamento do comando na coleta de amostras. Um esquema básico dos componentes do protótipo encontra-se na Figura 23.

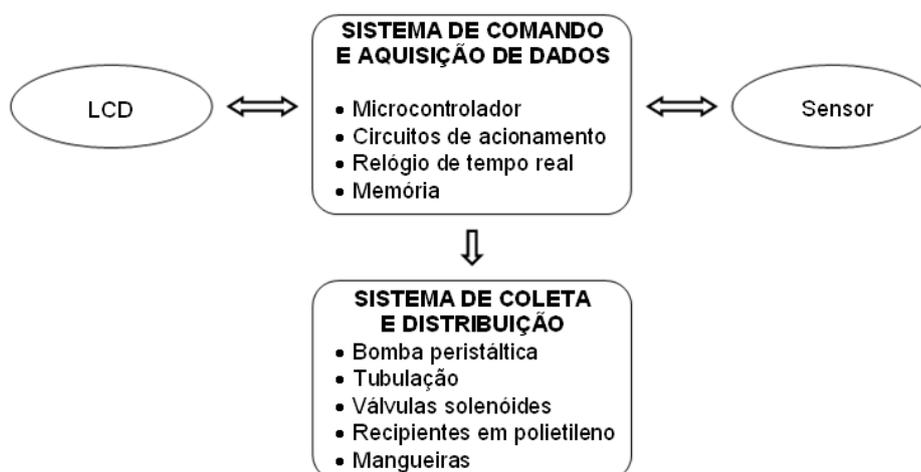


Figura 23: Esquema dos componentes básicos do protótipo de amostrador.

No desenvolvimento da pesquisa, a etapa inicial consistiu nos estudos de alternativas visando a concepção de um layout que atendesse às necessidades de um protótipo de amostrador automático de coleta de amostras em sistemas hídricos. O equipamento deveria apresentar funcionalidade, eficiência, facilidade de operação e portabilidade. Uma vez definidos o *layout* e os componentes básicos do protótipo, deu-se início a aquisição e confecção dos componentes físicos, elétricos e eletrônicos, obedecendo a um cronograma previamente estabelecido.

Assim, uma vez concluído o desenvolvimento do equipamento, foi dado início a etapa relativa aos testes em laboratório, com a finalidade de avaliar o

funcionamento do mesmo. Finalizando o seu desenvolvimento, foi elaborado um manual de usuário (Anexo 1) visando fornecer informações básicas de funcionamento e da interface com o usuário.

O projeto do equipamento constituiu-se dos seguintes componentes básicos:

- Bomba hidráulica peristáltica;
- Bateria 12V;
- Sistema de distribuição (tubulação em PVC e válvulas solenóides);
- Sistema de controle e de aquisição de dados;
- Tubulação de sucção com válvula de pé e crivo;
- Tubulação de descarga;
- Sensor ultra-sônico.

3.2. Descrição do amostrador

O amostrador automático possui um formato cilíndrico, foi feito de acrílico de 6 mm de espessura, apresentando 0,72 m de altura e 0,36 m de diâmetro, conforme esquema apresentado na Figura 24. Os desenhos e o detalhamento do equipamento estão apresentados no Anexo 3.

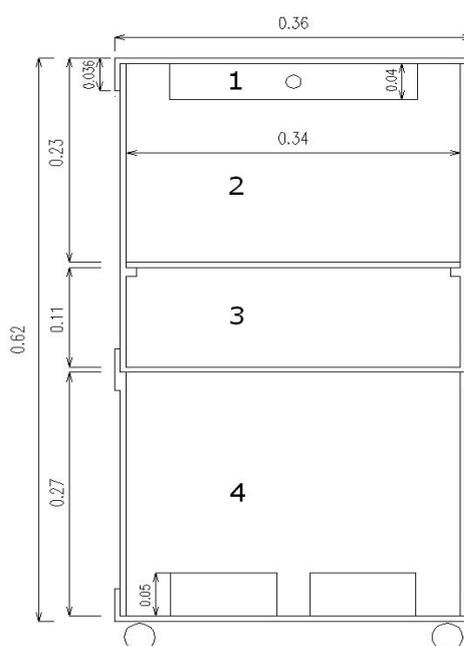


Figura 24: Dimensões e divisão dos estágios do amostrador automático.

O corpo interno do amostrador foi dividido em 4 Estágios, conforme esquema da Figura 24. O Estágio 1 está fixado na parte interna da extremidade superior do corpo do equipamento (Figura 25). Para isso, foi confeccionada uma caixa em acrílico onde foram instalados os componentes eletrônicos responsáveis pelo acionamento, medição, coleta de amostras, interface com o usuário e sistema de aquisição de dados.

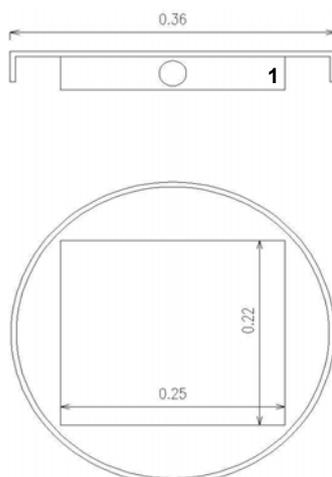


Figura 25: Estágio 1.

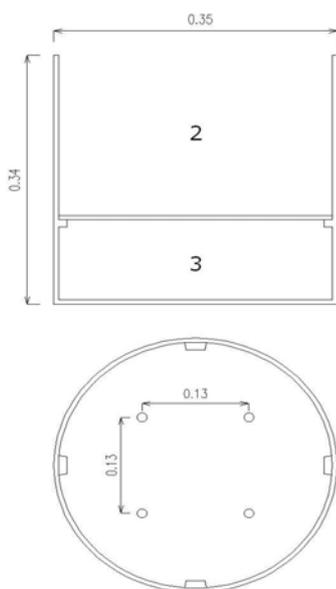


Figura 26: Estágios 2 e 3.

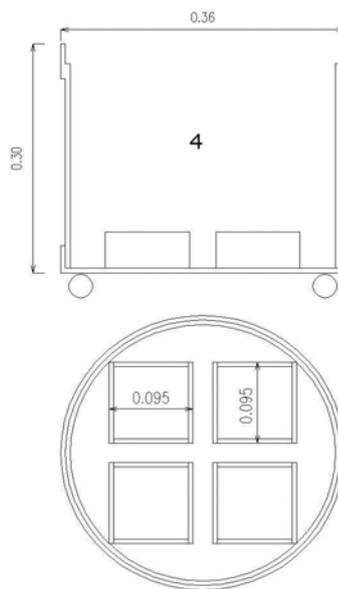


Figura 27: Estágio 4.

No Estágio 2 (Figura 26), estão instaladas a bomba peristáltica e a bateria 12V. Na parede do amostrador foram instaladas as peças de conexão com o meio externo, que são as seguintes: (a) conexão com o carregador da bateria 12 V; (b)

conexão com o sensor ultra ultra-sônico e (c) conexão com um PC, que possibilita a programação da amostragem pelo usuário. Além disso, no estágio 2 foi instalada uma conexão, feita em polietileno, que está acoplada à mangueira de sucção.

No Estágio 3 (Figura 26), foram instalados o circuito de distribuição de amostra e a tubulação de descarga. Esse circuito é composto de conexões em PVC rígido, diâmetro 3/4", cuja finalidade é transferir a amostra a um dos 4 recipientes receptores. Além disso, a tubulação de descarga permite a limpeza prévia do sistema de tubulação sempre que forem realizados os procedimentos de coleta de amostra.

No Estágio 4, por sua vez, (Figura 27) foram instalados os suportes de fixação das garrafas receptoras das amostras. Para isso, foi confeccionado em acrílico um sistema de colméia para fixar quatro garrafas de polietileno, com capacidade de 1,95 litros, destinadas ao armazenamento da amostra.

Uma vez terminado o procedimento de amostragem, o acesso aos recipientes contendo as amostras é feito com o desacoplamento da parte superior do equipamento (Estágios 1, 2 e 3 mencionadas anteriormente), acoplada ao Estágio 4.

3.2.1. Funcionamento do amostrador

O amostrador poderá funcionar obedecendo dois padrões básicos definidos pelo usuário. São eles:

a) coleta de amostra por variação na altura da lâmina de água do corpo hídrico; acionamento do amostrador obedecendo a uma variação repentina de nível do corpo hídrico associada à passagem de uma onda de cheia. Uma vez estabelecido o padrão de amostragem pelo usuário, o equipamento inicia o seu funcionamento obedecendo às seguintes etapas:

- Sucção do líquido objeto de amostragem;
- Transferência do líquido até a garrafa de armazenamento;
- Limpeza da tubulação antes de cada procedimento de coleta, com a descarga do líquido que se encontra no circuito de distribuição.

b) coleta de amostra por variação de tempo; acionamento do amostrador obedecendo a um intervalo de tempo programado pelo usuário (não depende de variação de nível). Uma vez estabelecido o padrão de amostragem pelo usuário, o equipamento inicia o seu funcionamento.

3.2.2. Perda de carga no amostrador

A determinação da perda de carga produzida pelo amostrador foi feita considerando uma vazão igual a $2,32 \times 10^{-5}$ m/s e aplicando a fórmula universal de perda de carga (Silvestre, 1979).

$$\Delta h = \sum k \frac{V^2}{2g} + \frac{f V^2 L}{2g d} \quad (1)$$

onde: f é o coeficiente de atrito;

V é a velocidade média do escoamento;

L é o comprimento da tubulação;

d é o diâmetro da tubulação;

g é a aceleração da gravidade.

A equação de Swamee-Jain (2) foi aplicada no cálculo do coeficiente de atrito (Porto, 2006).

$$f = \frac{0,25}{\left[\log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3,7 d} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (2)$$

onde: ε é a rugosidade, considerado igual a 0,008 por ser PVC;

d é o diâmetro da tubulação;

Re é o número de Reynolds.

O número de Reynolds é dado pela seguinte equação (Silvestre, 1979):

$$\text{Re} = \frac{V d}{\nu} \quad (3)$$

onde: V é a velocidade média do fluido;

d é o diâmetro interno da tubulação;

ν é a viscosidade cinemática do fluido ($\nu = 1,01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$).

- Componentes

A parte hidráulica do equipamento foi composta dos componentes citados a seguir:

- Bomba peristáltica;
- Válvula de pé com crivo;
- Tubulação de distribuição (PVC);
- Mangueira de sucção ($L = 8 \text{ m}$);
- Tubulação de distribuição (PVC).

- Perda de carga na sucção

Com base em uma vazão de $2,32 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$, foi calculada a velocidade para o trecho da sucção utilizando a equação da continuidade, conforme apresentado a seguir:

$$V = \frac{4 \times 2,32 \times 10^{-5}}{0,0125^2 \pi} \Rightarrow V = 0,1889 \text{ m/s}$$

O sistema de sucção é composto de um sistema formado por um conjunto de tubulações e conexões de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6: Conexões na linha de sucção.

Conexão	Quantidade	K	Total
Nipel 3/8"	2	0,05	0,10
Redução 3/4" para 1/2"	1	0,44	0,44
Válvula de pé com crivo 3/4"	1	5,60	5,60

- Perda de carga no recalque

O sistema de recalque é composto de um sistema de tubulação com diâmetros diferentes. O primeiro trecho, cujas conexões estão apresentadas na Tabela 7, situado entre a saída da bomba e o início da tubulação de distribuição, tem diâmetro interno de 1/2", igual ao da tubulação de sucção, possuindo assim as mesmas propriedades físicas. O trecho seguinte é formado pelo circuito de distribuição, com diâmetro interno de 3/4". Com isso temos que, a perda de carga total no recalque é igual a soma das perdas do primeiro e segundo trecho de acordo com a equação (4).

$$h_r = h_{rI} + h_{rII} \quad (4)$$

Tabela 7: Conexões situadas no primeiro trecho do recalque.

Conexão	Quantidade	K	Total
Joelho 90° de 3/8"	1	1,10	1,10
Nipel 3/8"	1	0,05	0,05
Redução 1/2" para 3/4"	1	0,55	0,55

No segundo trecho ocorre uma redução da velocidade devido ao aumento do diâmetro da tubulação. Assim, com base em uma vazão de $2,32 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$, foi calculada a velocidade para este trecho utilizando a equação da continuidade, conforme apresentado a seguir:

$$V = \frac{4 \times 2,32 \times 10^{-5}}{0,01875^2 \pi} \Rightarrow V = 0,0839 \text{ m/s}$$

Assim, se consideramos a abertura de apenas uma das válvulas situadas na entrada do sistema de distribuição (válvula 1 ou válvula 2), é possível estimar as perdas produzidas com base nas peças, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8: Conexões do segundo trecho (válvula 1 ou válvula 2 aberta).

Conexão	Quantidade	K	Total
Cruzeta 3/4" passagem lateral	1	2,40	2,40
Joelho 90° de 3/4"	1	1,20	1,20
Nipel 3/4"	1	0,07	0,07
Saída de tubulação 1/2"	1	1,00	1,00
Válvula Solenóide	1	1,10	1,10

De forma semelhante, se for considerada a abertura de uma das duas válvulas situadas após as válvulas 1 e 2 (válvula 3 ou válvula 4), teremos, uma estimativa das perdas produzidas com base nas peças apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9: Conexões do segundo trecho (válvula 3 ou válvula 4 aberta).

Conexão	Quantidade	K	Total
Cruzeta 3/4" passagem direta	1	0,80	0,80
Cruzeta 3/4" passagem lateral	1	2,40	2,40
Joelho 90° de 3/4"	1	1,20	1,20
Nipel 3/4"	3	0,07	0,21
Saída de tubulação 1/2"	1	1,00	1,00
União 3/4"	1	0,07	0,07
Válvula Solenóide	1	1,10	1,10

Assim, considerando que apenas a válvula de limpeza esteja aberta (válvula 5), teremos uma estimativa das perdas com base nas conexões, como apresentado na Tabela 10.

Tabela 10: Conexões do segundo trecho (válvula 5 aberta).

Conexão	Quantidade	K	Total
Cruzeta 3/4" passagem direta	2	0,80	1,60
Joelho 90° de 3/4"	1	1,20	1,20
Nipel 3/8"	1	0,05	0,05
Nipel 3/4"	3	0,07	0,21
Saída de tubulação 1/2"	1	1,00	1,00
União 3/4"	1	0,07	0,07
Válvula Solenóide	1	1,10	1,10

Com base na análise apresentada anteriormente, foi possível estimar as perdas de carga produzidas pelo amostrador para cada situação de funcionamento. Dessa forma, foram obtidas as perdas de carga produzidas no seu funcionamento, as quais estão apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11: Quadro de resumo das perdas totais no amostrador.

Condição de abertura	Perda de Carga Δh		
	Sucção	Recalque	Total
Válvula 1	0,0318	0,0062	0,0380
Válvula 2	0,0318	0,0062	0,0380
Válvula 3	0,0318	0,0066	0,0383
Válvula 4	0,0318	0,0066	0,0383
Válvula 5	0,0318	0,0072	0,0390

Como pode ser observado na Tabela 11, a perda de carga total produzida no equipamento é pequena, o que está associado às baixas velocidades no interior das tubulações. Além disso, a situação mais desfavorável, em termos de perda de carga, encontra-se na condição de abertura da válvula 5, sendo a situação de menor perda de carga aquela em que as válvulas 1 ou 2 estão em operação. Nesse sentido, considerou-se a condição mais desfavorável de funcionamento hidráulico do equipamento para proceder à determinação do ponto de funcionamento do sistema de recalque.

3.3. Descrição dos componentes do amostrador

Neste tópico será feita uma descrição dos componentes do equipamento. Os diversos componentes do equipamento foram adquiridos no mercado nacional.

3.3.1. Bomba hidráulica peristáltica modelo AWG200

3.3.1.1. Princípio de funcionamento

O funcionamento dessa bomba é baseado no sistema peristáltico, o qual consiste em transportar o fluido através de um elemento tubular pela ação mecânica de uma câmara circular, esmagada por roletes impulsores (Figura 28) que giram em torno de um eixo a baixa velocidade.

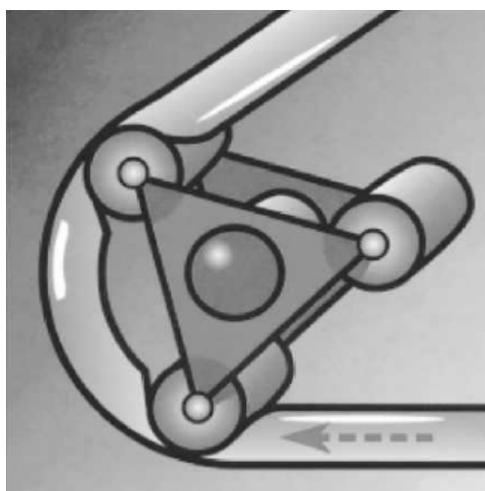


Figura 28: Detalhe dos roletes provocando sucção.

Fonte: Vallair, 2008

O movimento dos roletes produz o esmagamento progressivo do elemento tubular até conseguir uma total vedação do mesmo. Dessa forma, o fluido é bombeado num movimento ascendente. Após a passagem dos roletes, o tubo volta à posição inicial e é novamente preenchido com o fluido, o qual novamente será impulsionado pelo outro rolete dando assim seqüência à operação.

Neste tipo de máquina hidráulica, o contato entre o rolo impulsor e o elemento tubular ocorre de maneira suave e tangencial, razão pela qual as partículas sólidas maiores que $1/3$ do diâmetro do tubo tendem a ser afastadas do rolete, para frente ou para trás, sem danos para as mesmas. A bomba é acoplada por meio de um eixo a um pequeno motor, que é acionado por uma bateria 12 V.

3.3.1.2. Características da bomba peristáltica modelo AWG200

A característica principal da Bomba Peristáltica modelo AWG200 (Figura 29) é poder trabalhar a seco, sem lubrificantes. Nela, o pressionamento controlado do elemento tubular, através dos roletes montados no braço porta-rolete (Figura 30) evita o desgaste da mangueira interna da bomba.



Figura 29: Vista da bomba AWG200.

O rendimento da bomba depende da velocidade de rotação dos cilindros, que comprimem a mangueira de silicone, e das suas características de

funcionamento. O aumento da elasticidade da mangueira proporcionará um aumento da sua capacidade.

3.3.1.3. Construção

A bomba, em seu interior (Figura 30), é composta por:



Figura 30: Detalhe interno da bomba AWG200.

Fonte: Provitec, 2005

1. Cabeçote: tem a função de guiar a mangueira do cartucho hidráulico;
2. Mangueira: conduz o fluido a ser dosado;
3. Roletes: montados no braço porta-rolete, que pressionam a mangueira do cartucho hidráulico contra o cabeçote e com isso succiona o fluido;
4. Eixo central da bomba: que gira o braço porta-rolete;
5. Conexão para a mangueira de sucção da bomba (entrada da bomba);
6. Conexão para mangueira de recalque da bomba (saída da bomba).

As partes da bomba que possuem movimento rotacional são o eixo central, braço porta-rolete e os próprios roletes. O cartucho hidráulico e o cabeçote são fixos.

3.3.1.4. Vantagens da bomba peristáltica

Este tipo de bomba é usado comumente em equipamentos automáticos de coleta de amostras. A principal vantagem está em que neste tipo de sistema não ocorre contato com a amostra, o que evita a sua contaminação. A amostra recolhida

não entra em contacto com nenhum componente da bomba, exceto com a mangueira interna, facilmente substituída quando necessário.

- O produto, que desliza no interior do tubo, não entra em contato com os componentes da bomba e, portanto, não ataca quimicamente a máquina;
- A câmara de bombeamento não é preenchida com lubrificantes que poderiam contaminar o produto, caso o mangote se rompa, o que facilita a sua manutenção;
- Reposição fácil somente do tubo quando houver desgaste natural;
- A velocidade de bombeamento e a variação do movimento podem ser facilmente reguladas;
- É uma bomba volumétrica auto-escorvante e pode funcionar a seco, sem danos;
- Fácil lubrificação com spray ou graxa de silicone;
- Reversibilidade do fluxo sem variação do volume;
- Capacidade de transferir produtos com sólidos em suspensão que tenham até 40% do diâmetro interno do elemento tubular;
- Possibilita a transferência de produtos frágeis, contaminantes ou espumantes (sem gerar espuma);
- Aspiração até 98% de vácuo total;
- Ausência de válvulas ou vedações;
- Substituição somente do elemento tubular elástico;
- Possibilidade de receber lavagem.

3.3.1.5. Determinação da curva característica da bomba e sistema

A curva característica da bomba foi obtida experimentalmente em laboratório utilizando um sistema composto de uma mangueira de comprimento 8,0 m e um mecanismo que permitia variar a altura de sucção da bomba. Uma vez fixada a altura de sucção da bomba, foram necessários alguns minutos para se estabelecer condição de regime permanente. Uma vez alcançada essa condição, procedeu-se a medida da descarga líquida com uma proveta graduada, volume 1000 ml e cronômetro, tendo sempre o cuidado de manter o ponto de saída do sistema em uma posição de igualdade com relação ao eixo da bomba. Os ensaios experimentais

com a bomba foram realizados e reaplicados para um total de seis alturas de sucção, variando entre 0,75 m e 2,50 m.

Com base nos testes realizados e considerando apenas a condição mais desfavorável, com a válvula de limpeza aberta (válvula 5), foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 12 e curva característica apresentada na Figura 31.

Tabela 12: Dados experimentais de funcionamento da bomba AWG200.

Desnível do eixo da bomba ao nível d'água (cm)	Tempo de enchimento (s)	Média (s)	Vazão (l/s)	Δh (m)	Hman (m)	Hman (m) Hg = 2 m	Hman (m) Hg = 2,5 m
75,50	40,59	40,60	0,0246	0,0440	0,7990	2,0000	2,5000
	40,61						
110,00	42,70	42,70	0,0234	0,0398	1,1398	2,0000	2,5000
	42,70						
144,50	42,92	42,90	0,0233	0,0394	1,4844	2,0000	2,5000
	42,88						
179,20	42,84	42,81	0,0234	0,0396	1,8316	2,0000	2,5000
	42,78						
223,00	44,69	44,70	0,0224	0,0363	2,2663	2,0000	2,5000
	44,71						
250,00	45,73	45,50	0,0220	0,0350	2,5350	2,0000	2,5000
	45,27						

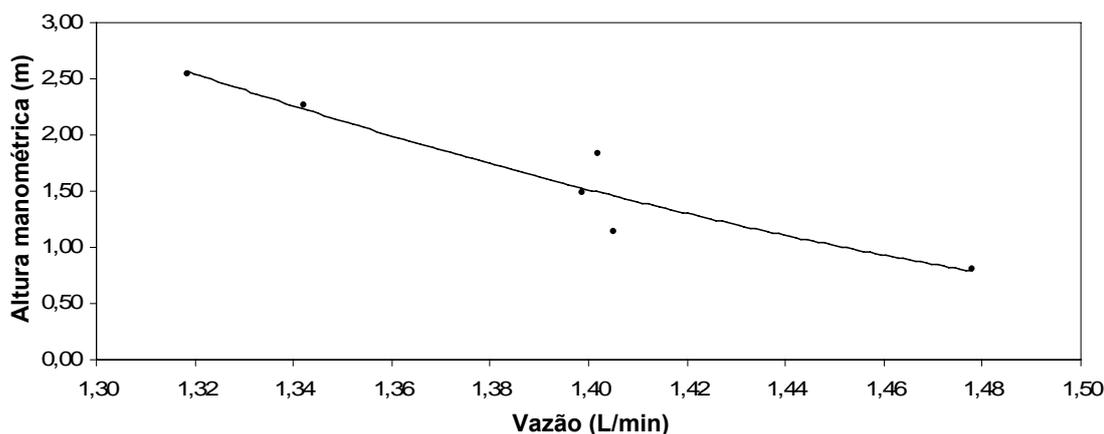


Figura 31: Curva característica da bomba peristáltica AWG200.

3.3.1.6. Ponto de trabalho da bomba AWG200

O ponto de trabalho de uma bomba hidráulica reflete as condições ótimas de funcionamento da máquina. Esse ponto normalmente é determinado graficamente

através da interseção da curva da instalação com a curva característica da bomba. O gráfico da Figura 32 apresenta o ponto de trabalho da bomba peristáltica utilizada no equipamento. É possível observar que o ponto de funcionamento se desloca em função da altura manométrica, com a vazão variando entre 1,36 e 1,32 L/min para altura manométrica variando entre 2,00 e 2,50 m, respectivamente.

Assim, considerando o sistema funcionando a uma vazão de 1,36 L/min, serão necessários 67 s para a coleta de um volume correspondente a 1,5 L. Além disso, o gráfico mostra que o equipamento tem o seu funcionamento limitado a uma altura de recalque abaixo de 2,50 m.

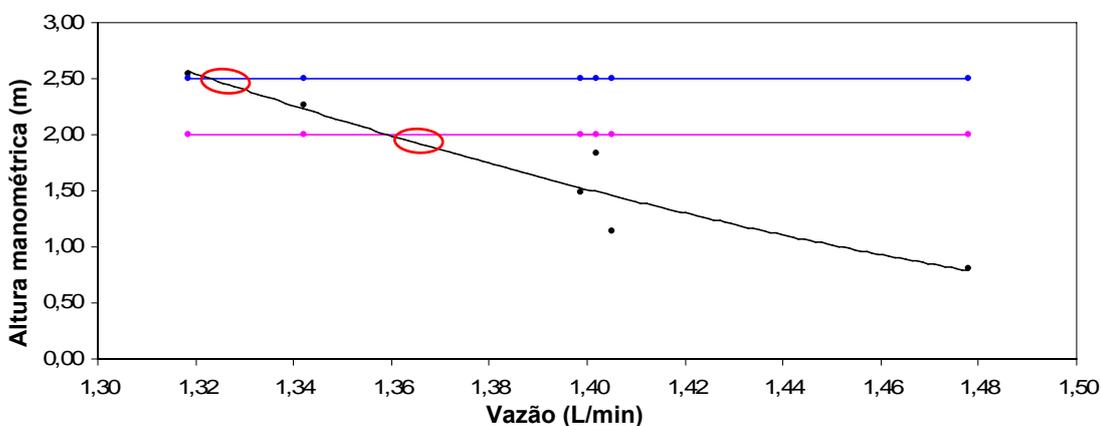


Figura 32: Ponto de trabalho da bomba AWG200.

3.3.2. Bateria de 12V modelo MT1290P

As baterias 12 V modelo MT1290P (Figura 33) são baterias seladas comumente usadas em *No Break*, dentro delas existem placas com cargas positivas de peróxido de chumbo e negativas de chumbo que ficam mergulhadas em uma solução de ácido sulfúrico diluída em água destilada ou desmineralizada.



Figura 33: Bateria MT1290P.

O fluido da bateria é consumido gradualmente com o consumo e carga. Alguns tipos de bateria têm um consumo elevado, como as não seladas, e precisam ser sempre checadas. Outros tipos apresentam baixo consumo e nunca requerem recarga. Caso o fluido da bateria tenha o seu nível baixo a ponto de expor as placas de chumbo, elas se danificam permanentemente.

Tabela 13: Especificações da bateria.

Voltagem nominal		12 V
Capacidade calculada		9,0 Ah
Dimensões	Altura total	3,98" (101 mm)
	Altura	3,74" (95 mm)
	Comprimento	5,94" (151 mm)
	Largura	2,56" (65 mm)
Peso aproximado		2,35 kg

Esse tipo de bateria, cujas dimensões estão especificadas na Tabela 13, opera em qualquer posição sem perda da capacidade nominal, eletrólito ou vida útil, permitindo maior capacidade.

A bateria MT1290P do amostrador, sob condições normais de uso, têm uma vida útil de 3 a 5 anos e excelente capacidade de recuperação e aceitação de carga através de um conector fixado na parte externa do amostrador, mesmo após descargas máximas.

3.3.3. Válvula solenóide (EVA 04)

As válvulas solenóides EVA 04 (Figura 34) usadas no equipamento, são válvulas comuns de 12V de corrente contínua, é composta de duas partes básicas: o corpo e a bobina solenóide.

A bobina consiste de um fio enrolado ao redor de uma superfície cilíndrica. Quando a corrente elétrica circula através do fio, gera uma força eletromagnética no centro da bobina solenóide, que aciona o êmbolo, abrindo ou fechando a válvula.

O corpo da válvula contém um dispositivo que permite a passagem do fluido quando a haste é acionada pela força eletromagnética da bobina.



Figura 34: Vista frontal da válvula solenóide.

Quando a bobina é desenergizada o processo contrário ocorre, pois o peso do pino em conjunto com a força da mola instalada na parte superior da válvula faz com que volte a bloquear a passagem do fluxo através da válvula.

A válvula solenóide pode ser dividida em ação direta ou ação indireta. O tipo de aplicação determina a utilização de cada uma delas. A válvula de ação direta (utilizada pelo coletor de amostras) é utilizada para baixas capacidades e pequenos tamanhos de orifício de passagem.

3.3.4. Circuito de distribuição

O circuito de distribuição do amostrador, localizado no estágio 2, está conectado à saída da bomba peristáltica através de uma mangueira flexível de diâmetro 1/2". É composto de um conjunto de conexões de PVC tipo roscável diâmetro 3/4": joelho 90°, cruzeta, união, nipel e redução, conforme apresentado na Figura 35. O circuito de distribuição tem a função de transferir o líquido através do sistema até o ponto de saída, onde é realizada a coleta da amostra no recipiente de armazenamento conforme o esquema da Figura 36.

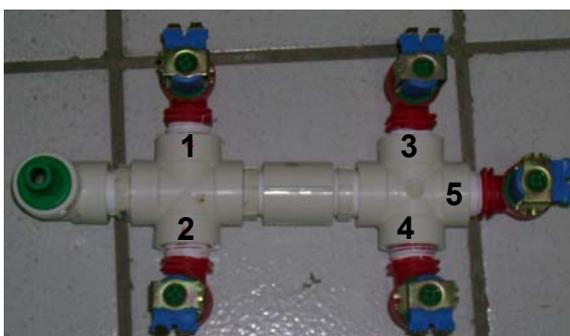


Figura 35: Vista da tubulação de distribuição.

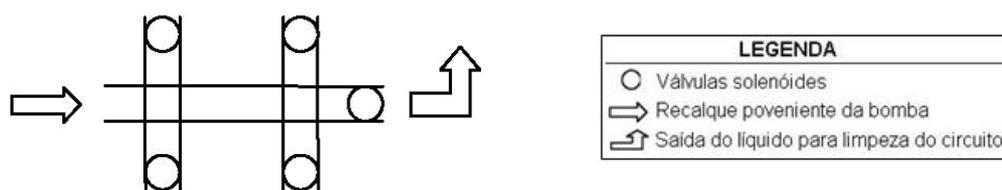


Figura 36: Esquema básico do circuito de distribuição de amostras e limpeza da tubulação.

As válvulas solenóides situadas nos pontos 1, 2, 3 e 4, conforme apresentado na Figura 35, quando acionadas, liberam a amostra para coleta nos recipientes de armazenamento. A válvula 5 (Figura 37, 38 e 39), por sua vez, tem a função de liberar o líquido durante o procedimento de limpeza do circuito antes de cada amostragem, eliminando assim o líquido remanescente de coletas anteriores.



Figura 37: Vista lateral da tubulação de distribuição.



Figura 38: Vista frontal da tubulação de distribuição.



Figura 39: Vista da tubulação dentro do equipamento.

3.3.5. Sensor ultra-sônico LV-MaxSonar EZ1

A utilização do amostrador em cursos d'água normalmente exige a necessidade de obtenção simultânea de dados relativos ao escoamento, que por sua vez estão associados às propriedades geométricas da seção transversal e à profundidade do escoamento. Assim, com o objetivo de permitir a obtenção das descargas relativas às substâncias amostradas, decidiu-se pelo desenvolvimento de um sistema de aquisição e armazenamento de dados. Assim, os dados são obtidos pela leitura de um sensor ultra-sônico LV-Maxsonar EZ1, cujos componentes podem ser adquiridos no mercado nacional. No desenvolvimento do sensor, os componentes eletrônicos foram fixados no interior de um tubo em PVC leve, diâmetro 40 mm e 24 cm de comprimento (Anexo 4), onde foram usadas duas peças de conexão (CAP's) para vedação. Em uma das peças foi instalado o cristal do sensor e no corpo da tubulação foi fixada uma abraçadeira metálica, para sua fixação no local. O sensor foi conectado ao sistema de aquisição de dados mediante um cabo com quatro fios paralelos e 8 m de comprimento. Detalhes do sensor de ultrassom são apresentados nas Figuras 40 e 41.

O sensor ultra-sônico LV-Maxsonar EZ1 é capaz de interagir com o ambiente captando informações. No caso do amostrador, o sensor tem a finalidade de medir o nível da lâmina d'água do corpo hídrico. De acordo com o padrão de coleta especificado pelo usuário, o equipamento poderá medir o nível d'água em intervalos de tempo especificados ou ativar o procedimento de coleta a partir de uma variação repentina do nível d'água no corpo hídrico.



Figura 40: Vista em perspectiva do sensor.

Fonte: MaxBotix, 2007



Figura 41: Vista lateral do sensor.

Fonte: MaxBotix, 2007

O sensor LV-Maxsonar-EZ1 permite medir distância entre 6 e 254" com uma resolução de 1". Caso a medição se realize num intervalo entre 0 e 6", o valor

registrado corresponderá a 6". Os sinais de saída são largura de pulso, voltagem analógica e saída serial digital.

3.3.5.1. Características do sensor LV-MaxSonar-EZ1

O sensor LV-MaxSonar-EZ1 apresenta as características apresentadas a seguir:

- Alimentação de 2,5 a 5,5 V com consumo de 2 mA;
- Medição a cada 50 ms ($f = 20$ Hz padrão);
- Operação automática, mede e retorna os valores continuamente;
- Operação manual permite receber os valores apenas quando desejado;
- Todas as saídas são ativadas simultaneamente;
 - Serial, 0 a V cc;
 - 9600 Baud, 81 N;
 - Analógica, (V cc/512) / pol;
 - Pulse width, (147 us/pol);
 - Cancela os obstáculos no início da medição;
- Desenhado para proteção de ambientes internos;
- Sensor opera a 42 kHz.

3.3.5.2. Benefícios do sensor LV-MaxSonar-EZ1

Os principais benefícios do LV-MaxSonar-EZ1, além de seu baixo custo, consistem num sistema de dados de saída precisos e estáveis, feixe de qualidade, furos de montagem na placa, ideal para operar a baterias. O sensor retorna o valor da medição, não necessitando de nenhum cálculo, podendo ser disparado externamente ou internamente, possui um ciclo de leitura rápido e permite que o usuário escolha qualquer uma das três saídas.

3.3.5.3. Instruções de uso

Cada vez que o sensor é ligado, ele irá se calibrar no primeiro ciclo. O sensor usa esta informação para medir os objetos próximos. É importante que não haja obstáculos próximos ao sensor nesta fase. A melhor sensibilidade é obtida quando não há objetos no raio de 14" (35,56 cm), mas bons resultados são comuns com distâncias de pelo menos 7" (17,78 cm). Se um objeto estiver muito próximo durante a calibração, o sensor pode ignorar objetos naquela distância.

O sensor não usa esta calibração para compensação de temperatura, mas para cancelar o padrão de ressonância do sensor. Se a temperatura, umidade ou tensão, no sensor, mudarem durante a operação, o sensor pode precisar de uma recalibração. Se ele não for recalibrado e a temperatura aumentar, a leitura informada será menor que a real. Se a temperatura diminuir o sensor terá uma redução na sensibilidade de objetos próximos. Para recalibrar o sensor, é necessário desligar e ligar a alimentação.

3.3.6. Placa de comando

A placa de comando do coletor automático tem como principal meta o acionamento da bomba e aquisição dos dados das amostras coletadas (nível e tempo).

O desenvolvimento dos sistemas de comando, de aquisição e armazenamento obedeceu às seguintes etapas:

- Desenvolvimento do hardware;
- Desenvolvimento do software.

3.3.6.1. Desenvolvimento do hardware

O hardware do sistema implicou no desenvolvimento de uma placa de comando onde foram instalados os componentes eletrônicos, conforme esquema básico mostrado na Figura 42.

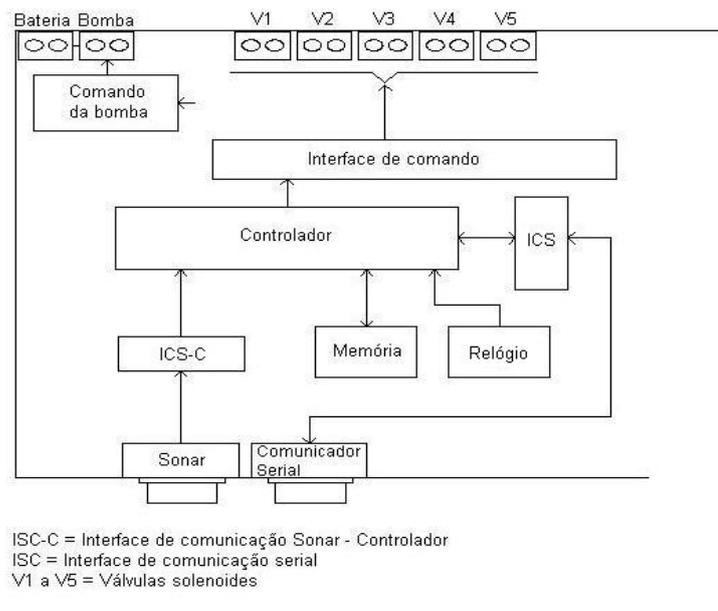


Figura 42: Esquema básico da placa de comando do sistema de controle, de aquisição e armazenamento de dados.

Assim, os dispositivos eletrônicos que compõem o sistema são basicamente os seguintes:

- Micro-controlador (PIC);
- Dispositivo de memória;
- Relógio;
- Relé (dispositivo de proteção da bomba);
- Display em LCD;
- Interface de comando;
- Interface de comunicação serial;
- Interface de comunicação sensor-controlador.

3.3.6.2. Desenvolvimento do software

A placa do controlador foi instalada numa caixa de acrílico, dimensões 0,22 m × 0,25 m com o objetivo de proteger dos efeitos de umidade e possíveis acidentes. A caixa foi fixada no Estágio 1 do protótipo conforme a Figura 43.

O desenvolvimento do software partiu da elaboração de um esquema detalhado das possibilidades dos procedimentos de amostragem. Foi desenvolvido

um diagrama de fluxos que continha as ações, possibilidades e condições no comportamento do sistema. A partir disso, desenvolveu-se um menu de opções de amostragem levando em consideração a gama de opções operacionais do equipamento, descritas anteriormente, o que resultou num fluxograma do processo. A programação foi feita na linguagem C++, o que possibilita a sua utilização em qualquer PC que opere no sistema Windows (SOUZA et al., 2003).

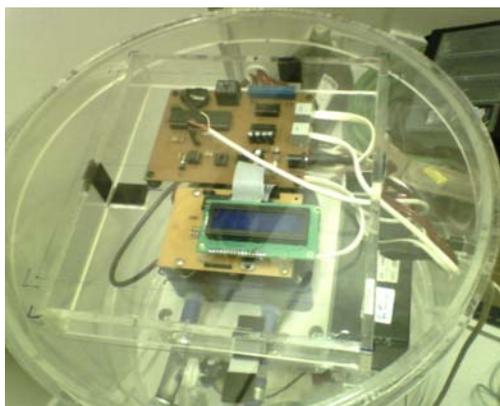


Figura 43: Vista do local de instalação da placa de comando.

A conexão do PC com o controlador foi feita através de um cabo conversor serial-USB. A tela da interface com o usuário é mostrada na Figura 43, onde é possível fazer, através de um *display* em LCD, o acompanhamento visual instantâneo das coletas da amostra.

Uma vez concluída a amostragem, o equipamento gera um relatório contendo dados relativos à data, hora e número do recipiente em cada coleta realizada. O programa gera um arquivo contendo o relatório em linguagem de texto no formato “.txt”, que é transferido para um PC por meio de um cabo USB.

Todos os componentes elétricos e eletrônicos, que serviram para a construção e confecção da placa de comando do equipamento, foram adquiridos no mercado local conforme orçamento apresentado no Anexo 2.

3.3.7. Tubulações de sucção e de descarga

A tubulação de sucção consiste de uma mangueira flexível com diâmetro de 1/2”. É usada para coletar a amostra do corpo hídrico. A sua extremidade inferior é inserida no corpo hídrico, enquanto a outra extremidade é acoplada à bomba através

de uma redução 1/2" × 3/4". Uma válvula de pé com crivo (Figura 44), diâmetro 3/4", tem como objetivo impedir a saída da coluna líquida da mangueira durante a parada da bomba, facilitando, desta forma, a sua reativação num novo procedimento de coleta.



Figura 44: válvula de pé com crivo.

Na ponta da tubulação de sucção está acoplado um crivo, que é composto de um dispositivo perfurado cuja função é impedir a entrada de material sólido, com diâmetro acima de 0,8 cm, na tubulação. O crivo, por sua vez, é constituído de um tubo de PVC leve de 3/4" de diâmetro e 0,22 cm de comprimento, com uma das extremidades acoplada à válvula de pé e a outra acoplada a uma conexão tipo CAP com diâmetro de 3/4". O detalhamento do crivo está apresentado na Figura 45 e as suas medidas especificadas na Tabela 14.

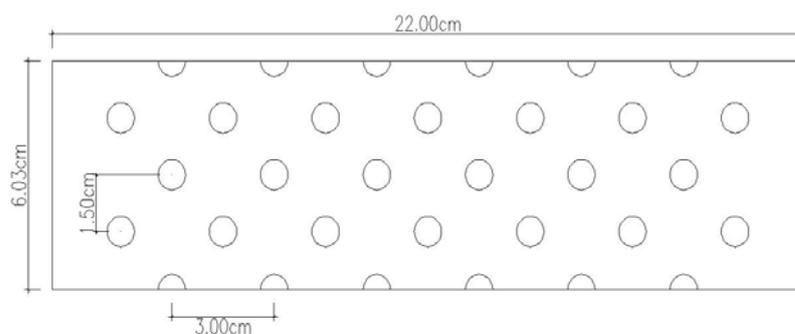


Figura 45: Detalhe da área lateral do crivo.

Tabela 14: Detalhes do crivo da sucção.

Especificações	Dimensão
Comprimento	22,00 cm
Diâmetro do crivo	20,00 cm
Diâmetro dos furos	0,80 cm
Distância entre eixo dos furos	3,00 cm

A tubulação de descarga está conectada à válvula de descarga do equipamento e tem a finalidade de retirar o líquido armazenado na tubulação de distribuição e de sucção. Antes do procedimento de coleta de amostra, realiza-se a limpeza da tubulação com a ativação a bomba e renovação do líquido presente no interior do equipamento. A tubulação de descarga tem diâmetro de 1/2", composto de mangueira de borracha flexível.

3.3.8. Garrafas plásticas

As garrafas (Figura 46) são as unidades armazenadoras da amostra. As quatro garrafas estão acondicionadas no Estágio inferior do amostrador (Figura 47), abaixo do sistema de distribuição. Cada garrafa dispõe de um volume de 1,95 litros.



Figura 46: Recipiente armazenador da amostra.



(a)



(b)

Figura 47: Vista (a) superior e (b) lateral das garrafas em seu local de armazenamento.

4. RESULTADOS OBTIDOS

De acordo com as possibilidades de funcionamento do equipamento, foram realizados testes, no Laboratório de Hidráulica do LARHISA (Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) da UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do Norte), visando a análise do amostrador em operação, com a finalidade de, se necessário, corrigir erros na programação ou possíveis vazamentos nas tubulações que compõem o sistema coletor.

4.1. Testes realizados

O equipamento dispõe de duas maneiras de operação, uma delas é por intervalo de tempo, a outra é por variação de nível da lâmina d'água do corpo aquático onde será realizada a coleta da amostra.

4.1.1. Coleta por intervalo de tempo

Esses testes foram realizados efetuando coletas por intervalo de tempo em todas as amostras, inclusive para a coleta da 1ª amostra, onde foi programado um tempo de atraso apenas para a 1ª amostra, sendo as demais coletadas por outro intervalo de tempo programado. Os resultados desses testes estão inseridos na Tabela 15.

Tabela 15: Testes realizados por intervalos de tempo.

nº do teste	nº de amostras coletadas	Atraso da 1ª amostra (minutos)	Intervalo entre amostras (minutos)
1	1	0	0
2	1	10	0
3	1	20	0
4	1	30	0
5	2	40	10
6	2	50	20
7	2	60	30
8	2	70	40
9	3	80	50
10	3	90	60
11	3	100	70
12	3	110	80
13	4	120	90
14	4	130	100
15	4	140	110
16	4	150	120

Os relatórios apresentados nas Figuras 48 e 49 são referentes aos testes de número 13 e 15.

Relatório de Amostras

Amostra	Data	Hora	Nível
1	7/10/2008	12:24:17	35
2	7/10/2008	13:54:47	36
3	7/10/2008	15:25:17	36
4	7/10/2008	16:55:47	35

Final do Relatório.

Figura 48: Relatório do teste 13.

Relatório de Amostras

Amostra	Data	Hora	Nível
1	16/10/2008	08:47:31	84
2	16/10/2008	10:38:01	83
3	16/10/2008	12:28:31	85
4	16/10/2008	14:19:01	85

Final do Relatório.

Figura 49: Relatório do teste 15.

4.1.2. Coleta por variação de nível

Esses testes foram realizados efetuando apenas uma coleta por variação de nível, sendo esta variação usada apenas para a primeira amostra, onde foi programado uma faixa de disparo para a 1ª coleta, essa variação foi realizada

aproximando o sensor LV MaxSonar EZ1 em direção a um anteparo localizado a 1,80 m, que simulou a variação da lâmina d'água de um corpo hídrico, as demais amostras foram coletadas por intervalo de tempo. Os resultados desses testes estão inseridos na Tabela 16.

Tabela 16: Testes realizados por variação de nível e intervalos de tempo.

nº do teste	nº de amostras coletadas	Faixa de disparo da 1ª amostra (Polegadas)	Intervalo entre amostras (minutos)
1	4	5	6
2	4	8	14
3	4	11	28
4	4	20	70
5	3	23	84
6	3	25	112
7	3	28	126
8	3	30	140
9	2	33	168
10	2	35	182
11	2	40	196
12	2	45	238
13	1	48	0
14	1	50	0
15	1	51	0
16	1	60	0

Os relatórios apresentados nas Figuras 50 e 51 são referentes aos testes de número 1 e 4.

Relatório de Amostras

Amostra	Data	Hora	Nível
1	28/10/2008	13:10:47	41
2	28/10/2008	13:17:17	43
3	28/10/2008	13:23:47	39
4	28/10/2008	13:30:17	40

Final do Relatório.

Figura 50: Relatório do teste 1.

Relatório de Amostras

Amostra	Data	Hora	Nível
1	3/11/2008	08:21:44	20
2	3/11/2008	09:32:14	26
3	3/11/2008	10:42:44	29
4	3/11/2008	11:53:14	22

Final do Relatório.

Figura 51: Relatório do teste 4.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O protótipo apresentado neste trabalho é o resultado de vários meses de trabalho em equipe, onde se buscou uma boa relação qualidade-eficiência-custo, uma vez que os preços de componentes eletrônicos têm sofrido uma progressiva redução. Os resultados obtidos com o desenvolvimento do equipamento demonstram a plena viabilidade de utilizar as novas tecnologias na área de recursos hídricos no desenvolvimento de máquinas automáticas, que vem contribuir para o desenvolvimento de ações de monitoramento na área de recursos hídricos no País.

O aspecto da interdisciplinaridade deve ser ressaltado, uma vez que o seu desenvolvimento integrou diferentes aspectos da ciência e tecnologia em direção a um objetivo comum.

De acordo com os resultados obtidos em laboratório, concluiu-se que os testes, realizados com o coletor automático de amostras, foram bastante satisfatórios, tanto para coletas por intervalo de tempo, quanto para coletas com variação de nível de água, tornando assim o amostrador uma ferramenta adequada para a coleta de amostras em corpos hídricos, permitindo ainda acreditar nas possibilidades futuras de desenvolvimento deste tipo de equipamento.

O funcionamento do equipamento é similar a equipamentos estrangeiros, evitando assim a aquisição de produtos importados, o que resultar em uma economia significativa para os órgãos financiadores de pesquisas envolvendo coletas de amostras através de equipamentos automáticos.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASCE. Sedimentation Engineering. New York: Vito A. Vanoni. 1977.

CARVALHO, Newton de Oliveira. Hidrossedimentologia Prática. Rio de Janeiro - RJ. CPRM, 372p. 1994.

CETESB, 1987. Guia de coleta e preservação de amostras de água. 1ª ed. São Paulo, 155p.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. Geomorfologia Fluvial. 2ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1988. 313p.

CLEAN ENVIRONMENT BRASIL, Sampler Sourcebook, 2004; 32 pgs, arquivo pdf; site de origem: <http://www.clean.com.br/PDFs_Zips_Flashes/PDFs/Sampler_Sourcebook_2004.pdf>. Acesso em: 14 de dezembro de 2007.

COGERH, 2001. Recomendações e cuidados na coleta de amostras de água. Informe técnico nº.02, 1ª ed. Fortaleza, 20p.

COIMBRA, R.M. (1991). Monitoramento da qualidade da água. In: Porto, R. et al. Hidrologia ambiental. São Paulo. ABRH.

DAVIS, B.E., 2005, A Guide to the Proper Selection and Use of Federally Approved Sediment and Water-Quality Samplers: Vicksburg, MS, U.S. Geological Survey, Open File Report 2005-1087, 20 p. arquivo pdf; site de origem: <http://water.usgs.gov/osw/pubs/OFR_2005_1087/OFR_2005-1087.pdf>. Acesso em: 30 de novembro de 2008.

DEJIA, Zhon, DAORONI, Liu, HAOCHUAN, Gao. The development of a sand bed load sampler for the Yangtse River. In: Florence Symposium, Hankon, China. 1981. (IAHS publ. n ° 13.).

- DICK, E.M. Automatic water and wastewater sampling. In: Principle of environmental sampling. Wiley. 1996.
- GRAYSON, R.P., PLATER, A.J. A low cost, large-volume general purpose water sampler. *Journal of Paleolimnology*, 33, 123-128. 2005.
- HDA, Coletor de Amostras, 2003; 1 pg, arquivo pdf; site de origem: <<http://www.hdanet.com.br/Coletor%20de%20Amostras.pdf>>. Acesso em: 10 de abril de 2008.
- HOBECO, Liquiport 2000 Mostrador Automático Para Meios Líquidos, 2006; 14 pgs, arquivo pdf; site de origem: <<http://www.hobeco.net/pdf/AmostradorL2000.pdf>>. Acesso em: 17 de março de 2008.
- ISCO, 6712 Portable Samplers, 2004; 236 pgs, arquivo pdf; site de origem: <<http://www.isco.com/pcfiles/PartPDF3/UP000XKA.pdf>>. Acesso em: 19 de agosto de 2007.
- LUNUS, Water Sampler GO-FLO model 1080, 1996; 1 pg, arquivo pdf; site de origem: http://www.lunus.com.br/produtos_lunus_comercio_representacao_GO_Ing.htm>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2008.
- MAGINA, F.C., REIS, B.J., ALVES, M.L., SANTOS, R.J.T.P. Rede de plataformas de coleta de dados para monitoramento automático da qualidade da água do rio Paraíba do Sul. *Anais do I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico*, p. 253-261, nov. 2007.
- MAXBOTIX, Manual do sonar LV MaxSonar EZ1, 2007; 2 pgs, arquivo pdf; site de origem:<<http://www.maxbotix.com/uploads/LV-MaxSonar-EZ1-Datasheet.pdf>>. Acesso em: 23 de junho de 2008.
- PROVITEC, Manual de instalação para modelo de bombas da serie AWG 200 / 400, 1 pg, n° 15-09/05 arquivo pdf.

- PROVITEC, Ficha técnica para modelo de bombas da serie AWG 200 / 5000 / 5900, 2005; Bomba peristáltica de precisión para dosificación de productos líquidos. Regulaje de vaciamiento electrónico. 1 pg, arquivo pdf; site de origem: <http://www.provitec.com.br/pdf/awg_200_5000_5900_espanhol_080500.pdf>. Acesso em: 21 de maio de 2008.
- PORTO, R. M. Hidráulica Básica. 2. ed. SÃO PAULO: RETTEC GRÁFICA E EDITORA, 2006. v. 2500. 529 p.
- PORTO, R.M. Regime crítico em Canais. In: Hidráulica Básica. EESC/USP, 3ª. ed., 2008.
- RIGHETTO, A. M. Hidrologia e Recursos Hídricos. 1. ed. São Carlos: Publicação EESC-USP, 1998. v. 1. 819 p.
- SILVESTRE, Paschoal. HIDRÁULICA GERAL / Paschoal Silvestre. – Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.
- SOUZA, D.J., LAVINIA, N.C. Conectando o PIC 16F877A: Recursos Avançados. Érica. 2003.
- SUBCOMMITTEE ON SEDIMENTATION. Inter – Agency Committee on Water Resources. Determination of fluvial sediment discharge. Minneapolis: Saint Anthony Falls Hydraulic Lab. 1963. nº 14.
- TIAGO FILHO, Geraldo Lúcio; VIANA, Augusto Nelson Carvalho; CAETANO, Geysa Tibúrcio; SANTOS, Ricardo Matheus R. M. dos. O uso do ADCP em pequenos e médios cursos d'água. Grupo de Trabajo Sobre Hidromecánica, 5a Reunión. site de origem: <http://www.provitec.com.br/pdf/awg_200_5000_5900_a_espanhol_080500.pdf>. Acesso em: 15 de junho de 2008. 7 pgs, maio de 1999.

USE, Sólidos Suspensos e Turbidez, 1996; 11 pgs, arquivo pdf; site de origem:
<http://www.use.com.br/pdf/hach/turbide_e_solidos_suspensos.pdf>.

Acesso em: 15 de abril de 2008.

VALLAIR, Bombas Peristálticas para Fluidos Viscosos, Abrasivos ou com Sólidos em Suspensão, 2008; 2 pg, arquivo pdf; site de origem:
<<http://www.vallair.com.br/pdfs/perst.pdf>>. Acesso em: 22 de novembro de 2007.

YUQIAN, Long. Operational methods for measurement of sediment transport. Geneva. 1983. Draft report for WMO.

7. ANEXOS

7.1. Anexo 1

MANUAL BÁSICO DE OPERAÇÃO DO AMOSTRADOR AUTOMÁTICO

Tópico A - Conectando o PC ao Amostrador

1. Conecte o computador ao amostrador.
2. Execute o programa “amostrador.exe”, cujo ícone é mostrado na Figura 52.



Figura 52: Ícone do programa “amostrador.exe”.

3. Na aba “Opções” da tela principal (Figura 53), escolha a porta serial do adaptador USB - Serial.

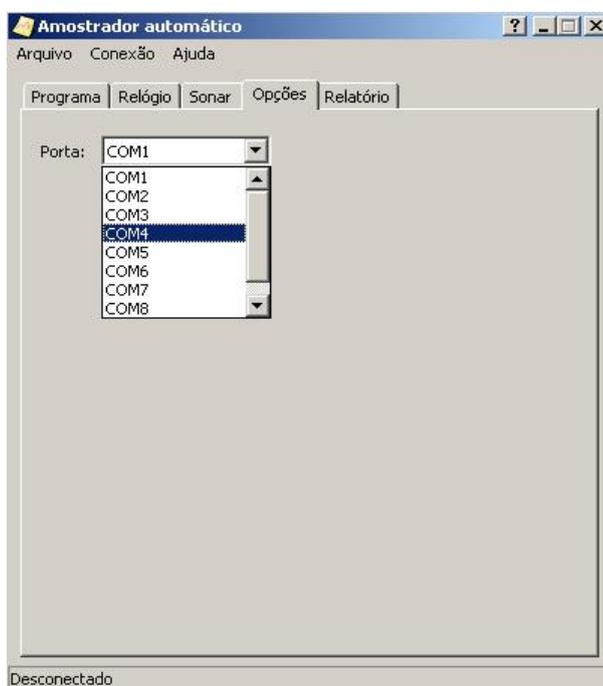


Figura 53: Opção de escolha da porta de entrada.

- Depois de escolhida a porta de comunicação clique em “Conexão ⇒ Conectar”. A barra de status deve indicar “Conectado” conforme a Figura 54.

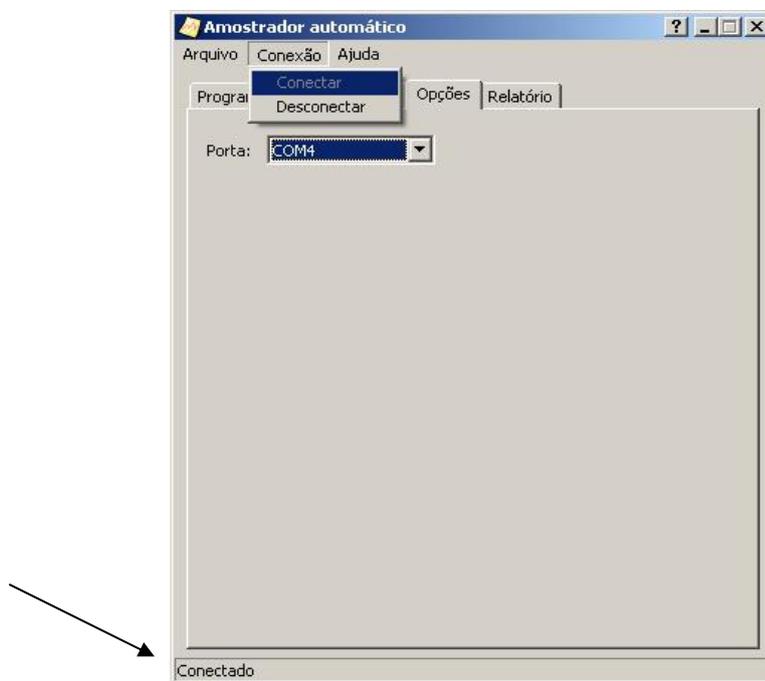


Figura 54: Conectando o programa.

- Depois de “Conectado” clique na aba “relógio” de acordo com a Figura 55 e logo em seguida clique em sincronizar.

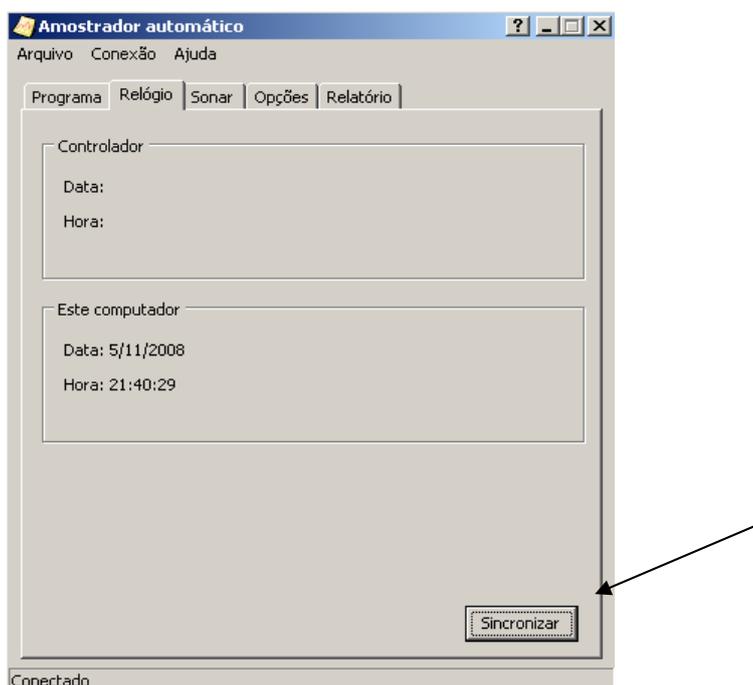


Figura 55: Sincronismo do relógio do programa.

Tópico B - Carregando um programa de amostragem

1. Conecte o amostrador ao PC de acordo com o Tópico A.
2. Com o programa “amostrador.exe” aberto e conectado, clique na aba “Programa” (Figura 56).
3. Escolha o Modo de Operação.
 - 3.1. Para o modo “Intervalo de Tempo” (Figura 56) defina:
 - Atraso da primeira amostra (minutos) [0..255];
 - Intervalo entre amostras (minutos) [1..255];
 - Número de amostras [1..4].

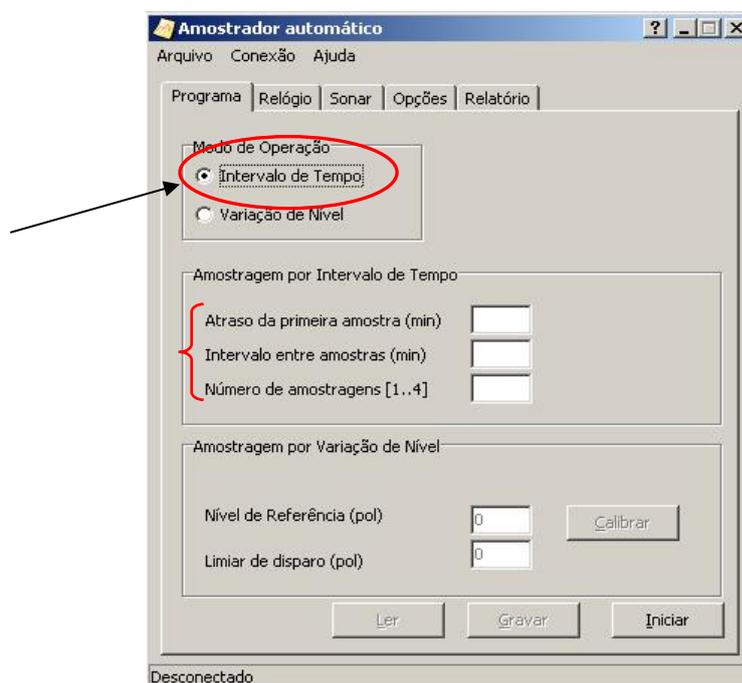


Figura 56: Programando por intervalo de tempo.

3.2. Para o modo “Variação de Nível” (Figura 57) defina:

- Escolha a opção “Variação de Nível”, depois clique em “Calibrar” para poder ser gerado um nível de referência entre a lâmina d’água e o sensor no local onde será realizada a coleta (Polegadas);
- Definir um limiar de disparo para coletar a primeira amostra (Polegadas);
- Clique em iniciar para começar a amostragem.

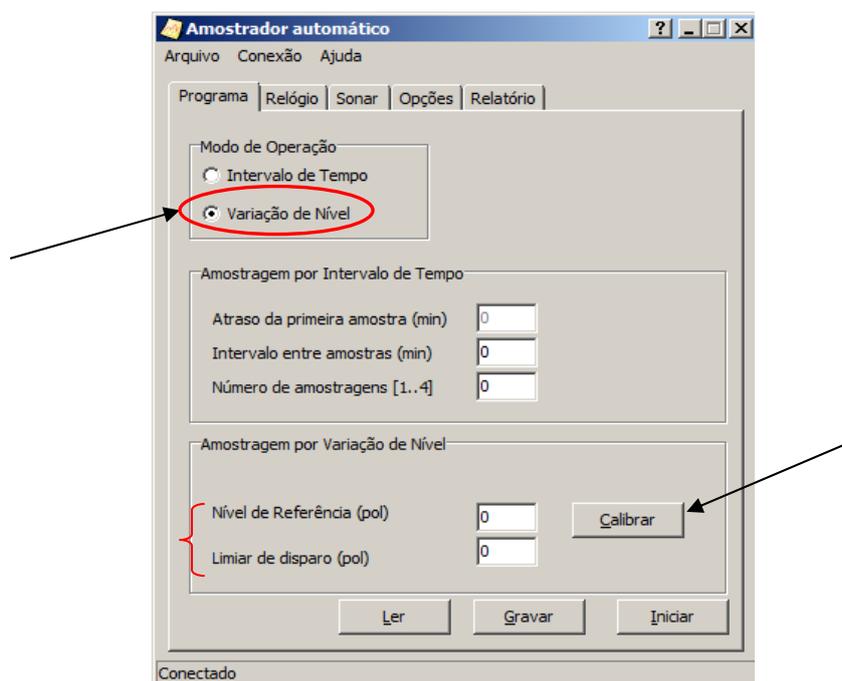


Figura 57: Programando por variação de nível.

Tópico C - Iniciando o programa de amostragem

1. Após programar o equipamento conforme o Tópico B, instale o mesmo no local da coleta.
2. Nesse momento, o equipamento inicia o processamento do programa e armazena os dados.

Ex1.: Realizando uma coleta por intervalo de tempo, onde o atraso da primeira amostra é de 1 mim e o intervalo entre as quatro amostras a serem colhidas será de 1 mim. A bomba será ligada por 60 segundos antes da primeira amostra,

sendo 30 segundos para a limpeza da tubulação de distribuição e 30 segundos para a escorva da bomba, nas demais amostras somente 30 segundos serão necessário para limpeza da tubulação, pois a escorva da bomba já foi realizada na primeira amostra, e em seguida as amostras serão recolhidas na seqüência de eventos indicada no exemplo abaixo:

14:59:59 Válvula 05 aberta
15:00:00 Bomba ligada
15:01:01 Válvula 01 aberta
15:01:02 Válvula 05 fechada
15:02:02 Bomba desligada
15:02:03 Válvula 01 fechada
15:03:29 Válvula 05 aberta
15:03:30 Bomba ligada
15:04:00 Válvula 02 aberta
15:04:01 Válvula 05 fechada
15:05:00 Bomba desligada
15:05:01 Válvula 02 fechada
15:05:59 Válvula 05 aberta
15:06:00 Bomba ligada
15:06:30 Válvula 03 aberta
15:06:31 Válvula 05 fechada
15:07:30 Bomba desligada
15:07:31 Válvula 03 fechada
15:08:29 Válvula 05 aberta
15:08:30 Bomba ligada
15:09:00 Válvula 04 aberta
15:09:01 Válvula 05 fechada
15:10:00 Bomba desligada
15:10:01 Válvula 04 fechada
15:10:02 Fim de Programa
15:10:03 Entrando em modo de espera

Tópico D - Obtenção de resultados

1. Conecte o amostrador ao PC de acordo com o Tópico A.
2. Com o programa "Amostrador.exe" aberto e conectado, clique na aba "Relatório".
3. Clique no botão "Relatório" (Figura 58). O amostrador enviará os dados obtidos das amostras. Essas amostras correspondem às garrafas 01 a 04.



Figura 58: Gerando um relatório.

4. Clique no botão "Salvar como" para salvar o relatório em um arquivo.

7.2. Anexo 2

QUADRO ORÇAMENTÁRIO

A Tabela 17 representa o quadro orçamentário de todos os componentes elétricos e eletrônicos adquiridos para a confecção do amostrador automático referente ao mês de novembro de 2008.

Tabela 17: Planilha orçamentária do coletor automático.

MATERIAL	PREÇO (R\$)	QTE	TOTAL (R\$)
Bomba Peristáltica	556,80	1	556,80
Válvula Solenóide	4,50	5	22,50
Bateria 12V	57,00	1	57,00
Sensor ultrasom Max sonar	112,20	1	112,20
Confecção do corpo do equipamento acrílico	985,00	1	985,00
Confecção de peças em acrílico	40,00	1	40,00
Confecção Placa Controladora (hardware+software)	1.350,00	1	1.350,00
Rodinhas de borracha	25,00	2	50,00
Válvula de Retenção 3/4"	20,00	1	20,00
Mangueira sucção, L= 8 m	30,00	1	30,00
Confecção do crivo	30,00	1	30,00
Luva 3/4"	3,00	1	3,00
Cruzeta 3/4"	8,00	2	16,00
Curva 3/4"	4,00	1	4,00
Bucha 3/4"	3,00	3	9,00
Adaptador para mangueira	4,00	2	8,00
Alça de fixação metálica	3,00	2	6,00
Anel metálico com parafuso	0,50	8	4,00
Confecção de peças em polietileno com porcas de fixação	15,00	2	30,00
Cabo de conexão do sensor de ultrasom L = 10 m	32,00	1	32,00
Cabo + conectores	35,00	1	35,00
Peças acopladoras	4,00	3	12,00
Cabo adaptador serial USB	20,00	1	20,00
TOTAL			3.432,50

7.3. Anexo 3

PROJETO DO AMOSTRADOR AUTOMÁTICO

Tabela 18: Itens que compõem os estágios do equipamento.

Estágio	Item
1	Comando eletrônico
2	Bomba peristáltica AWG200 e bateria MT1290P
3	Circuito de distribuição e válvulas solenóides
4	Unidades de armazenamento das amostras

7.4. Anexo 4

PROJETO DO SENSOR ULTRA-SÔNICO DO AUTOMÁTICO